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

l'UIT et les radiocommunications spatiales

Publié par l'Union internationale des télécommunications, Genève 1968

2

l'UIT et les radiocommunications spatiales

l'UIT et les radiocommunications spatiales

Publié par l'Union internationale des télécommunications, Genève 1968

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

L'UIT et les radiocommunications spatiales

Note liminaire

La présente brochure a été rédigée sur la base des textes réglementaires établis par les conférences administratives de l'UIT ou en s'inspirant des travaux de ses comités consultatifs internationaux, que l'on peut trouver notamment dans les ouvrages publiés après leurs assemblées plénières. Elle répond à une décision du Conseil d'administration de l'UIT, prise à sa 23e session, tenue du 11 au 31 mai 1968.

Pour des raisons de simplification, il n'a pas paru souhaitable d'indiquer systématiquement l'origine des textes utilisés ou condensés. A la fin de cette brochure, se trouve la bibliographie des ouvrages de l'Union utilisés pour sa rédaction.

Table des matières

	Page
Chapitre 1	
Généralités sur les radiocommunications spatiales	3
Chapitre 2	
Les radiocommunications au service du satellite	11
Chapitre 3	
Le satellite au service des télécommunications	21
Chapitre 4	
Activités de l'UIT en matière de coopération technique dans le domaine spatial	32
Chapitre 5	
Terminologie	35
Bibliographie	39
Annexe	40

Préface

Les télécommunications forment un ensemble cohérent très solidaire auquel il convient d'appliquer une réglementation et une planification internationales.

Certes, les moyens techniques sont bien diversifiés mais fort heureusement ils sont complémentaires. Aussi est-il nécessaire d'assurer une coordination à l'échelle mondiale des efforts de tous les pays.

En fait, on peut dire que les télécommunications furent, à l'ère industrielle, le premier domaine de l'activité humaine où la collaboration internationale, à l'échelle gouvernementale, se fit véritablement sentir.

C'est ainsi que l'UIT assume, depuis plus de 103 ans, ce rôle de coordination, de réglementation et de planification avec le succès que l'on connaît et les Nations Unies elles-mêmes ont confirmé ses responsabilités pour les « télécommunications de toutes sortes ».

Par son action permanente, vigilante et efficace l'UIT a permis d'intégrer progressivement, dans les réseaux existants, tous les moyens techniques qui ont vu le jour au cours de ce premier siècle de son existence. Dans le futur, elle continuera à assurer cette intégration nécessaire, pour tous les moyens nouveaux de télécommunications.

C'est ainsi que les radiocommunications n'ont pu échapper à cette règle et que leur utilisation rationnelle a été l'une des préoccupations de l'Union dès l'avènement de l'ère spatiale.

Mais les problèmes posés sont fort complexes.

D'une part, le service spatial doit s'intégrer dans des systèmes déjà existants et se frayer une place au milieu des autres services, sans leur occasionner de dommages regrettables. On sait par exemple que le spectre des fréquences radioélectriques est, pour certaines parties, très encombré.

D'autre part, la puissance des moyens mis en œuvre est bien plus considérable que tout ce dont l'humanité pouvait disposer jusqu'alors, de sorte que les utilisations de l'espace s'étendent chaque jour à de nouveaux secteurs de l'activité humaine.

Bref, plus le progrès scientifique s'affirme, plus nombreux sont ceux que leur vie professionnelle oblige à se pencher sur les possibilités actuelles ou futures offertes par les satellites artificiels et sur les moyens d'utiliser ceux-ci au mieux pour le bien de l'humanité.

Or, pratiquement, rien ne peut se faire dans l'espace sans les radiocommunications. C'est pourquoi il nous a paru utile de présenter dans les pages qui suivent une synthèse, aussi complète que possible, de l'action menée par l'UIT dans le domaine spatial aussi bien du point de vue technique que du point de vue réglementaire.

Cette action étant incontestablement celle des 134 pays Membres de l'Union, il serait vain de prétendre en faire un bilan complet en quelques pages.

Cependant le but recherché dans la rédaction de cette brochure est moins de tout dire que de présenter, à tous ceux que ces questions intéressent, une idée d'ensemble de la réglementation internationale existante ou à concevoir, des problèmes mis à l'étude et des solutions envisagées.

M. MILI

Genève, août 1968 — Secrétaire général de l'UIT

1. Généralités sur les radiocommunications spatiales

1.1 L'espace et les télécommunications

La conquête de l'espace aurait été impossible si l'on n'avait disposé de moyens de télécommunications technologiquement développés. Non seulement les radiocommunications ont jusqu'ici fourni le seul moyen de liaison entre la Terre et les véhicules spatiaux ou les satellites mais, en outre, il est essentiel de disposer de réseaux terriens de télécommunications en bon état et couvrant une large partie de la surface du globe pour le guidage et la poursuite de ces engins spatiaux.

Il existe de nombreuses applications des radiocommunications à l'espace. Au début, on employait les radiocommunications pour le guidage et la poursuite d'engins d'exploration de l'espace ainsi que pour la télémesure. Ensuite, sont apparues d'autres applications, à savoir, les satellites météorologiques, les satellites de navigation et les satellites de télécommunications. Au fur et à mesure des progrès de la technologie, d'autres applications apparaîtront. Toutes ces applications se classent naturellement en deux catégories:

— les utilisations pour lesquelles les radiocommunications sont les seuls moyens possibles de transmission d'information de toute nature, entre le satellite et la Terre ou inversement et, éventuellement, entre satellites. Ceci couvre des applications aussi diverses que la télécommande d'un satellite ou la retransmission d'images d'un satellite météorologique. Dans toutes ces utilisations, les radiocommunications spatiales ne peuvent être remplacées par des liaisons d'un autre type. En fait, dans ces cas les radiocommunications sont au service des satellites;

— les utilisations pour lesquelles le satellite sert de « point haut » à une liaison de télécommunication entre points de la Terre (service fixe ou mobile). Il s'agit donc d'une application où le satellite s'inscrit comme un nouvel instrument apportant de nouvelles possibilités de télécommunications, mais qui auraient assez souvent pu être réalisées par d'autres moyens plus classiques. Ici, c'est le satellite qui est au service des radiocommunications.

Ces deux genres d'utilisation ont de nombreux aspects communs. En effet, dans tous les cas, il s'agit de radiocommunications pour lesquelles les phénomènes physiques mis en jeu restent les mêmes. Il en résulte que de nombreux problèmes relatifs au choix des fréquences, ou d'ordre réglementaire en particulier, sont dans une certaine mesure communs aux deux types d'utilisation des radiocommunications spatiales.

1.2 Choix des fréquences

Dans tout choix de fréquence interviennent toujours deux éléments: l'utilisation des fréquences physiquement appropriées pour le genre de liaison considérée, indépendamment de l'emploi de ces fréquences par d'autres utilisateurs, et la nécessité d'éviter des brouillages mutuels avec d'autres utilisateurs de ces mêmes fréquences. Ce dernier facteur a une importance particulière sur le plan international; les signaux brouilleurs ignorent, en effet, les frontières ce qui explique que les radiocommunications soient actuellement un des domaines où la réglementation internationale est une nécessité primordiale.

Le développement rapide de l'utilisation des satellites et des engins spatiaux, d'une part, les demandes accrues en matière de moyens de télécommunication, d'autre part, ont conduit à une augmentation des besoins dans le domaine des télécommunications spatiales. On ne dispose généralement que d'une faible puissance d'émission dans l'engin spatial, d'où la nécessité d'apporter le plus grand soin à la réalisation technique des liaisons utilisant les engins spatiaux, notamment en ce qui concerne le choix des fréquences radioélectriques. Les fréquences optimales peuvent être choisies, soit en fonction du rapport signal/bruit disponible pour une valeur donnée de la puissance d'émission, soit de façon à avoir une probabilité minimale de brouillage, soit encore en fonction d'autres facteurs.

Le premier objectif est d'examiner comment les effets de propagation agissent sur l'intensité du signal et sur le niveau de bruit. Il est toutefois reconnu que le rapport signal/bruit peut ne pas être le seul critère pour le choix des fréquences.

1.2.1 Les « fenêtres » radioélectriques

Toutes les télécommunications entre la Terre et l'engin spatial doivent traverser l'atmosphère terrestre, y compris la troposphère et l'ionosphère. Les télécommunications entre engins spatiaux seront généralement transmises sur des trajets radioélectriques hors de l'influence de la basse atmosphère terrestre.

L'atmosphère exerce un effet sélectif sur les fréquences; certaines fréquences la traversent sans modification tandis que d'autres sont très affaiblies. On appelle souvent « fenêtre » une gamme de fréquence pour laquelle les ondes traversent l'atmosphère sans difficulté notable.

Il existe deux gammes de fréquence qui traversent l'atmosphère sans difficulté. Ce sont:

— la gamme comprise entre les fréquences critiques de l'ionosphère et les fréquences absorbées par la pluie et les gaz de l'air (entre les limites approximatives de 10 MHz et 20 GHz);

— les gammes combinées des radiations visibles et infrarouges.

C'est la gamme de 10 MHz à 20 GHz qui présente un intérêt plus immédiat pour les télécommunications avec les engins spatiaux. En pratique, la limite supérieure de cette gamme peut s'abaisser au-dessous de 10 GHz pendant les fortes pluies et sa limite inférieure peut s'élever au-dessus de 70 MHz suivant l'intensité de l'activité solaire, la position géographique de la station terrienne et la géométrie du trajet de la liaison. La limite inférieure de cette « fenêtre » peut descendre jusqu'à 2 MHz dans les régions polaires pendant la nuit et sa limite supérieure peut atteindre 50 GHz en des points d'altitude élevée lorsqu'il n'y a pas de précipitations. La figure 1 représente ces limites générales de fréquence.

Bien que la valeur de la fréquence limite inférieure de la « fenêtre » soit limitée par des effets ionosphériques, il peut se faire que l'emploi de fréquences voisines de cette limite inférieure soit restreint par le bruit en provenance de sources extra-terrestres ou atmosphériques. Les problèmes de brouillage peuvent aussi être plus complexes sur ces fréquences.

Aux fréquences supérieures, le rapport signal/bruit est principalement influencé par les facteurs suivants:

— la puissance du signal disponible dans les conditions de propagation en espace libre,

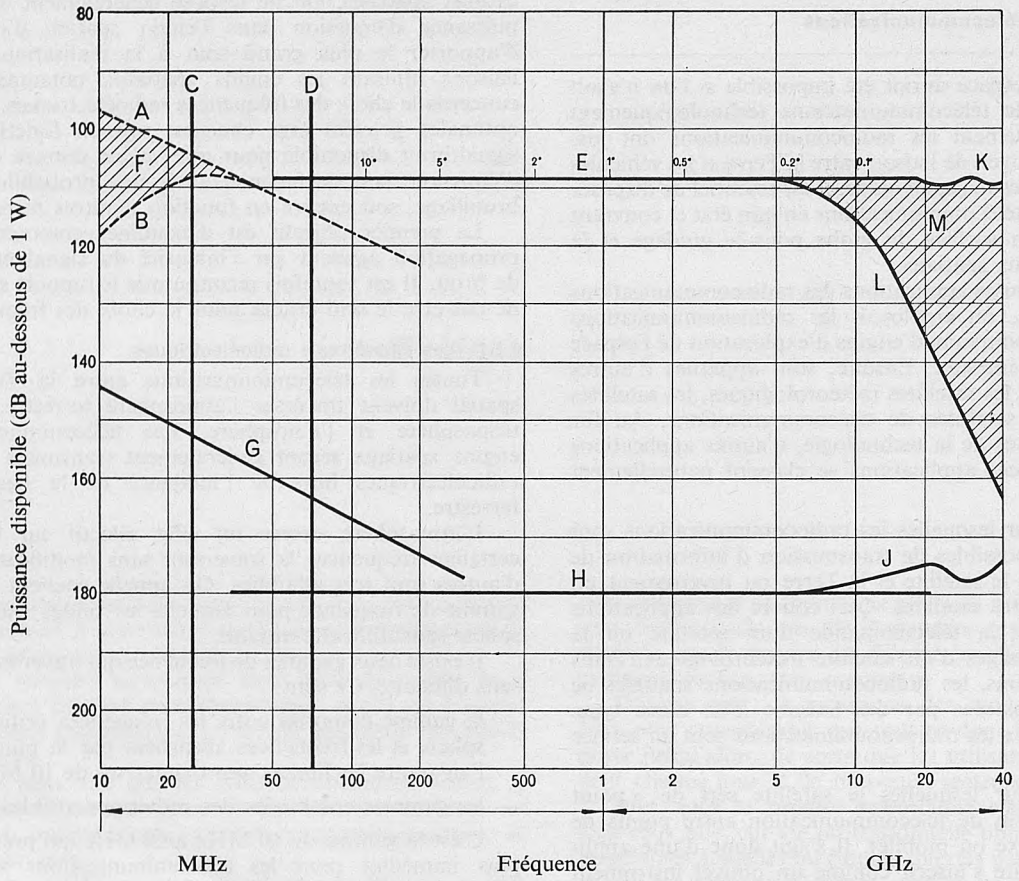
— l'absorption dans l'atmosphère,

— le rayonnement des sources naturelles extra-terrestres,

— le bruit thermique produit par l'absorption atmosphérique et le bruit thermique rayonné par la Terre et capté par les lobes latéraux du diagramme de directivité de l'antenne.

L'affaiblissement des ondes, lors de la propagation, dépend de nombreux facteurs. Citons, en particulier:

— l'absorption atmosphérique, qui dépend de l'angle d'élévation du rayon considéré. Cette absorption augmente en cas de



Graphique montrant les limites générales de fréquences pour un système de télécommunication avec un engin spatial

(Véhicule spatial équipé d'une antenne isotrope-émetteur de 1 W, largeur de bande 1 kHz, distance 1000 km)

Antenne à l'extrémité terrestre de la liaison:

paraboloïde de 20 m de diamètre (rendement de 55%): ————————

15 dB au-dessus du gain de l'antenne isotrope: — — — — — — — —

A : Niveau du signal dans les conditions idéales de la propagation de nuit (pas d'absorption).

B : Valeurs typiques du niveau du signal dans la propagation de jour, pour un angle d'élévation de 5°.

C : Fréquence minimum pour assurer la pénétration dans l'atmosphère terrestre: région polaire, trajet oblique; région tropicale, trajet vertical.

D : Fréquence minimum pour assurer la pénétration dans l'ionosphère terrestre: région tropicale, trajet oblique.

E : Ouverture du faisceau du paraboloïde entre les points à puissance moitié.

F : Effet de l'absorption ionosphérique.

G : Bruit minimum d'origine cosmique; les valeurs maxima seront supérieures d'environ 15 dB.

H : Niveau de bruit correspondant à une température de 70°K.

J : Bruit dû à l'absorption dans une atmosphère claire (pour un angle d'élévation de 5°).

K: Valeurs typiques du niveau du signal pour un trajet vertical en atmosphère claire.

L : Valeurs typiques du niveau du signal par forte pluie (16 mm/h), épaisseur verticale 1 km, pour un angle d'élévation de 5°.

M: Influence des variations des conditions atmosphériques et des angles d'élévation.

Figure 1

précipitations, d'autant plus que ces précipitations ont également une influence sur l'antenne terrienne. On voit facilement sur la figure 1 (courbes *K* et *L*) que cette absorption devient importante après 20 GHz environ et qu'elle est un des facteurs limitatifs à l'emploi de fréquences radioélectriques de valeur beaucoup plus élevée;

— l'absorption par les régions ionisées (couches *D*, *E* et *F*) augmente lorsque la fréquence décroît. Ceci limite à un minimum d'environ 20 MHz les fréquences utilisables pour les radiocommunications spatiales.

D'autres phénomènes de propagation, bien que n'apportant pas d'affaiblissement à l'onde radioélectrique, doivent être indiqués ici car ils ont une influence sur d'autres aspects des radiocommunications spatiales. Mentionnons tout particulièrement:

— la réfraction atmosphérique ou ionosphérique;

— la scintillation (fluctuation de l'amplitude de l'onde au cours du temps). Cet effet, de même que le précédent, se produit surtout aux faibles angles d'élévation. Cette scintillation imposerait une limite au gain maximal possible d'une antenne;

— la diffusion de l'énergie;

— des glissements de fréquence par effet Doppler;

— une rotation du plan de polarisation (effet Faraday).

De même que dans les radiocommunications de terre, le bruit constitue un élément primordial de la liaison. Ces bruits sont causés par les rayonnements de sources naturelles terrestres et extra-terrestres, de sources de bruits industriels, et par les rayonnements en provenance de l'atmosphère absorbante qui entoure la Terre; ils peuvent être reçus aussi bien dans le lobe principal de l'antenne que dans les lobes secondaires. On spécifie fréquemment les bruits radioélectriques par la température équivalente de l'antenne.

Parmi les sources de bruits naturels, les bruits cosmiques prédominent à la limite inférieure de la « fenêtre ». A mesure que l'on s'approche de la limite supérieure, les bruits provoqués par l'absorption de la vapeur d'eau et de l'oxygène de l'atmosphère prennent une importance de plus en plus grande.

Il existe trois types de bruit cosmique, à savoir, un rayonnement de fond (provenant principalement de la galaxie), un rayonnement provenant des radiosources et le bruit solaire. L'amplitude du bruit de fond cosmique diminue lorsque la fréquence augmente et il devient négligeable lorsqu'on le compare au bruit du récepteur au-dessus de 1 GHz. Les radiosources ont des dimensions angulaires très faibles et sont rarement interceptées par l'antenne d'une station terrienne.

Le Soleil a, lui aussi, un diamètre angulaire très petit et il est rarement intercepté par un faisceau d'antenne. Cependant, sa température de bruit apparente peut être très élevée et le bruit reçu par l'intermédiaire des lobes latéraux peut être appréciable dans certains cas.

En plus du bruit provenant de sources extra-terrestres, le bruit peut également être engendré dans l'atmosphère terrestre.

La figure 1 (voir en particulier les courbes *G*, *H* et *J*) donne un aperçu plus précis de l'influence de ces différents bruits.

1.2.2 Altitude du satellite

Un paramètre important des radiocommunications spatiales est l'altitude du satellite. Les premiers satellites gravitaient à des distances de l'ordre de quelques centaines de kilomètres de la Terre. Leur période est, dans ce cas, souvent inférieure à deux heures. Etant proche de la Terre, le signal radioélectrique reçu est plus intense mais, par contre, un système assez complexe de poursuite doit être prévu pour que l'antenne de la station terrienne soit toujours dirigée sur le satellite. Plus l'altitude du satellite est grande, plus la période du satellite augmente. En particulier, lorsque le satellite gravite sur une orbite circulaire, dans le même sens que la Terre et dans le plan de son équateur, à une altitude de 35 800 km environ, sa période est égale à celle de la Terre, ce qui revient à dire que, par rapport à la Terre, le satellite est immobile, ou plus exactement, qu'il a un mouvement apparent de très faible amplitude (satellite « synchrone » ou « géostationnaire »). Ceci simplifie énormément les problèmes de poursuite du satellite et de mouvement des antennes. Du point de vue de la planification, il est également beaucoup plus avantageux d'avoir un émetteur à peu près fixe. De plus, la zone de service est bien plus étendue que dans les autres cas. On s'en aperçoit en se reportant à la figure 2 qui représente les zones de service pour trois altitudes du satellite (l'altitude de 35 800 km correspondant au satellite géostationnaire), et pour des rayons arrivant à incidence rasante ou sous une élévation de 10°. Par contre l'amplitude des signaux est bien plus faible que dans le cas des satellites proches de la Terre.

Etant donné les avantages certains des satellites stationnaires, il sera important de résoudre, dans un avenir relativement proche, le problème de l'*assignation internationale des positions aux satellites sur orbite stationnaire*. Il s'agit là d'un problème un peu similaire à celui qui se pose lors de la planification d'une zone, en radiodiffusion par exemple, où l'on doit spécifier non seulement la fréquence et la puissance de l'émetteur, mais aussi son emplacement.

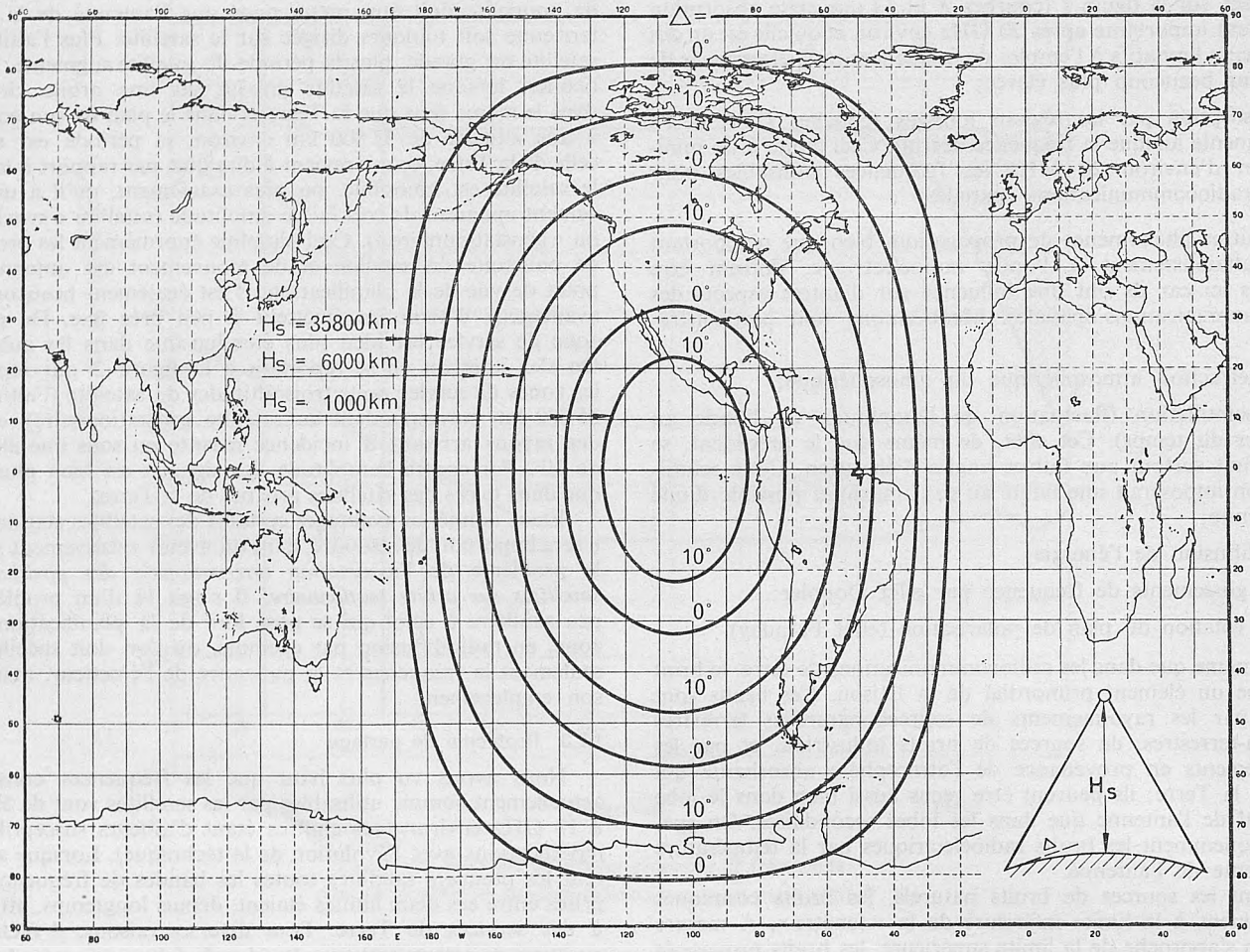
1.2.3 Problème de partage

Nous avons vu plus haut que les fréquences considérées actuellement comme utilisables par les satellites vont de 50 MHz à 10 GHz environ (ces chiffres étant d'ailleurs susceptibles de modifications avec l'évolution de la technique). Lorsque apparurent les premiers satellites toutes les bandes de fréquence comprises entre ces deux limites étaient, depuis longtemps, attribuées à des services de Terre. Pour diverses raisons, il n'était pas question de retirer certaines bandes de fréquence pour les attribuer au service spatial. Il a donc fallu les « partager » entre les services de Terre et les services spatiaux; ce principe de partage est d'ailleurs appliqué depuis longtemps dans de nombreuses bandes. On conçoit sans peine que ce principe entraînerait des brouillages intolérables si une réglementation très stricte n'était appliquée. On verra, à propos des satellites de télécommunications, les différentes conditions qui ont dû être imposées, dans ce cas particulier, aux émetteurs des stations spatiales et des stations de Terre fonctionnant dans les mêmes bandes de fréquence.

Il faut d'ailleurs ajouter que ce partage était possible, compte tenu du fait que les ondes correspondant à ces fréquences peuvent être dirigées dans certaines directions désirées, ce qui a simplifié le problème.

1.2.4 Antennes

Les antennes des systèmes spatiaux sont, comme dans tout système radioélectrique, des éléments importants de la liaison. Les antennes ont, en effet, une influence directe, par leur gain, sur l'intensité du signal que l'on désire recevoir et elles servent également à éliminer, plus ou moins, les émissions brouilleuses qui viennent de directions autres que la direction du signal à recevoir. En outre, étant donné la faible puissance des stations spatiales, le signal reçu dans la station terrienne est très faible. On doit donc utiliser des antennes très sensibles, c'est-à-dire



Carte donnant un exemple de la variation de la zone de service en fonction de l'altitude du satellite

Figure 2

des antennes de grandes dimensions. Les caractéristiques de l'antenne des stations terriennes ont également une incidence sur le prix de la station. Leur prix est, en fait, un élément important du coût total d'un système spatial. Des études sont en cours à ce sujet.

1.2.5 Bandes de fréquence recommandées

Les principes techniques que nous avons esquissés ci-dessus ont conduit, soit à fixer des bandes de fréquence précises pour certaines utilisations, soit à recommander des bandes de fréquence pour certaines applications.

En ce qui concerne les satellites de télécommunications, un élément domine: la grande largeur de bande nécessaire pour acheminer un nombre important de voies téléphoniques ou de canaux de télévision. C'est là une analogie avec le problème qui s'était déjà posé pour les faisceaux hertziens et ceci explique que l'on ait précisément dû choisir les mêmes bandes que celles des faisceaux hertziens, ce qui a entraîné les problèmes de partage déjà mentionnés. Les bandes attribuées à ce service vont de 3400 à 8400 MHz (ondes centimétriques).

Pour les systèmes de radionavigation par satellites, une bande étroite convient. D'autres éléments interviennent selon le système choisi. C'est ainsi que, pour les systèmes qui font appel à l'effet Doppler, les ondes métriques et décimétriques sont appropriées, alors que pour les systèmes par radiosextant des fréquences de l'ordre de 35 GHz ou à la rigueur comprises entre 10 et 20 GHz (ondes centimétriques) sont appropriées.

Dans le cas des satellites météorologiques, les bandes d'ondes métriques, décimétriques et centimétriques sont appropriées du point de vue technique à la transmission des signaux de données météorologiques, que celle-ci se fasse sur une bande étroite ou sur une bande large. Pour les dispositifs de détection électromagnétique des précipitations ou des nuages, installés à bord des satellites, les bandes d'ondes centimétriques et millimétriques sont appropriées.

Pour la télémesure de maintenance, la poursuite et la télécommande des satellites (qui peuvent être de télécommunications, de radionavigation ou météorologiques) les bandes de fréquence inférieure à 1000 MHz, ou mieux 600 MHz, sont celles qui conviennent le mieux. Pour les systèmes de poursuite à haute précision, ou encore dans le cas de satellites gravitant à haute altitude, des bandes de fréquence comprises entre 1 et 10 GHz sont également appropriées. Les fréquences supérieures à 10 GHz conviennent pour les liaisons pendant la rentrée de satellites dans l'atmosphère terrestre.

