

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Band: 66 (1988)

Heft: 9

Artikel: Réception de programmes audiovisuels transmis par des satellites de télécommunication dans la bande des 11 GHz

Autor: Bärfuss, Christian

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876261>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Réception de programmes audiovisuels transmis par des satellites de télécommunication dans la bande des 11 GHz

Christian BÄRFUSS, Berne

Empfang von Rundfunkprogrammen ab Fernmeldesatelliten im 11-GHz-Band

Zusammenfassung. Einzel- und Gemeinschaftsempfang von Rundfunkprogrammen über Fernmeldesatelliten ist in der Schweiz Tatsache geworden. Diese besondere Nutzungsform der Fernmeldesatelliten verändert die herkömmliche Medienlandschaft und wirft zahlreiche Fragen unterschiedlichster Art auf. Der Autor beschränkt sich auf die technischen Aspekte. Er erläutert in knapper Form die spezifischen Eigenschaften des festen Funk- und des Rundfunkdienstes über Satelliten und untersucht ausführlich eine Satellitenverbindung im 11-GHz-Band. Dadurch wird es einfacher, Planung, Errichtung und Betrieb der Empfangsbodenstation näher vorzustellen. Die PTT-Betriebe homologieren keine Satellitenempfangseinrichtungen, geben aber, gestützt auf die im Handel erhältlichen Anlagen, Empfehlungen ab. Es liegt gänzlich im Ermessen des Betreibers, allfällig notwendige Massnahmen zu ergreifen, um Störungen durch Satelliten- oder terrestrische Funkdienste, die die Empfangsqualität verschlechtern könnten, zu reduzieren bzw. zu eliminieren.

Résumé. La réception individuelle et communautaire de programmes audiovisuels transmis par des satellites du service fixe par satellite est devenue une réalité en Suisse. Cette application particulière transforme le paysage audiovisuel traditionnel et soulève de nombreuses questions de nature fort diverse. L'auteur de l'article, qui se limite volontairement aux aspects techniques, expose de manière succincte les caractéristiques propres des services fixe par satellite et de radiodiffusion par satellite, puis examine par le détail une liaison par satellite dans la bande des 11 GHz. Cette approche facilite la présentation de la station terrienne de réception, sa conception, son implantation et son exploitation. Dans le cadre particulier de cette application nouvelle du service fixe par satellite, l'Entreprise des PTT suisses ne procède à aucune homologation de matériels, mais propose des recommandations se référant aux équipements disponibles sur le marché. De plus, elle laisse à l'exploitant le soin de décider des mesures à prendre pour réduire voire éliminer tout brouillage d'origine spatiale ou terrestre susceptible de dégrader la qualité de service.

Ricezione di programmi di radiodiffusione da satelliti delle telecomunicazioni nella banda degli 11 GHz

Riassunto. In Svizzera la ricezione individuale e collettiva di programmi di radiodiffusione da satelliti delle telecomunicazioni è già una realtà. Questo impiego speciale dei satelliti delle telecomunicazioni modifica l'aspetto tradizionale dei mass-media e solleva molte questioni di natura diversa. L'autore si limita ad analizzare gli aspetti tecnici. Egli spiega in forma succinta le caratteristiche dei servizi fissi di radiocomunicazione e radiodiffusione via satellite e esamina a fondo un collegamento nella banda degli 11 GHz; presenta quindi nei particolari la pianificazione, l'installazione e la gestione della stazione terrestre di ricezione. L'Azienda delle PTT non provvede all'omologazione di impianti di ricezione da satellite, ma si limita a delle raccomandazioni riguardo agli impianti ottenibili sul mercato. Spetta al gestore adottare eventuali provvedimenti per ridurre o eliminare i disturbi dei servizi di radiocomunicazione via satellite o terrestri che possono peggiorare la qualità della ricezione.

1 Introduction

Les satellites au service des télécommunications achèvent depuis les années soixante des conversations téléphoniques, des télégrammes, des données, ainsi que des programmes de télévision dans le cadre d'échanges internationaux. Ces programmes sont ensuite injectés dans les réseaux de radiodiffusion de Terre et parviennent aux usagers par l'intermédiaire d'installations de réception individuelles et communautaires.

Au printemps de l'année 1982, une première en Europe ouvrait une brèche dans le domaine traditionnel de la distribution des programmes télévisuels. Un diffuseur privé anglais recevait l'autorisation de transmettre un programme de télévision par le satellite expérimental Orbital Test Satellite (OTS). L'expérience visait une audience à l'échelle européenne par le biais des réseaux de télédistribution, les seuls à même de s'équiper de l'infrastructure de réception nécessaire.

Cette première fit école. Fin 1983, le successeur de OTS, le satellite de télécommunication ECS I-F1, rebaptisé par la suite Eutelsat I-F1, prenait la relève. L'absence à cette époque en Europe de tout satellite de radiodiffusion ne pouvait que renforcer le développement de cette application nouvelle.

Aujourd'hui, les systèmes Intelsat (International Telecommunications Satellite Organization), Eutelsat (European Telecommunications Satellite Organization) et Télé-

com (France) transmettent vers l'Europe plus de quarante programmes audiovisuels issus d'organismes publics et privés.

La conjonction des progrès technologiques de ces dernières années et une libéralisation des modalités d'accès à ce nouveau service fournirent l'impulsion nécessaire à la production de masse des matériels de télécommunication. La réception individuelle et communautaire à l'échelle européenne est ainsi devenue une réalité avant l'heure. Cette application du service fixe par satellite à la transmission de programmes audiovisuels destinés à être reçus directement par le public en général est à l'origine de nombreux problèmes techniques, réglementaires et politiques.

Sur le plan européen, la plupart des pays autorisent l'accès à ce service. Les modalités de réception et le nombre de programmes autorisés, ainsi que le montant des redevances perçues varient cependant d'un Etat à l'autre.

La Suisse participe dès le printemps 1982 à cette transformation du paysage audiovisuel. Fin mai 1988, plus de 500 stations terriennes de réception privées pouvaient capter plus d'une quinzaine de programmes sonores et télévisuels et l'audience potentielle dépassait le million d'usagers pour certaines chaînes. Cette exploitation est soumise à une autorisation de réception octroyée contre redevance par l'Entreprise des PTT suisses. Préalable-

ment toutefois, le Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie (DFTCE) détermine, dans le cadre de la politique des médias, quels programmes peuvent être mis au bénéfice d'une autorisation.

Ce cadre général posé, le passage à l'aspect technique suppose l'examen des éléments qui conditionnent la réception de ces programmes audiovisuels.

Dans cette optique, l'auteur expose brièvement les particularités des services fixe par satellite et de radiodiffusion par satellite. Puis il examine une liaison par satellite dans la bande des 11 GHz pour en tirer des enseignements de caractère général.

Cette approche facilite la présentation de la station terrienne de réception et de ses éléments constitutifs, sa planification et son implantation. Ces dernières phases sont importantes, car des services de nature différente se partagent la bande des 11 GHz. Cette situation de fait est susceptible de gêner la réception de certains programmes audiovisuels transmis par un satellite du service fixe par satellite. Les PTT déclinent ainsi toute responsabilité en cas de brouillage à la station terrienne de réception. Ils ne procèdent en outre à aucune homologation des équipements de réception, mais proposent des spécifications basées sur les matériels disponibles sur le marché.

Bien que cet article ne traite que de la réception de programmes audiovisuels dans le service fixe par satellite, de nombreuses informations de portée générale trouvent une application dans le service de radiodiffusion par satellite.

2 Service fixe par satellite et service de radiodiffusion par satellite

21 Généralités

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) établit les règles permettant le bon fonctionnement de l'ensemble des services de radiocommunication. Ces règles rassemblées dans le Règlement des Radiocommunication (RR) constituent en quelque sorte la législation internationale des radiocommunications que les pays signataires de la convention de l'UIT s'engagent à observer.

Ce chapitre énumère quelques termes et définitions utiles en radiocommunication et présente les services fixe par satellite et de radiodiffusion par satellite.

22 Termes et définitions

Une *station* est un ensemble formé d'un ou plusieurs émetteurs ou récepteurs, y compris les appareils accessoires, nécessaires pour assurer un service de radiocommunication. Une *station spatiale* est une station située sur un objet qui se trouve, est destiné à aller, ou est allé, au-delà de la partie principale de l'atmosphère terrestre. Dans le langage courant, cette expression est remplacée par le terme satellite. Un *satellite géostationnaire* est un satellite qui décrit une orbite circulaire dans le plan équatorial à une altitude de 36 000 km environ, ce qui se traduit par une période de révolution autour de la Terre proche de 24 heures. Il est ainsi synchrone avec la rotation de la Terre sur elle-même et apparaît immobile

par rapport à un point lié à celle-ci. Cette propriété permet à ce type de satellite d'assurer en permanence la couverture d'une région donnée. Les systèmes à satellites considérés dans cet article appartiennent à ce type de satellite. Une *station terrienne* est une station située sur la surface de la Terre et destinée à communiquer avec un ou plusieurs satellites. Une *liaison par satellite* est une liaison radioélectrique entre une station terrienne émettrice et une station terrienne réceptrice par l'intermédiaire d'un satellite. Le *service fixe de Terre* est un service de radiocommunication entre points fixes déterminés sur la surface de la Terre.

23 Service fixe par satellite

Le *service fixe par satellite* est un service de radiocommunication entre stations terriennes situées en des points fixes déterminés lorsqu'il est fait usage d'un ou plusieurs satellites, couramment appelés *satellites de télécommunication*.

Les radiocommunications de ce service ne sont *pas destinées à l'usage général du public*. Les administrations s'engagent à prendre elles-mêmes les mesures nécessaires pour faire interdire et réprimer l'interception, sans autorisation, de telles radiocommunications.

Les satellites des systèmes Intelsat, Eutelsat et Télécom appartiennent à ce service, de même que les futurs satellites Astra (L), Italsat (I), Kopernikus (D), pour n'en citer que quelques-uns.

Ces satellites se caractérisent par un nombre élevé de répéteurs de faible à moyenne puissance d'émission et par l'attribution de bandes de fréquences spécifiques. Leur zone de couverture est généralement à l'échelle d'un continent.

24 Service de radiodiffusion par satellite

Le *service de radiodiffusion par satellite* est un service de radiocommunication dans lequel des signaux émis ou retransmis par des satellites sont *destinés à être reçus directement par le public en général*.

Dans ce service, l'expression «reçus directement» s'applique à la fois aux modes de réception individuel et communautaire. La réception individuelle suppose une installation domestique simple pourvue d'une antenne de diamètre compris entre 0,5 m et 0,9 m. La réception communautaire, à l'inverse, implique une installation plus complexe et des antennes de diamètres plus élevés.

Ce service doit satisfaire au Plan établi par la Conférence Administrative Mondiale des Radiocommunications pour la Radiodiffusion par Satellite (CAMR-RS, Genève, 1977). Le satellite de radiodiffusion allemand TV-SAT 1, dont la mise en exploitation a échoué, aurait pu devenir début 1988 le premier satellite européen de ce type. Il cédera sa place au satellite français TDF 1 qui devrait être lancé cet automne.

Ces satellites, prévus pour une couverture nationale, se distinguent par un nombre restreint de répéteurs de puissance d'émission élevée et par l'attribution de la bande de fréquences comprise entre 11,7 GHz et 12,5 GHz.

25 Remarques

Les paragraphes 23 et 24 font ressortir certaines particularités propres à chaque service. Celles-ci ne représentent qu'un aspect des considérants qui dictent, en Suisse, les dispositions et modalités d'accès à cette nouvelle application du service fixe par satellite [1, 17].

26 Attribution des fréquences et des positions sur l'orbite des satellites géostationnaires

L'UIT, par le biais du RR, fixe les limitations et les procédures de coordination relatives à l'utilisation du spectre radioélectrique et de l'orbite des satellites géostationnaires [2, 3].

Dans le tableau d'attribution des fréquences de l'UIT, des services divers partagent la même bande de fréquences. Cet aspect de l'attribution des fréquences joue un rôle non négligeable dans l'exploitation de la bande des 11 GHz.

3 Considérations générales sur une liaison par satellite dans la bande des 11 GHz

31 Secteur spatial

Le secteur spatial [2] d'un système de radiocommunication par satellite est l'ensemble constitué par le satellite lui-même et par les moyens qui assurent depuis le sol la poursuite, la télémétrie et la télécommande.

Le satellite géostationnaire est l'élément central du système. Il se comporte comme un véritable relais hertzien dans le ciel. Il est formé de l'assemblage de différents sous-systèmes de télécommunication et d'antennes qui constituent la charge utile. Il reçoit les signaux en provenance de la Terre, les amplifie et les transpose en fréquence avant de les retransmettre vers la Terre. Ces fonctions de télécommunication sont assurées par les répéteurs.

Le satellite doit être contrôlé depuis le sol, non seulement pour la mise à poste, mais également pendant toute la durée de vie en orbite (7 à 10 ans). Un centre de contrôle est ainsi en liaison quasi-permanente avec le satellite par l'intermédiaire de stations de poursuite, de télémétries, de télécommandes et de surveillance des fonctions de télécommunication.

32 Secteur terrien

Le secteur terrien [2] d'un système de radiocommunication par satellite est l'ensemble constitué par les stations terriennes qui assurent l'émission et la réception des signaux en direction et en provenance du satellite. Ces stations terriennes sont en *visibilité directe* avec le satellite.

La station terrienne de réception, la seule abordée dans cet article, se compose en principe d'une antenne, d'un convertisseur-abaisseur de fréquences et des matériels de télécommunication.

33 Propagation des ondes radioélectriques

L'atmosphère n'est pas parfaitement transparente aux ondes radioélectriques. Celles-ci subissent un affaiblissement dû aux composants gazeux (vapeur d'eau, oxygène) et aux hydrométéores (pluie, neige, brouillard, etc.), en particulier aux fréquences supérieures à 10 GHz.

Par temps clair, sous-entendu pendant environ 90...95 % du temps réparti sur une année, l'affaiblissement de propagation se compose principalement de l'affaiblissement en espace libre.

Le reste du temps, l'affaiblissement global sur la liaison espace-Terre est égal à l'affaiblissement en espace libre augmenté de l'affaiblissement d'absorption dû aux précipitations, une grandeur statistique.

Un affaiblissement élevé peut avoir pour origine des chutes de neige mouillée, généralement de courte durée. En revanche, l'accumulation de neige ou de glace sur l'antenne de la station terrienne peut modifier ses caractéristiques et entraîner un affaiblissement important et prolongé du signal utile.

Pour optimiser l'utilisation de la ressource spectre/orbite, les systèmes à satellites ont recours à des polarisations orthogonales qui permettent deux transmissions indépendantes sur la même fréquence et le même trajet espace-Terre. Cette réutilisation des fréquences peut cependant être compromise du fait qu'une partie de l'énergie rayonnée avec une certaine polarisation se retrouve avec la polarisation orthogonale. Ce phénomène de nature aléatoire, appelé transpolarisation, peut avoir pour cause la pluie ou les cristaux de glace.

La diffusion par les hydrométéores est un autre phénomène de nature aléatoire. Elle se rencontre généralement lorsque le faisceau de l'antenne de réception coupe le faisceau d'une antenne d'émission fonctionnant à la même fréquence, et si une pluie intense traverse le volume commun aux faisceaux des deux antennes.

Ces deux phénomènes sont des sources de brouillage potentielles à la réception.

La topographie, la végétation et toutes les constructions influencent également la propagation. Il en résulte un effet d'écran qui peut être bénéfique ou non, selon l'origine du signal radioélectrique.

Ces deux phénomènes sont des sources de brouillage potentielles à la réception.

La topographie, la végétation et toutes les constructions influencent également la propagation. Il en résulte un effet d'écran qui peut être bénéfique ou non, selon l'origine du signal radioélectrique.

34 Bruit

Le bruit dans les radiocommunications spatiales a pour origine deux sources importantes, le bruit externe et le bruit interne.

Le bruit externe est le bruit capté par l'antenne de réception. Compte tenu des fréquences utilisées et des applications considérées, seul le bruit thermodynamique généré par le rayonnement des corps absorbants (sol, gaz atmosphérique, pluie, etc.) est d'importance.

Le bruit interne est créé par les équipements de réception. La contribution la plus importante est fournie par le convertisseur-abaisseur de fréquences et les pertes dues aux éléments hyperfréquences tels que filtres, guides d'ondes, etc.

Le bruit peut être caractérisé par la température équivalente de bruit globale T_g de la station terrienne de ré-

ception ramenée à un point de référence. Elle est égale à la température de bruit du convertisseur-abaisseur de fréquences T_c augmentée de la température de bruit de l'antenne T_a et de celle des pertes T_p .

35 Interruptions prévisibles dans un service à satellite

Le phénomène d'éclipse est important dans les liaisons spatiales. Il entraîne un choc thermique pour les éléments du satellite et les panneaux solaires qui fournissent l'énergie primaire ne sont plus éclairés. Si l'alimentation embarquée ne parvient plus à maintenir tous les équipements en service, un ou plusieurs répéteurs doivent être déclenchés.