Le problème des satellites de recherche est plus complexe, étant donné la grande variété de cas qui peuvent se poser, en particulier en ce qui concerne la distance du satellite et la largeur de bande qui lui est nécessaire pour transmettre les données recueillies. Pour les satellites gravitant à faible distance de la Terre, on peut envisager, selon le cas, des bandes de fréquence allant de 100 MHz à 10 GHz et des largeurs de bande allant de 10 kHz à plus de 20 MHz par liaison. Pour les télécommunications avec l'espace lointain, il convient d'utiliser des fréquences comprises entre 100 MHz et 10 GHz. Une bande de fréquence de 2 à 4 MHz par liaison est techniquement appropriée pour la transmission d'informations à large bande, en particulier, au cours de vols lunaires.

Il convient de traiter, en même temps que les satellites de recherche, le cas des engins spatiaux expérimentaux habités. Les fréquences inférieures à 25 MHz sont techniquement appropriées à la radiotéléphonie pendant les phases initiales (départ) et finale (récupération) des vols d'engins habités, ce choix permettant des liaisons même lorsqu'il n'y a pas visibilité directe. Pour les liaisons fiables en visibilité directe, on peut utiliser des fréquences comprises entre 100 et 600 MHz. En cas de détresse, les fréquences à utiliser restent les mêmes que celles utilisées par les services de Terre (Résolution de la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications de 1963 dont il est question plus loin).

Un cas particulier est celui des fréquences à utiliser pour communiquer avec les engins spatiaux lors de leur rentrée dans l'atmosphère terrestre. En effet, il se forme, par suite de la transformation d'énergie cinétique en énergie thermique, une couche d'air ionisée dite « gaine de plasma ». Les seules fréquences utilisables sont celles supérieures à une certaine fréquence critique du plasma, dont la valeur va souvent de 1 à 10 GHz et même au-delà. D'autres possibilités existent dans ce domaine et font l'objet d'études.

Tout différent apparaît le cas de la radioastronomie où, souvent, les fréquences à utiliser sont celles qui correspondent à des émissions sur des raies naturelles dont la valeur ne peut être modifiée.

Actuellement, la bande 1400-1427 MHz est attribuée, à titre exclusif, à la radioastronomie ainsi que deux autres bandes voisines de 10 et 30 GHz; d'autres bandes lui sont attribuées, en partage avec d'autres services. La protection des observations radioastronomiques dans ces bandes partagées est rendue particulièrement délicate par l'extrême faiblesse des signaux reçus.

1.3 La réglementation sur l'emploi des fréquences

Dès 1958, le Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR) de l'UIT s'est préoccupé des radiocommunications spatiales. Sa Commission d'études IV (Systèmes utilisés dans les télécommunications spatiales) élaborait, dès 1959, des textes concernant, entre autres, les facteurs affectant le choix des fréquences par les télécommunications avec ou entre les véhicules spatiaux.

A l'automne de la même année, se tenait une Conférence administrative ordinaire des radiocommunications dont l'objet principal était la révision du Règlement des radiocommunications qui datait de 1947. Cette conférence en a profité pour commencer à examiner les problèmes posés par les radiocommunications spatiales. Elle a élaboré quelques définitions relatives à ce sujet et attribué certaines bandes de fréquence pour la recherche spatiale et la radioastronomie.

D'autres points furent étudiés, en particulier, les dispositions à prendre pour interrompre, au moment approprié, les émissions radioélectriques des satellites artificiels et autres véhicules spatiaux. Ceci prouve que dès le début des radiocommunications spatiales on a, comme pour tous les autres services, envisagé les deux aspects d'une émission radioélectrique, d'une part son aspect utile (transmission des informations), d'autre part, les potentialités de brouillage de toute émission pour les autres usagers. Le cas de la radioastronomie fut également abordé.

Mais cette conférence avait surtout prévu la convocation d'une Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications chargée d'attribuer des bandes de fréquence pour les radiocommunications spatiales.

Cette conférence devait se tenir à Genève en 1963. Cette date avait été fixée avec un soin particulier. En effet, le CCIR qui, depuis 1959, avait effectué de nombreuses études à ce sujet, tenait en janvier-février 1963 sa X^{e} Assemblée plénière. Cet intervalle de plus de trois ans lui avait permis de faire un travail que l'on peut qualifier de considérable, bien que ce fût un travail de pionnier. Les conclusions auxquelles était arrivé le CCIR furent, une fois adoptées, transmises à la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications. Pour autant que cela soit un critère, on doit signaler que les conclusions occupaient quelques centaines de pages.

Le Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB) de l'UIT avait, de son côté, étudié les aspects réglementaires des radiocommunications spatiales.

Cette Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications, qui s'est réunie à Genève du 7 octobre au 8 novembre 1963, a groupé quelque 400 délégués venus de 70 pays. Elle avait lieu précisément au moment où les premiers succès des satellites de télécommunications et les premiers lancements de véhicules spatiaux habités renforçaient la nécessité d'une coopération internationale accrue.

Le travail fondamental était la révision du « Tableau de répartition des bandes de fréquence », révision qui affectait des fréquences allant de 10 MHz à 40 GHz (limite actuelle des fréquences radioélectriques). Ce tableau donne la liste des « services » qui peuvent utiliser une bande de fréquence déterminée, et ceci, pour les trois régions prévues par le Règlement des radiocommunications:

— Région 1: Europe, Afrique et Asie, sauf Asie du sud-est
— Région 2: Amérique
— Région 3: Asie du sud-est et Océanie.

Un exemple de présentation de la version révisée du Règlement des radiocommunications est donné à la figure 3.

Outre la radioastronomie, l'inclusion des rubriques suivantes était prévue pour les radiocommunications spatiales:

— Spatial (identification des satellites)
— Spatial (télémesure)
— Spatial (télémesure et poursuite)
— Spatial (télémesure et poursuite dans l'espace lointain)
— Spatial (télécommande)

MHz

Attribution aux services		
Région 1	Région 2	Région 3
7 750-7 900		
	FIXE	
	MOBILE	
7 900-7 975		
	FIXE	
	MOBILE	
	TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES (Terre vers satellite) 392A	
7 975-8 025		
	TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES (Terre vers satellite) 392A 392C 392H	
8 025-8 400		
	FIXE	
	MOBILE	
	TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITES (Terre vers satellite) 392A	
	394 394B	
8 400-8 500	**8 400-8 500**	**8 400-8 500**
FIXE	RECHERCHE SPATIALE	FIXE
MOBILE		MOBILE
RECHERCHE SPATIALE		RECHERCHE SPATIALE
394A 394D	394C	394A 394D

392H En Algérie, Bulgarie, à Cuba, en Ethiopie, Finlande, Hongrie, au Japon, à Kuwait, au Liban, au Maroc, en Pologne, en République Arabe Unie, Yougoslavie, Roumanie, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie et en U.R.S.S., la bande 7 975-8 025 MHz est, de plus, attribuée aux services fixe et mobile.

394 En Australie et au Royaume-Uni, la bande 8 250-8 400 MHz est attribuée au service de radiolocalisation et au service de télécommunication par satellites.

394A En Australie et au Royaume-Uni, la bande 8 400-8 500 MHz est attribuée aux services de radiolocalisation et de recherche spatiale.

394B En Israël, la bande 8 025-8 400 MHz est attribuée, à titre primaire, aux services fixe et mobile et, à titre secondaire, au service de télécommunication par satellites.

394C A Cuba, la bande 8 400-8 500 MHz est, de plus, attribuée aux services fixe et mobile.

394D En Autriche, Belgique, France, Israël, au Luxembourg et en Malaisie, le service de recherche spatiale est un service secondaire dans la bande 8 400-8 500 MHz.

Figure 3

— Recherche spatiale
— Recherche spatiale (espace lointain)
— Recherche spatiale (télémesure et pousuite)
— Radionavigation par satellites
— Auxiliaires de la météorologie par satellites
— Auxiliaires de la météorologie par satellites (télémesure de maintenance)
— Télécommunications par satellites (sens satellites vers Terre)
— Télécommunications par satellites (sens Terre vers satellites).

Outre le Tableau révisé des fréquences, cette conférence a élaboré une liste de définitions relatives aux radiocommunications spatiales. Ces définitions sont reproduites au chapitre 5 avec d'autres définitions proposées depuis. De plus, la Conférence de 1963 a dû tenir compte des multiples incidences de l'introduction des radiocommunications spatiales sur la réglementation qui couvrait déjà les services de Terre.

Ainsi qu'on l'a déjà exposé, la situation se compliquait du fait que la plupart des bandes attribuées aux radiocommunications spatiales l'étaient en partage avec des services de Terre déjà en exploitation. Ce règlement révisé contient donc un grand nombre de prescriptions techniques consistant, soit en limitations du flux de puissance des émissions, tant des satellites que des émetteurs de Terre, soit en prescriptions relatives aux calculs de la « distance de coordination » pour les stations terriennes.

La Conférence de 1963 fixa également la procédure de notification des fréquences utilisées par les services spatiaux. Ainsi, des prescriptions détaillées, mais qu'il serait fastidieux de reproduire, donnent les instructions générales concernant les fiches de notification qui doivent être adressées par l'administration notificatrice à l'IFRB ainsi que les caractéristiques fondamentales à fournir dans les cas suivants:

— notification d'une fréquence d'émission d'une station terrienne,
— notification d'une fréquence de réception d'une station terrienne,
— notification d'une fréquence d'émission d'une station spatiale,
— notification d'une fréquence de réception de stations spatiales,
— notification d'une fréquence de réception de stations de radioastronomie.

Prenons comme exemple, le cas de la notification d'une fréquence de réception de stations spatiales. Cette notification devra indiquer les caractéristiques suivantes:

— fréquence assignée (de l'émission à recevoir),
— date de mise en service,
— identité de la ou des stations spatiales de réception,
— renseignements relatifs à l'orbite (inclinaison, période, altitude de l'apogée et du périgée; longitude moyenne de la position dans le cas d'un satellite stationnaire),
— station(s) terrienne(s) d'émission associée(s) à la ou aux stations spatiales,
— classe de la station et nature du service effectué,
— classe d'émission, largeur de bande nécessaire et nature de la ou des transmissions à recevoir,
— caractéristiques de l'antenne de réception de la ou des stations spatiales (angle entre les directions où la puissance rayonnée est réduite de moitié, gain maximal de l'antenne; dans le cas de satellites stationnaires, point vers lequel l'antenne est dirigée et précision de pointage),
— horaire maximal de réception,
— nombre de stations spatiales,
— température du système de réception (il s'agit d'un paramètre qui s'exprime en degrés absolus et dont la valeur indique la sensibilité du système de réception, le système étant d'autant plus sensible que la valeur de la température est plus faible)*,
— administration ou compagnie exploitante.

* Voir page 28.

4. STATIONS SPATIALES DE SATELLITE DE MÉTÉOROLOGIE — METEOROLOGICAL-SATELLITE SPACE STATIONS — ESTACIONES ESPACIALES DE SATÉLITE DE METEOROLOGÍA

1	2	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c	6a	6b	7	8	9

Pays notificateur: Notifying country: País notificante:

URS **Union des Républiques Socialistes Soviétiques** — **Union of Soviet Socialist Republics** — **Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas**

1								461,5	M	2F1	10		URS	1)	2) PS120 APG1000
2								464	M	2F1	10		URS		2) PS120 APG1000
3								466,5	M	2F1	10		URS		2) PS120 APG1000
4								469	M	2F1	10		URS		2) PS120 APG1000

1) Ministère des communications postales et électriques, Moscou — MINSVIAZ, Moscou.

2) Orbite circulaire presque polaire. — 2) Near polar circular orbit. — 2) Órbita circular casi polar.

Pays notificateur: Notifying country: País notificante:

USA **Etats-Unis d'Amérique** — **United States of America** — **Estados Unidos de América**

ESSA 2								137,5	M	30F9	5		Worldwide	1)	IO79,1R PS115,525 APG1414,54/1352,15 2)

1) Department of State, Washington 20520 D.C. — SECSTATE, Washington D.C.

2) Le satellite ESSA 2 a été placé sur une orbite de telle manière que son mouvement soit synchronisé avec le mouvement apparent du soleil par rapport à la Terre. Sur la partie éclairée de l'orbite, l'engin spatial se déplace par rapport à la Terre du nord vers le sud, en traversant le plan équatorial à environ 0900 heure locale lors de chaque révolution. Le Satellite ESSA 2 tourne autour du globe terrestre et ses deux caméras — du système dit de transmission automatique d'images (Automatic Picture Transmission, APT) — photographient les nuages au-dessous de l'engin spatial et transmettent immédiatement les images à des stations de réception simples situées à terre. Il existe aujourd'hui environ 145 de ces stations de réception dans le monde. Procédé de modulation: une sous-porteuse de fréquence 2400 Hz est modulée en amplitude par des données video à fréquence 1600 Hz.

2) The ESSA 2 satellite was placed into a sun-synchronous orbit such that the spacecraft moves from north to south in the daylight portion of the orbit, crossing the equator at about 0900 local standard time on each orbital pass. The ESSA 2 satellite circles the globe and its two cameras, called Automatic Picture Transmission (APT) camera systems, photograph clouds beneath the spacecraft and transmit pictures immediately to simple receiving stations on the ground. There are about 145 receiving stations throughout the world today. Modulation: a 2400 Hz subcarrier is amplitude modulated with 1600 Hz video data.

2) El satélite ESSA 2 está colocado en una órbita tal que su movimiento está sincronizado con el aparente del sol respecto de la Tierra. En la parte iluminada de su órbita, el satélite efectúa un movimiento de traslación en la dirección Norte-Sur, atravesando el plan ecuatorial hacia las 0900 hora local, en cada revolución. El satélite ESSA 2 gira alrededor del globo y, con sus dos cámaras — denominadas sistemas de cámaras para la transmisión automática de imágenes, — toma fotografías de las nubes que sobrevuela y las transmite inmediatamente a estaciones receptoras simples de la Tierra. Existe hoy un número aproximado de 145 estaciones receptoras diseminadas en todo el mundo. Procedimiento de modulación utilizado: una subportadora de frecuencia 2400 Hz es modulada en amplitud por la información de video (1600 Hz)

Figure 4

Une recommandation de cette conférence décrit également une méthode pratique pour déterminer la « distance de coordination » dont on a déjà parlé précédemment. Le calcul proposé envisage les trois cas suivants:

a) celui du brouillage causé par l'émission d'une station terrienne à la réception dans une station de Terre;

b) celui du brouillage causé par l'émission d'une station de Terre à la réception dans une station terrienne de télécommunications par satellites ou de météorologie par satellites;

c) celui du brouillage causé par l'émission d'une station de Terre à la réception dans une station terrienne de recherche spatiale.

— Dans le cas *a*), on a supposé, aux fins du calcul, que la station de réception de Terre est une station d'un système de faisceau hertzien en visibilité directe.

— Dans le cas *b*), on a supposé que, dans une hypothèse comme dans l'autre, la station terrienne fait partie d'un système de télécommunications par satellites.

— De plus, afin d'obtenir une valeur sûre de la distance de coordination, on a supposé, dans tous les cas, que l'antenne de la station de réception a un gain élevé. On a supposé également, pour la même raison, qu'il s'agit dans tous les cas de récepteurs sensibles et à faible bruit.

L'IFRB reçoit donc les notifications de fréquences pour assignations aux stations des services spatiaux et examine leur conformité au Règlement des radiocommunications. Il applique la procédure fixée dans le Règlement des radiocommunications pour déterminer la distance de coordination; il examine, en outre, toutes les notifications de stations terrestres qui partagent les bandes de fréquence avec des services spatiaux afin de déterminer si la puissance rayonnée et les autres caractéristiques restent dans les limites fixées par le Règlement des radiocommunications.

La conférence dut édicter de nouvelles règles pour la notification et l'inscription, dans le Fichier de référence internationale

des fréquences, des assignations de fréquence aux stations du service spatial et du service de radioastronomie. Il est prévu, notamment, que toute assignation de fréquence à une station terrienne ou spatiale doit être notifiée au Comité international d'enregistrement des fréquences:

a) si l'utilisation de la fréquence en question est susceptible d'entraîner des brouillages nuisibles à un service quelconque d'une autre administration;

b) ou si la fréquence doit être utilisée pour des radiocommunications internationales;

c) ou encore si l'on désire obtenir une reconnaissance internationale officielle de l'utilisation de cette fréquence.

Les renseignements inscrits dans le Fichier de référence internationale des fréquences, en application de ces dispositions, sont, de plus, présentés dans un document de service de l'UIT intitulé « Nomenclature des stations du service spatial et du service de radioastronomie ».

La figure 4 reproduit une page de cette nomenclature relative aux stations spatiales de satellites de météorologie.

Cette conférence, enfin, consciente du fait que les progrès dans la conquête de l'espace extra-atmosphérique et, en conséquence, dans l'utilisation des radiocommunications spatiales seraient très rapides, recommandait que le Conseil d'administration de l'UIT propose aux pays Membres de l'Union, lorsqu'il le jugerait opportun, la réunion d'une autre conférence spatiale (Recommandation nº 9A).

C'est pourquoi, le Conseil d'administration de l'Union, lors de sa 23e session tenue à Genève du 11 au 31 mai 1968, session au cours de laquelle il a notamment examiné le rôle de l'UIT dans le domaine des télécommunications spatiales (voir Annexe) a adopté une résolution traitant de la convocation d'une telle conférence.

On trouvera ci-après quelques extraits de cette résolution:

TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES

Résolution nº 632 adoptée au cours de la 23e session du Conseil d'administration de l'UIT.

Conférence administrative mondiale des radiocommunications spatiales

Le Conseil d'administration,

vu

la Recommandation nº 9A de la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications chargée d'attribuer les bandes de fréquence pour les radiocommunications spatiales (Genève, 1963);

considérant

les progrès substantiels qui ont été accomplis dans le domaine des télécommunications spatiales depuis la Conférence de Genève, 1963;

. . . . . .

décide

de recommander aux administrations la convocation d'une Conférence administrative mondiale des radiocommunications, pour la fin de 1970 ou le début de 1971 et pour une durée approximative de cinq semaines, avec un ordre du jour comprenant notamment les points ci-après:

1. reviser les règlements administratifs et techniques en vigueur et adopter les nouvelles dispositions qui s'imposent, applicables aux services de radiocommunications spatiales et au service de radioastronomie, de manière à assurer l'utilisation rationnelle du spectre;
2. examiner et, le cas échéant, réviser les dispositions du Règlement des radiocommunications applicables au service mobile aéronautique, au service mobile maritime et à la navigation, en ce qui concerne l'utilisation des techniques de télécommunications spatiales;
3. examiner la question des nouvelles attributions de bandes de fréquence aux services de radiocommunications spatiales et procéder, dans la mesure du possible, à ces attributions;
4. réviser et compléter, selon le cas, les critères techniques actuels pour le partage des fréquences entre les systèmes de télécommunications par satellites et les systèmes de Terre et établir des critères pour le partage des fréquences entre les systèmes de télécommunications par satellites.

. . . . . .

Ouverture de la Conférence des radiocommunications spatiales, Genève, octobre 1963 (UIT)

2. Les radiocommunications au service du satellite

2.1 Généralités

On traite ici d'utilisations des satellites qui, en elles-mêmes n'ont pas pour but principal de réaliser des télécommunications; cependant, celles-ci interviennent quel que soit l'engin spatial pour le guidage et la poursuite de ces engins, pour la transmission à Terre des informations recueillies et pour diverses fonctions auxiliaires.

De plus, il faut remarquer que certaines de ces utilisations servent à leur tour, aux télécommunications. Ainsi une partie des travaux de recherche spatiale donnent des renseignements sur l'ionosphère (par exemple, les sondages ionosphériques « à partir du haut » par les satellites de sondage *Alouette*), pour l'étude de la propagation des ondes décamétriques; de même, certains renseignements recueillis par les satellites météorologiques sont précieux pour l'étude de la propagation troposphérique. Cependant, on ne doit pas négliger les interactions entre l'industrie électronique et ses divers clients; les performances et la miniaturisation exigées du matériel pour les applications spatiales (et aussi pour certains ordinateurs) ont amené des progrès dont toutes les branches des télécommunications bénéficient indirectement; la fiabilité du matériel joue également un rôle particulièrement évident et elle est devenue une véritable science appliquée grâce en grande partie au satellite.

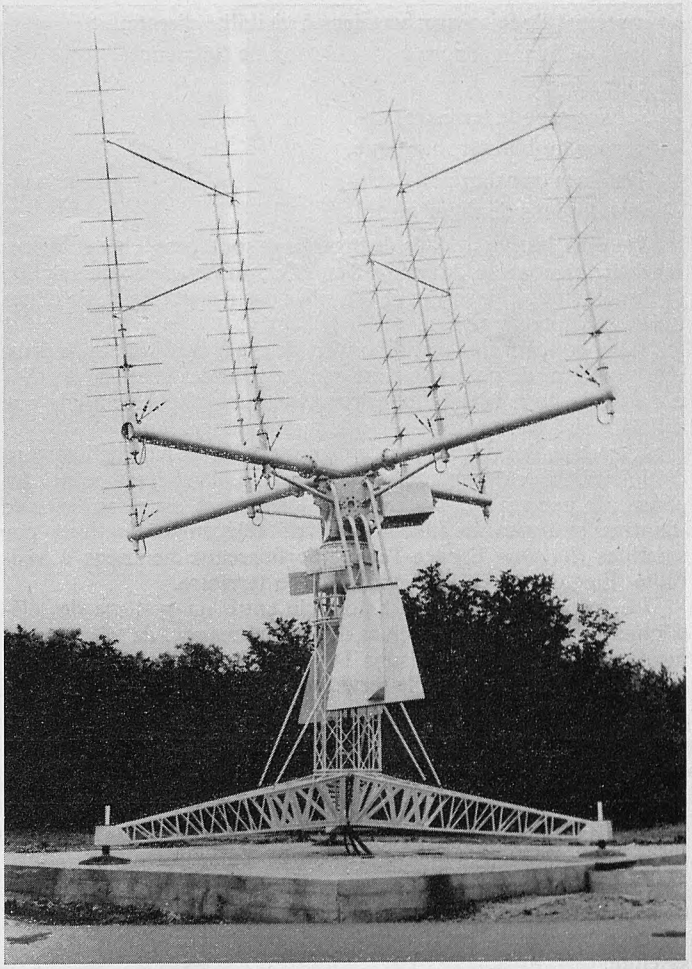
2.2 Télémesure de maintenance - Poursuite - Télécommande

On trouvera à la fin de cet opuscule la définition de ces trois termes dont le sens est d'ailleurs clair et presque familier car il s'agit là de fonctions qui se retrouvent dans tous les satellites. De même que dans tout équipement technique moderne, on fait des mesures aussi complètes que possible: c'est la partie télémesure et poursuite, cette dernière étant destinée à la mesure des caractéristiques orbitales. En fonction de ces mesures, on peut agir en conséquence sur le satellite (télécommande).

On a vu lors de l'examen des problèmes que pose le choix des fréquences que, selon le cas, des fréquences inférieures à 15 GHz, ou même comprises entre 1 et 10 GHz, étaient appropriées à la télémesure de maintenance, à la poursuite ou à la télécommande des satellites. La Conférence des radiocommunications spatiales a effectivement, en 1963, attribué à cet usage certaines bandes de fréquence comprises entre 100 MHz et 10 GHz. Cependant, il a été admis que, au fur et à mesure du développement des systèmes à satellites pour la météorologie, la radionavigation et les télécommunications et, compte dûment tenu des conditions imposées par la fiabilité et de la nécessité d'utiliser le spectre des fréquences avec économie, des fréquences situées dans les bandes qui servent à la transmission de données ou aux télécommunications doivent être utilisées, chaque fois que cela est possible, pour la télémesure de maintenance, la poursuite et la télécommande.

2.2.1 Brouillage

Une fois de plus, le problème principal qui se pose est celui des brouillages qui sont susceptibles de se présenter, notamment avec les services de Terre qui utilisent en partage les bandes utilisées par la télémesure de maintenance, la poursuite et la télécommande. Comme les brouillages éventuels sont, dans une large mesure, indépendants de la fréquence dans des gammes relativement larges, les résultats ont été calculés uniquement pour deux fréquences représentatives, à savoir, 400 MHz et 4 GHz



Télémaque-II — *Antenne destinée au réseau* Iris *de télémesure et télécommande de satellites du Centre national d'études spatiales (France). Orientable en site et en azimut, elle reçoit les signaux de télémesure émis par les satellites dans la bande 136-138 MHz et transmet les signaux de télécommande dans la bande 148-150 MHz.*

(CNES)

Des estimations ont été faites sur les brouillages résultant du fonctionnement de plusieurs systèmes dans une même voie: par fonctionnement dans une même voie, l'on entend ici le fonctionnement de deux systèmes sur des fréquences suffisamment voisines les unes des autres pour que le spectre d'émission d'un de ces systèmes déborde sur tout ou partie de la largeur de bande de réception de l'autre système. On est obligé d'envisager ce recouvrement de fréquences puisqu'il semble peu probable que les services spatiaux puissent être intercalés, voie par voie, avec les services existants. En général, l'intensité du brouillage dépend des relations particulières qui existent entre les fréquences des deux systèmes considérés: aussi, s'est-on efforcé, dans chaque évaluation, de considérer le cas le plus défavorable.

Des études ont été faites au sujet des brouillages possibles avec les services suivants:

— télémesure spatiale,
— télécommande spatiale,
— service de télécommunications par satellites,

— systèmes de faisceaux hertziens à visibilité directe,
— radiodiffusion sonore à modulation de fréquence,
— télévision,
— service mobile terrestre,
— service mobile aéronautique,
— systèmes transhorizon,
— installations de radar au sol.

De plus, les possibilités de brouillage sont, pour chacun de ces services, au nombre de quatre: en effet, un émetteur de satellite (ou un émetteur au sol) peut brouiller des récepteurs de satellites ou des récepteurs au sol.

Il y a donc un très grand nombre de cas à considérer; de plus, une plus grande protection est exigée pour les signaux de télécommande dont la fiabilité apparaît comme plus essentielle que celle des signaux de télémesure de maintenance.

L'examen de tous les cas de brouillage serait particulièrement fastidieux. Pour résumer, on peut dire que, dans l'état actuel des choses, le partage des systèmes de télémesure est possible avec d'autres systèmes de télémesure, de télécommunications par satellites (liaisons Espace-Terre), de faisceaux hertziens à visibilité directe et avec le service mobile terrestre.

De même, le partage est possible entre un système de télécommande et d'autres systèmes de télécommande, de télécommunications par satellites (liaisons Terre-Espace), faisceaux hertziens à visibilité directe et avec le service mobile terrestre.

2.3 Satellites météorologiques

Il s'agit-là peut-être d'un exemple d'application particulièrement intéressant du satellite. Sans doute ne fonctionne-t-il pas actuellement sur une base commerciale comme le satellite de télécommunications mais, par contre, il permet l'acquisition de renseignements qu'il aurait été impossible d'obtenir sans satellite.