Une autre perturbation doit être associée à la position du soleil par rapport au satellite et à la station terrienne, la conjonction soleil-satellite. Ce phénomène se produit lorsque l'axe de l'antenne de la station terrienne pointée vers le satellite passe par le soleil. Lors de son apparition, la température équivalente de bruit globale de la station terrienne atteint des valeurs très élevées et entraîne un brouillage ou même une interruption temporaire de la liaison spatiale.

36 Zone de couverture

La zone de couverture est la zone délimitée à la surface de la terre par un contour en tout point duquel la *puissance surfacique* F_s possède une valeur constante convenue, laquelle par temps clair et en l'absence de tout brouillage, permet d'obtenir une qualité de service spécifiée.

37 Brouillage

371 Généralités

La bande des 11 GHz (10,7 à 11,7 GHz) est attribuée à titre primaire avec égalité de droit aux services fixes de Terre, fixes par satellite et mobile sauf mobile aéronautique.

Ce partage porte les germes d'un risque de brouillage potentiel entre les services concernés. Les modes possibles d'interférences sont nombreux et seuls sont abordés ceux susceptibles de gêner la réception à la station terrienne.

372 Sources de perturbations radioélectriques d'origine terrestre

En Europe, et en Suisse particulièrement, la bande des 11 GHz est attribuée en priorité au service fixe de Terre, le réseau à faisceaux hertziens. Des procédures de coordination évitent tout risque de brouillage au sein de ce service. Certaines liaisons sont exploitées depuis des années, alors que d'autres sont en voie de réalisation ou dans une phase de planification.

Une coordination généralisée entre les services fixes de Terre et fixes par satellite n'existe pas. Le premier est susceptible d'apporter un brouillage au second en regard des caractéristiques propres à ces deux services. Une coordination limitée à de rares sites privilégiés est

parfois nécessaire afin d'éviter toute dégradation des liaisons spatiales espace-Terre assurant des radio-communications autres que celles considérées dans cet article.

Cette situation a pour conséquence que toute station terrienne implantée de manière aléatoire dans les mailles irrégulières du réseau à faisceaux hertziens est soumise à un risque de brouillage. Ce dernier dépend du site, de la fréquence, de la polarisation, de l'antenne, du type de modulation et de la p.i.r.e. propres à ces services, ainsi que de la propagation des ondes radioélectriques (diffusion, diffraction, réflexion).

373 Sources de perturbations radioélectriques d'origine spatiale

Les ressources naturelles que sont l'orbite des satellites géostationnaires et le spectre des fréquences radioélectriques sont limitées. Une optimisation de ces ressources exploite la réutilisation des fréquences, un espace-ment orbital minimal et des techniques de traitement et de transmission des signaux appropriées.

Cette optimisation exige des antennes adéquates, tant au niveau du satellite que de la station terrienne.

En Europe, la mise en service par exemple du satellite de télécommunication Eutelsat I-F4, placé à 10 degrés EST et ainsi à trois degrés du satellite Eutelsat I-F1 et Eutelsat I-F2, peut être génératrice de brouillage à la station terrienne pointée sur l'un de ces satellites.

Ce cas particulier de brouillage ne peut être sans autre généralisé et appliqué à tous les systèmes à satellites actuels et futurs. Ce rappel se veut avant tout une mise en garde à l'égard de l'évolution à court et à moyen terme du service fixe par satellite.

4 Considérations générales sur la réception de programmes audiovisuels

41 Généralités

Dans les chapitres précédents, on a exposé le cadre général dans lequel évolue ce nouveau service et la problématique d'une liaison par satellite dans la bande des 11 GHz.

Le passage à la réception proprement dite nécessite préalablement une caractérisation de la station terrienne et de ses éléments constitutifs. Cette démarche s'appuie sur la connaissance des paramètres de transmission et de leurs spécificités, ainsi que sur les matériels de réception disponibles. Il faut souligner que certains de ces paramètres sont largement indépendants du type de transmission et de l'origine du programme audiovisuel. Cette quasi-transparence est à la base des spécifications rassemblées dans les annexes à cet article et recommandées par les PTT.

42 Paramètres de transmission

421 Généralités

Dans cette application particulière du service fixe par satellite, les caractéristiques des paramètres de transmission varient en général d'un système à satellites à

l'autre et d'un programme audiovisuel à l'autre. Cette disparité ne facilite guère l'accès aux informations pertinentes.

422 Paramètres de transmission radiofréquence (RF)

En transmission RF, les caractéristiques des paramètres suivants devraient être disponibles, à savoir, la puissance surfacique dans la zone de réception, la fréquence, la polarisation et la largeur de bande RF.

La méthode de modulation utilisée pour la majorité des transmissions est la modulation de fréquence (MF). Elle est définie par la déviation de fréquence crête-à-crête et le sens de modulation.

423 Paramètres de transmission audiovisuelle

Signal vidéo

La quarantaine de programmes télévisuels distribués par les divers satellites de télécommunication exploitent la plupart des normes de télévision du CCIR, ainsi que l'utilisation de la dispersion d'énergie [2].

L'insertion de signaux de télétexte, de contrôle des systèmes d'accès conditionnels et de données dans certaines lignes du signal vidéo sont encore quelques-unes des particularités propres à ce type de service. En fait, le choix du programme audiovisuel dicte les caractéristiques des paramètres vidéo.

Signal audio

La situation dans le domaine de l'audio est plus complexe que dans celui de la vidéo. Les techniques de transmission analogiques et numériques exploitent la plupart des matériels disponibles sur le marché, normalisés ou non.

En règle générale, un signal vidéo est associé à au moins une voie audio monophonique. Des voies supplémentaires pour une transmission stéréophonique ou multilingues, ainsi que des voies son monophoniques et stéréophoniques, ou de données indépendantes du programme télévisuel sont d'un usage de plus en plus courant.

Une attention particulière devrait être apportée au traitement des voies son à la réception. L'expérience montre que l'aspect audio d'une liaison par satellite est souvent négligé au détriment de l'image.

43 Accès conditionnel à un programme audiovisuel

Les intentions et les intérêts qui poussent des administrations et des diffuseurs à choisir l'accès conditionnel sont multiples et ne sont pas abordés dans ce paragraphe.

Les modes d'accès comprennent par exemple l'abonnement à la période, la taxation à la séance, la taxation à la consommation, l'abonnement à une chaîne de télévision.

L'adaptation aux normes audiovisuelles usuelles est réalisée par le débrouilleur. Selon la conception du sys-

tème à accès conditionnel, il peut être installé à la station terrienne ou chez l'utilisateur.

La situation actuelle en la matière est très ouverte et confuse en Europe. Aucun système à accès conditionnel ne fait l'unanimité parmi les intéressés. Les quelques rares matériels en service sont choisis en fonction de leur disponibilité sur le marché et des objectifs commerciaux visés [7]. Ce manque d'harmonisation ne facilite guère la diffusion des services à accès conditionnels et justifie la retenue des diffuseurs, des exploitants et des usagers. Néanmoins certaines activités récentes basées sur l'utilisation de la nouvelle norme MAC/paquet semblent préparer un consensus européen [8].

44 Station terrienne de réception

441 Antenne

Système d'antenne

Le système d'antenne se compose de l'antenne proprement dite et des dispositifs mécaniques et électriques nécessaires à son fonctionnement.

Du point de vue de la conception mécanique, l'antenne comprend l'ensemble électromagnétique formé du réflecteur et du système d'alimentation, le système de monture et le dispositif de pointage manuel ou automatique.

La conception mécanique du système d'alimentation devrait faciliter un alignement du cornet rayonnant dans une plage de plus ou moins 45 degrés autour du plan de polarisation considéré, afin d'aligner le plan de polarisation local de l'antenne.

Le système de pointage manuel doit permettre des réglages précis et aisés en azimut et en angle de site (élévation) dans les plages précisées à l'annexe I.

En réception individuelle, des systèmes de pointage automatiques couplés à un alignement du plan de polarisation sont disponibles depuis peu [24], ainsi que des antennes à réseaux planes, semblables à des panneaux solaires [25].

Paramètres fondamentaux d'une antenne

L'annexe I rassemble les relations théoriques les plus courantes et propose des spécifications pour certains paramètres de l'antenne. Pour un espacement orbital de trois degrés dans le service fixe par satellite, le CCIR recommande une antenne qui satisfait à la relation 3 de l'annexe I.

Il apparaît ainsi que la spécification de l'antenne et partant de son diamètre, est une phase très importante de la planification d'une station terrienne. Ses caractéristiques ne définissent non seulement la qualité de service en termes de bruit et de disponibilité, mais interviennent encore au niveau des risques de brouillage (voir 37).