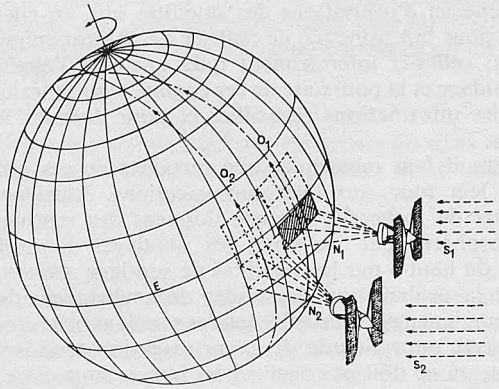
2.3.1 Etat actuel de la technique

Dans l'état actuel de la technique, les satellites de météorologie sont surtout des caméras de télévision et des capteurs de rayonnement. Peut-être les futurs satellites de météorologie ne comporteront-ils pas seulement les caméras de télévision et les capteurs de rayonnement utilisés dans ces systèmes et permettront-ils de rassembler des données météorologiques plus complètes et plus précises. On ne saurait prévoir quelle sera l'évolution des satellites de météorologie, sinon par extrapolation, en se fondant sur l'expérience que les premiers satellites auront permis d'acquérir.

■ *Télévision.* — Les données météorologiques ne sont utiles que pendant peu de temps et leur transmission par télévision, du satellite à la station terrienne puis à l'usager, doit être aussi rapide que possible. Cette transmission peut être assurée en faisant intervenir plus d'un satellite, en émettant des renseignements essentiels à de fréquents intervalles ou encore en combinant deux méthodes. Toutes ces opérations nécessitent une plus grande largeur de bande que celle dont on dispose dans les bandes actuellement utilisées pour la recherche. Il est parfois difficile de discerner des phénomènes tels que la glace ou les nuages, et parfois malaisé de distinguer les régions désertiques des nuages; un pouvoir séparateur accru peut alors se révéler indispensable.

■ *Bruits atmosphériques.* — Les orages et aussi la grêle, les turbulences, précipitations, vents violents, etc., qui leur sont fréquemment associés, représentent autant de conditions météorologiques susceptibles de mettre gravement en péril la vie comme les biens,

Rotation propre
de la Terre



Couverture télévisuelle du satellite NIMBUS

N_1, N_2 : NIMBUS respectivement sur sa première et deuxième orbite
S_1, S_2 : Rayonnement solaire respectivement pendant la première et la deuxième orbite
O_1, O_2 : Première et deuxième orbites de NIMBUS
E : Equateur terrestre

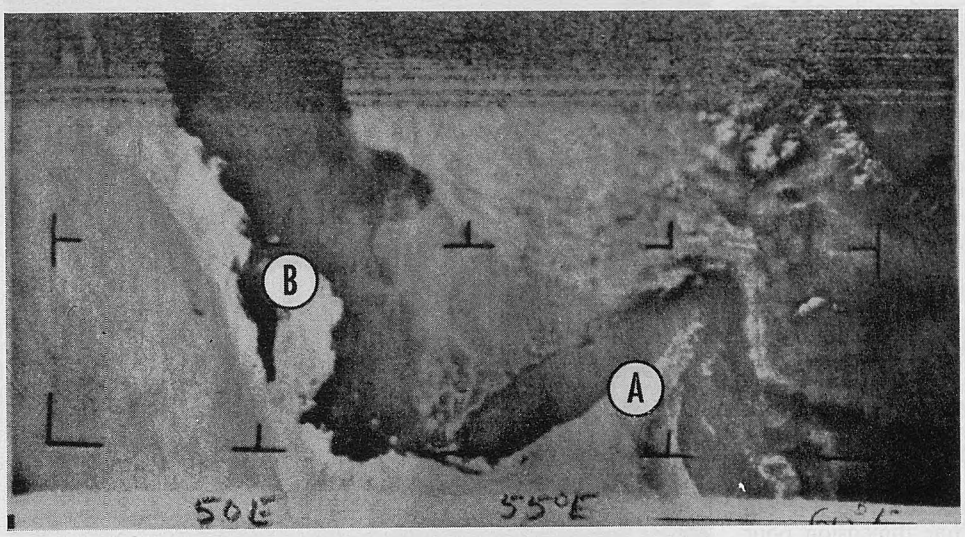
Figure 5

et qui ont une importance particulière pour les mouvements des aéronefs. A l'heure actuelle, les réseaux de radar et les stations au sol de détection des atmosphériques ne fournissent aux météorologistes des données sur l'emplacement et les mouvements des perturbations orageuses que pour une petite fraction de la surface du globe. Ces observations se sont révélées des plus intéressantes pour l'analyse du temps et l'établissement des prévisions météorologiques. Les satellites peuvent, en principe, procurer des observations de l'activité orageuse portant sur la totalité du globe. De plus, un récepteur de bruits atmosphériques installé à bord d'un satellite de météorologie représente probablement le moyen le plus économique d'étendre au monde entier le réseau de détection des bruits atmosphériques.

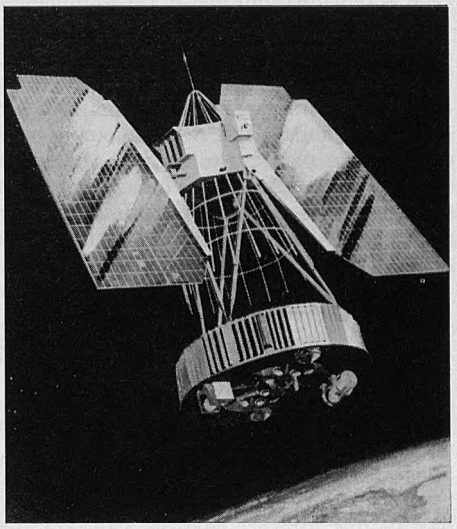
2.3.2 Perspectives

■ *Radar de météorologie à bord des satellites.* — L'aviation et les services de prévisions météorologiques utilisent beaucoup le radar pour détecter les précipitations à trois dimensions. Il serait d'un intérêt inestimable de pouvoir recouper les données relatives aux précipitations par des images des nuages fournies par la télévision, en particulier pour obtenir des données sur les régions inhabitées. Le radar permet, non seulement de détecter les précipitations, mais encore d'en estimer l'intensité, le volume, le point de givre, le degré de convection vertical, etc. Certains types de radar peuvent fournir sur les nuages des informations que la photographie ne permet pas aisément de discerner.

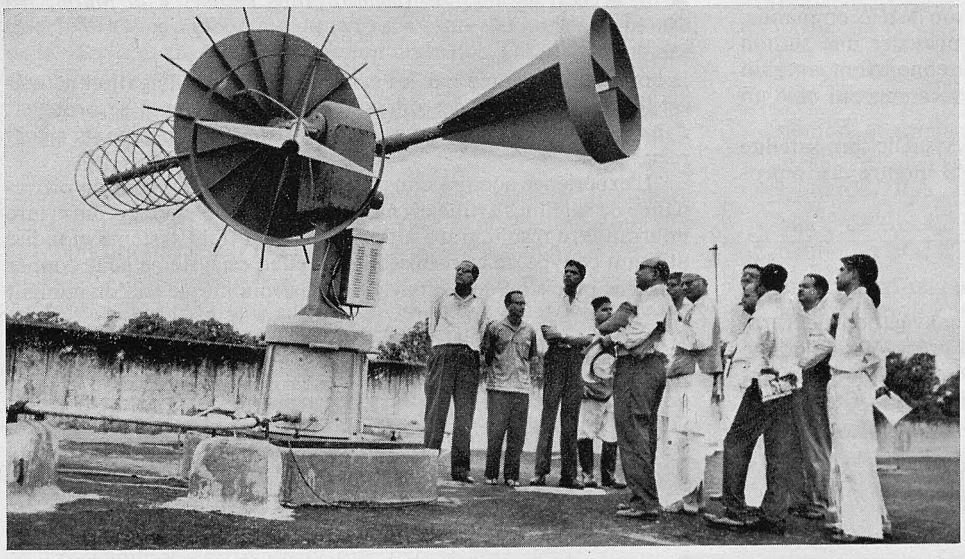
Dans l'état actuel de la science, tel qu'il ressort des documents publiés, à ce jour, il paraît souhaitable de prévoir des radars fonctionnant dans la bande des 10 GHz, celle-ci représentant à peu près le centre de la région du spectre où on peut obtenir de bons échos radar sur les précipitations. La bande des 34-35 GHz paraît la plus favorable pour la détection des nuages. Les conditions requises quant au pouvoir séparateur imposent de grandes largeurs de bande.



1.



2.



3.

1.
Photographie reçue par l'équipement représenté sur la photographie nº 2. Elle montre notamment le golfe Persique, l'Arabie Saoudite et l'Iran (NASA)

2.
Le satellite météorologique Nimbus *(Etats-Unis)* (NASA)

3.
Antenne utilisée pour la réception des images en provenance des satellites météorologiques Nimbus *(Observatoire Colaba, près de Bombay)* (NASA)

■ *Spectroscopie des hyperfréquences.* — On a recours à la spectroscopie des ondes infrarouges pour mesurer les relations énergétiques dans l'atmosphère; on étudie actuellement les différentes possibilités que peut offrir cette méthode.

2.3.3 Exemple de réalisation

A titre d'exemple, nous donnons ci-après une brève description de quelques-unes des multiples possibilités du satellite météorologique *Nimbus*.

■ *Le satellite Nimbus.* — La meilleure méthode pour faire des observations météorologiques à partir d'un engin spatial consiste à utiliser une plate-forme stabilisée orientable. On peut alors disposer les caméras de télévision et les capteurs de rayonnement sur une face qui soit toujours tournée vers la Terre, ce qui accroît les possibilités de couvrir le monde entier sans interruption. Nimbus est muni d'un système de stabilisation et de maintien d'orientation qui a pour rôle de pointer l'axe de symétrie du satellite vers le centre de la Terre.

Le système de stabilisation peut être grandement simplifié si le satellite est lancé sous un angle de 80°, sur une orbite rétrograde. Sous une telle inclinaison, la dérive du plan orbital autour de la Terre se fera avec une vitesse et dans la direction appropriées pour compenser le mouvement de rotation de la Terre autour du Soleil, si bien que la ligne Terre-Soleil sera toujours contenue dans le plan orbital. Grâce à un mouvement de rotation propre, les batteries solaires restent constamment perpendiculaires aux rayons du Soleil, ce qui leur permet de recueillir un maximum d'énergie d'origine solaire.

Un certain nombre de stations terriennes seront chargées de recevoir les résultats de télémesure et d'émettre les signaux de télécommande.

L'utilisation conjointe d'une orbite quasi polaire et d'une méthode de stabilisation par rapport à la Terre représente la condition idéale pour le fonctionnement du système à caméras de télévision. Ce système comprend trois caméras, l'une dirigée vers le bas et les deux autres faisant chacune un angle de 35° par rapport à la verticale, dans le plan normal au vecteur vitesse.

Les vidicons sont mis en fonctionnement pendant des périodes de 40 ms et la totalité du signal image est explorée par leurs faisceaux électroniques pendant une durée de 6,5 s. Chaque caméra est associée à un oscillateur local dont les signaux, modulés en fréquence, sont emmagasinés sur une piste donnée d'un enregistreur à bande magnétique à deux bobines. Une quatrième piste contient des repères de temps continus, ce qui permet de reconnaître le moment où une image a été prise. L'appareil contient une longueur de bande suffisante pour pouvoir enregistrer 64 images (deux révolutions orbitales), lesquelles peuvent être reproduites en dix minutes.

Sur réception d'un ordre en provenance de la station terrienne, l'enregistreur reproduit les données et les oscillateurs locaux transfèrent dans d'autres bandes les quatre sous-porteuses modulées.

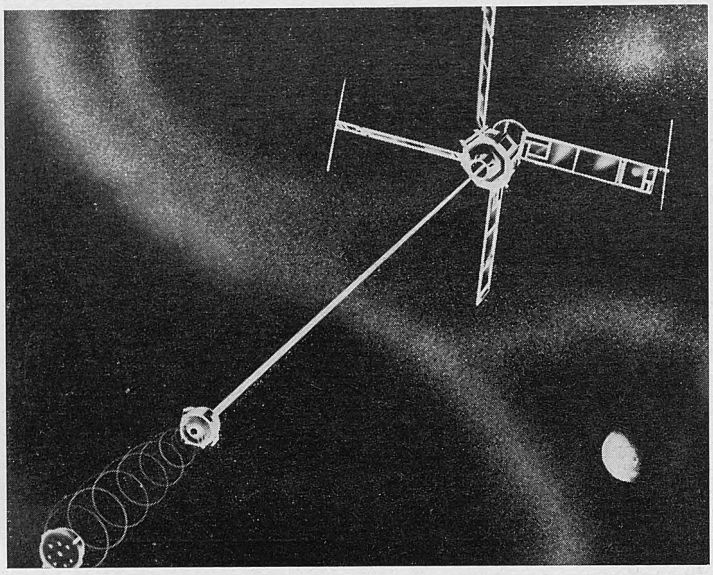
■ *Système de transmission automatique des images.* — Ce système met à la disposition des usagers, dans le monde entier, des images de la couverture de nuages dans leur région, la réception se faisant dans des stations terriennes uniquement réceptrices de prix modique. La caméra utilisée est munie d'une lentille de 108° qui fournit une image d'environ 3200 km sur une dimension pour un satellite gravitant sur orbite circulaire à une altitude de 1330 km.

Les systèmes qui équipent l'engin et la station terrienne sont l'un et l'autre simples. Ils ne nécessitent ni liaison de télécommande, ni mémoire. Le seul équipement que doit posséder une station terrienne de réception se compose d'une antenne ayant un gain d'au moins 10 dB, d'un récepteur de type commercial et d'un enregistreur de fac-similé.

La figure 5 montre la couverture télévisuelle du satellite Nimbus et la photographie n° 1 de la page 13 montre une reproduction d'image de couverture de nuages.

2.4 Radionavigation par satellite

On a mis au point des systèmes de radionavigation de Terre capables d'assurer un service continu dont la précision, la fiabilité et la simplicité de fonctionnement sont, dans les conditions idéales, au moins égales à celles de la navigation astronomique. Cependant,

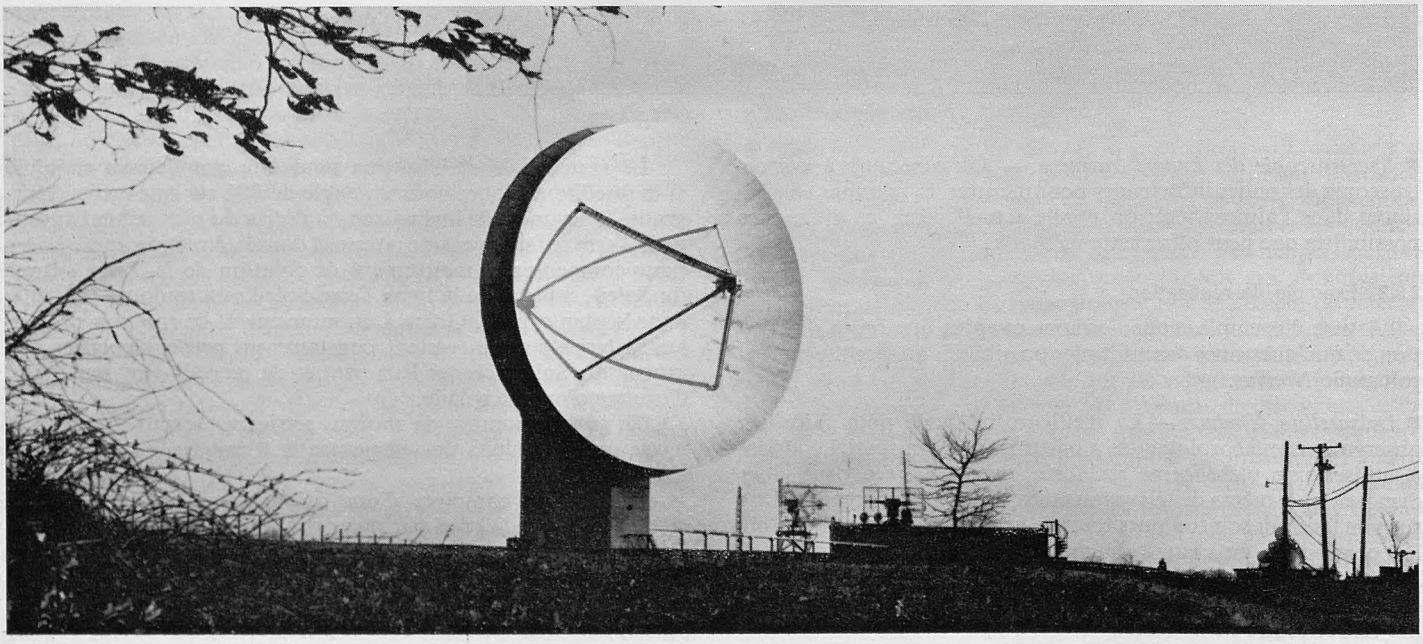


▲ *L'un des satellites de radionavigation destinés à la Marine des Etats-Unis* (US Navy)

la couverture assurée par les systèmes de radionavigation actuels est limitée en raison des difficultés qu'on éprouve à se protéger, dans l'équipement d'observation, contre l'onde d'espace du signal reçu.

L'expérience acquise dans la réception des émissions en provenance de satellites artificiels montre que le problème de couverture pourrait être résolu grâce à l'établissement d'un système mondial utilisant ce type de transmission. En effet, ce système peut donner la même précision que la navigation astronomique (si l'on connaît

La première antenne mise au point dans le cadre des programmes de satellites de radionavigation destinés à la Marine des Etats-Unis (US Navy)
▼



exactement les orbites sur lesquelles évoluent les satellites) et la même fiabilité que les systèmes radioélectriques au sol, puisqu'ils utilisent des fréquences qui, pour une large part, ne sont pas affectées par le milieu de propagation.

Ces techniques, applicables avec des satellites artificiels, présentent un intérêt tout particulier parce qu'elles permettent d'associer, pour la première fois, un certain nombre de fonctions connexes telles que les télécommunications, les opérations à effectuer en cas d'urgence, le contrôle du trafic, la transmission de bulletins météorologiques et la radionavigation maritime et aéronautique, ainsi que la radionavigation pour d'autres véhicules.

Parmi les caractéristiques de radionavigation qui confèrent un intérêt indéniable aux satellites artificiels, nous citerons les suivantes:

— possibilité d'assurer une couverture mondiale à l'aide d'un système unique,

— souplesse de fonctionnement permettant de satisfaire aux diverses exigences des systèmes,

— économie dans l'utilisation du spectre.

Il existe quatre méthodes fondamentales en matière de radionavigation par satellites: mesure de la distance, mesure de la variation de distance en fonction du temps, mesure des angles et mesure de la variation angulaire en fonction du temps. On peut combiner ces différentes méthodes:

— un système reposant sur le principe de la mesure des variations de distance en fonction du temps (système Doppler) a déjà fonctionné;

— des systèmes utilisant la méthode des mesures angulaires (radiosextants) ont été réalisés à titre expérimental pour des applications faisant intervenir le Soleil et la Lune.

On considère que ni l'un ni l'autre de ces deux types de système ne permet d'obtenir une utilisation optimale des satellites dans les applications pratiques de la radionavigation.

Des études et des analyses ont été faites et se poursuivent actuellement en vue de rechercher les possibilités d'application de systèmes mettant en œuvre la plupart des méthodes décrites plus haut. Il semble probable que ces études donneront lieu à des essais dans lesquels on recherchera les possibilités de mise en œuvre d'autres méthodes et, éventuellement, les possibilités de réalisation de systèmes d'exploitation.

Les gammes de fréquence appropriées aux deux catégories de systèmes mentionnés plus haut ont été indiquées dans les généralités à propos du choix des fréquences.

De même que dans tous les services par satellites, on a étudié avec une attention particulière les possibilités de partage des fréquences entre le service de radionavigation par satellites et les services de Terre. Des recherches ont été faites en se basant sur un système-type de radionavigation par satellites et en examinant trois cas de brouillage possible:

— brouillages causés par des stations de Terre à un récepteur installé à bord d'un aéronef ou d'un navire appartenant au service de radionavigation par satellites;

— brouillages causés par des stations de Terre à un récepteur installé à bord d'un satellite appartenant au service de radionavigation par satellites;

— brouillages causés à des stations de Terre par les émissions d'une station spatiale du service de radionavigation par satellites.

Ces études ont montré que ce partage créait des brouillages excessivement élevés et n'était donc pas réalisable.

2.5 Application des satellites aux services mobiles

Les techniques des radiocommunications spatiales sont étroitement liées aux possibilités de communications avec des navires ou des aéronefs. Ceci explique encore mieux l'intérêt attaché à l'avenir de ces techniques par la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunication chargée d'élaborer un plan d'allotissement révisé pour le service mobile aéronautique (R)*, Genève 1966. En effet, dans une de ses recommandations cette conférence demande, notamment:

« — que les administrations, tenant compte des facteurs économiques et d'exploitation en jeu, prennent en considération les possibilités de donner satisfaction aux besoins du service mobile aéronautique (R) sur les lignes aériennes mondiales principales en recourant aux techniques des radiocommunications spatiales;

— que les administrations poursuivent l'étude de ces questions en se fondant sur les facteurs exposés dans l'annexe à la présente Recommandation; » . . . . .

L'annexe dont il est question, ci-dessus, donne une liste non limitative des facteurs dont les têtes de chapitre sont les suivantes:

— caractéristiques techniques du système de réception et d'émission des satellites et des aéronefs;

— nombre et emplacement des satellites;

— caractéristiques techniques requises pour les stations aéronautiques (R);

— mode de fonctionnement et emplacement des stations aéronautiques (R);

— dispositions permettant l'acheminement du trafic entre points fixes du service aéronautique;

— estimation du coût d'un système à satellites comprenant le matériel à terre, le matériel à bord des aéronefs et le matériel à bord du ou des satellites;

— questions d'exploitation concernant un système à satellites, y compris le matériel énuméré ci-dessus.

La Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée de traiter de questions concernant le service mobile maritime, Genève 1967, s'est également préoccupée de l'aide que les satellites pourraient apporter, non seulement à la navigation, mais à tous les besoins du service mobile maritime en matière de communications. Voici un extrait d'une recommandation relative à l'utilisation des techniques de télécommunications spatiales dans le service mobile maritime:

« La Conférence administrative mondiale des radiocommunications de Genève (1967),

invite les administrations

à déterminer les besoins prévisibles du service mobile maritime en matière d'exploitation qui sont susceptibles d'être satisfaits par le recours aux techniques de télécommunications par satellites;

invite l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime

* La lettre R caractérise la navigation aérienne le long des routes nationales ou internationales de l'aviation civile.

à continuer d'étudier quelles sont les conditions à satisfaire et les facteurs à prendre en considération pour accroître la sécurité de la navigation maritime en utilisant les techniques de télécommunications spatiales;

invite le CCIR

à étudier les aspects techniques des systèmes susceptibles de satisfaire à ces besoins de la navigation maritime et à recommander un système utilisable dans la pratique, en prêtant une attention particulière au milieu dans lequel évoluent les navires:

et invite les administrations et le CCIR

à envisager, dans ces études, la possibilité technique d'utiliser une bande de fréquence située au-dessus de la bande 8 et ayant une largeur suffisante pour répondre à tous les besoins du service mobile maritime; à cet égard, il convient d'accorder une attention particulière aux bandes 9 et 10 pour assurer la liaison entre la station mobile et le satellite relais. »

2.6 Recherche spatiale

On a vu, lors de l'examen du problème posé par le choix des fréquences que, selon le cas, les fréquences appropriées pour les radiocommunications allaient de 100 MHz à 10 GHz aussi bien pour les satellites de recherche gravitant à faible distance de la Terre que pour les satellites situés dans l'Espace lointain.

Pour presque tous les engins spatiaux, il est nécessaire de mettre en œuvre trois systèmes de télécommunications fondamentaux:

— un système de télémesure chargé de transmettre à la station au sol les données obtenues par les « senseurs », les systèmes ou les occupants humains du véhicule;

— un système de poursuite chargé de fournir les données nécessaires sur la position et la vitesse du véhicule, afin de permettre le calcul de l'orbite;

— un système de télécommande grâce auquel la station de recherche au sol peut guider ou commander le véhicule.

Certains engins spatiaux sont aussi dotés d'équipements de télévision et de téléphonie.

Les détails des caractéristiques techniques de ces liaisons de télécommunications sont très variés, ce qui rend leur normalisation impraticable à l'heure actuelle, notamment en ce qui concerne les engins spatiaux utilisés aux fins de recherche. L'expérience acquise jusqu'ici est néanmoins suffisante pour que l'on puisse énumérer quelques caractéristiques fondamentales pour plusieurs types de systèmes utilisant des engins spatiaux.

2.6.1 Télémesure

Prenons par exemple le cas d'un engin placé sur orbite autour de Mars et équipé pour la transmission de fac-similé. Les caractéristiques principales de la liaison assurant la télémesure sont alors les suivantes:

— portée	400 millions de km
— diamètre de l'antenne au sol	76 m
— surface de l'antenne de l'engin	25 m²
— ouverture de son faisceau	1,2°
— puissance rayonnée par l'engin	150 W
— fréquence	2,3 GHz
— largeur de bandes des signaux transmis	
— fac-similé	2 500 Hz
— transmission codée	25 000 Hz
— temps nécessaire à l'engin pour atteindre sa destination	200 jours

Dans un tel exemple, qui n'est cependant pas un cas limite, on conçoit que le problème essentiel soit celui de l'extrême petitesse des signaux à recevoir. D'où l'importance du système de modulation pour émettre les signaux de télémesure vers la Terre. Les systèmes à modulation de fréquence sont ici particulièrement intéressants, car ils permettent d'obtenir un bon compromis entre la largeur de bande nécessaire et la puissance que doit rayonner le satellite. Certains systèmes, dits à modulation par impulsions codées, peuvent également présenter de l'intérêt.

Le stockage et le traitement des données dans les engins mêmes donnent la possibilité de réduire sensiblement les largeurs de bandes requises pour la transmission de l'information, ainsi que la puissance d'émission. Cette technique permet en particulier la transmission d'images à des distances interplanétaires.

L'application du principe du stockage des données permet de réduire la rapidité de modulation réelle par rapport à la valeur initiale, ce qui se traduit par une réduction de la largeur de bande. Cette méthode est particulièrement efficace dans les cas où la source transmet de l'information à grande vitesse, mais pendant de courts intervalles de temps. D'autre part, ce stockage des données permet à plusieurs satellites d'utiliser en commun les installations des stations au sol, attendu que la transmission des données stockées par les satellites ne peut se faire que sur réception d'un ordre émis par une station au sol.

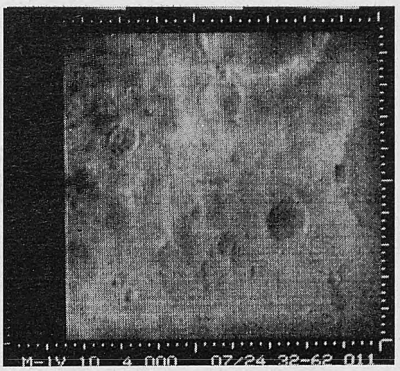
Le traitement des données dans les engins mêmes n'a pas encore été utilisé sur une très grande échelle parce que le poids, la puissance et la complexité de l'équipement nécessaire étaient incompatibles avec les exigences des engins spatiaux. L'extension future de cette technique dépendra essentiellement de la fiabilité et de la miniaturisation des organes de l'équipement.