442 Convertisseur-abaisseur de fréquences

Le convertisseur-abaisseur de fréquences amplifie et traite les signaux très faibles captés par l'antenne afin de les rendre accessibles au récepteur MF [4].

Il se compose d'un amplificateur à faible bruit et à large bande, monté le plus près possible du système d'alimentation de l'antenne afin de limiter le bruit et les pertes, d'un oscillateur local, d'un étage mélangeur et d'un amplificateur à première fréquence intermédiaire (1FI) à gain élevé. Ce dernier délivre les signaux dans la bande de fréquences comprise entre 900 et 1700 MHz ou entre 950 et 1750 MHz, selon les modèles.

L'annexe II rassemble les paramètres essentiels du convertisseur-abaisseur de fréquences et les spécifications correspondantes, valables aussi bien en mode de réception individuel que communautaire.

443 Câble coaxial de liaison

Le câble coaxial relie le convertisseur-abaisseur de fréquences au récepteur MF. Son rôle est d'assurer, d'une part, l'alimentation en courant continu du convertisseur-abaisseur de fréquences et, d'autre part, d'acheminer les signaux 1FI vers le récepteur MF.

Ses caractéristiques électriques dépendent des matériels de réception utilisés. L'adjonction d'un amplificateur 1FI à faible bruit et d'un répartiteur 1FI actif ou passif dépend de la configuration de la station terrienne.

L'efficacité de blindage (immunité) du câble coaxial devrait être égale ou supérieure à 70 dB (norme DIN 47250) dans la bande de fréquences considérée et avant montage [5]. Les câbles à double tresse et à tube plein ou à recouvrement remplissent ces exigences mais supposent des connecteurs appropriés, généralement de type N ou SMA.

444 Récepteur MF

Le récepteur MF est l'un des derniers maillons de la chaîne de transmission et de réception. Son influence sur la qualité de service doit être aussi faible que possible, afin d'exploiter au maximum la sensibilité de la station terrienne.

La conception du récepteur MF n'est pas abordée dans cet article. Elle est dictée par les caractéristiques de transmission radiofréquence, vidéo, audio, et par les options offertes. Il faut souligner que les matériels proposés sont de plus en plus sophistiqués quant à leur facilité d'utilisation et que leurs performances s'améliorent sans cesse [6].

Malgré ces possibilités quasi illimitées, certaines caractéristiques du récepteur MF peuvent être spécifiées (annexe III).

Parmi les paramètres d'importance, il faut mentionner le seuil de démodulation, la désaccentuation audio et la réjection de la dispersion d'énergie. En effet, d'eux dépendent souvent l'apparition de bruit impulsif, de moirés ou de papillotement sur l'écran du téléviseur et de crachotements ou distorsions dans la voie son.

A noter que le bruit impulsif (courtes traînées blanches ou noires sur l'écran du téléviseur) peut également provenir d'un brouillage dû à une porteuse indésirable adjacente à la porteuse utile ou par une limitation du filtre RF ou FI.

Le récepteur MF délivre généralement les signaux vidéo et audio ou composites en bande de base. Leur traitement ultérieur, y compris le désembrouillage, dépend du mode de réception et des applications visées.

Les récepteurs MF récents traitent les signaux aussi bien des services de radiodiffusion de Terre, que des réseaux de télédistribution et des satellites de télécommunication. Equipés d'une prise péritelvision ou d'une sortie RF en MA/BLR, ils peuvent se connecter directement sur les téléviseurs usuels. De plus, leur adaptation au futur service de radiodiffusion par satellite est facilitée par une conception modulaire. A court terme, ces récepteurs seront directement intégrés aux téléviseurs type grand public. Cette évolution souligne les possibilités techniques sans limites de la réception en mode individuel.

45 Environnement

451 Climat

Le système d'antenne et le convertisseur-abaisseur de fréquences font partie des matériels placés en ambiance extérieure. Ils doivent être insensibles aux pollutions industrielles.

Le récepteur et les équipements périphériques se trouvent généralement en ambiance intérieure, sous abri.

L'annexe IV rassemble les valeurs typiques de différents paramètres climatiques pour diverses conditions de fonctionnement de la station terrienne.

Dans certaines régions à climat rude, le montage d'un radome ou d'un chauffage sur l'antenne est à conseiller si les objectifs de qualité visés veulent être satisfaits pour un pourcentage de temps donné. Un système de chauffage intégré à l'antenne, d'une puissance de 0,5 kW/m² à 1 kW/m², devrait suffire à éviter toute accumulation de neige ou de glace sur le réflecteur. Dans ce contexte, l'utilisation d'une antenne à alimentation décalée pourrait se révéler judicieuse de par sa conception mécanique.

452 Environnement électromagnétique

L'environnement électromagnétique est constitué par l'ensemble des phénomènes électromagnétiques existant à un endroit donné.

Toute source électromagnétique est susceptible de créer des troubles de fonctionnement à la station terrienne. Le paragraphe 37 énumère les sources perturbatrices radioélectriques potentielles dans la bande des 11 GHz. A celles-ci peuvent se combiner, par exemple, des émissions dans la bande de fréquences conjuguée et dans la 1FI, des harmoniques des équipements ISM (installations industrielles, scientifiques et médicales), ainsi que des produits d'intermodulation dans le canal à fréquence utile.

La caractérisation a priori de cet environnement n'est donc pas aisée et souvent ses effets ne se manifestent qu'une fois la station terrienne en exploitation.

Des mesures objectives sur le site de réception projeté facilitent l'évaluation de cet environnement et délimitent

les risques de brouillage. Elles ne sont toutefois pas simples à réaliser en égard aux équipements de mesure nécessaires. Dans certains cas précis, les PTT peuvent informer l'exploitant des risques de brouillage encourus sur le site projeté. Il incombe à l'exploitant de décider des mesures à prendre pour réduire, voire éliminer tout brouillage à la station terrienne. Ces mesures font appel, entre autres, à la diversité de site, à l'augmentation du diamètre de l'antenne, à l'adjonction de filtres RF et à une meilleure immunité des équipements.

Dans ce contexte, l'application de l'Ordonnance sur la protection contre les perturbations électromagnétiques du 1^{er} mai 1979 du DFTCE peut apporter quelque aide, selon la nature de la source perturbatrice.

A la fin du mois de mai 1988, plus de 500 stations terriennes en mode de réception individuel et communautaire étaient en service. La majorité d'entre elles alimentaient des réseaux de télédistribution et la plupart étaient équipées d'antennes de diamètres supérieurs à 2,4 m. Les cas de brouillage rapportés aux PTT à ce jour sont très peu nombreux. Cette situation favorable ne doit cependant pas inciter à un optimisme exagéré. L'implantation du réseau à faisceaux hertziens n'est pas terminée et les systèmes à satellites sont en pleine évolution. De plus, le nombre limité de stations terriennes équipées d'antennes de faible diamètre et la notion toute subjective de qualité de service ne permettent guère d'établir une statistique fiable.

5 Planification de la station terrienne de réception

51 Introduction

Les éléments pratiques et théoriques développés aux chapitres précédents visent à faciliter la planification et l'implantation de la station terrienne. Le passage à la phase de réalisation finale suppose, d'une part, que les autorisations pertinentes exigées tant par les autorités communales que par les PTT sont disponibles et, d'autre part, que l'exploitant s'est fixé des objectifs de qualité de service.

En mode de réception communautaire, les objectifs visés conditionnent la planification de la station terrienne et, par extension, les investissements. A cet effet, le calcul du bilan de liaison facilite une prise de décision en matière de choix du diamètre de l'antenne et de l'infrastructure. L'influence des matériels de réception peut être négligée si leurs performances ne sont pas inférieures aux recommandations des PTT. Lors de cette phase d'évaluation, la composante de risque de brouillage potentiel ne doit pas être oubliée, le calcul du bilan de liaison étant fondé principalement sur la composante bruit.

En mode de réception individuel, la conception et l'implantation de la station terrienne sont généralement dictées par des contraintes financières et de l'environnement. La qualité de service dépend principalement du diamètre de l'antenne, dans la mesure où les performances du convertisseur-abaisseur de fréquences et du récepteur MF sont conformes aux recommandations des PTT.

A toutes ces contraintes techniques et administratives s'ajoute celle de l'impératif de la visibilité directe vers le satellite considéré, sans lequel toute réception reste lettre morte.

52 Autorisation de réception

Les considérants divers à l'origine de cette application particulière du service fixe par satellite et les modalités qui règlent son accès au public en général sont décrits dans [1, 17].

Il suffit de savoir que l'exploitant doit être en possession d'une concession de radiocommunication à usage professionnel avant toute mise en service de la station terrienne. Cette concession est octroyée contre redevance par les PTT [26]. L'établissement, l'exploitation et l'entretien des stations terriennes sont réglés par les articles pertinents du régime des concessions, quel que soit le mode de réception.

Les PTT publient régulièrement des informations détaillées sur les programmes autorisés dans le bulletin IRT édité par Pro Radio-Télévision, 3084 Wabern, Suisse, et, depuis peu, dans la Feuille officielle des PTT suisses.

Dans ce contexte, les PTT tiennent à préciser une fois de plus qu'ils déclinent toute responsabilité en cas de brouillage à la station terrienne de réception, quel que soit le mode de réception. Ils sont cependant prêts, sous certaines conditions, à informer tout exploitant des risques de brouillages potentiels liés aux services fixes de Terre [10] et à les conseiller en la matière.

53 Bilan de liaison

531 Introduction

Une liaison de radiocommunication du service fixe par satellite doit permettre d'établir une communication fiable et de bonne qualité entre des points fixes déterminés à la surface de la Terre.

A cette fin, la puissance de la porteuse radioélectrique utile à la réception doit dépasser la puissance de bruit dans une certaine proportion. Ce rapport, exprimé en dB, est représenté par le rapport porteuse/bruit (C/N) de la liaison.

Les expressions théoriques utiles à la détermination du rapport C/N sont rassemblées à l'annexe V [2, 11, 12]. Une application pratique n'est cependant possible que si l'exploitant se fixe des objectifs de qualité de service en termes de rapport signal/bruit vidéofréquence et de disponibilité.

Le rapport signal/bruit, une grandeur objective, est défini à partir de la qualité de réception télévisuelle, une grandeur subjective. Cette procédure suffit en général à spécifier les performances de la station terrienne, voies son incluses. La disponibilité ou la marge de réserve est fondée sur l'affaiblissement d'absorption A_m .

Les considérations précédentes ne tiennent compte que du facteur bruit et ignorent tout brouillage. Le concept de rapport de protection RF permet de combler cette lacune dans certains cas précis de gêne à la station terrienne.

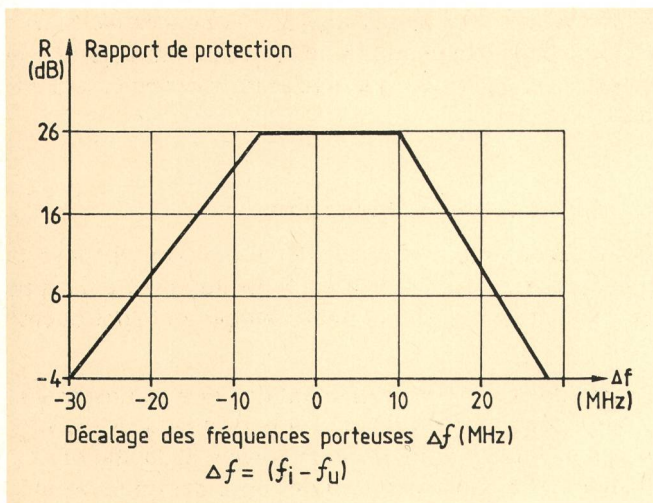


Fig. 1
Rapport de protection R
 f_i = fréquence signal indésirable
 f_u = fréquence signal utile
 $Q = 4,5$

532 Qualité de réception télévisuelle

Bruit

La qualité de réception globale par temps clair dépend du niveau radiofréquence du signal utile, du bruit, d'un brouillage éventuel, ainsi que des diverses distorsions de la chaîne de transmission et de réception.

L'absence des deux dernières sources de dégradation peut être postulée a priori, car la finalité du service est d'offrir aux usagers des programmes audiovisuels de bonne qualité technique pendant un pourcentage de temps aussi élevé que possible.

La qualité de réception Q est fondée sur la qualité subjective de l'image observée sur l'écran d'un téléviseur. La correspondance entre la qualité subjective Q et le rapport signal/bruit (S/B) vidéo découle de nombreuses expériences réalisées en laboratoire et sur des liaisons spatiales (tab. 1).

En mode communautaire, les PTT recommandent un rapport signal/bruit vidéo pondéré de 48 dB...49 dB (note 4,5). Cette valeur assure une note 4 à la prise d'usager des réseaux de télédistribution, en accord avec les «Exigences techniques fondamentales concernant la qualité de transmission d'installations d'antennes collectives, 1974, PTT suisses».

Tableau I. Qualité subjective et rapport signal/bruit

Echelle de qualité à cinq notes ¹		S/B vidéo ² (dB)
Qualité Q	Note	
Excellente	5	51...52
Excellente-bonne	4,5	48...49
Bonne	4	45...46
Assez bonne	3	39...40
Médiocre	2	— ³
Mauvaise	1	— ³

¹ Recommandation 500-2, CCIR

² Réseau de pondération unifié et désaccentuation (Rapport 637-3, CCIR)

³ Influence du seuil de démodulation MF (bruit impulsif)

Brouillage

L'apparition d'un signal indésirable (voir 44) à l'accès antenne peut être quantifiée par une mesure du rapport porteuse utile/porteuse indésirable (C/I) en RF ou 1FI. Ce rapport doit être égal ou supérieur au rapport de protection R défini par le gabarit de la figure 1 pour une qualité Q égale à la note 4,5, définie par le bruit.

La présence de plusieurs signaux indésirables assimilables à du bruit entraîne une réduction du rapport de protection R de 2 dB...3 dB pour une qualité de réception Q inchangée.

La conformité au rapport de protection R en présence d'un brouillage dû au service fixe par satellite passe généralement par une augmentation du diamètre de l'antenne. Cette dernière peut être caractérisée par son diagramme de rayonnement (fig. 2) et les relations de l'annexe I. Une application au service fixe de Terre est plus délicate, compte tenu du caractère souvent aléatoire de ce type de brouillage.

Cette mesure du rapport C/I s'applique aussi à l'évaluation des signaux indésirables pénétrant directement dans la 1FI (immunité du câble coaxial ou des matériels de réception insuffisante).

533 Affaiblissement d'absorption A_m

L'affaiblissement d'absorption A_m (voir 33) dépassé ou non pendant un pourcentage de temps P réparti sur une

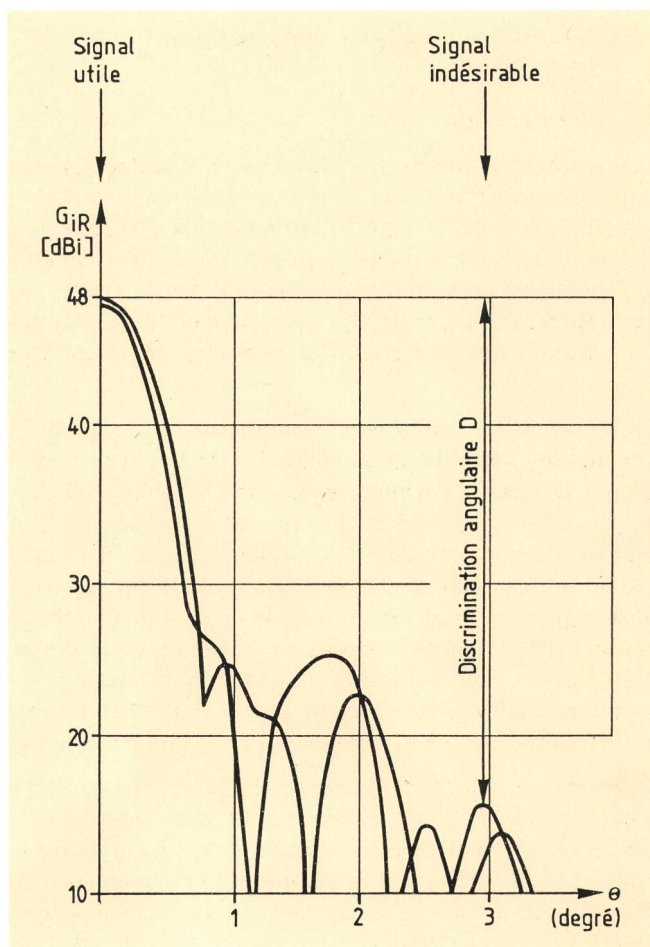


Fig. 2
Diagramme de rayonnement ($D = 3$ m, $f = 11,2$ GHz)