2.6.2 Repérage et poursuite

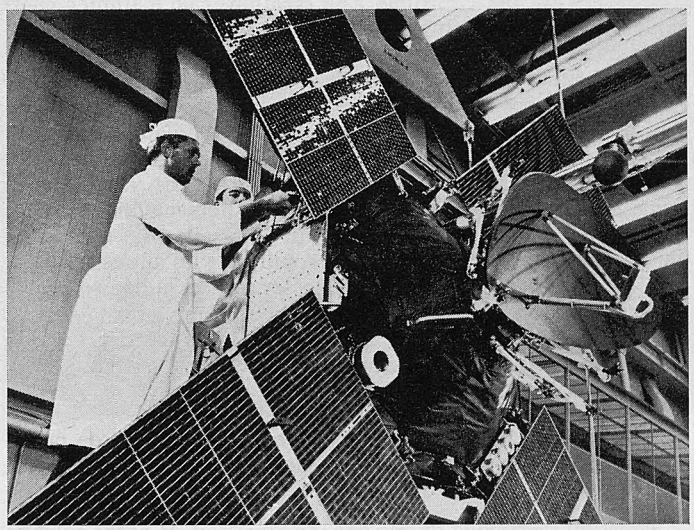
La réalisation d'une poursuite radioélectrique des engins spatiaux est l'une des conditions essentielles à remplir dans tout programme de recherche spatiale. Outre qu'elles fournissent les renseignements nécessaires à la détermination de la position de l'engin à un instant quelconque (dans le passé, le présent et l'avenir), les opérations de poursuite permettent d'obtenir les données requises pour évaluer la précision des lancements, pour apporter des corrections fines (vernier) aux trajectoires, pour déterminer l'instant précis où il faudra déclencher des manœuvres délicates, telles que la mise à feu de rétrofusées, et pour effectuer le pointage des antennes très directives installées au sol.

Un système simple pour le repérage des engins se compose d'un émetteur à faible puissance, sans modulation, placé à bord de l'engin et d'un récepteur interféromètre dans la station terrienne; un tel système mesure la position angulaire du satellite par rapport à l'antenne de la station au sol.

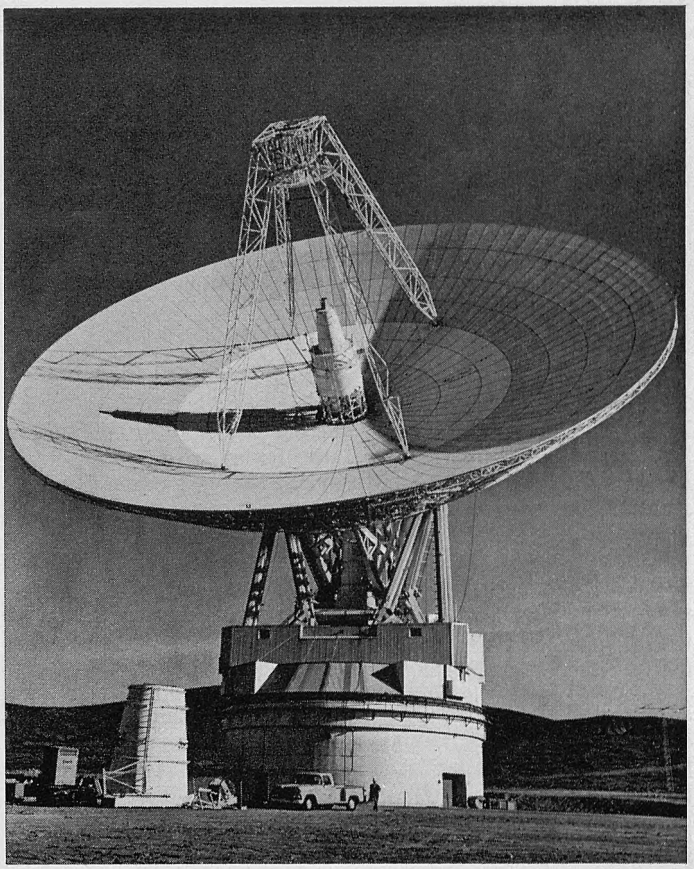
Un système tel que celui décrit plus haut ne donne que des indications de position angulaire et il oblige à faire plusieurs observations pendant une période assez longue avant de pouvoir calculer l'orbite d'un satellite. Dans les cas où l'on a besoin de données plus précises dans des délais plus courts (par exemple, dans les expériences avec des engins habités), il faut mettre en œuvre des systèmes de repérage plus perfectionnés, capables de donner non seulement des indications de position angulaire mais aussi des résultats de mesure de la distance et de la vitesse de variation de la distance. Un de ces systèmes utilise un répondeur fonctionnant dans les deux sens. Le principe du système consiste



1.

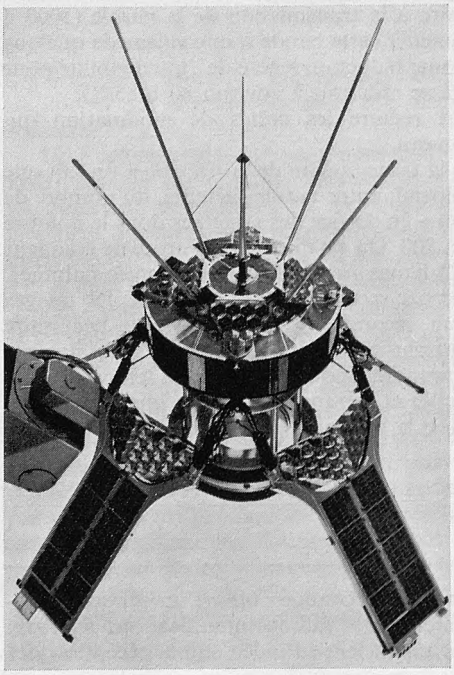


2.



3.

4.



1.
L'une des images de la surface de Mars obtenues à partir de Mariner-IV *(14 juillet 1965). Surface couverte: 260×270 km environ*
(NASA)

2.
Le satellite Mariner-IV *qui, en 1965, prit des photos rapprochées de la planète Mars, en cours de préparation avant son lancement*
(NASA)

3.
Vue de l'antenne de 64 m de diamètre utilisée pour la poursuite et les liaisons avec les satellites de recherche lointaine
(NASA)

4.
Satellite de géodésie Diadème-I *(France)*
(CNES)

à émettre un signal depuis la station terrienne en direction du véhicule, où ce signal est multiplié de façon cohérente par une fraction rationnelle de la fréquence reçue, puis retransmis vers la station terrienne.

On peut aussi obtenir des données de poursuite dans un court délai par le moyen de radars classiques à impulsions ou à ondes entretenues. Ces systèmes se sont révélés particulièrement utiles dans la poursuite instantanée d'engins habités effectuant des vols spatiaux de courte durée. Les plans actuels prévoient, en règle générale, que les fréquences à utiliser pour les systèmes de poursuite par radar pourront être prises dans les bandes déjà attribuées aux services de radiolocalisation.

2.6.3 Télécommande

Un système de télécommande est nécessaire pour commander à distance, depuis la station terrestre, les fonctions de l'engin spatial (habité ou non). Ce système peut, soit utiliser une liaison radioélectrique qui lui est propre, soit être intégré dans un système global dont les liaisons radioélectriques servent également à la transmission de signaux téléphoniques, de signaux de données provenant de la Terre et de signaux de poursuite. Les ordres transmis à l'engin lorsque celui-ci est en position de visibilité radioélectrique par rapport à la station terrienne peuvent être, soit exécutés immédiatement, soit entregisrés dans une mémoire, d'où ils seront extraits ultérieurement pour exécution (ordres programmés en mémoire).

Le problème de brouillage qui se pose pour les récepteurs de télécommande des engins spatiaux est compliqué par le fait que le signal utile n'existe pas toujours; il faut empêcher le signal brouilleur de déclencher ces récepteurs, même en l'absence complète de signal désiré.

En plus des trois fonctions fondamentales (télémesure, poursuite et télécommande) dont nous venons de parler, les satellites de recherche peuvent être prévus pour assurer des liaisons téléphoniques ou télévisuelles.

Pour la téléphonie, les exigences en matière de puissance et de largeur de bande peuvent être diminuées par l'emploi de la compression, procédé déjà utilisé pour d'autres applications et qui consiste à diminuer la bande passante, considérée traditionnellement comme nécessaire à la transmission de la parole (3000 à 4000 Hz) ce qui peut amener cette bande à une valeur de quelque 200 à 800 Hz au prix d'une réduction légère de l'intelligibilité pour les mots (l'intelligibilité se réduirait à environ 80 à 85 %).

En outre, on peut réduire les crêtes de modulation qui dépassent un certain niveau.

En ce qui concerne la transmission de la *télévision*, on sait que la qualité de l'image dépend, entre autres facteurs, du nombre de lignes. Actuellement, on a en service des systèmes dont le nombre de lignes varie de 200 à 800. On est donc dans l'ordre de grandeur des images à 525 ou 625 lignes auxquelles nous sommes habitués. Si le nombre de trames par seconde utilisé est celui des images normales (50 ou 60 par seconde) la bande passante nécessaire à la transmission atteint plusieurs mégahertz. Par contre, il existe une autre possibilité: prendre une image avec un temps de pose bref (1,5 ms par exemple) et retransmettre cette image à vitesse réduite (2 s par exemple); la bande passante nécessaire est réduite en proportion.

2.7 Radioastronomie

La radioastronomie a été reconnue comme un service radioélectrique par la Conférence des radiocommunications de 1959. La radioastronomie est une science fondée sur la réception des ondes radioélectriques d'origine cosmique. Elle constitue donc une branche comparable à l'observation optique des corps célestes et elle la complète, car elle peut déceler des corps célestes invisibles à l'aide des radiations lumineuses. En fait, la radioastronomie apparaît actuellement comme l'instrument de recherche le plus puissant par sa portée, et des plus prometteurs dans l'élaboration des théories relatives à l'évolution de l'univers.

Le service de radioastronomie permet d'étudier les champs magnétiques dans les régions très éloignées de l'univers et beaucoup des renseignements qu'il fournit sont uniques en ce sens qu'il est impossible de les obtenir par des méthodes optiques ou autres; une de ses caractéristiques les plus spectaculaires réside dans le fait qu'il permet de sonder des régions de l'espace encore plus reculées que celles qui peuvent être atteintes avec les téléscopes les plus grands.

En plus des connaissances nouvelles et extrêmement importantes qu'elle fournit en matière d'astrophysique et de cosmologie, la radioastronomie amortit, dans le domaine pratique, certains des investissements effectués dans les techniques radioélectriques spécialisées qui ont contribué à sa création. Elle a stimulé énergiquement la mise au point du maser et de l'amplificateur paramétrique et a permis, par conséquent, de multiplier la sensibilité des récepteurs radioélectriques. Elle a aussi contribué, et elle continue de contribuer, au développement des antennes orientables de grandes dimensions et à celui des systèmes d'alimentation.

Il s'agit d'un service très différent des autres puisqu'il ne comporte que des installations de réception. De plus, il utilise des signaux dont les niveaux sont extraordinairement faibles; il est donc particulièrement sensible aux brouillages, même les plus faibles mais, par contre, il ne brouille pas les autres services; ces éléments mettent évidemment le service de radioastronomie dans un certain état d'infériorité par rapport aux autres services. Pour permettre à ce service de progresser, il est nécessaire que lui soit assuré un degré de protection élevé dans les bandes qui lui sont attribuées.

Les ondes radioélectriques qui intéressent le service de radioastronomie sont engendrées par des sources extra-terrestres selon trois mécanismes différents:

— émission thermique de gaz chauds ionisés et de corps solides;

— processus non thermiques, surtout l'émission par effet de synchrotron, par des électrons décrivant des spirales dans un champ magnétique mais comportant aussi des émissions par des plasmas (comme dans l'atmosphère solaire).

— émission de « raies » provenant de transitions dans des atomes.

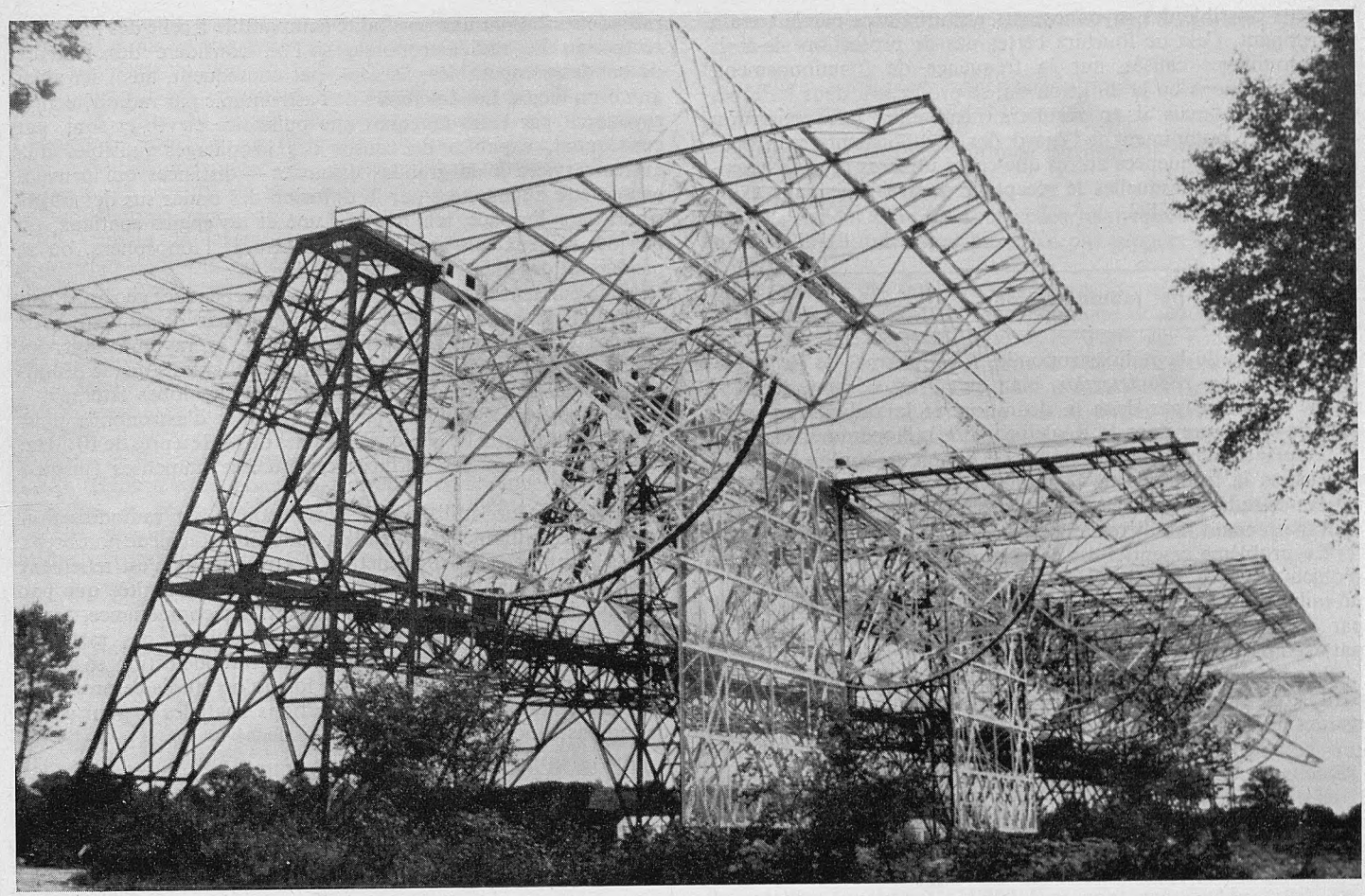
Le résultat de toutes ces émissions est le suivant:

— un continuum, qui couvre de façon relativement régulière toute la gamme de fréquences accessible à l'observation et dont les limites imposées par la présence de l'atmosphère terrestre sont, en gros, de 1 MHz et de 50 GHz;

— une émission de « raies » qui, bien que se produisant à la source sur une ou plusieurs fréquences discrètes déterminées par les transitions atomiques en jeu, se manifeste dans une certaine bande, par suite de l'effet Doppler dû aux mouvements relatifs dans le sens longitudinal;

— une émission intermittente (sursauts) dont la durée peut aller de quelques secondes à quelques heures.

La bande 1400-1427 MHz (raie de l'hydrogène) est actuellement attribuée à titre exclusif à la radioastronomie. En outre, il est demandé qu'une attention particulière soit accordée à l'amélioration de la protection internationale des bandes d'une largeur



Voici les éléments du réflecteur plans du radiotélescope de Nançay (France). Ces éléments, alignés (sur la photo ils étaient encore en cours de montage), développent une surface de 800 m² (200 m de long et 40 m de haut). L'ensemble peut pivoter autour de son axe horizontal

(Fédération nationale des travaux publics)

de l'ordre de 5 à 10 MHz qui permettront d'observer les émissions sur les raies naturelles suivantes:

Raie	*Fréquence de la raie (MHz)*
Deutérium	327,4
OH	1665,4 1667,4

Il est également demandé que les bandes attribuées aux émissions de fréquences-étalon et de signaux horaires sur 2,5, 5, 10, 15, 20 et 25 MHz ne soient utilisées pour aucune autre émission que celles de fréquences-étalon et de signaux horaires, de manière à permettre leur utilisation pour les réceptions de radioastronomie.

De plus, il convient de réduire au minimum absolu l'amplitude des rayonnements harmoniques et autres émissions non essentielles tombant dans les bandes de fréquence à protéger pour la radioastronomie.

Des observations radioastronomiques se font actuellement sur des fréquences de plus en plus élevées. Le choix de la longueur d'onde à utiliser pour les observations astronomiques est dicté par les propriétés de transmission de l'atmosphère terrestre, c'est-à-dire par l'emplacement de ce qu'on appelle les « fenêtres » de l'atmosphère. D'un autre côté, le choix de la longueur d'onde à utiliser pour les études géophysiques de l'atmosphère elle-même est imposé par la fréquence de la raie de résonance que l'on veut étudier.

Le Règlement des radiocommunications (revision partielle de 1963) indique les renseignements sur les observatoires et sur les observations en cours ou en projet que les administrations devraient fournir pour inscription dans le Fichier de référence international des fréquences. Il est entendu que ces renseignements sont publiés par l'UIT sous une forme appropriée.

Les conditions de partage des bandes entre la radioastronomie et les autres services radioélectriques sont plus critiques que dans la plupart des autres cas. En effet, les brouillages au service de la radioastronomie peuvent être de deux sortes: les premiers, immédiatement apparents, peuvent interrompre ou empêcher les observations; les seconds, peut-être encore plus dangereux pour les progrès de la science, font intervenir des signaux non désirés dont les niveaux de flux sont si faibles qu'ils ne peuvent pas être détectés pendant les observations ni, dans bien des cas, pendant l'analyse des données. Ce dernier type de brouillage peut conduire à des conclusions trompeuses ou erronées.

Pour faire fonctionner ses équipements avec le maximum d'efficacité, le radioastronome devrait installer son observatoire en un point éloigné des concentrations de population et protégé

le mieux possible des rayonnements perturbateurs par le terrain environnant. Cela ne fournira certes pas de protection vis-à-vis des brouillages causés, sur la fréquence de fonctionnement, par les réflexions ou la diffusion qui se produisent dans les lobes de l'antenne, mais il en résultera néanmoins une protection appréciable, notamment à l'égard des rayonnements se propageant sur des fréquences autres que celles utilisées pour la réception, mais pour lesquelles le récepteur pourra cependant avoir une certaine sensibilité.

2.8 Astronomie par radiodétection

A propos de la radioastronomie, il est normal de parler de l'*astronomie par radiodétection*, bien qu'en fait, ce genre d'astronomie ne rentre pas dans la définition de la radioastronomie, telle qu'elle figure dans le Règlement des radiocommunications.

Le principe de cette astronomie est simple puisqu'on applique aux astres la technique de la radiodétection, plus connue sous le nom de radar et dont les applications à la marine ou à l'aviation sont maintenant familières à tous.

Le problème essentiel est celui de la détection et de l'étude d'objets situés à grande distance. De tels objets peuvent avoir un faible diamètre apparent par rapport au faisceau de l'antenne, par exemple les planètes, ou au contraire être très étendus, par exemple, l'ionosphère terrestre.

Les systèmes d'astronomie par radiodétection sont de nature paradoxale du point de vue des facteurs affectant le partage des bandes de fréquence. Les récepteurs utilisés pour l'astronomie par radiodétection ont une sensibilité comparable à celle des meilleurs récepteurs de radioastronomie si l'on considère des largeurs de bandes comparables; ils sont, par conséquent, aussi sensibles aux brouillages. Les émetteurs de l'astronomie par radiodétection rayonnent par leurs antennes une puissance élevée et sont, par conséquent, capables de causer des brouillages nuisibles aux autres services à de grandes distances — distances qui peuvent encore être augmentées par la diffusion des ondes sur des objets situés dans l'espace, tels que la Lune et les engins spatiaux, ou par des milieux tels que la troposphère et l'ionosphère, où se produisent des phénomènes de diffusion.

Si la puissance émise est élevée, elle est cependant généralement concentrée dans un faisceau assez étroit par des antennes de grandes dimensions. Dans bien des cas, le rayonnement des antennes a lieu sous des angles d'élévation si grands que le brouillage provient surtout du rayonnement par les lobes latéraux.

Les fréquences utilisées par les systèmes d'astronomie pour radiodétection vont de quelques dizaines de MHz à près de 10 GHz. Les antennes ont des surfaces quelquefois immenses (jusqu'à 84 000 m^2 !).

Les récepteurs utilisés pour l'astronomie par radiodétection ont, avec les radiomètres utilisés en radioastronomie, de nombreux points communs. La construction des récepteurs s'est tellement perfectionnée que la sensibilité du système n'est limitée que par le bruit de fond du milieu environnant. En conséquence, toute étude générale de la sensibilité aux brouillages des systèmes de réception utilisés en astronomie par radiodétection se ferait exactement de la même façon que lorsqu'on étudie ce problème pour les stations de télécommunications spatiales et pour celles de radioastronomie.

3. Le satellite au service des télécommunications

Contrairement à ce qui se passe dans les services par satellites dont nous avons parlé plus haut, le satellite de télécommunications est un élément de la chaîne de télécommunications. Il faut cependant remarquer que, comme tout satellite, il est relié à la Terre au moyen de radiocommunications destinées à assurer les fonctions de télémesure de maintenance, de poursuite et de télécommande; on a précédemment parlé de celles-ci. En outre, un satellite de télécommunications pourrait à l'avenir remplir d'autres fonctions.

Le satellite de télécommunications n'est ni plus ni moins qu'un relais dont tout l'intérêt est d'être à une altitude beaucoup plus élevée que les relais de faisceaux hertziens. Un seul satellite servant de relais permet donc de mettre en liaison radioélectrique deux points de la Terre situés à plusieurs milliers de kilomètres.

Le satellite est un moyen de télécommunications qui s'ajoute aux moyens existants. Il ne les fera pas disparaître. Bien au contraire, il sera nécessaire de développer les réseaux actuels de câbles et faisceaux hertziens à grande distance et les réseaux locaux téléphoniques pour concentrer le trafic sur les stations terriennes et permettre une exploitation rentable en rapport avec les possibilités techniques des systèmes de télécommunications par satellites.

3.1 Technologie des systèmes de télécommunications par satellite

3.1.1 Orbites, types de satellites et de systèmes

On a proposé différentes orbites et différents types de satellites pour les systèmes de télécommunications par satellites. On doit cependant reconnaître que le choix du ou des systèmes dépendra, non seulement des facteurs techniques en cause, mais également des facteurs d'exploitation, administratifs ou économiques.

On remarquera que, le développement des systèmes de télécommunications par satellites étant nécessairement un processus évolutif et toutes les exigences de transmission et d'exploitation ne pouvant pas être remplies par un type de système unique, plus d'un système ou plus d'un type de systèmes pourra finalement faire partie du réseau mondial de télécommunications.

L'emploi de systèmes de télécommunications par satellites dans le réseau mondial exige que l'on prenne en considération la nature et le volume du trafic (téléphonie, télégraphie, transmission de données, télévision, etc.) qui doit être traité, l'acheminement de ce trafic, les emplacements et les capacités probables des stations terriennes, ainsi que les caractéristiques globales de fonctionnement demandées. Ces facteurs ont une influence marquée sur la conception et la réalisation des systèmes de télécommunications par satellites. Ils établissent, par exemple, la nécessité d'équiper les satellites pour leur permettre de travailler avec plusieurs stations, ainsi que les capacités que l'on doit donner aux satellites et les besoins en fréquences. La conception et la réalisation des stations terriennes sont également influencées par ces décisions.

Nature des orbites

Les orbites possibles comprennent les orbites circulaires ou elliptiques, dans le plan équatorial ou dans un plan polaire de la Terre, et les orbites inclinées sur le plan équatorial.

On peut classer comme suit, pour les besoins actuels, les altitudes et les périodes présentant de l'intérêt pour les systèmes de télécommunications par satellites:

— satellites à basse altitude: altitude de 1000 à 5000 km; période de 2 à 4 heures (environ);

— satellites à altitude intermédiaire: altitude de 5000 à 20 000 km; période de 4 à 12 heures (environ);

— satellites synchrones: altitude environ 35 800 km; période de 24 heures.

Les périodes données sont celles relatives aux orbites circulaires et les altitudes sont mesurées par rapport à la surface de la Terre.

Dans le cas des satellites synchrones, on suppose que le satellite se déplace d'ouest en est, la période de 24 heures étant la même que celle de la rotation de la Terre sur son axe. Quand l'orbite de tels satellites est dans le plan équatorial de la Terre, les satellites sont stationnaires puisqu'ils semblent sans mouvement relatif par rapport aux observateurs placés sur la Terre. Des orbites inclinées sont possibles pour les satellites synchrones, mais alors, les satellites ne sont pas stationnaires.

Les satellites sous-synchrones ont des périodes correspondant à une fraction simple de la période de rotation de la Terre, par exemple:

— altitude: 20 000 km (environ): période: 12 heures;

— altitude: 14 000 km (environ): période: 8 heures;

— altitude: 10 500 km (environ): période: 6 heures.

Les satellites non en phase sont des satellites non synchrones dont l'altitude, la période et le plan orbital sont fixés avec un assez bon degré de précision, mais qui ne sont pas commandés avec une grande précision. Il en résulte un mouvement relatif entre ces satellites, mouvement dont les caractéristiques ont des valeurs essentiellement aléatoires.

Des satellites à orbite circulaire d'altitude supérieure à celle du satellite synchrone (35 800 km) sont concevables mais ils n'offrent pas actuellement d'avantages substantiels pour les systèmes de télécommunications.

Sur les orbites elliptiques, les satellites ont un mouvement relativement plus lent au voisinage de l'apogée et sont, par conséquent, visibles de certaines paires d'emplacements convenablement choisis sur la Terre pendant des périodes plus longues que s'ils décrivaient des orbites circulaires de même période.

Les orbites plus élevées ont l'avantage de permettre une couverture plus grande de la Terre à partir de chaque satellite, de sorte qu'il faudrait un plus petit nombre de satellites pour couvrir la Terre entière. Il faut en revanche une fusée de lancement plus puissante pour placer une charge utile donnée sur des orbites supérieures. L'utilisation d'orbites circulaires équatoriales ou presque équatoriales dans la direction ouest-est permettrait de placer sur orbite des charges utiles plus grandes que dans la direction est-ouest, en tirant parti de la vitesse de rotation de la Terre. L'utilisation du plan équatorial seul avec une base de lancement équatoriale simplifierait le problème du lancement par rapport à l'utilisation des plans orbitaux multiples nécessaires aux systèmes d'orbites polaires ou inclinées; mais ceci implique que l'on dispose d'une base de lancement équatoriale satisfaisante.

Types de satellites

Les satellites utiles pour les télécommunications peuvent être classés en actifs ou passifs, à commande d'orientation ou non et en phase ou non:

■ *Satellites actifs et passifs.* — Les satellites passifs de la Terre peuvent être naturels ou artificiels.