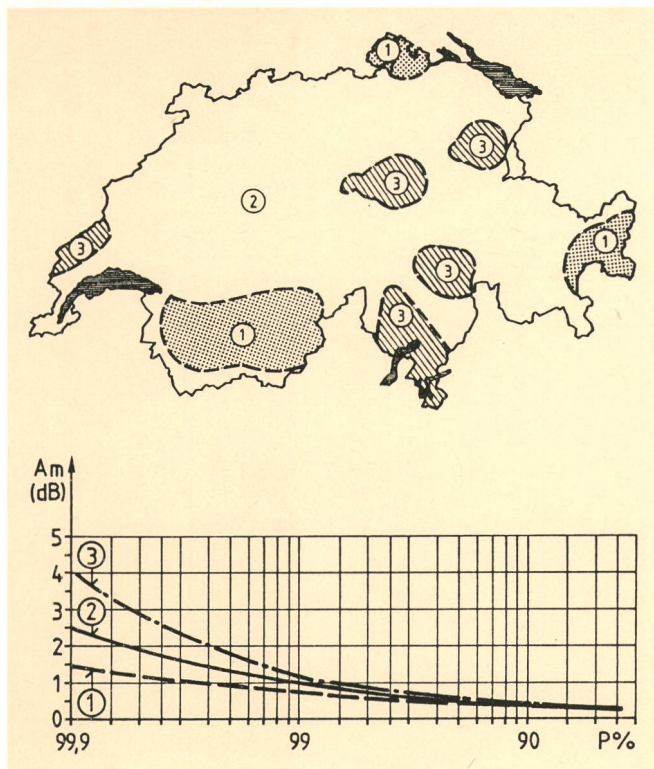


Fig. 3
Affaiblissement d'absorption A_m ($f = 11,5$ GHz)
Pour $f: 10 \leq f \leq 14$ GHz, $A_m(f) = A_m + [1 + 0,2 \cdot (f - 11,5)]$ dB
①②③ Zones climatiques et courbes correspondantes

année découle de nombreuses expériences réalisées en Europe [2]. Il détermine en grande partie la disponibilité et par extension la marge de réserve nécessaire pour garantir une qualité de service pendant un pourcentage de temps donné.

La figure 3 présente l'affaiblissement A_m en fonction de P pour différentes régions climatiques de la Suisse et à la fréquence de 11,5 GHz.

Ces courbes montrent qu'une certaine marge, égale à A_m , est souhaitable si l'exploitant de la station terrienne désire maintenir pendant un pourcentage de temps $P \geq 95$ % la qualité de réception Q déterminée par temps clair. Cette marge est d'autant plus élevée que le pourcentage P est élevé et la zone climatique défavorable. Le choix de P et de Q influence directement la planification de la station terrienne et les coûts.

En mode communautaire, les PTT recommandent une qualité de réception Q égale à la note 4,5 pendant 99 % du temps réparti sur une année. Une marge égale à environ 1 dB est ainsi suffisante pour l'ensemble du territoire suisse.

534 Facteur de qualité G/T et diamètre de l'antenne de réception

La sensibilité de la station terrienne peut être définie à l'aide du facteur de qualité G/T exprimé en décibels par Kelvin (dB/K). Il est déterminé par le gain isotrope de l'antenne dans l'axe du faisceau principal et la température équivalente de bruit globale ramenée à un point de référence (voir 34).

Les relations pertinentes des annexes I et V permettent de trouver G/T, puis le gain G_i et finalement le diamètre D de l'antenne. Les calculs reposent uniquement sur le bruit et négligent tout brouillage.

Ce diamètre ne tient pas compte de pertes supplémentaires dues par exemple au vieillissement des équipements de transmission et de réception dans le temps (1-2 dB).

En admettant a priori une possibilité de brouillage d'origine spatiale, l'expression 3 de l'annexe I livre un diamètre minimal théorique de 2,4 m par temps clair pour un rapport de protection R de 26 dB et Q égal à 4,5.

En pratique toutefois, des diamètres inférieurs sont courants car d'une part, l'expression 3 définit une courbe enveloppe pour les besoins de la planification et que d'autre part, les exploitants peuvent se contenter d'une qualité moindre.

54 Site de réception

541 Généralités

La recherche du site de réception optimal doit tenir compte de l'environnement au sens large du terme, des contingences administratives en matière de construction et de l'impératif de la visibilité directe vers un ou plusieurs satellites.

En réception communautaire, l'emplacement de la station de tête représente une contrainte supplémentaire. En mode individuel, le choix du site est dicté par les possibilités locales, jardin, balcon, toit, etc.

542 Visibilité directe

La Suisse étant située dans l'hémisphère Nord du globe terrestre, la condition de visibilité directe ne peut être satisfaite que si la vue vers le satellite est dégagée de tout obstacle de part et d'autre du sud local.

Théoriquement, cette condition est remplie si la première ellipse de Fresnel centrée sur la droite fictive site-satellite est libre de tout obstacle. L'orientation de cette droite est définie par l'azimut et l'angle de site en un lieu donné. Ces deux angles peuvent être déterminés à l'aide de miniprogrammes sur calculatrice de poche ou plus prosaïquement de l'abaque de la figure 4, lorsque l'on connaît la position orbitale (longitude) du satellite et les coordonnées du site projeté (longitude, latitude) [9, 11].

Pratiquement, la condition de visibilité directe est satisfaite si, pour une distance site-sommet de l'obstacle d et un diamètre de l'antenne D , aucun obstacle ne coupe le cylindre fictif de rayon R centré sur l'axe site-satellite:

$$R > \frac{D}{2} \text{ m, pour } d \leq 100 \text{ m, } 3 \text{ m} \leq d \leq 4,5 \text{ m}$$

$$R > \frac{D}{2} \text{ m, pour } d \leq 10 \text{ m, } 1 \text{ m} \leq D < 3 \text{ m}$$

$$R > 1,5 \text{ m, pour } 10 \text{ m} < d \leq 100 \text{ m, } 1 \text{ m} \leq D < 3 \text{ m}$$

$$R > 0,17 \cdot \sqrt{d} \text{ m, pour } d > 100 \text{ m, } 1 \text{ m} \leq D \leq 4,5 \text{ m}$$

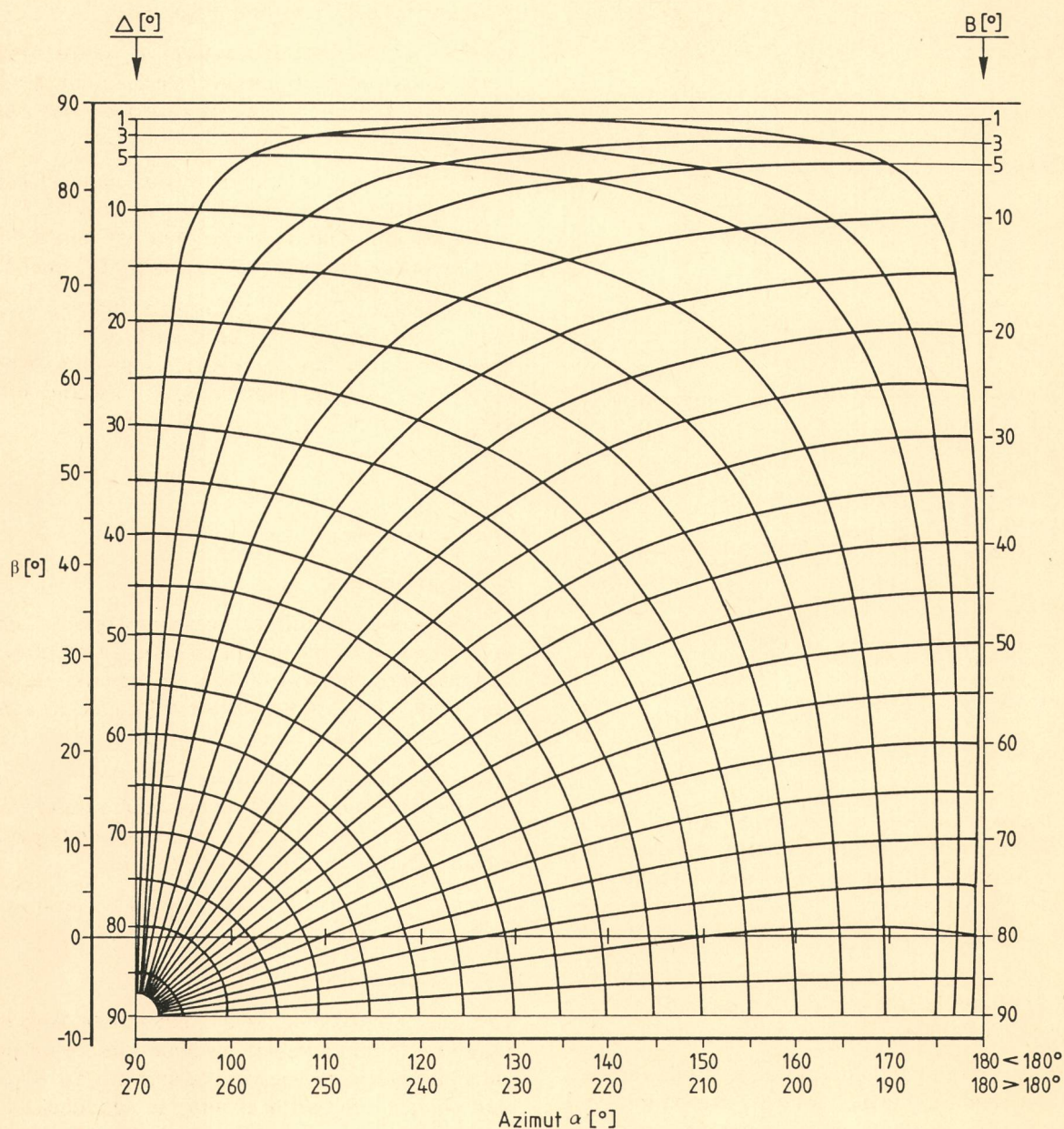


Fig. 4
Détermination de l'azimut et de l'angle de site à la station terrienne de réception