Le seul satellite naturel connu de la Terre est la Lune. Des expériences effectuées pendant plusieurs années ont montré que, lorsque le temps de propagation n'est pas un facteur déterminant, en télégraphie par exemple, on peut utiliser la Lune avec succès pour la transmission d'informations dans une bande de quelques kilohertz de largeur. Les affaiblissements de transmission sur le trajet Terre-Lune-Terre sont très grands; de plus, une telle liaison n'est pas toujours disponible.

Les satellites artificiels pouvant être utilisés dans un système à satellites passifs sont réalisés d'après deux méthodes principales:

— des structures relativement volumineuses formées d'une paroi mince et gonflables dans l'espace;

— des dipôles placés sur orbite.

■ *Satellites à commande d'orientation.* — Un satellite à commande d'orientation est conçu de façon telle qu'un ou plusieurs de ses axes se maintiennent dans une direction ou dans des directions déterminées, par exemple vers le centre de la Terre ou vers une position fixe de l'espace. Le mode le plus simple de stabilisation d'orientation est une stabilisation gyroscopique de l'axe de rotation.

■ *Satellites en phase ou non.* — On a proposé d'utiliser des satellites non en phase sur différentes orbites. Les satellites non en phase peuvent être actifs ou passifs et ils peuvent être stabilisés en orientation.

Un satellite en phase est celui dont la position par rapport à d'autres satellites du même système ou à un point de la Terre est maintenue dans des limites données. De tels satellites pourraient être et seraient, en général, stabilisés aussi en orientation.

Par rapport aux satellites en phase, les satellites non en phase ont pour avantage une plus grande simplicité de réalisation et d'exploitation et une probabilité de vie utile plus grande sur orbite.

Types de systèmes

Au début de l'étude des télécommunications spatiales, de nombreux types de systèmes avaient été envisagés.

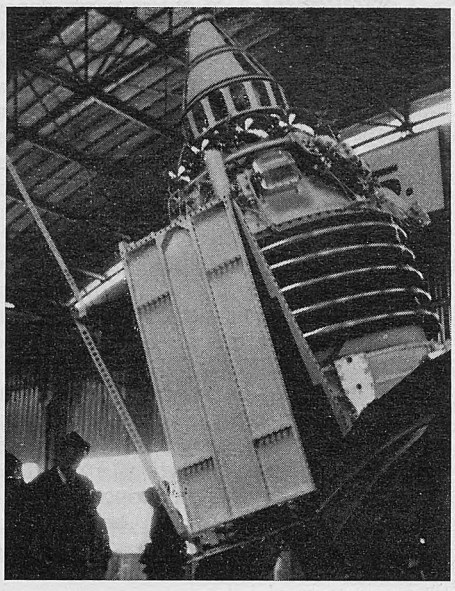
Les premiers satellites appartenaient à des systèmes à satellites non en phase.

On pourrait, par exemple, avoir déjà un service de télécommunications assez substantiel avec 12 ou 18 de ces satellites sur des orbites situées à 11 000 km d'altitude environ; en fait, on pourrait ainsi pendant 95 à 99% du temps réaliser des liaisons entre l'Amérique du Nord et l'Europe. En passant ensuite à 48 satellites (24 sur orbite polaire et 24 sur orbite presque équatoriale), on assurerait un service pendant plus de 99% du temps sur la majorité des principales artères de télécommunications du monde.

Par rapport aux systèmes avec satellites non en phase, les systèmes avec satellites en phase, notamment ceux à trajectoires fermées par rapport à la Terre, c'est-à-dire récurrentes, peuvent être conçus pour l'utilisation d'un nombre de satellites sensiblement réduit. (Une orbite est dite fermée par rapport à la Terre lorsque sa projection sur la Terre reste la même d'un jour à l'autre; il peut s'agir d'une orbite équatoriale ou d'une orbite sous synchrone inclinée.)

Comme cas particulier de ces systèmes, citons les systèmes à orbite sous-synchrones de 12 heures et de 8 heures. Dans ces systèmes, chaque satellite serait visible de chaque station terrienne une ou deux fois par jour et la couverture mondiale

1.



2.

1.
Le satellite de télécommunications Molnya *(URSS)*
(UIT)

2.
La station terrienne de Novosibirsk (URSS) qui fait partie du réseau de télécommunications par satellite Orbite
(APN)

3.
Le satellite de télécommunications Intelsat-II
(COMSAT)

4.
Antenne sous radôme de la station terrienne de Pleumeur-Bodou (France)
(CNET)

serait réalisée avec environ six zones se chevauchant en partie, chacune de celles-ci s'étendant sur quelques heures du temps local. Dans une zone donnée, toutes les stations pourraient utiliser simultanément le même satellite et être en relation les unes avec les autres par un seul bond.

Le système à satellites stationnaires est un cas particulier de système à satellites en phase. De ce satellite, la Terre est vue sous un angle de 17°30′, ce qui correspond à une distance maximale sur la surface de la Terre, calculée le long d'un arc de grand cercle, d'environ 17 000 km, en admettant que l'angle d'élévation de l'antenne de la station terrienne soit d'au moins 5°.

La distance d'un satellite stationnaire à la station terrienne associée la plus éloignée est d'environ 42 000 km, ce qui exige un temps de propagation d'environ 140 ms. Par conséquent, compte tenu des temps de transmission supplémentaires sur les circuits de télécommunications terriens associés, les conversations téléphoniques, par l'intermédiaire d'un satellite stationnaire, peuvent être affectées d'un temps de propagation aller et retour d'environ 0,6 s.

Le développement des systèmes à satellites étant un processus évolutif, il est probable que plus d'un système ou plus d'un type de systèmes sera mis en exploitation dans le réseau de télécommunications mondial, les premiers étant de réalisation relativement simple et les suivants de plus grande complexité, avec des capacités accrues et un plus grand nombre de stations terriennes de façon à satisfaire les besoins d'un trafic en expansion. De plus, les problèmes relatifs à la transmission et en particulier aux temps de propagation, peuvent faire apparaître le besoin d'employer simultanément des systèmes à satellites stationnaires et à satellites d'altitude intermédiaire.

Il est commode d'utiliser le terme « sous-système » pour décrire les éléments individuels faisant partie d'un système intégré de télécommunications par satellites. Par exemple, un système à satellites stationnaires peut constituer un tel sous-système et un système à satellites d'altitude intermédiaire, un second sous-système.

On considère qu'il est souhaitable, pour les raisons suivantes, de mettre au point et de réaliser les différents sous-systèmes sur une base planifiée et intégrée:

— pour éviter les brouillages mutuels entre les sous-systèmes;

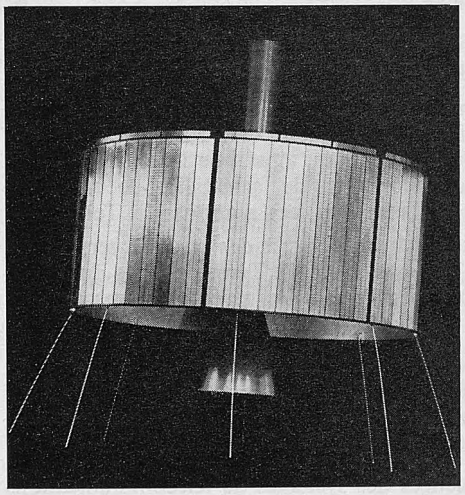
— pour arriver au plus haut degré possible de compatibilité technique entre les sous-systèmes;

— pour assurer la possibilité d'interconnexion, aussi bien entre les sous-systèmes qu'avec les systèmes de télécommunications terrestres;

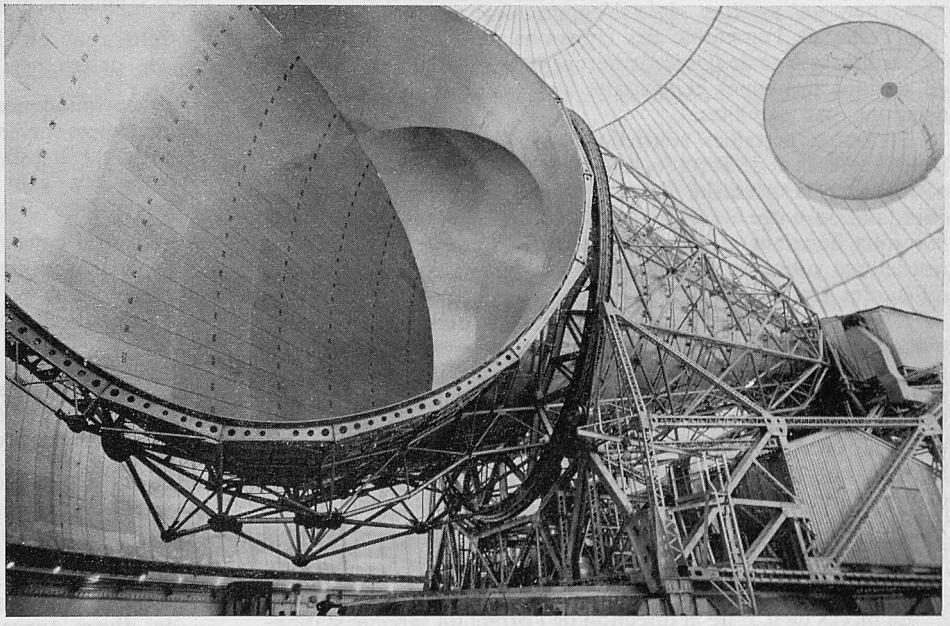
— pour permettre d'accroître la capacité des satellites et celle des stations terriennes au fur et à mesure de l'expansion du trafic, avec le minimum d'équipement supplémentaire dans les stations terriennes;

— pour éviter, autant que possible, la désuétude du matériel des stations terriennes et des satellites.

On devra, afin d'éviter les brouillages mutuels entre sous-systèmes, choisir convenablement les assignations des canaux radioélectriques, d'après un accord international. On devra peut-être aussi choisir certaines configurations d'orbites pour minimiser les difficultés pouvant provenir d'éclipses entre satellites.



3.



4.

En fait, la question du temps de propagation assez élevé de signaux transmis mise à part, le système à satellites stationnaires semble actuellement le plus prometteur.

Les systèmes actuellement en évolution sont au nombre de deux:

— le système du Consortium international des télécommunications par satellites *(INTELSAT)*, qui utilise des satellites stationnaires (service de 24 heures par jour);

— le système exploité par l'URSS (satellite *Molnya*), qui utilise des satellites à trajectoire fermée unique, d'une période de 12 heures; l'apogée étant très éloignée de la Terre, durant la première révolution, il assure des communications entre n'importe quel point de l'URSS et plusieurs pays d'Europe et d'Asie. Au cours de la deuxième révolution, il peut assurer, outre les communications à l'intérieur de l'URSS, une liaison

entre la partie européenne de l'URSS et plusieurs points de l'Amérique Centrale et de l'Amérique du Nord.

3.1.2 Problème de partage des fréquences (satellites de télécommunications)

On a vu plus haut les principes généraux du partage des fréquences, principes applicables à tous les services spatiaux. Dans le cas de service de télécommunications par satellites, le problème se présente avec une acuité particulière, étant donné la largeur de bandes de fréquence déjà utilisées par les satellites de télécommunications, largeur qui n'ira qu'en s'amplifiant au fur et à mesure que l'on acheminera davantage de voies téléphoniques ou de programmes de télévision par satellite.

Les systèmes de Terre qui partagent les mêmes fréquences que ces satellites sont presque tous des systèmes de faisceaux hertziens, systèmes utilisés également pour assurer essentiellement la transmission de la téléphonie et de la télévision, donc qui occupent également de larges bandes de fréquence.

Le bruit causé dans les voies téléphoniques par brouillages mutuels doit être limité à une valeur suffisamment faible pour être admissible par rapport au bruit total admissible dans le circuit fictif de référence (voir paragraphe 3.2.2) correspondant. Indiquons, par exemple, que ce bruit est limité à 1000 pW, pour n'importe quelle heure et en un point de niveau relatif zéro, par un système de télécommunications par satellites, sous l'effet de l'ensemble des émissions de faisceaux hertziens ou par un système de faisceaux hertziens sous l'effet des émetteurs de stations terriennes et spatiales des systèmes de télécommunications par satellites.

En outre, certaines restrictions ont été apportées aux systèmes spatiaux et de Terre fonctionnant dans les bandes partagées, pour éviter la nécessité d'établir des procédures spéciales de coordination entre les administrations utilisant des stations de faisceaux hertziens et celles utilisant des stations spatiales. Ces restrictions visent directement le rayonnement provenant de ces différentes stations.

Les émetteurs de faisceaux hertziens doivent avoir une puissance à l'entrée de l'antenne qui ne dépasse pas 20 W. La puissance isotrope rayonnée équivalente ne devrait en aucun cas dépasser 300 kW. En outre, les nouveaux trajets de faisceaux hertziens devraient être conçus de manière que l'axe du lobe principal de toute antenne ne soit pas dirigé à moins de 2° de l'orbite du satellite stationnaire; si, dans un cas particulier ces clauses sont inapplicables, tous les efforts devraient être faits pour se conformer aux valeurs maximales de la puissance isotrope rayonnée équivalente par émetteur suivantes:

— 47 dBW (50 kW) pour tout faisceau d'antenne s'écartant de moins de 0,5° de la direction de l'orbite du satellite stationnaire;

— de 47 à 55 dBW (50 à 300 kW) suivant une loi linéaire (8 dB par degré d'angle), pour tout faisceau d'antenne s'écartant de 0,5° à 1,5° de l'orbite du satellite stationnaire.

Dans le cas de nouveaux systèmes de faisceaux hertziens établis sur des trajets existants, les valeurs maximales de la puissance isotrope équivalente ne devraient pas, autant que possible, dépasser par émetteur:

— 47 dBW (50 kW) pour tout faisceau d'antenne s'écartant de moins de 0,5° de toute position sur l'orbite du satellite stationnaire ayant fait l'objet d'une notification internationale;

— 47 à 55 dBW (50 kW à 300 kW) suivant une loi linéaire (8 dB par degré d'angle), pour tout faisceau d'antenne s'écartant de 0,5° à 1,5° de toute position sur l'orbite du satellite stationnaire ayant fait l'objet d'une notification internationale.

En ce qui concerne les stations spatiales, on a également imposé des limites à la densité maximale du flux de puissance produit à la surface de la Terre par ces émissions. La valeur de ce flux limite est donnée par la formule:

$$\left[\left(-152 + \frac{\theta}{15}\right) \text{ dB } (W/m^2) \right]$$

dans une bande quelconque de 4 kHz de large, θ étant l'angle d'arrivée de l'onde mesurée en degrés au-dessus de l'horizon. Pour une onde à incidence rasante, cela correspond à un flux extraordinairement faible. En pratique, pour les satellites géostationnaires de conception actuelle, cela revient à limiter la puissance destinée à l'antenne à quelques dizaines de watts.

Lorsque des stations terriennes et des stations de Terre partagent les mêmes bandes de fréquence, il y a risque de brouillages mutuels. Pour éviter ces brouillages, il est souhaitable de coordonner les fréquences d'émission et de réception utilisées par les stations terriennes et par les services de Terre qui seraient susceptibles, soit d'être perturbées par des émissions de stations terriennes, soit de causer des brouillages à ces stations. Cette coordination doit être assurée à l'intérieur d'une zone entourant la station terrienne et s'étendant jusqu'aux limites au-delà desquelles la probabilité de brouillages mutuels peut être considérée comme négligeable.

Cette zone est définie par une « distance de coordination » qui est déterminée sur les bases suivantes:

— en ce qui concerne les brouillages aux stations de Terre: puissances susceptibles d'être utilisées dans les différentes directions par les stations terriennes, ainsi que les valeurs maximales du gain d'antenne et de sensibilité de réception susceptibles d'être utilisées par ces stations de Terre;

— en ce qui concerne les brouillages à des stations terriennes: puissances probables des stations de Terre dans les directions intéressantes et caractéristiques des récepteurs susceptibles d'être utilisés par les stations terriennes.

Le calcul de ces « distances de coordination » est relativement complexe. Il est basé, notamment, sur les plus récentes données de propagation et sur le brouillage acceptable, dans une voie téléphonique par exemple.

Le choix des fréquences des systèmes de télécommunications par satellites utilisant les mêmes bandes que les faisceaux hertziens a une importance particulière et il obéit, entre autres, aux critères suivants:

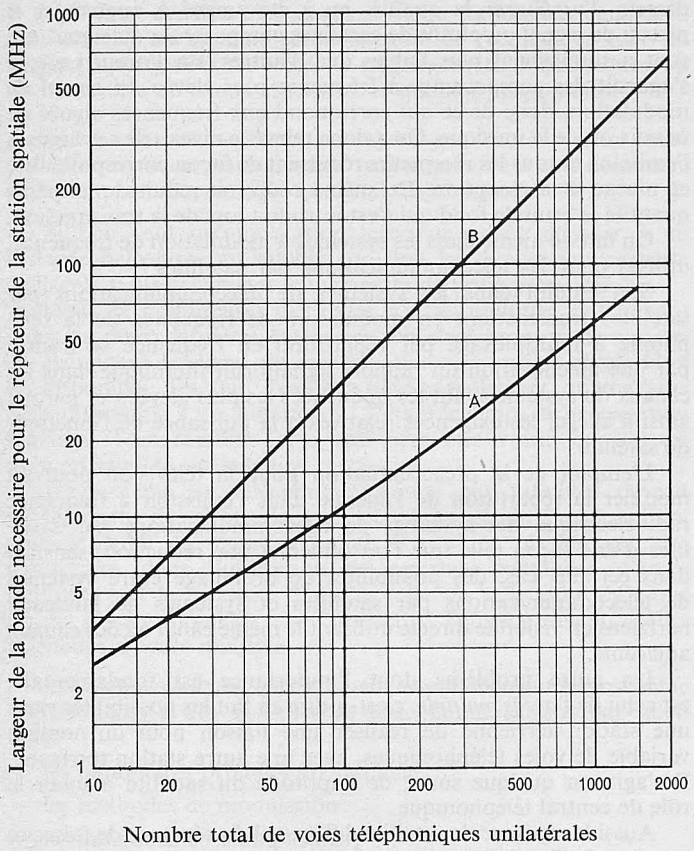
— permettre la mise au point et l'utilisation, le cas échéant, de divers types de systèmes de télécommunications par satellites, c'est-à-dire de systèmes utilisant divers types d'orbites, de satellites, de méthodes de modulation et autres caractéristiques techniques;

— assurer l'accès multiple, permettant ainsi à plusieurs stations terriennes d'utiliser un satellite donné;

— réduire au minimum les brouillages entre les systèmes de télécommunications par satellites, de même qu'entre ces derniers et les systèmes de faisceaux hertziens en visibilité directe, afin de faciliter la planification des deux types de systèmes de manière coordonnée;

— répondre aux exigences du trafic à long terme prévu pour les systèmes de télécommunications par satellites;

— être aussi compatibles que possible avec les dispositions des canaux des systèmes de faisceaux hertziens en visibilité directe, prévues dans les Avis du CCIR.



Largeur de bande nécessaire de la station spatiale pour système à modulation de fréquence à porteuses multiples et multiplexage par répartition en fréquence

Courbe *A*: Une seule porteuse par répéteur de la station spatiale
Courbe *B*: Une seule voie par porteuse

Figure 6

Une importance particulière doit être accordée aux systèmes de télécommunications fonctionnant dans les bandes 3400-4100 MHz et 5725-6425 MHz. Il s'agit des bandes qui, dans l'état actuel de la technique, sont les bandes préférées pour ces systèmes, la première bande étant utilisée pour la liaison satellite vers Terre et la seconde étant utilisée pour la liaison Terre vers satellite. Pour ces systèmes, les positions relatives des porteuses des systèmes de télécommunications par satellites et des porteuses des systèmes de faisceaux hertziens a peu d'importance, s'il est possible d'étaler uniformément l'énergie sur la majeure partie de la bande occupée. Cette technique de dispersion de l'énergie contribue à simplifier également le partage des fréquences entre les systèmes de télécommunications par satellites eux-mêmes. Il existe différentes méthodes pour réaliser la dispersion de l'énergie et les études continuent à ce sujet.

3.1.3 Méthodes de modulation et caractéristiques électriques du système; accès multiple

On sait que, pour transmettre une information, une onde radioélectrique doit subir certaines modifications de l'une ou de plusieurs de ses caractéristiques; c'est ce que l'on appelle la modulation. On peut, par exemple, faire varier l'amplitude en fonction de l'intensité instantanée du signal sonore, c'est la modulation d'amplitude qui est utilisée dans la plupart des émissions de radiodiffusion. On peut faire varier selon certaines lois la fréquence et c'est la modulation de fréquence utilisée par les émissions de radiodiffusion de meilleure qualité, en ondes métriques.

Le procédé de modulation a, entre autres effets, une influence sur la largeur de bande nécessaire pour assurer la transmission. A titre d'exemple, la figure 6 indique la largeur de bande nécessaire à une station spatiale pour un système particulier de modulation.

La modulation est une caractéristique importante d'une émission car c'est d'elle que dépend en effet, non seulement l'intensité du signal nécessaire pour avoir une réception de qualité donnée, mais également la gêne produite par cette émission à d'autres émissions.

Plusieurs facteurs influent sur le choix de la méthode de modulation pour les télécommunications par satellites actifs, un certain nombre d'entre eux ont une importance particulière pour un seul des sens de transmission. Les méthodes de modulation utilisées peuvent être différentes pour les deux sens de transmission. Les facteurs les plus importants dont il faut tenir compte dans cette comparaison sont les suivants:

— la puissance de l'émetteur radioélectrique (notamment celui du satellite) nécessaire pour obtenir un rapport signal/bruit acceptable;

— la largeur de bande requise en fonction de la capacité de transmission à prévoir, c'est-à-dire l'économie de fréquence plus ou moins grande dans l'utilisation du spectre radioélectrique;

— la souplesse de fonctionnement du système, notamment en ce qui concerne les possibilités d'accès pour plusieurs stations;

— la probabilité de brouillages mutuels avec des systèmes fonctionnant dans les mêmes bandes de fréquence;

— les possibilités d'application, compte tenu de la technique actuelle et de l'évolution probable de la technique dans l'avenir.

Dans le cas de la téléphonie multivoie, il paraît actuellement légitime d'accorder une attention particulière à trois méthodes de modulation différentes:

— le multiplexage de la bande de base par répartition en fréquence avec modulation de la fréquence (MF) de la porteuse (MRF-MF);

— le multiplexage de la bande de base par répartition en fréquence avec modulation de la porteuse en bande latérale unique (MRF-BLU);

— la modulation par impulsions codées (MIC), soit d'une bande de base MRF, soit de plusieurs voies téléphoniques à multiplexage dans le temps (MRT), la porteuse étant modulée par déplacement de phase (MRF-MIC-MDP ou MRT-MIC-MDP).

Telles sont les trois méthodes fondamentales, mais il ne faut pas perdre de vue que chacune de ces méthodes peut présenter des variantes dont il ne sera pas tenu compte ici; on ne pense pas qu'une étude de ces variantes soit de nature à modifier considérablement les conclusions qui seront formulées.

Il ne rentre pas dans le cadre de ce bref exposé d'indiquer, même sommairement, les principes et les caractéristiques de chaque procédé de modulation, car une telle étude est difficile à aborder sans faire appel à des développements mathématiques assez longs.

On se borne, dans le tableau suivant, à extraire quelques-uns des résultats numériques obtenus à la suite de ces études et qui concernent les puissances nécessaires pour différents systèmes de modulation et ceci pour un nombre varié de voies téléphoniques.

Système	*Nombre de voies*	*Puissance moyenne (dBW)*		
		12	120	1200
à modulation de fréquence	satellite	−17,9	−8,5	4,8
	station terrienne	1,9	11	24,5
répartition en fréquence/modulation par impulsions codées/modulation par déplacement de phase	satellite	−14,2	−4,2	5,8
	station terrienne	5,6	15,6	25,6
bande latérale unique pour l'accès simple	satellite	−1,2	2,8	11,5
	station terrienne	18,6	22,6	31,1

Note — Rappelons que — 20 dBW correspondent à 0,01 W; — 10 dBW à 0,1 W; 0 dBW à 1 W; 10 dBW à 10 W; 20 dBW à 100 W et 30 dBW à 1000 W.

On pourrait déduire de ce tableau que le 3e système mentionné (à bande latérale unique) est beaucoup moins avantageux que les deux autres car il demande une puissance plus élevée. Cela est exact mais, dans ce cas, la bande de fréquence nécessaire à la transmission est très faible; ce système est donc le plus économique si l'on a en vue l'économie du spectre des fréquences. Il s'agit-là d'un exemple concret du principe que l'on retrouve toujours dans tous les systèmes de codage ou de modulation, à savoir qu'une économie sur l'un des paramètres (la puissance par exemple) entraîne souvent un gaspillage sur un autre paramètre (ici la largeur de bande nécessaire à la transmission). En fait c'est actuellement le premier système mentionné dans le tableau (modulation de fréquence) qui est le plus utilisé.

Signalons cependant que le deuxième système (modulation par impulsions codées) a également ses avantages:

— dans les conditions normales de fonctionnement, le rapport signal/bruit est plus favorable qu'en modulation de fréquence, en ce qui concerne le bruit de voie au repos;

— dans les conditions normales de fonctionnement, il est très peu sensible aux effets de brouillage;

— ces systèmes sont plus faciles à adapter à la transmission de l'information numérique.

Pour compléter ces indications sur la modulation, il convient de dire quelques mots de la préaccentuation. Pour expliquer la préaccentuation, on peut faire une analogie avec des émissions de radiodiffusion à modulation de fréquence. Dans le dessein d'améliorer la qualité, on a été amené à augmenter le niveau du signal ou plutôt de certaines composantes du signal qui sont naturellement plus faibles que d'autres. En l'occurrence, il s'agissait des composantes à fréquence plus élevée du signal de modulation, donc de ce qui correspond aux fréquences aiguës de la voix ou de la musique. On a donc relevé le niveau de ces aigus à l'émission et tous les récepteurs réduisent de façon correspondante ce niveau à la réception. Du même coup, on réduit de la même quantité le bruit de fond qui s'est introduit lors de la transmission.

On fait de même dans les systèmes à modulation de fréquence, utilisés pour les télécommunications par satellites.

Son emploi dans les systèmes de télécommunications par satellites transmettant en modulation de fréquence de la téléphonie à multiplexage par répartition en fréquence se traduit par une amélioration du rapport signal/bruit thermique dans les canaux du système ayant les fréquences les plus élevées et permet ainsi d'alléger les exigences relatives à la puissance de l'émetteur du satellite.

L'emploi de la préaccentuation pour la télévision pourrait modifier la répartition de l'énergie dans l'émission à fréquence radioélectrique des systèmes de télécommunications par satellites d'une façon telle que l'on obtienne une réduction, sensible dans certains cas, des possibilités de brouillage entre systèmes de télécommunications par satellites et systèmes de faisceaux hertziens en visibilité directe utilisant le même canal ou des canaux adjacents.

Un autre problème dont l'importance est fondamentale, est celui de l'*accès multiple*, c'est-à-dire en fait les possibilités pour une station terrienne de réaliser une liaison pour un nombre variable de voies téléphoniques, avec une autre station terrienne. Il s'agit, en quelque sorte, de l'aptitude du satellite à jouer le rôle de central téléphonique.

Aussi le répéteur de satellite diffère-t-il du répéteur de faisceau hertzien de Terre. Dans le cas des faisceaux hertziens, on n'a pas fait appel aux répéteurs pour qu'ils fournissent un accès multiple du même type ni de la même ampleur que celui envisagé pour les répéteurs de satellites.

Dans le cas des répéteurs de satellites, des transmissions multivoies provenant d'un certain nombre de stations terriennes sont transférées ensemble (« multiplexées » dans le sens général du terme) vers le satellite pour amplification et retransmission vers ces mêmes stations terriennes.