L : degrés en longitude de la station terrienne
 Po : degrés en longitude du satellite par rapport au méridien
 β : angle de site (élévation)
 B : degrés de latitude de la station terrienne

Détermination de Δ

a) Si le satellite se trouve à l'est de l'emplacement de réception
 $\Delta = Po - L (^\circ)$ (azimut $\alpha < 180^\circ$)

b) Si le satellite se trouve sur le même degré de longitude que l'emplacement de réception et le méridien, ou a
 $\Delta = L - Po (^\circ)$ (azimut $\alpha \geq 180^\circ$)

c) Si le satellite se trouve à l'ouest du méridien zéro, ou a
 $\Delta = Po + L (^\circ)$ (azimut $\alpha > 180^\circ$)

Cette condition peut être vérifiée à l'aide d'un inclinomètre ou par des instruments optiques.

Il faut rappeler qu'à chaque satellite de position orbitale donnée est associé un couple azimut-angle de site spécifique à une station terrienne. La réception à un seul et même site de programmes audiovisuels transmis par des satellites de positions orbitales différentes pose à

chaque fois le problème de la visibilité directe, quel que soit le mode de réception (arc de visibilité).

Le mode communautaire exige en principe une antenne pour chaque satellite de position orbitale différente, alors qu'une seule antenne motorisée suffit en mode individuel [27].

En pratique, il est avantageux d'installer la station terrienne aussi près que possible du sol, afin de profiter de tout écran naturel ou artificiel susceptible d'affaiblir ou d'éliminer les signaux indésirables, tout en satisfaisant à la condition de visibilité directe.

55 Etablissement et exploitation de la station terrienne de réception

La phase d'implantation de la station terrienne suppose que le futur exploitant a fait son choix en termes de matériels et de site. Il y a lieu également de tenir compte des «Prescriptions techniques relatives à l'établissement des installations réceptrices de radiodiffusion et de télévision, PTT, 1970».

L'opération de pointage mécanique peut être facilitée par l'emploi d'un analyseur de spectres, par la mesure d'une tension continue délivrée par le récepteur MF, proportionnelle au signal RF, ou par l'observation de la qualité subjective de l'image sur un téléviseur.

Un repointage de l'antenne peut se révéler utile après quelques jours, voire quelques semaines d'exploitation, le pointage initial n'étant pas obligatoirement optimal par suite du mouvement propre du satellite.

En mode individuel, les signaux 1FI sont directement appliqués au récepteur MF (voir 444).

En mode communautaire, la distribution simultanée de plusieurs programmes et l'adaptation aux réseaux de télédistribution nécessitent un traitement des signaux à la station de tête, une opération classique qui n'est pas abordée dans cet article.

La réception et la distribution de programmes particuliers, par exemple stéréophoniques, multilingues ou embrouillés, requiert des équipements périphériques spécifiques. Les diffuseurs précisent les caractéristiques de ces matériels et définissent les modalités d'application.

6 Perspectives d'avenir

L'application particulière et récente du service fixe par satellite à la transmission de programmes audiovisuels destinés directement au public en général donne une nouvelle dimension au paysage audiovisuel. De nationale et périphérique qu'elle était, la distribution des programmes s'internationalise et fait fi des frontières.

Cette évolution n'est toutefois que l'une des multiples facettes d'une situation en constante mutation et que façonnent les innombrables moyens de production, de diffusion et de réception, qui visent tous à informer, à instruire et à distraire un public le plus vaste possible.

Une analyse, même succincte, de chacune de ces composantes, dépasse de loin le cadre de cet article, ainsi qu'en témoignent les innombrables études entreprises dans le monde [13, 14, 15, 16, 31]. Toutes examinent les influences technologiques, techniques, normatives, juridiques, réglementaires, politiques et économiques sur la société de demain. Une réponse partielle et limitée de caractère technique est proposée dans le secteur des activités spatiales de l'audiovisuel, bien que cette acti-

tivité soit modelée par d'autres composantes auxquelles n'échappe pas non plus la Suisse [17, 18, 32].

Les lancements prochains de satellites du service fixe et du service de radiodiffusion et les nombreux projets en cours laissent augurer un accroissement notable de la capacité de transmission [19]. Tous services confondus, plus de septante répéteurs devraient être disponibles au début des années de 1990, la plupart pour des applications audiovisuelles. Cet aspect quantitatif ne suffit pas, à priori, à assurer le succès de ces prestations, si les moyens de production, la nouveauté et la qualité des programmes audiovisuels ainsi que l'acceptabilité des usagers face à un déferlement technologique et programmatique sont ignorés des promoteurs et des diffuseurs [16, 20, 21, 22].

Les progrès technologiques et techniques dans le domaine des équipements de radiocommunication en général et de l'audiovisuel en particulier ouvrent de nouvelles perspectives pour les modes de réception individuel et communautaire [23]. D'ici peu se poseront des problèmes de capacité de transmission, en particulier au mode communautaire, et de choix en matière de programmes audiovisuels [28, 29, 30].

L'évolution dans le service fixe par satellite doit aussi tenir compte des contingences liées au partage de la bande des 11 GHz par des services de nature diverses et à une possible congestion de l'orbite géostationnaire [33]. Le service de radiodiffusion par satellite selon la CAMR-RS, Genève, 1977, n'est pas soumis à de telles contraintes. En contre-partie, il présente plusieurs faiblesses; l'absence pour l'instant de tout satellite de radiodiffusion, une couverture nationale et des coûts par répéteur très élevés. Une modification du Plan selon la CAMR-RS (voir 24) ne peut ainsi être exclue à moyen terme [1].

7 Conclusions

La réception communautaire et individuelle de programmes audiovisuels transmis par des satellites du service fixe par satellite est devenue une réalité en Suisse.

Cette application particulière du service fixe par satellite est soumise à concession. Elle est octroyée contre redevance par les PTT. Au préalable, le Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie (DFTCE) désigne, dans les limites de la politique des médias, les programmes audiovisuels susceptibles d'être captés en Suisse.

Fin mai 1988, le DFTCE autorisait la réception d'une quinzaine de programmes audiovisuels transmis par des satellites de télécommunication Eutelsat et Intelsat.

La réception de ces programmes en modes individuel et communautaire est réalisée à l'aide d'une station terrienne. Les PTT ne procèdent à aucune homologation des matériels de réception, mais proposent des recommandations fondées sur les équipements disponibles sur le marché. Le choix final des équipements est toutefois laissé à l'entière appréciation de l'exploitant qui en prend seul la responsabilité. Plus de 500 de ces stations sont en activité, ce qui souligne l'intérêt de ce nouveau service par le grand public.

Cette application particulière du service fixe par satellite dans la bande des 11 GHz et le partage avec le service fixe de Terre, prioritaire, peut être génératrice de brouillage. Dans ce contexte, les PTT déclinent toute responsabilité en cas de gêne à la station terrienne de réception. Ils sont toutefois prêts, sous certaines conditions, à informer et à conseiller tout usager potentiel en la matière. Il incombe à l'exploitant de décider des mesures à prendre pour réduire, voire éliminer tout brouillage susceptible de dégrader la qualité de service.

A ces contraintes s'ajoutent celles afférentes aux autorisations locales en matière de construction et l'impératif de visibilité directe vers le ou les satellites de télécommunication.

Une extension de la palette audiovisuelle d'origine spatiale pourrait poser à court terme quelques problèmes de capacité de transmission aux réseaux de télédistribution en particulier, et indirectement favoriser la réception individuelle.

Cette éventualité ne peut être écartée a priori eu égard à l'évolution des services par satellites et des performances et des coûts des matériels de réception.