On peut envisager, dans un cas extrême, un satellite énorme et complexe possédant les équipements de remodulation pour chacune de ces stations terriennes et les équipements de commutation pour interconnecter, suivant les besoins, tous les circuits. En développant les télécommunications par satellites à accès multiple, on a pour but de permettre aux télécommunications de tendre vers une telle « interconnexion sur orbite », tout en conservant un satellite petit et fiable, donc relativement simple et compatible avec l'état de la technique. Actuellement, toute commutation, ou son équivalent, doit être faite et contrôlée à partir de la Terre. Cependant, on peut encore faire subir un certain traitement au signal à l'intérieur du satellite.

Dans un système de télécommunications par satellites avec accès multiple, tout ou partie du nombre des voies disponibles peut être assigné en permanence ou de façon semi-permanente à des couples de stations terriennes participant au système.

Il est possible, notamment dans les systèmes futurs plus perfectionnés, que des voies soient disponibles à toute station terrienne, l'accès se faisant par l'une des trois méthodes suivantes:

■ *Accès asservi.* — Une station terrienne désirant accéder au système doit demander l'autorisation à un centre d'exploitation du réseau avant d'accéder à ce système.

■ *Accès avec décision individuelle.* — Une station terrienne désirant accéder au système serait capable de reconnaître (par les moyens appropriés) les voies à fréquences radioélectriques ou les intervalles de temps élémentaires qui sont disponibles.

■ *Accès arbitraire.* — Dans ces systèmes, l'accès à un canal radioélectrique est normalement réalisé sans qu'il soit nécessaire de rechercher au préalable un canal disponible.

Si l'on veut qu'une station terrienne puisse accéder à un instant quelconque au satellite, on doit lui donner une capacité suffisante pour acheminer le maximum de trafic prévisible.

Dans de nombreuses méthodes d'accès multiple, notamment dans les deux dernières catégories, on s'est proposé de choisir, en examinant le signal du satellite, une voie qui se révèle libre et disponible. En fait, l'examen révèle seulement qu'une voie était disponible T ms auparavant, T étant le temps de propagation maximal Terre-satellite-Terre, qui peut être voisin de 300 ms avec un satellite stationnaire.

Un système de télécommunications par satellites devrait fonctionner, du point de vue technique et de l'exploitation, dans le cadre du réseau mondial. Il peut en résulter soit des restrictions dans l'utilisation de certaines méthodes d'accès multiple, soit la nécessité d'ajuster telle ou telle caractéristique de ce réseau mondial pour permettre l'emploi des nouvelles méthodes d'accès multiple.

Les facteurs suivants déterminent essentiellement la possibilité d'avoir accès à des systèmes de télécommunications par satellites:

— les paramètres orbitaux du système;
— les méthodes de modulation;
— les méthodes de multiplexage;
— la diversité éventuelle des caractéristiques des stations terriennes, telles que la puissance d'émission, le gain d'antenne et la température de bruit à la réception.

Le degré de complexité admissible dans le satellite, dans les stations terriennes et dans les réseaux de commande au sol, influe indirectement sur les possibilités d'accès.

Il existe des facteurs contradictoires dans le choix des paramètres orbitaux, mais il apparaît que l'on peut classer les divers types de systèmes dans l'ordre de préférence ci-après en ce qui concerne l'accès multiple:

— systèmes à satellites stationnaires;
— systèmes utilisant des orbites à projections fermées sur la Terre;
— systèmes à satellites non en phase.

De nombreux aspects de la technique de l'accès multiple sont en cours d'étude et on peut choisir entre de nombreux systèmes pour les orbites des satellites, les méthodes de modulation et de multiplexage, les méthodes de réalisation de l'accès, etc., chacune ayant ses avantages et ses points faibles. Jusqu'ici aucun de ces systèmes n'a encore été essayé suffisamment avec des satellites effectivement en fonctionnement. En conséquence, un ordre de préférence net ne peut encore être indiqué parmi les solutions possibles. Toutefois, étant donné le grand nombre de solutions possibles et le nombre restreint de problèmes véritablement difficiles du point de vue technique, on peut considérer avec optimisme la réalisation d'un accès multiple susceptible de rendre des services. On pense que la réalisation optimale de l'accès multiple sera un facteur important lorsqu'il s'agira de choisir les paramètres des systèmes de télécommunications par satellites.

3.1.4 Stations terriennes

Lors du choix d'une station terrienne, de nombreux facteurs sont à considérer avec un soin d'autant plus grand que les stations terriennes représentent une part assez importante dans le coût d'un système de télécommunications par satellites. On peut diviser ces facteurs de la façon suivante:

■ *Facteurs de brouillage.* — En effet les niveaux de puissance à la réception dans une station terrienne de télécommunications par satellites sont très bas. Des brouillages peuvent donc se produire: entre les systèmes de Terre qui partagent une bande de fréquence, à cause d'émissions harmoniques ou non essentielles en provenance d'émetteurs fixes ou mobiles, du fait de sources de bruits industriels. En outre, il y a lieu de tenir compte des perturbations introduites par les aéronefs qui traversent le faisceau d'une antenne et créent des réflexions parasites.

■ *Facteurs géographiques.* — Bien que la station terrienne doive être favorablement située de manière à offrir une visibilité aussi bonne que possible de tous les satellites compris dans le système, on peut être amené à considérer les facteurs supplémentaires suivants, lorsqu'on choisit l'emplacement le mieux approprié: les projets d'établissement de systèmes de Terre dans le voisinage, élaborés par l'administration du pays en cause ou par des administrations voisines, la proximité d'aéronefs volant bas, de couloirs d'approche, etc. L'emplacement doit, de préférence être entouré de collines faisant écran contre les brouillages.

Les conditions atmosphériques peuvent avoir une influence importante sur le bruit résiduel d'un service de télécomminications par satellites. A cet égard, l'idéal est un climat tempéré et sec, avec des vents de faible vitesse.

En plus de ces facteurs dont l'importance est primordiale dans le cas d'une station terrienne, il convient évidemment de tenir compte des facteurs que l'on considère pour l'établissement de toute station radioélectrique (alimentation en énergie, rattachement aux systèmes de communication de Terre, etc.).

L'antenne est évidemment un élément très important dans la station terrienne.

Elle doit, quel que soit son type, satisfaire aux conditions suivantes:

— gain élevé dans la direction d'émission ou de réception désirée;
— faisceau relativement étroit;
— haut rendement;
— faible température de bruit équivalente de l'ensemble de l'équipement de réception;
— faible gain dans la direction des signaux non désirés;
— possibilité de pointage pouvant comprendre, dans certains cas, toutes les directions d'un hémisphère;
— dispositif automatique d'orientation commandé par programme ou par le signal d'un radiophare de satellite.

La réalisation mécanique de ces antennes joue également un grand rôle. En effet, il s'agit de structures dont la plus grande dimension atteint toujours quelques dizaines de mètres et le poids, des centaines de tonnes. En même temps, le profil de la surface de l'antenne, qui est en fait un véritable miroir, doit être réalisé avec une grande précision; en effet, la surface réelle ne doit pas s'écarter de la surface idéale (paraboloïde de révolution) de plus de 1 mm par exemple, et ceci quelles que soient l'orientation de l'antenne, la force et l'orientation du vent, etc.

En prévoyant un radôme pour protéger une antenne orientable contre les intempéries, on peut réaliser une certaine réduction de

poids et simplifier les conditions d'entraînement et d'asservissement. Cependant, il y a aussi des inconvénients, par exemple, la présence du radôme est de nature à abaisser par moments le niveau de réception, en particulier en cas de précipitations. Pour cette raison, il semble y avoir une tendance à ne plus en utiliser.

La direction dans laquelle un satellite d'altitude moyenne est vu d'une station terrienne peut être estimée, avec une précision comprise entre les limites approximatives de 0,01° à 0,1°, la valeur exacte dépendant de facteurs tels que le type d'orbite et la méthode de calcul employée. Les données d'estimation, calculées pour des intervalles de temps appropriés, peuvent servir à orienter l'antenne d'une station terrienne; toutefois, lorsqu'il s'agit d'antennes de grandes dimensions à faisceaux étroits, il peut y avoir intérêt à mettre en œuvre un système de correction automatique commandé par l'émission du radiophare d'un satellite. Grâce à cette correction, il est possible de réaliser une précision de pointage suffisamment bonne pour maintenir le gain équivalent de l'antenne à une valeur s'écartant au maximum de 0,1 ou 0,2 dB du gain maximal dans le lobe principal.

Les trois principaux types d'antenne actuellement en service sont les suivants:

— réflecteur parabolique avec alimentation au foyer;

— réflecteur parabolique avec alimentation de type Cassegrain;

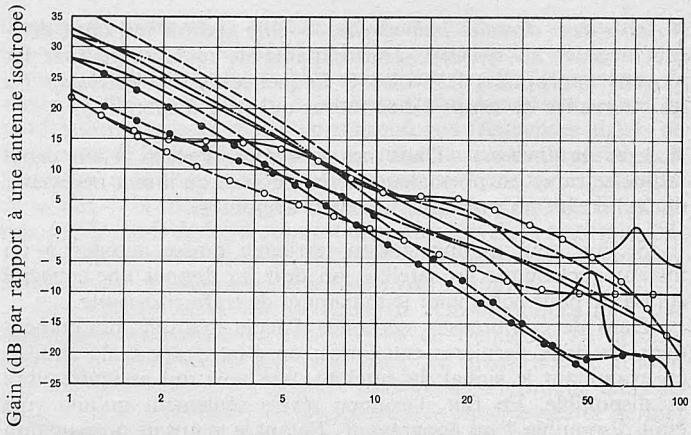
— réflecteur parabolique avec cornet.

Certains problèmes techniques présentent une importance particulière: l'obtention d'un gain élevé en est évidemment un, mais une grande attention doit également être attachée à la suppression des lobes latéraux du rayonnement de l'antenne. Un autre facteur est celui de la « température de bruit » de l'antenne. Il s'agit-là d'une façon d'évaluer le bruit que l'on a surtout utilisé pour les systèmes où le bruit de l'appareillage de réception, y compris son antenne, est l'élément limitatif de la liaison (radioastronomie, puis communications spatiales). Dans ce genre d'évaluation, on ramène en fait tout bruit à son équivalent thermique, c'est-à-dire que l'on caractérise ce bruit par la température à laquelle il faudrait porter une résistance équivalente à celle du circuit considéré et donnant un bruit de même largeur de bande, pour avoir un bruit thermique semblable.

Cette température de bruit qui s'exprime en degrés Kelvin (ou degrés absolus) est de quelques dizaines de degrés pour une bonne antenne (de l'ordre de 50° K).

A titre documentaire, nous avons donné à la figure 7 quelques courbes qui montrent le gain d'antennes typiques de grande dimension, en fonction de l'angle avec l'axe de l'antenne.

La précision des pointages a également une grande importance étant donné l'étroitesse des lobes principaux de ces antennes. Une précision de 0,02° est obtenue avec les antennes de grande dimension.



Niveaux moyens dans les lobes latéraux des diagrammes d'antennes de grandes dimensions (1°-100°) avec indication de la caractéristique proposée, $E = 32-25 \log_{10}\varphi$

Figure 7

3.2 Transmission, signalisation et maintenance dans le réseau général des télécommunications

3.2.1 Intégration dans le réseau mondial

Un système de télécommunications par satellites n'est, quelle que soit son ampleur, que l'un des maillons de la chaîne qui relie entre eux deux usagers. Un tel système n'a d'intérêt que s'il répond aux multiples conditions qui permettront avec succès l'intégration dans le réseau mondial existant, des circuits (ou groupes de circuits) établis par son intermédiaire.

On ne doit pas oublier que les informations à transmettre peuvent être de la télévision, des données, de la radiodiffusion, de la téléphonie, du fac-similé ou de la télégraphie, ainsi que les signaux auxiliaires qui leur sont associés.

Pour chacune de ces informations, on étudie quelles sont les caractéristiques auxquelles doivent satisfaire les circuits par satellites. En principe, ils doivent, en règle générale, satisfaire aux normes de qualité déjà énumérées pour les transmissions par les procédés traditionnels.

Une telle façon, en fait, est parfaitement justifiée, car on ne saurait admettre qu'un service subisse une détérioration sensible de qualité par suite de l'utilisation d'un nouveau système pour un des éléments de la liaison.

Les télécommunications par satellites ont cependant des particularités qui leur sont propres; quelques-unes d'entre elles sont examinées ci-après.

3.2.2 Circuit fictif de référence et bruit de circuit

On appelle circuit fictif de référence un circuit hypothétique de longueur définie et qui comporte un certain nombre d'équipements terminaux et intermédiaires, ce nombre étant assez grand mais non excessif.

Il constitue un élément nécessaire pour l'étude de certaines caractéristiques de circuits à grande distance (bruit, par exemple).

La longueur du circuit fictif de référence n'implique pas que des circuits réels encore plus longs ne puissent être utilisés.

Dans le cas de la transmission de la téléphonie, par exemple, le circuit fictif de référence est composé, par définition, d'une seule section Terre-satellite-Terre, bien que la qualité d'au moins un certain nombre de liaisons internationales doive être déterminée

en tenant compte du besoin de réunir deux et quelques fois trois sections en série.

Les objectifs de bruit, pour la téléphonie, ont également été définis. La puissance de bruit admissible pour le circuit de référence défini ci-dessus, fait l'objet de spécifications précises. Indiquons qu'en un point de niveau relatif zéro, la puissance psophométrique moyenne de bruit ne doit pas, quelle que soit l'heure, dépasser 10 000 pW, dans n'importe quelle voie téléphonique (on appelle puissance psophométrique de bruit la puissance de bruit pondérée de façon appropriée pour tenir compte du fait que la sensibilité de l'oreille varie avec la fréquence).

3.2.3 Temps de propagation, écho, effet Doppler et interruption

L'effet Doppler est bien connu: il s'agit de variation de fréquences d'un phénomène (acoustique ou électromagnétique), lorsque la source est animée d'une certaine vitesse par rapport à l'observateur; mais cet effet peut être assez important dans le cas des satellites étant donné la vitesse possible et la valeur élevée des fréquences utilisées. Le tableau suivant donne une idée de l'importance de cet effet:

Déplacement de fréquence maximal par effet Doppler

Période (h)	6	8	12	24
Altitude approximative (km)	11 000	14 000	20 000	36 000
Angle de site minimal de l'antenne: 5° Déplacement de fréquence maximal par effet Doppler sur 6 GHz (kHz)	55,4	37,2	18,5	0,24 [1]

[1] Cette valeur tient compte de différentes perturbations possibles de l'orbite de 24 heures, en supposant qu'il soit possible de maintenir le satellite dans une sphère de 60 km de rayon à partir de la position stationnaire vraie, auquel cas la vitesse maximale du satellite qui se dirige vers une station terrienne ou s'en écarte ne dépassera pas 5,8 m/s.

Etant donné que les satellites de télécommunications actuellement en exploitation courante sont du type à haute altitude (c'est-à-dire géostationnaires ou à orbite avec apogée de valeur élevée) les problèmes relatifs à l'effet Doppler et aux interruptions (au moment où l'on passe d'un satellite à un autre) ne se posent pas de façon urgente.

Avec de tels satellites, les facteurs qui affectent le plus sérieusement la qualité de transmission sont le temps de propagation et l'écho. C'est pourquoi, les prescriptions relatives à ces derniers facteurs ne seront pas modifiées dans un proche avenir. En particulier, il est indiqué, à titre provisoire, que des communications présentant un temps de propagation moyen dans un seul sens de 400 ms ou davantage ne devraient pas être utilisées, sauf dans des circonstances tout à fait exceptionnelles. Or la valeur de 400 ms est dépassée à coup sûr dans une communication comprenant deux satellites stationnaires. En effet, un seul satellite géostationnaire introduit un retard d'environ 260 ms. Pour cette raison, on a dû introduire quelques règles supplémentaires dans le plan d'acheminement téléphonique international afin de maintenir à de tels cas un caractère tout à fait exceptionnel. Les limites figurant dans ces recommandations sont basées sur la qualité de transmission de la parole; la correction des erreurs dans les transmissions de données, pour des temps de propagation élevés, peut présenter des difficultés, et des études sont en cours pour l'utilisation de la correction automatique des erreurs sans répétition.

3.2.4 Signalisation dans le service télex

Pour l'établissement de communications par satellites dans le service télex automatique, un mode de signalisation spécial a été normalisé. Des études sont en cours pour examiner les possibilités d'utilisation des deux types de signalisation, actuellement en exploitation.

3.2.5 Signalisation téléphonique

L'étude de nouveaux systèmes de signalisation intercontinentale pour les services téléphoniques est activement en cours. Ces systèmes, qui feront l'objet de spécifications dans un proche avenir, tiennent compte des problèmes que posent les circuits par satellites en matière de signalisation téléphonique.

3.2.6 Maintenance (du point de vue de la transmission des signaux qui assurent les télécommunications transitant par les satellites)

On étudie actuellement la maintenance des circuits par satellite qui pose certains problèmes nouveaux, en particulier parce que la constitution de ces circuits n'est pas définie de la même façon que dans les systèmes classiques. Ce problème fera également l'objet de recommandations dans un proche avenir.

3.3 Exploitation du réseau général et facteurs techniques qui s'y rapportent

3.3.1 Exploitation en commun

On trouvera d'ici peu, dans un manuel qui est cours de préparation, quelques indications sur les accords internationaux à respecter et sur la façon dont plusieurs pays peuvent s'entendre pour l'exploitation en commun d'un système de télécommunications par satellites. Le sommaire provisoire du chapitre approprié de ce manuel est donné ci-dessous:

Chapitre B.VI. — Systèmes de télécommunications par satellites

B.VI.1 *Généralités*

1.1 Caractères distinctifs des télécommunications par satellites par rapport aux systèmes de télécommunications terrestres

1.2 Organisations internationales

1.3 Avantages et inconvénients

B.VI.2 *Utilisation des télécommunications par satellites*

B.VI.3 *Facteurs à prendre en considération*

3.1 Types de stations terriennes

3.2 Brouillages

3.3 Interruption due au Soleil

3.4 Eclipse de Soleil

3.5 Comparaison de l'accès simple et de l'accès multiple

3.6 Satellites

3.7 Antennes

3.8 Lancement des satellites

3.3.2 Acheminement

Il a été proposé de modifier à l'avenir les spécifications pour tenir compte, entre autres choses, des éléments mentionnés ci-dessus, à propos du temps de propagation. Pour cette raison,

on ne mentionne pas l'utilisation de systèmes à satellites dits « à assignation en fonction de la demande » (c'est-à-dire où l'on peut assigner une voie dans le satellite en fonction d'un appel particulier). Cette possibilité qui, actuellement, n'est mentionnée que dans le cadre d'études futures, est analysée ci-après.

3.3.3 Accès multiple

On a traité au paragraphe 3.1.3 ci-dessus, de quelques aspects de l'accès multiple dans un système par satellite. Il est évident que ce problème a un impact direct sur l'évolution du réseau général et c'est pour cela que les études relatives à cette évolution continuent spécialement en ce qui concerne les « circuits par satellites à assignation à la demande ». Il est reconnu qu'il est fort possible que les résultats de cette étude conduisent à apporter certaines modifications au Plan d'acheminement international. Mentionnons que quelques problèmes sont encore en discussion au sujet de la terminologie relative à l'accès multiple (voir projet de terminologie au paragraphe 5.5).

3.3.4 Plan de développement du réseau international

Lors de sa réunion à Mexico en novembre 1967, la Commission mondiale du Plan, complétant les travaux des Commissions régionales, a recensé les satellites de télécommunications existants ou prévus et les stations terriennes correspondantes. Il est possible de comparer la capacité totale de ces satellites et des autres artères intercontinentales (notamment câbles sous-marins) aux besoins du trafic téléphonique et télégraphique pour 1970 et 1975.

L'ouvrage relatif au Plan de Mexico a été publié en avril 1968.

3.3.5 Exploitation et tarification

Il a été tenu compte, dans les études générales relatives à la tarification, des effets qu'entraîne déjà actuellement l'utilisation de circuits par satellites. A la suite des études faites en 1963 et 1964 pour la modification des règles d'exploitation du service intercontinental, une réduction des tarifs a été consentie sur les relations atlantiques à partir de février 1967. Cette mesure fort importante pour les usagers a été rendue possible par l'augmentation sensible du nombre des circuits transatlantiques en câbles sous-marins et par l'introduction de circuits par satellites.

3.4 Radiodiffusion sonore ou visuelle à partir de satellites

Lorsque l'on peut étudier les possibilités d'application des satellites à la radiodiffusion, il est essentiel de bien préciser quelle est l'utilisation prévue pour le satellite. C'est pour cette raison que l'on a été amené à définir un certain nombre de services pour la radiodiffusion. Les définitions sont données à la fin de cette brochure, au paragraphe 5.4. Les cinq types envisagés correspondent à des puissances, ou plus exactement, à des densités de flux de puissance, qui vont en décroissant. On peut d'ailleurs classer ces cinq types de services en deux catégories principales:

— service de radiodiffusion par satellites (service principal, service rural, service communautaire);

— service de télécommunications par satellites pour la radiodiffusion (service de distribution directe et service de distribution indirecte).

3.4.1 Service de radiodiffusion par satellites (souvent désignée par l'expression « radiodiffusion directe »)

La radiodiffusion directe n'a encore jamais été réalisée, car elle pose des problèmes techniques qui n'ont pas encore été résolus.

La très vaste portion de la surface terrestre que peut desservir un émetteur installé à bord d'un satellite permet d'envisager la possibilité d'établir un service de radiodiffusion directe à l'intention du public en général, en dépit des sérieux problèmes techniques et réglementaires qui seraient à résoudre. Dans un tel service, un émetteur au sol transmettrait un programme dans la direction du satellite, lequel le diffuserait à son tour à destination des récepteurs installés chez les usagers d'une vaste région du globe, soit par retransmission active, soit par retransmission passive.

Il existe toute une variété d'orbites possibles pour les systèmes de communications par satellites mais, pour ce qui est de la radiodiffusion, la nécessité d'avoir des antennes de réception domestiques relativement simples et d'assurer un service ininterrompu élimine toute orbite autre que celle du satellite stationnaire (36 000 km au-dessus de la Terre). Des orbites plus basses ne conviendraient pas pour la radiodiffusion par satellites car les deux conditions précédentes ne seraient pas satisfaites.

Plus d'un tiers de la surface de la Terre serait visible d'un satellite stationnaire unique; ceci permettrait de se servir d'antennes fixes tant pour la réception chez les usagers privés qu'à l'émission dans les stations au sol qui émettent les programmes à destination du satellite.

Le Règlement des radiocommunications actuel ne prévoit pas de bande de fréquence pour la radiodiffusion par satellites.

Pour que des émissions de radiodiffusion en provenance d'un satellite puissent être reçues directement par des récepteurs domestiques moyennant un minimum de modifications à ces derniers, il faut que les émissions se fassent dans les bandes déjà attribuées au service de radiodiffusion.

Le partage des fréquences entre le service de radiodiffusion par satellites et le service de radiodiffusion de Terre serait techniquement possible, en ondes décamétriques, les problèmes à résoudre restant au moins aussi difficiles que dans le cas de partage entre stations de Terre.

Dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques (radiodiffusion en modulation de fréquence et télévision), le partage ne serait possible qu'au prix de conditions entraînant une diminution de la qualité et qui se révéleraient nuisibles pour le service de radiodiffusion par satellites et pour le service de radiodiffusion de Terre.

Par contre, les normes et critères de partage n'ont pas encore été arrêtés pour la bande des ondes centimétriques qui ne sont pas actuellement exploitées pour la radiodiffusion de Terre.

On peut dire, pour résumer, que l'emploi des bandes de radiodiffusion actuelles pour le service de radiodiffusion par satellites et, en particulier, l'emploi des bandes d'ondes centimétriques posent des problèmes techniques qui demandent un supplément d'études et qui exigeraient une révision du Règlement des radiocommunications, ainsi que des plans d'assignation de fréquence existants pour le service de radiodiffusion de Terre. En particulier, si un service de radiodiffusion par satellites devait être établi dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques, il faudrait lui attribuer des fréquences exclusives.

On a envisagé l'utilisation de satellites stationnaires passifs réfléchissant vers une zone de la Terre les ondes issues d'un émetteur terrien. C'est ainsi qu'un trièdre trirectangle de 100 m de diamètre créerait un champ de 0,1 mV/m, champ acceptable pour la réception, à l'aide d'un émetteur d'une puissance de 300 kW et sur une zone de la Terre d'un diamètre de 1000 km environ.

Cependant, on considère en général le cas de la radiodiffusion à partir de satellites stationnaires couvrant soit le maximum possible (le tiers de la surface du globe), soit une région limitée (l'Europe, par exemple). Si l'on considère qu'un tel satellite doit donner un champ comparable au minimum requis dans le cas

de la réception d'émetteurs de Terre, on arrive à calculer la puissance requise à la sortie de l'émetteur pour assurer, par exemple, les services suivants:

— radiodiffusion sonore à modulation de fréquence sur ondes métriques

couverture maximale: 550 W
couverture de l'Europe: 54 W

— télévision (puissance de l'émetteur image) sur ondes métriques

couverture maximale: 17,4 kW
couverture de l'Europe: 3,5 kW.

On est encore loin des quelques dizaines de watts des réalisations actuelles. En fait, de très sérieux problèmes techniques restent à résoudre avant que l'on puisse considérer que la radiodiffusion de haute qualité à partir de satellites terrestres est une chose possible. Nous citerons notamment:

— la réalisation de sources d'énergie de grande capacité capables d'assurer un service continu pendant une durée raisonnablement longue;

— la dissipation de la chaleur engendrée par de fortes pertes d'énergie;

— la mise au point de systèmes précis de maintien de la stabilisation en orientation et en position;

— la mise au point d'équipements dont les dimensions, le poids et la fiabilité sont de nature à permettre à une station de radiodiffusion de grande puissance d'avoir une durée de vie raisonnable;

— l'aménagement nécessaire de stations de radiodiffusion spatiales susceptibles d'être reçues dans une zone très étendue et fonctionnant dans une portion du spectre (ondes métriques et décimétriques) dont les fréquences font déjà l'objet de très nombreuses assignations effectuées selon des plans dans la plus grande partie du monde et/ou la mise au point de récepteurs domestiques pour les émissions de radiodiffusion provenant de satellites et effectuées dans la bande des ondes centimétriques.

On voit donc qu'un certain nombre de problèmes de compatibilité technique restent à résoudre avant que l'on puisse recevoir des programmes de radiodiffusion relayés par des satellites, sur des récepteurs domestiques de prix modique, conçus pour la réception des émissions de radiodiffusion classiques.

Bien que n'ayant pas encore fait l'objet de réalisations pratiques, le satellite de radiodiffusion a déjà fait naître beaucoup de discussions. Beaucoup d'espoirs se fondent sur lui dans le domaine des communications de masse. Mais les problèmes qu'il pose dans le domaine de la réglementation radioélectrique sont particulièrement complexes. Il faut d'ailleurs remarquer que, si on se limite au cas de la radiodiffusion sonore, le satellite n'est pas le premier moyen à assurer une couverture à l'échelle mondiale. Depuis des décennies, en effet, les émissions de radiodiffusion dans les bandes d'ondes décamétriques sont reçues dans des régions étendues, souvent situées à de grandes distances de l'émetteur; par voie de conséquence, les problèmes de planification qui se posent dans ces bandes sont déjà d'une complexité extrême.

3.4.2 Service de télécommunications par satellites pour la radiodiffusion

Il y a deux façons de concevoir un tel service, soit par distribution directe aux émetteurs de Terre de programmes provenant d'une ou plusieurs origines, soit au contraire par distribution indirecte. Dans ce dernier cas, les programmes de radiodiffusion sont transmis par le satellite à un nombre limité de stations terriennes et de là, sont distribués aux émetteurs de radiodiffusion de Terre par des liaisons de types classiques.

Ce dernier genre de transmission est le seul service pour la radiodiffusion qui actuellement ait fait l'objet de réalisations pratiques.

Les satellites de télécommunications actuels peuvent être utilisés pour la transmission des programmes de radiodiffusion sonore ou visuelle, en retirant du service téléphonique un certain nombre de voies du système. Dans ce cas, la transmission de l'image ou du son doit s'effectuer selon les normes qui concernent, en particulier, la largeur de bande et le niveau de bruit admissible. Des études complémentaires sont en cours à ce sujet.

3.5 Prix de revient; comparaisons économiques et techniques

Le groupe qui a eu pour mandat la préparation du manuel mentionné au § 3.3.1 a déjà recueilli quelques renseignements sur les éléments du prix de revient de stations terriennes, qui seront inclus dans un chapitre approprié de ce manuel.

En outre, la Commission régionale du Plan pour l'Afrique, au cours de sa réunion d'Addis-Abéba en janvier-février 1967, a proposé de mettre à l'étude la question générale suivante:

« *Question Addis-Abéba n° 2*

— Etude de l'emploi des systèmes de télécommunications par satellites. Comparaisons économiques et techniques de ces systèmes avec les autres systèmes de transmission ».

4. Activités de l'UIT en matière de coopération technique dans le domaine spatial

Le but même de l'UIT étant d'assurer la coopération internationale entre tous les Etats Membres, pour le progrès des télécommunications, la coopération technique s'exerce automatiquement dans les activités traditionnelles de l'Union, qu'il s'agisse de planifier les réseaux interrégionaux ou régionaux, ou d'assister les administrations qui le désirent dans la gestion du spectre des fréquences radioélectriques.

Toutefois, l'évolution de l'idée même de coopération internationale appliquée aux pays en voie de développement, a conduit l'UIT à entreprendre certains programmes particuliers qui sont réalisés par ses organismes techniques et par un département de la coopération technique dont l'action s'exerce en général dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD).

Avant d'examiner dans le détail les activités de l'UIT en matière de coopération technique dans le domaine spatial, il est bon de rappeler que les télécommunications forment un tout. Cette unité a pour conséquence que les activités de coopération technique dans le cadre général des télécommunications ont un impact certain dans le domaine des radiocommunications spatiales.

Les activités de l'UIT dans ce domaine se traduisent concrètement par l'envoi de conseillers techniques et par la réalisation de programmes de formation professionnelle.

4.1 Conseillers techniques

Dans le cadre du PNUD, l'UIT envoie des experts en organisation, exploitation, entretien et planification dans les pays en voie de développement. Ils collaborent en particulier à la planification de réseaux nationaux ou régionaux, dans lesquels doivent être étudiés notamment l'utilisation des facilités nouvelles offertes par les télécommunications spatiales: plan de préinvestissement pour le réseau Amérique latine où l'UIT agit comme conseiller de la Banque interaméricaine de développement (BID), plans de préinvestissement pour l'Afrique et l'Asie qui sont actuellement à l'étude, plan de développement des télécommunications au Paraguay.

A la demande de certaines institutions, des spécialistes de l'UIT apportent également leur concours technique à la réalisation de projets déterminés. Ainsi l'UNESCO, qui étudie des projets de télévision éducative par satellite en Inde et au Brésil, a fait appel à l'UIT pour les questions techniques que pose la réalisation de tels projets.

4.2 Formation professionnelle

La formation professionnelle constitue un secteur important de l'assistance fournie par l'UIT. Elle s'effectue par la création de centres de formation, l'attribution de bourses, la réunion de cycles d'études et la rédaction de manuels à l'intention des pays en voie de développement.

4.2.1 Centres de formation

Sur 24 projets pour lesquels l'Union a été désignée comme agent chargé de l'exécution dans le secteur du Fonds spécial du PNUD, 21 se rapportent à la réalisation de centres de formation. Il est certain que les techniciens et ingénieurs ainsi formés peuvent représenter pour les pays en voie de développement les cadres indispensables qui leur permettront de tirer le meilleur bénéfice des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. Pour ne citer qu'un exemple, un certain nombre de spécialistes sortant de l'Institut national des postes et télécommunications de Madagascar participent à l'exploitation d'une station de poursuite de satellites installée dans ce pays. En outre, un centre expérimental pour l'utilisation des télécommunications par satellites, décrit dans les lignes qui suivent, a été ouvert en Inde.

■ *Centre indien de recherche et de formation professionnelle pour l'utilisation des télécommunications par satellites*

Un centre indien expérimental de recherche et de formation professionnelle pour l'utilisation des télécommunications par satellites a été réalisé à Ahmedabad (Inde) par les soins du Gouvernement indien avec l'assistance du PNUD, pour lequel l'UIT a assumé les fonctions d'agrnt chargé de l'exécution.

C'est en 1965 que l'accord approuvant ce projet avait été signé entre le Fonds spécial des Nations Unies, le Gouvernement de l'Inde et l'UIT. Le PNUD contribuait pour un montant de 615 300 dollars des Etats-Unis à l'établissement de ce centre, tandis que l'Inde apportait en contrepartie une contribution équivalant à 990 844 dollars pour couvrir les dépenses relatives aux bâtiments, aux services et au personnel locaux.

Les premiers essais ont eu lieu au cours de l'année 1967 et les deux premiers cours de formation ont commencé à Ahmedabad le 1er novembre de cette même année. Ils comptaient 13 spécialistes indiens et 14 spécialistes de 7 pays. L'un de ces cours s'adressait à des ingénieurs diplômés, l'autre à des techniciens ayant un diplôme en télécommunication ou dans les techniques de commande. Chacun de ces cours avait une durée de 18 semaines et consistait en conférences complétées par des séances de démonstration et de travaux pratiques.

Désormais, deux séries de cours d'un niveau unique auront lieu chaque année en principe du 1er janvier au 31 mars et du 1er août au 31 octobre. Ces cours porteront sur divers aspects de l'exploitation, de la maintenance, des essais, du choix de l'emplacement et de l'établissement des plans, etc., d'une station terrienne. Le programme d'enseignement portera également sur les divers types d'équipements d'une telle station, considérée d'une façon générale, mais on s'intéressera plus particulièrement aux détails de l'équipement de la station d'Ahmedabad.

Afin de permettre aux étudiants étrangers de participer à ces cours, le Gouvernement indien a accordé des bourses d'études et de perfectionnement d'un montant unitaire de 1000 roupies par mois, destinées à des ingénieurs étrangers ayant une expérience post-universitaire, et d'un montant de 800 roupies par mois pour les techniciens étrangers qui suivront les cours de formation technique organisés à Ahmedabad.

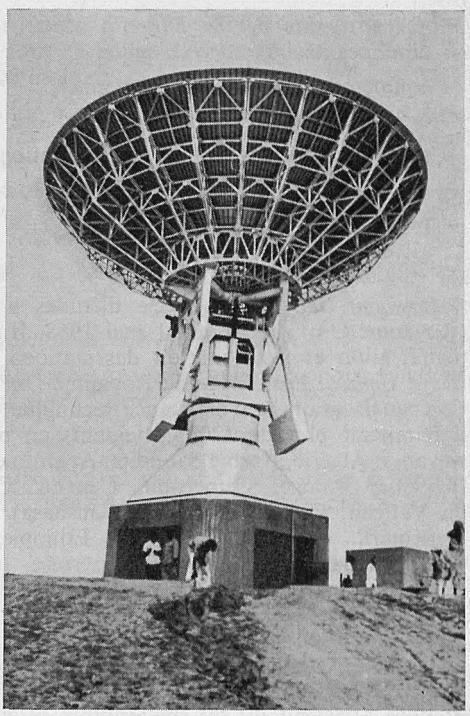
4.2.2 Bourses d'études

Les bourses d'études, qui permettent à des techniciens de se perfectionner ou de se spécialiser dans des secteurs variés des télécommunications sont attribuées par l'UIT dans le cadre du PNUD. Pour la seule année 1967, 222 bourses ont été ainsi octroyées dont certaines, pour des ressortissants de l'Inde, de la Chine et d'Israël, étaient directement liées aux télécommunications spatiales. Mais il est certain que de nombreux autres spécialistes, bénéficiant de bourses pour d'autres secteurs connexes des télécommunications auront été amenés à étudier certains aspects des radiocommunications spatiales.

4.2.3 Cycles d'études

Des cycles d'études relatifs aux télécommunications spatiales sont organisés par l'UIT elle-même ou par des pays Membres de

▲ *Vue prise au cours de l'une des réunions du cycle d'études trilingue organisé, du 5 au 16 septembre 1966, par le Comité international d'enregistrement des fréquences de l'UIT* (UIT)



Antenne du Centre de recherche sur les télécommunications par satellites installé à Ahmedabad (Inde) avec l'assistance de l'UIT et la contribution du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) (Nations Unies) ▶

l'Union, notamment à titre de contribution au programme d'assistance technique en nature de l'UIT:

— *Cycles d'études organisés par des pays Membres de l'UIT*

■ *Japon.* — Un cycle d'études a eu lieu à Tokyo (Japon), du 9 au 16 août 1965. Il a été suivi par 19 ingénieurs en télécommunications, venus des 13 pays suivants: Argentine, Chine, Etats-Unis d'Amérique, Hongkong, Indonésie, Japon, Koweït, Libéria, Nigeria, Pakistan, Philippines, URSS et Viet-Nam.

Les travaux de ce cycle d'études ont été organisés en détail par le ministère des postes et télécommunications du Japon, en collaboration avec la *Kokusai Denshin Denwa (KDD)* et la *Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation (NTT)*.

Huit séances ont été consacrées à des conférences sur les sujets suivants:

— description des télécommunications par satellite,
— analyse du trafic et planification du système,
— système de télécommunications par satellite,
— section spatiale,
— section terrestre,
— règlements et recommandations ou avis de l'UIT concernant les télécommunications par satellites,
— recherches soviétiques sur l'espace extra-atmosphérique,
— problèmes des radiocommunications par satellites.

Ces travaux ont été complétés par la visite des deux stations terriennes des postes et télécommunications du Japon et de la KDD ainsi que de laboratoires de recherche des constructeurs japonais.

■ *Etats-Unis d'Amérique.* — Un cycle d'études s'est tenu à Washington du 16 au 27 mai 1966. Il était organisé par le Département d'Etat. Dix-sept séances de cours ont eu lieu, les cours étant donnés en anglais, avec interprétation simultanée en français et en espagnol. Une semaine supplémentaire a été consacrée à des voyages et visites d'études dans des stations terriennes d'Amérique du Nord (installations industrielles et d'exploitation).

Le cycle d'études a été suivi par 109 fonctionnaires et techniciens de rang élevé appartenant aux administrations des télécommunications des 45 pays suivants: Algérie, Argentine, Australie, Brésil, Canada, Ceylan, Chine, Colombie, République Démocratique du Congo, Corée, Costa Rica, République Dominicaine, Espagne, Ethiopie, France, Grèce, Honduras, Inde, Indonésie, Iran, Italie, Japon, Koweït, Malaisie, Nicaragua, Niger, Nigeria, Nouvelle-Zélande, Pakistan, Panama, Pays-Bas, Pérou, Philippines, République Arabe Unie, République Fédérale d'Allemagne, République Sudafricaine et Afrique du Sud-Ouest, Royaume-Uni, Sénégal, Soudan, Suisse, Thaïlande, Tunisie, Venezuela, Yougoslavie, Zambie.

D'autre part, des observateurs ont été envoyés à titre officiel par cinq organisations internationales: la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD), les Nations Unies, l'Organisation des Etats américains, la Banque interaméricaine de développement (BID) et l'*Export-Import Bank* de Washington. Environ 300 spécialistes américains de l'espace et des télécommunications ont assisté, à titre d'observateurs, aux diverses séances du cycle d'études.

Le programme technique était placé sous les auspices de la *Communications Satellite Corporation (COMSAT)*. Les documents et les exposés traitaient des sujets suivants:

— introduction aux télécommunications par satellites,
— introduction technique,
— aspects internationaux,

— principes techniques,
— antennes,
— équipement des stations terriennes,
— emplacements et équipement auxiliaire,
— problèmes d'utilisation et d'exploitation,
— économie,
— perspectives d'avenir,
— résumé et conclusions.

■ *Royaume-Uni.* — Un cycle d'études a eu lieu à Londres (Royaume-Uni) du 20 au 31 mai 1968. Il avait pour thème la planification et l'exploitation des stations terriennes. Organisé par le *General Post Office* du Royaume-Uni au titre de contribution au programme d'assistance technique en nature de l'UIT, il réunissait plus de 120 participants en provenance des pays suivants: Algérie, Arabie Saoudite, Argentine, Australie, Bahrain, Belgique, Bolivie, Cameroun, Canada, Ceylan, Chine, Cité du Vatican, Colombie, Congo (Kinshasa), Corée, Costa Rica, Danemark, Espagne, Etats-Unis, Ethiopie, Finlande, France, Grèce, République Populaire Hongroise, Inde, Irlande, Israël, Italie, Jordanie, Kenya, Koweït, Malaisie, Maroc, Mexique, Nigeria, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pérou, Philippines, Pologne (République Populaire de), Portugal, République Fédérale d'Allemagne, Roumanie, Singapour, Soudan, Suède, Suisse, Syrie, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, Yougoslavie.

Le programme portait sur une gamme étendue de sujets touchant les aspects de la planification et de l'exploitation des stations terriennes:

— description du système mondial de télécommunications par satellites *Intelsat*;
— aspects financiers de la réalisation des stations terriennes;
— choix des emplacements de ces stations;
— conditions de fonctionnement des stations terriennes;
— formation du personnel d'exploitation et de maintenance;
— exploitation et maintenance des stations terriennes;
— divers autres aspects des télécommunications par satellites.

En outre, les organisateurs avaient prévu un vaste programme de visites d'établissements scientifiques et industriels, y compris la station terrienne de Goonhilly Downs et une exposition de matériel de stations terriennes.

— *Cycles d'études organisés par l'UIT*

Depuis plusieurs années, et pour répondre au vœu exprimé par les pays membres de l'Union, les organismes techniques de l'UIT — jusqu'à présent l'IFRB et le CCIR — ont organisé à Genève au siège de l'UIT des cycles d'études dont le thème central n'était pas les radiocommunications spatiales, mais au cours desquels ce problème fut abordé.

■ *IFRB.* — Le Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB) a organisé des cycles d'études en 1963, 1964 et 1966 sur la gestion et l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques, au cours desquels furent traitées les questions relatives aux fréquences pour le service spatial.

— En 1963, trois cycles, avec un programme similaire, furent réunis. Le premier, en langue anglaise, du 25 février au 8 mars, groupait des participants appartenant à l'Organisation des Nations Unies et à 23 pays Membres de l'Union: Australie, Autriche, Birmanie, Ceylan, Chypre, Ethiopie, Ghana, Indonésie, Iran, Iran, Irlande, Jamaïque, Jordanie, Nigeria, Norvège, Pakistan, Portugal, République Arabe Unie, Royaume-Uni, Suisse, Territoires d'Outre-Mer du Royaume-Uni (Guyane britannique, Hongkong), Turquie, Yougoslavie.

Le second, en langue française, du 25 mars au 5 avril 1963, compta des participants en provenance des pays suivants: Algérie, Bulgarie, Congo (Brazzaville), Congo (Léopoldville), Côte d'Ivoire, Finlande, Grèce, Guinée Italie, Luxembourg, Maroc, Mauritanie, Monaco, Provinces portugaises d'Outre-Mer, Suisse, Togo, Tunisie et Turquie.

Le troisième, en langue espagnole, du 22 avril au 3 mai 1963, réunissait 9 participants originaires de la République Dominicaine, d'Espagne et du Panama.

— En 1964, du 11 au 22 mai, 38 participants prirent part à un cycle d'études trilingue. Ils venaient d'Algérie, de Côte d'Ivoire, du Dahomey, d'Espagne, des Etats-Unis d'Amérique, de Finlande, de France d'Outre-Mer, du Guatemala, d'Irlande, de la Jamaïque, de Koweït, du Mali, du Mexique, du Nigeria, de Norvège, du Pakistan, Pérou, de la République Fédérale d'Allemagne, du Royaume-Uni, du Sénégal, de Suisse et de Yougoslavie.

— En 1966, du 5 au 16 septembre, un cycle d'études, trilingue également, groupait 80 participants (dont un fonctionnaire des radiocommunications des Nations Unies), venant de quarante-quatre pays Membres de l'Union: Algérie, Autriche, Brésil, Cameroun, République Centrafricaine, Chypre, Congo (Brazzaville), Congo (Kinshasa), Côte d'Ivoire, Dahomey, Espagne, Etats-Unis d'Amérique, Ethiopie, Gabon, Ghana, Guinée, Guyane, Honduras, République Populaire Hongroise, Indonésie, Iran, Irlande, Jamaïque, Kenya, Madagascar, Maroc, Mauritanie, Népal, Niger, Nigeria, Norvège, Pakistan, Pologne (République Populaire de), Portugal, République Fédérale d'Allemagne, Royaume-Uni (Bermudes, Ile Maurice), Suède, Suisse, Togo, Tunisie, Turquie et Uruguay.

— En 1968, l'IFRB a prévu un cycle d'études trilingue du 28 octobre au 8 novembre.

■ *CCIR.* — Le Comité consultatif international des radiocommunications a organisé un cycle d'études groupant 55 participants provenant de l'Union européenne de radiodiffusion (UER) et des pays Membres de l'Union suivants: Algérie, Arabie Saoudite, Argentine, Autriche, Brésil, République Démocratique du Congo, Espagne, Etats-Unis d'Amérique, France, Ghana, République Populaire Hongroise, Irlande, Italie, Norvège, République Fédérale d'Allemagne, République Malgache, République Sudafricaine et Territoire de l'Afrique du Sud-Ouest, Suisse, Turquie, Venezuela et Yougoslavie. Le programme de ce cycle d'études comportait une partie consacrée aux communications spatiales.

4.2.4 Rédaction de manuels à l'intention des pays en voie de développement

Dans le cadre de ses organismes techniques, l'UIT a créé des groupes spéciaux, formés de spécialistes des pays Membres et dont le but est la rédaction de manuels traitant de questions d'ordre documentaire, intéressant particulièrement les pays en voie de développement. L'un de ces manuels, en préparation, contiendra un chapitre consacré aux systèmes de télécommunications par satellites (voir 3.3.1 page 29).

On prévoit également la rédaction d'un autre manuel, entièrement consacré aux multiples aspects des radiocommunications spatiales.

Enfin, un manuel contenant les exposés présentés au cours du cycle d'études du CCIR a été publié.

5. Terminologie

5.1 Termes et définitions extraits du Règlement des radiocommunications de 1959

Radioastronomie

Astronomie fondée sur la réception des ondes radioélectriques d'origine cosmique.

Service de radioastronomie

Service comportant l'utilisation de la radioastronomie.

5.2 Termes et définitions extraits du Règlement des radiocommunications (revision partielle de 1963)

5.2.1 Systèmes, services et stations radioélectriques

Station aéronautique

Station terrestre du service mobile aéronautique. Dans certains cas, une station aéronautique peut être placée à bord d'un navire ou d'un satellite de la Terre.

Station d'aéronef

Station mobile du service mobile aéronautique installée à bord d'un aéronef ou d'un véhicule aéro-spatial.

Station de radioastronomie

Station du service de radioastronomie.

Service de Terre

Tout service radioélectrique défini dans le présent Règlement, autre qu'un service spatial ou que le service de radioastronomie.

Station de Terre

Station d'un service de Terre.

5.2.2 Systèmes, services et stations spatiaux

Service spatial

Service de radiocommunication:

— entre stations terriennes et stations spatiales,

— ou entre stations spatiales,

— ou entre stations terriennes lorsque les signaux sont retransmis par des stations spatiales, ou transmis par réflexion sur des objets situés dans l'espace, à l'exclusion de la réflexion ou la diffusion par l'ionosphère ou dans l'atmosphère terrestre.

Station terrienne

Station du service spatial située soit sur la surface de la Terre, y compris à bord d'un navire, soit à bord d'un aéronef.

Station spatiale

Station du service spatial située sur un objet qui se trouve, est destiné à aller, ou est allé au-delà de la partie principale de l'atmosphère terrestre.

Système spatial

Tout ensemble de stations terriennes et spatiales coopérant entre elles, assurant un service spatial donné, et pouvant comprendre, dans certains cas, des objets spatiaux qui réfléchissent les signaux de radiocommunication.

Service de télécommunication par satellites

Service spatial:

— entre stations terriennes, lorsqu'il est fait usage de satellites actifs ou passifs pour l'échange de communications du service fixe ou du service mobile,

— ou entre une station terrienne et des stations situées sur des satellites actifs, pour l'échange des communications du service mobile, en vue de leur retransmission vers des stations du service mobile ou à partir de celles-ci.

Station terrienne de télécommunication par satellites

Station terrienne du service de télécommunication par satellites.

Station spatiale de satellite de télécommunication

Station spatiale du service de télécommunication par satellites, située sur un satellite de la Terre.

Satellite actif

Satellite de la Terre portant une station destinée à émettre ou retransmettre des signaux de radiocommunication.

Satellite passif

Satellite de la Terre destiné à transmettre des signaux de radiocommunication par réflexion.

Système à satellites

Tout ensemble de stations, coopérant entre elles, assurant un service spatial donné et comprenant un ou plusieurs satellites actifs ou passifs.

Service de recherche spatiale

Service spatial dans lequel on utilise des engins ou autres objets spatiaux pour la recherche scientifique ou technique.

Station terrienne de recherche spatiale

Station terrienne du service de recherche spatiale.

Station spatiale de recherche spatiale

Station spatiale du service de recherche spatiale.

Service de radiodiffusion par satellites

Service spatial dans lequel des signaux émis ou retransmis par des stations spatiales ou transmis par réflexion sur des objets en orbite autour de la Terre, sont destinés à être reçus directement par le public en général.

Service de radionavigation par satellites

Service faisant usage de stations spatiales situées sur des satellites de la Terre pour assurer une radionavigation, et comprenant dans certains cas, l'émission ou la retransmission de renseignements complémentaires nécessaires à cette radionavigation.

Station terrienne de radionavigation par satellites

Station terrienne du service de radionavigation par satellites.

Station spatiale de satellite de radionavigation

Station spatiale du service de radionavigation par satellites située sur un satellite de la Terre.

Service des auxiliaires de la météorologie par satellites

Service spatial dans lequel les résultats d'observations météorologiques faites à l'aide d'appareils situés sur des satellites de la Terre sont transmis à des stations terriennes à partir de stations spatiales situées sur ces satellites.

Station terrienne de météorologie par satellites

Station terrienne du service des auxiliaires de la météorologie par satellites.

Station spatiale de satellite de météorologie

Station spatiale du service des auxiliaires de la météorologie par satellites située sur un satellite de la Terre.

Télémesure spatiale

Télémesure utilisée pour la transmission à partir d'une station spatiale des résultats des mesures effectuées dans un engin spatial, y compris celles qui concernent le fonctionnement de l'engin.

Télémesure spatiale de maintenance

Télémesure spatiale concernant exclusivement les conditions électriques et mécaniques de fonctionnement d'un engin spatial et de l'appareillage qu'il contient ainsi que les conditions du milieu proche de l'engin.

Télécommande spatiale

Transmission de signaux radioélectriques à une station spatiale pour mettre en fonctionnement les appareils situés sur l'objet spatial associé, y compris la station spatiale, ou pour en modifier ou arrêter le fonctionnement.

Poursuite spatiale

Détermination de l'orbite, de la vitesse ou de la position instantanée d'un objet situé dans l'espace, par l'utilisation du radiorepérage, à l'exclusion de la radiodétection primaire, en vue de suivre les déplacements de cet objet.

5.2.3 Espace, orbites et types d'objets spatiaux

Espace lointain

Région de l'espace située à des distances de la Terre égales ou supérieures à la distance entre la Terre et la Lune.

Orbite

Trajectoire décrite dans l'espace par le centre de gravité d'un satellite ou autre objet spatial.

Angle d'inclinaison d'une orbite

Angle aigu du plan contenant une orbite et du plan de l'équateur terrestre.

Période d'un objet spatial

Temps compris entre deux passages consécutifs d'un objet spatial au même point de son orbite fermée.

Altitude de l'apogée

Altitude, au-dessus de la surface de la Terre, du point d'une orbite fermée où un satellite se trouve à sa distance maximale du centre de la Terre.

Altitude du périgée

Altitude, au-dessus de la surface de la Terre, du point d'une orbite fermée où un satellite se trouve à sa distance minimale du centre de la Terre.

Satellite stationnaire

Satellite dont l'orbite circulaire est dans le plan de l'équateur terrestre et qui tourne autour de l'axe des pôles de la Terre dans le même sens et avec la même période que ceux de la rotation de la Terre.

Engin spatial

Tout type de véhicule spatial habité ou non, y compris un satellite de la Terre ou une sonde pour l'espace lointain.

5.3 Termes et définitions proposés par la XI[e] Assemblée plénière du CCIR (Oslo, 1966)

Engin spatial *

Le terme « engin spatial » devrait être utilisé pour désigner tout type de véhicule spatial, y compris un satellite de la Terre ou une sonde pour l'espace lointain, qu'il soit habité ou non, ainsi que les fusées et ballons à haute altitude qui pénètrent dans l'atmosphère extérieure et dans l'espace.

Espace lointain *

Région de l'espace située à des distances de la Terre approximativement égales ou supérieures à la distance entre la Terre et la Lune.

Sonde spatiale

Engin spatial conçu pour échapper en grande partie au champ de gravitation de la Terre et pour suivre une trajectoire lui permettant d'accomplir une mission déterminée dans l'espace.

Satellite

Corps tournant autour d'un autre corps (par exemple une planète) et dont le mouvement est principalement déterminé, d'une façon permanente, par la force d'attraction de ce corps; par extension, un satellite naturel d'une planète peut lui-même avoir un satellite.

Note. — Un corps répondant à cette définition et tournant autour du Soleil est appelé planète ou planétoïde.

Corps principal

Corps déterminant principalement le mouvement d'un satellite.

Orbite *

Trajectoire décrite dans l'espace par le centre de gravité d'un satellite ou autre objet spatial, sous l'action des seules forces naturelles, telles que l'attraction du corps principal par gravitation, l'action d'autres corps, la pression de radiation et le frottement atmosphérique.

Orbite non perturbée (de satellite)

Orbite d'un satellite dans le cas idéal où il serait soumis uniquement à l'attraction du corps principal supposé concentré en son centre de gravité; c'est une section conique dont un foyer est le centre du corps principal.

Eléments de l'orbite (de satellite ou autre objet spatial)

Paramètre permettant de définir la forme, les dimensions et la position de l'orbite d'un corps dans l'espace ainsi que la position dans le temps de ce corps sur l'orbite par rapport à un point de référence, dans un système de référence spécifié.

Plan de l'orbite

Plan contenant le rayon vecteur et le vecteur vitesse d'un satellite, le système de référence étant le système spécifié pour définir les éléments de l'orbite.

* Les définitions des termes marqués d'un astérisque sont différentes de celles existant dans le Règlement des radiocommunications (revision partielle de 1963) (voir paragraphe 5.2).

Note. — Dans le cas idéal de l'orbite non perturbée, le plan de l'orbite est fixe dans un système de référence lié au corps principal.

Orbite directe (de satellite)

Orbite de satellite telle que la projection du centre de gravité du satellite sur le plan principal du système de référence tourne dans le sens direct.

Note. — Par convention, le sens direct est défini par le pôle nord du corps principal (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre vu de ce pôle nord); le pôle nord est également défini de façon conventionnelle. Pour un satellite de la Terre, le sens direct est le sens de rotation de la Terre.

Orbite rétrograde (de satellite)

Orbite de satellite telle que la projection du centre de gravité du satellite sur le plan principal du système de référence tourne dans le sens inverse.

(Angle d') inclinaison d'une orbite (de satellite) *

Angle du plan de l'orbite d'un satellite et du plan principal du système de référence; pour un satellite proche du corps principal, on choisit habituellement pour plan principal le plan équatorial de ce corps; par convention, l'angle d'inclinaison d'une orbite directe de satellite est un angle aigu et l'angle d'inclinaison d'une orbite rétrograde est un angle obtus.

Nœud ascendant (descendant)

Point où l'orbite d'un satellite ou d'une planète coupe le plan principal, lequel contient deux des coordonnées du système de référence, la troisième coordonnée du satellite ou de la planète étant croissante (décroissante) lors de son passage par ce point; pour un satellite de la Terre, le plan principal du système de référence est le plan de l'équateur et la troisième coordonnée est croissante de l'hémisphère sud à l'hémisphère nord.

Orbite circulaire (de satellite)

Orbite de satellite pour laquelle la distance des centres de gravité du satellite et du corps principal est constante.

Orbite elliptique (de satellite)

Orbite de satellite pour laquelle la distance des centres de gravité du satellite et du corps principal n'est pas constante.

Orbite équatoriale (de satellite)

Orbite de satellite dont le plan coïncide avec celui de l'équateur du corps principal.

Orbite inclinée (de satellite)

Orbite de satellite qui n'est pas équatoriale.

Orbite polaire (de satellite)

Orbite inclinée, dont l'inclinaison est égale à 90°. Le plan d'une orbite polaire contient l'axe des pôles du corps principal.

Apoastre

Point de l'orbite d'un satellite ou d'une planète situé à un maximum de distance du centre de gravité du corps principal.

Périastre

Point de l'orbite d'un satellite ou d'une planète situé à un minimum de distance du centre de gravité du corps principal.

Apogée *

Point de l'orbite d'un satellite de la Terre situé à un maximum de distance du centre de la Terre; l'apogée est l'apoastre d'un satellite de la Terre.

Périgée *

Point de l'orbite d'un satellite de la Terre situé à un minimum de distance du centre de la Terre; le périgée est le périastre d'un satellite de la Terre.

Altitude de l'apogée (du périgée) *

Altitude de l'apogée (du périgée) au-dessus d'une surface de référence spécifiée servant à la représentation de la surface de la Terre.

Période (anomalistique) *

Intervalle de temps compris entre deux passages consécutifs d'un satellite ou d'une planète à son périastre.

Période nodale

Intervalle de temps compris entre deux passages consécutifs d'un satellite ou d'une planète par le nœud ascendant.

Satellite en phase

Satellite maintenu en position (déconseillé)

Satellite dont le centre de gravité a une position maintenue dans une relation désirée par rapport à d'autres satellites, à un point sur la Terre, ou à quelque autre point de référence tel que le point de la Terre ayant le Soleil au zénith.

Note. — S'il est nécessaire d'identifier les satellites qui ne sont pas des satellites en phase, le terme « satellites non en phase » peut être utilisé. Le terme « satellite erratique » est déconseillé.

Satellite à commande d'orientation

Satellite dont un axe au moins est maintenu dans une direction spécifiée, par exemple, la direction du centre de la Terre, celle du Soleil, ou celle d'un point spécifié dans l'espace.

Satellite synchrone

Satellite dont la période sidérale moyenne de révolution autour du corps principal est égale à la période sidérale de rotation du corps principal autour de son axe.

Note. — Un satellite synchrone de la Terre doit être synchronisé sur la période sidérale de la Terre ou sur la longueur du jour sidéral moyen, qui est d'environ 23 heures 56 minutes.

Satellite sous-synchrone

Satellite pour lequel la période sidérale de rotation du corps principal autour de son axe est un multiple entier de la période sidérale moyenne de révolution du satellite autour du corps principal.

Satellite stationnaire *

Satellite synchrone à orbite équatoriale, circulaire et directe. Un satellite stationnaire reste fixe dans un système de référence lié au corps principal.

---

* Les définitions des termes marqués d'un astérisque sont différentes de celles existant dans le Règlement des radiocommunications (revision partielle de 1963) (voir paragraphe 5.2).

5.4 Termes et définitions proposés par les Commissions d'études X (Radiodiffusion) et XI (Télévision) du CCIR à la réunion intérimaire de Palma de Majorque (avril-mai 1968)

5.4.1 Service de radiodiffusion par satellite

Service principal

Service de radiodiffusion par satellite avec une densité de flux de puissance suffisante pour la réception directe des émissions du satellite au moyen d'installation individuelle par le public en général avec une qualité comparable à celle du service des émetteurs de Terre.

Service rural

Service de radiodiffusion par satellite avec une densité de flux de puissance limitée mais suffisante pour la réception directe des émissions du satellite au moyen d'installations individuelles par le public en général avec une qualité de réception acceptable, dans les zones à faible densité de population non desservies ou imparfaitement desservies par d'autres moyens et où les conditions au moyen de réception sont favorables.

Service communautaire

Service particulier de radiodiffusion par satellite avec une densité de flux de puissance limitée, dont les signaux sont destinés à une réception collective pour des groupes d'auditeurs ou de spectateurs, ou à une réception distribuée à partir d'une installation réceptrice importante.*

5.4.2 Service de télécommunication par satellite pour la radiodiffusion

Service de distribution directe

Service de télécommunication par satellite assurant à partir d'une ou plusieurs origines la distribution directe aux émetteurs de Terre des programmes de radiodiffusion et éventuellement d'autres signaux nécessaires à leur exploitation.

Service de distribution indirecte

Service de télécommunication par satellite assurant à partir d'une ou plusieurs origines, la transmission des programmes de radiodiffusion à diverses stations terriennes pour distribution ultérieure aux émetteurs de radiodiffusion de Terre.

Note. — Ce projet de Rapport constitue une première rédaction de la terminologie relative aux services spatiaux pour la radiodiffusion. Les administrations sont invitées à présenter leurs commentaires éventuels pour les réunions finales des Commissions d'études X et XI. Ce projet de Rapport est aussi à porter à l'attention de la Commission d'études IV et de la Commission d'études XIV et est à prendre en considération pour la préparation d'une révision de la recommandation 5A de la Conférence de radiocommunications, Genève, 1963.

5.5 Définitions proposées par le Groupe de travail XIII/3 du CCITT (Genève, 23-27 janvier 1967)

5.5.1 Définition des termes de base (voir la figure 8)

Voie à satellite

Trajet de transmission unidirectionnel entre deux stations terriennes *a* et *b*, par l'intermédiaire d'un satellite de télécommunications. Une voie à satellite peut être considérée comme formée de deux parties:

a) la partie ascendante *aS*, de la station terrienne *a* au satellite *S*,

b) la partie descendante *Sb*, du satellite *S* à la seconde station terrienne *b*.

Liaison par satellite

Trajet de transmission bidirectionnel entre deux stations terriennes. Cette expression s'applique à l'ensemble des deux voies unidirectionnelles, l'une dans le sens « aller » et l'autre dans le sens « retour ».

Circuit téléphonique par satellite

Moyen de communication bidirectionnel entre deux centraux *A* et *B*, comprenant une voie « aller » et une voie « retour » et dans lequel une partie *ab* du trajet de transmission entre les deux centraux *A* et *B* est une *liaison par satellite*.

5.5.2 Circuits par satellite à accès multiple à préassignation fixe

Circuits établis par assignation d'une liaison par satellite devant fonctionner entre des stations terriennes déterminées, l'assignation étant faite en fonction des prévisions relatives au trafic à écouler. Les circuits de ce type peuvent se présenter sous deux formes:

Circuit par satellite à préassignation fixe

Un tel circuit est utilisé quand l'intensité prévue pour le trafic pendant la période d'exploitation considérée est importante, ce qui justifie une assignation fixe.

Circuit par satellite à préassignation variable dans le temps

Un tel circuit est utilisé quand la variation à prévoir pour le trafic au cours d'une heure et (ou) d'une journée présente une importance rendant souhaitable que les assignations (entre extrémités) varient dans le temps.

5.5.3 Circuits par satellite à accès multiple avec assignation en fonction de la demande

Circuits qui peuvent être établis, quand la demande du moment l'exige, par assignation d'une liaison par satellite destinée à fonctionner entre des stations terriennes données.

On peut faire varier la destination de la liaison par satellite, ou son origine, ou les deux à la fois. La liaison est assignée de manière à établir pour chaque appel et en fonction de ses caractéristiques le circuit téléphonique requis.

Ceci amène à définir:

— la liaison par satellite à destination variable,

— la liaison par satellite à origine variable,

— la liaison par satellite entièrement variable, liaison dont on peut faire varier à la fois l'origine et la destination.

Remarque: A l'heure actuelle, il existe certaines incertitudes sur l'endroit où se trouvera situé l'équipement — non encore défini — qui doit servir de sous-système de commutation pour satellite à accès multiple avec assignation en fonction de la demande. Cet équipement peut se trouver situé soit dans une station terrienne, soit au (ou aux) CT qui est (sont) associé(s) à celle-ci. Il peut dans certains cas se trouver réparti entre la station terrienne et le (ou les) CT associé(s). Le choix de l'endroit où est situé cet équipement peut varier suivant les pays.

* Un service par satellite analogue à celui de la radiodiffusion communautaire peut exister pour des buts différents de ceux de la radiodiffusion.

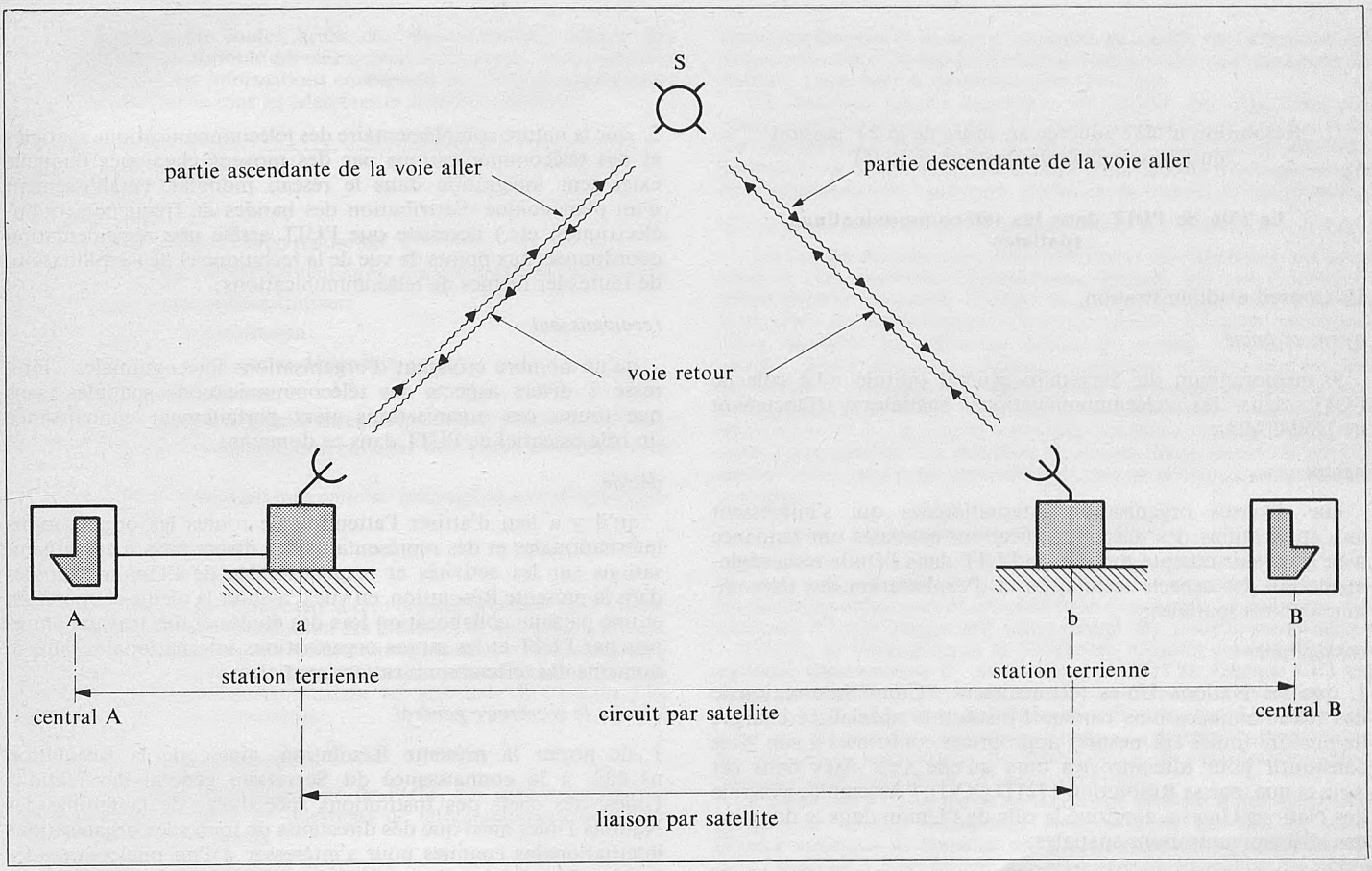


Figure 8

Bibliographie

[1] Convention internationale des télécommunications, Montreux, 1965.

[2] Règlement des radiocommunications, Genève, 1959.

[3] Actes Finals de la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications chargée d'attribuer des bandes de fréquences pour les radiocommunications spatiales, Genève, 1963.

[4] Actes Finals de la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications chargée d'élaborer un plan d'allotissement revisé pour le service mobile aéronautique (R), Genève, 1966.

[5] Actes Finals de la Conférence mondiale des radiocommunications chargée de traiter de questions concernant le service mobile maritime, Genève, 1967.

[6] Nomenclature des stations du service spatial et du service de radioastronomie, établie par le Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB), 1re édition, 1er novembre 1966.

[7] Documents de la XIe Assemblée plénière du CCIR, Oslo, 1966.
Volume *IV*, Partie 1 — Faisceaux hertziens
Volume *IV*, Partie 2 — Systèmes spatiaux, Radioastronomie
Volume *V* Radiodiffusion

[8] Livre bleu du CCITT, IIIe Assemblée plénière, Genève, 1964.
Tome *II* — Exploitation et tarification téléphoniques et télégraphiques.
Tome *III* — Transmissions sur les lignes.

[9] Plan général de développement du réseau interrégional des télécommunications, Mexico, 1967,

[10] Journal des télécommunications de l'UIT. La plupart des numéros, depuis 1958, contiennent des informations ou des articles sur les télécommunications spatiales.

Tous ces ouvrages sont publiés et vendus par l'Union internationale des télécommunications, Place des Nations, 1211 Genève 20 (Suisse).

Annexe

Résolution n° 637 adoptée au cours de la 23e session du Conseil d'administration de l'UIT

Le rôle de l'UIT dans les télécommunications spatiales

Le Conseil d'administration,

ayant examiné

le mémorandum du Secrétaire général intitulé « Le rôle de l'UIT dans les télécommunications spatiales » (Document n° 3730/CA23);

notant

que diverses organisation internationales qui s'intéressent aux applications des télécommunications spatiales ont tendance à ne pas tenir compte du rôle de l'UIT dans l'étude et la réglementation des aspects techniques et d'exploitation des télécommunications spatiales;

considérant

1. que les Nations Unies reconnaissent l'Union internationale des télécommunications comme l'Institution spécialisée chargée de prendre toutes les mesures appropriées conformes à son Acte constitutif pour atteindre les buts qu'elle s'est fixés dans cet Acte et que, par sa Résolution 1721D (XVI), l'Assemblée générale des Nations Unies a confirmé le rôle de l'Union dans le domaine des télécommunications spatiales;

2. que, d'après son Acte constitutif (article 4 de la Convention de Montreux), l'Union a pour objet:

« *a)* de maintenir et d'étendre la coopération internationale pour l'amélioration et l'emploi rationnel des télécommunications de toutes sortes;

b) de favoriser le développement de moyens techniques et leur exploitation la plus efficace, en vue d'augmenter le rendement des services de télécommunications, d'accroître leur emploi et de généraliser le plus possible leur utilisation par le public;

c) d'harmoniser les efforts des nations vers ces fins communes; »

3. que les télécommunications spatiales ne sont que l'un des aspects du domaine des télécommunications, qui constitue de tout temps une responsabilité de l'UIT;

4. que, par ses conférences administratives et ses organismes permanents (le CCIR, le CCITT et l'IFRB, dont les travaux actuels dans ce domaine sont décrits dans l'Annexe * à la présente Résolution), l'UIT est parfaitement qualifiée et bien équipée pour s'occuper de l'étude et de la réglementation des aspects techniques et d'exploitation des télécommunications spatiales.

5. que la nature complémentaire des télécommunications spatiales et des télécommunications par des moyens classiques (laquelle exige leur intégration dans le réseau mondial, l'établissement d'un plan unique d'attribution des bandes de fréquences radioélectriques, etc.) nécessite que l'UIT arrête une réglementation coordonnée, aux points de vue de la technique et de l'exploitation, de toutes les formes de télécommunications;

reconnaissant

qu'un nombre croissant d'organisations internationales s'intéresse à divers aspects des télécommunications spatiales, sans que toutes ces organisations aient parfaitement connaissance du rôle essentiel de l'UIT dans ce domaine;

décide

qu'il y a lieu d'attirer l'attention de toutes les organisations internationales et des représentants des divers pays à ces organisations sur les activités et responsabilités de l'Union exposées dans la présente Résolution, en vue d'assurer la pleine coopération et une parfaite collaboration lors des études et des travaux entrepris par l'UIT et les autres organisations internationales dans le domaine des télécommunications spatiales;

charge le secrétaire général

1. de porter la présente Résolution, ainsi que la Résolution n° 632, à la connaissance du Secrétaire général des Nations Unies, des chefs des Institutions spécialisées de la famille des Nations Unies ainsi que des directeurs de toutes les organisations internationales connues pour s'intéresser à l'un quelconque des aspects des télécommunications spatiales;

2. de demander à toutes ces organisations internationales:

a) de tenir l'UIT au courant de tous débats ou de toutes nouveautés concernant les télécommunications spatiales qu'elles se proposent d'instaurer et qui peuvent avoir des répercussions sur le domaine d'intérêt de l'Union;

b) le cas échéant, et dans la mesure où leur constitution le leur permet, d'inviter l'UIT à se faire représenter à toute réunion qu'elles peuvent tenir et où il sera traité de questions concernant les télécommunications spatiales;

prie les administrations des Membres de l'Union

de porter la présente Résolution à la connaissance de toutes les personnes que leurs gouvernements envoient pour les représenter à des réunions d'organisations internationales intéressées par les télécommunications spatiales, de manière que lesdits représentants soient parfaitement au courant des activités et des responsabilités de l'UIT dans ce domaine.

---

* Non reproduite ici.

L'Union internationale des télécommunications

(suite de la couverture)

f) procède à des études, arrête des réglementations, adopte des résolutions, formule des recommandations et des vœux, recueille et publie des informations concernant les télécommunications, au bénéfice de tous les Membres et Membres associés.

Structure de l'Union

L'organisation de l'Union repose sur:

1. La Conférence de plénipotentiaires, organe suprême de l'Union;
2. Les Conférences administratives;
3. Le Conseil d'administration;
4. les organismes permanents désignés ci-après:
   a) le Secrétariat général;
   b) le Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB);
   c) le Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR);
   d) le Comité consultatif international télégraphique et téléphonique (CCITT).

1. Conférence de plénipotentiaires

La Conférence de plénipotentiaires, organe suprême de l'Union, est responsable de la détermination des principes de politique générale. Elle révise la Convention, élit le Secrétaire général et le Vice-Secrétaire général ainsi que les 29 membres du Conseil d'administration. Elle est composée de délégations représentant les Membres de l'Union. Elle se réunit tous les cinq ans environ.

2. Conférences administratives

Les conférences administratives de l'UIT, qui sont normalement convoquées pour traiter de questions de télécommunications particulières, sont de deux sortes *:

— conférences administratives mondiales

— conférences administratives régionales.

2.1 Les conférences administratives mondiales peuvent notamment effectuer la révision totale ou partielle des Règlements administratifs:

— le Règlement télégraphique

— le Règlement téléphonique

— le Règlement des radiocommunications et le règlement additionnel des radiocommunications.

Ces règlements sont destinés à assurer le fonctionnement international des télécommunications.

2.2 Les conférences administratives régionales ne peuvent porter que sur des questions de télécommunications particulières de caractère régional. Les décisions de ces conférences doivent être, dans tous les cas, conformes aux dispositions des Règlements administratifs.

3. Conseil d'administration

Le Conseil d'administration de l'UIT est composé de 29 membres de l'Union élus par la Conférence de plénipotentiaires en tenant compte de la nécessité d'une représentation équitable de toutes les parties du monde. Il se réunit en session annuelle. Il est chargé de prendre toutes mesures pour faciliter la mise à exécution, par les Membres de l'Union, des dispositions de la Convention, des Règlements, des décisions de la Conférence de plénipotentiaires et, le cas échéant, des décisions des autres conférences et réunions de l'Union.

Il assure une coordination efficace des activités de l'Union aux points de vue notamment administratif et financier.

4. Les organismes permanents de l'UIT

4.1 Secrétariat général

Le Secrétariat général, dirigé par le secrétaire général de l'UIT, est chargé de l'administration de l'Union, de la publication des Règlements administratifs et autres ouvrages de l'UIT, de l'exécution des programmes de coopération technique dans le cadre du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD).

Le secrétaire général coordonne les activités des organismes permanents de l'Union avec l'aide du Comité de coordination qu'il préside. Le vice-secrétaire général, les directeurs des Comités consultatifs internationaux et le président du Comité international d'enregistrement des fréquences font également partie de ce Comité de coordination.

4.2 Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB)

Le Comité international d'enregistrement des fréquences est composé de cinq membres indépendants, désignés par une Conférence administrative mondiale chargée de traiter de questions générales intéressant les radiocommunications de manière à assurer une répartition équitable des différentes régions du monde. Les membres du comité, faisant fonction « d'agents impartiaux investis d'un mandat international » enregistrent, après examen technique, les assignations de fréquence faites dans le monde entier et offrent des avis aux Membres de l'Union sur des questions techniques touchant aux brouillages nuisibles entre stations. Les membres du comité élisent parmi eux chaque année un président et un vice-président. Ils sont assistés d'un Secrétariat spécialisé.

4.3 Comités consultatifs internationaux (CCI)

Les deux « Comités consultatifs internationaux » de l'UIT sont des organismes chargés d'effectuer des études et d'émettre des avis sur les questions techniques et d'exploitation concernant les radiocommunications (Comité consultatif international des radiocommunications — CCIR), la télégraphie et la téléphonie (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique — CCITT). Chaque CCI est dirigé par un directeur qui est assisté d'un Secrétariat spécialisé.

Tous les pays Membres de l'Union peuvent participer à leurs travaux ainsi que les exploitations privées de services de télécommunications, les organismes scientifiques ou industriels et les organisations internationales qui remplissent certaines conditions.

Chacun des CCI se réunit en assemblée plénière à des intervalles de quelques années. L'assemblée plénière dresse une liste de sujets d'ordre technique du domaine des télécommunications, autrement dit de « Questions » dont l'étude doit permettre l'amélioration des radiocommunications internationales ou du service télégraphique ou téléphonique international. Ces questions sont alors confiées à un certain nombre de commissions d'études, composées d'experts de pays différents. Les commissions d'études formulent des avis qui seront soumis à la prochaine assemblée plénière. Si l'assemblée adopte ces avis, ils sont publiés dans des ouvrages diffusés par l'Union qui comprennent également la liste des questions à l'étude, les programmes d'études, avis, rapports, et vœux adoptés par l'assemblée plénière de chacun des CCI (CCIR: sept tomes pour l'Assemblée plénière d'Oslo 1966; CCITT: neuf tomes pour l'Assemblée plénière de Genève 1964).

Une Commission mondiale du Plan, ainsi que des Commissions régionales du Plan (Afrique, Amérique latine, Asie et Océanie, Europe et Bassin méditerranéen) ont été instituées, selon des décisions conjointes des assemblées plénières des CCI. Ces commissions élaborent un plan général pour le réseau international de télécommunications, afin de faciliter la planification des services internationaux de télécommunications. Elles soumettent aux CCI des questions dont l'étude présente un intérêt particulier pour les pays nouveaux ou en voie de développement et qui relèvent du mandat de ces comités. Les Commissions du Plan sont des commissions mixtes CCITT/CCIR gérées par le CCITT.

D'autre part, cinq « Groupes de travail autonomes spécialisés » (GAS) ont été créés pour le traitement de questions d'ordre documentaire intéressant particulièrement les pays nouveaux ou en voie de développement.

---

* Avant le 1er janvier 1967, date d'entrée en vigueur de la Convention internationale des télécommunications de Montreux, il y avait trois sortes de conférences administratives:

— conférences administratives ordinaires (révision des règlements)

— conférences administratives extraordinaires et

— conférences spéciales (examen de certaines questions particulières du domaine des télécommunications ou révision de certaines dispositions d'un règlement).

L'Union internationale des télécommunications

L'Union internationale des télécommunications (UIT), dont le siège est à Genève, est une organisation intergouvernementale qui groupe 134 pays Membres.

Le texte qui actuellement la régit est la « Convention internationale des télécommunications (Montreux, 1965) ».

L'UIT a été créée à Paris, le 17 mai 1865, sous le nom d'Union télégraphique internationale. En 1932, elle est devenue l'Union internationale des télécommunications (UIT). En 1947, elle est devenue l'institution spécialisée des Nations Unies pour les télécommunications.

Le bâtiment de l'UIT, Place des Nations, Genève (UIT)

Objet de l'Union

1. L'Union a pour objet:
   - *a)* de maintenir et d'étendre la coopération internationale pour l'amélioration et l'emploi rationnel des télécommunications de toutes sortes;
   - *b)* de favoriser le développement de moyens techniques et leur exploitation la plus efficace, en vue d'augmenter le rendement des services de télécommunications, d'accroître leur emploi et de généraliser le plus possible leur utilisation par le public;
   - *c)* d'harmoniser les efforts des nations vers ces fins communes.
2. A cet effet et plus particulièrement, l'Union:
   - *a)* effectue l'attribution des fréquences du spectre radioélectrique et l'enregistrement des assignations de fréquence de façon à éviter les brouillages nuisibles entre les stations de radiocommunications des différents pays;
   - *b)* coordonne les efforts en vue d'éliminer les brouillages nuisibles entre les stations de radiocommunications des différents pays et d'améliorer l'utilisation du spectre des fréquences;
   - *c)* favorise la collaboration entre ses Membres et Membres associés en vue de l'établissement de tarifs à des niveaux aussi bas que possible, compatibles avec un service de bonne qualité et une gestion financière des télécommunications saine et indépendante;
   - *d)* encourage la création, le développement et le perfectionnement des installations et des réseaux de télécommunications dans les pays nouveaux ou en voie de développement par tous les moyens à sa disposition, en particulier par sa participation aux programmes appropriés des Nations Unies;
   - *e)* provoque l'adoption de mesures permettant d'assurer la sécurité de la vie humaine par la coopération des services de télécommunications;

(suite à l'intérieur de la couverture)

54885 ARCHIVES