Bibliographie

- [1] Les satellites au service de la radio et de la télévision. Direction générale des PTT, Berne, 1988, PTT 800.07.
- [2] Manuel sur les télécommunications par satellite (Service fixe par satellite). CCIR, Genève, 1985.
- [3] Actes finals adoptés par la première session de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications sur l'utilisation de l'orbite des satellites géostationnaires et la planification des services spatiaux utilisant cette orbite. (ORB-85). UIT, Genève 1985.
- [4] *Lange W.R.* Satelliten-TV-Empfang: Im Brennpunkt. Funktionsweise eines Antennenkonverters für Parabolantennen. Funkschau, München (1987) 6, S. 46.
- [5] *Jayasuriga D.A.R.* and *Kwan H.K.* EMC considerations on the selection of IF for the direct broadcasting satellite receivers. International conference on electromagnetic compatibility, London, 1984, p. 26. IERE publication No 60.
- [6] Récepteurs MF. Broadcast Satellites-Magazine, Paris, (1987) 8, p. 13.
- [7] *Palomaki M.* The menu for encryption. Cable & Satellite Europe, London (1987) 4, p. 39.
- [8] *Snow N.* Descrambling encryption – II. Cable & Satellite Europe, London (1987) 5, p. 46.
- [9] *Baumann T.* et *Horvat Ph.* L'installation des antennes de télévision par satellite. Radio Plans électronique Loisirs, Paris (1988) 487, p. 38.
- [10] Änderung der VEVED zur TVV 1. Gebühren für Empfang von Rundfunkprogrammen ab Fernmeldesatelliten. GD PTT Bern, Dienstliche Weisung RA Nr. 4, 1987 Mai.
- [11] Télécommunications spatiales. Vol. I, II et III, 1982/83 Paris.
- [12] *Liesenkötter B.* 12 GHz-Satellitenempfang. TV-Empfang für Praktiker, Heidelberg 1986.
- [13] Troisième Congrès international sur «Les systèmes et services nouveaux de télécommunication». North Holland, Amsterdam, 1987.
- [14] *Anus H.* La stratégie des industriels européens de la réception pour de nouveaux services de télévision en Europe. Radiodiffusion Télévision, Paris, (1987) 96, p. 31.
- [15] Cable TV communications in Western Europe 1987. Communications & Information Technology (CIT) Research, London 1987.
- [16] Television broadcasting in Europe – towards the 1990s. Logica Consultancy Ltd, London 1987.
- [17] Arrêté fédéral sur la radiodiffusion par satellite du 18 décembre 1987. Berne, FF 138 (1986) Vol. I, p. 421.
- [18] Message concernant la loi fédérale sur la radio et la télévision (LRTV), du 28 septembre 1987.
- [19] *Büchs J.D.* Künftige Entwicklung der Satellitentechnik. Online 87, 10. Europäische Kongressmesse für Technische Kommunikation, Bd. II-06.8, Hamburg 1987.
- [20] PETAR (Pan European Television Audience Research) Cable & Satellite Europe, London (1987) 9, p. 14.
- [21] *Hilf W.* Kabel- und Satellitenfernsehen in europäischer Dimension: Rundfunk ohne Grenzen und Schranken? Online 87, 10. Europäische Kongressmesse für Technische Kommunikation, Bd. II-01.2, Hamburg 1987.
- [22] 15th International TV Symposium, Montreux, 1987. Symposium records Broadcast sessions, CATV sessions and Joint sessions.
- [23] *Hegendorfer M.* Empfangsgeräte für Satellitenrundfunk: Konzeption neuer Fernsehgeräte für Direktempfang und für den Anschluss an Kabelnetze bis 440 MHz Bandbreite. Online 87, 10. Europäische Kongressmesse für Technische Kommunikation, Bd. II-09.5, Hamburg 1987.
- [24] Das Ohr in den Weltraum. Funkschau, München, (1988) 6, S. 29.
- [25] *Mielke W.* Planar kontra Parabol. Funkschau, München (1988) 11, S. 54.
- [26] Ordonnance relative à l'ordonnance 1 de la loi réglant la correspondance télégraphique et téléphonique. Modification du 4 mars 1987. Feuille officielle des PTT suisses, 13, 1987, p. 227.
- [27] Komfort nur gegen Aufpreis. Funkschau, München (1988) 5, S. 30.
- [28] *Willmann J.* Die Benutzungspolitik in Kabelfernsehanlagen. Electronic Techniker, Zürich (1986) 5, S. 43.
- [29] *Willman J.* Hat das Kabelfernsehen noch eine Zukunft? Electronic Techniker, Zürich (1987) 6, S. 29.
- [30] *Afsar E.* Technical options for increasing the frequency range and the channel capacity of existing CATV networks. 15th International TV Symposium, Montreux (1987), p. 183.
- [31] New Satellite Communications in Western Europe 1988. Communication and Information Technology (CIT) Research, London 1988.
- [32] Conseil de l'Europe. Comité directeur sur les moyens de communication de masse (CDMM). Projet de Convention européenne sur la télévision transfrontière et projet de rapport explicatif. Strasbourg, mai 1988.
- [33] Conférence administrative mondiale des radiocommunications sur l'utilisation de l'orbite des satellites géostationnaires et la planification des services spatiaux utilisant cette orbite – Seconde session, Genève 1988 (CAMR-ORB 88).
Partie 1: Principes directeurs du développement de la radiodiffusion par satellite au 21^e siècle.
Partie 2: Etudes techniques.
SPB 442, Union Européenne de Radiodiffusion, Centre technique, Bruxelles, janvier 1988.

Annexe I

Plages de réglage du système de pointage:
azimut: ± 10 degrés autour d'une valeur azimutale donnée
angle de site: 10° à 40°
précision de réglage: $\pm 0,1^\circ$
dépointage: $< 0,2^\circ$ par vent fort ($v < 120$ km/h)

Gain isotrope G_{IR} (axe du faisceau principal):

$$(1) \quad G_{IR} = 10 \lg \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad \text{dBi}$$

η = rendement de l'antenne (0,5...0,6...0,7)

D = diamètre de l'antenne m

λ = longueur d'onde m

Ouverture à mi-puissance θ_0 du faisceau principal:

$$(2) \quad \theta_0 \cong 65 \frac{\lambda}{D} \cdot \text{degrés } (^\circ)$$

Annexe II

- Accès SHF: guide d'ondes WR 75 (R120)
- Fréquences à l'accès SHF: 10,95 à 11,7 GHz (ou 10,95 à 10,2 et 10,45 à 10,7 GHz)
- Fréquence oscillateur local (infradyne): 10 GHz ± 2 MHz ($-30 \dots +60$ degrés C)
- Niveau du signal à l'accès SHF: $-70 \dots -90$ dBm
- Facteur de bruit F_c : < 3 dB à 20 degrés C ($T_c < 290$ K)³
- Puissance oscillateur local injectée dans l'antenne: < -40 dBm¹
- ROS accès SHF: < 2
- Bande de fréquences accès première FI (1FI): 900 à 1700 MHz (950 à 1750 MHz)
- Impédance accès 1 FI: 50 ohms
- ROS accès 1FI: < 2
- Connecteurs: N, SMA

Annexe III

Caractéristiques générales:

- Fréquences à l'accès 1FI: 900 à 1700 MHz (950 à 1700 MHz)
- Niveau du signal à l'accès 1FI: $-20 \dots -60$ dBm
- ROS accès 1FI: < 2
- Impédance d'entrée: 50 ohms
- Connecteur accès 1FI: N, SMA
- Seuil de démodulation: C/N < 9 dB
- CAG: > 35 dB
- Réjection de la dispersion d'énergie: > 40 dB⁶
- Largeur de bande FI ou RF: 36 MHz, en option 30 et 27 MHz
- Désaccentuation: selon Recommandation 405-1 du CCIR
- Rayonnements non désirés: < 2 nW pour $f < 2$ GHz

Vidéo:

- Impédance nominale sortie vidéo: 75 ohms
- Amplitude nominale du signal vidéo (ajustable): 1 V (± 5 %)
- Largeur de bande nominale vidéo: 5 MHz
- Largeur de bande vidéo en option: 8-9 MHz²
- Affaiblissement d'adaptation: > 30 dB (50 Hz...5 MHz)
 > 20 dB (5...8-9 MHz)
- Rapport signal/bruits erratiques S/B pondéré: > 60 dB⁵
- Gain différentiel (x ou y): < 5 %¹
- Phase différentielle (x ou y): < 5 degrés¹

Diagrammes de rayonnement de référence (CCIR)

- (3) $\frac{D}{\lambda} > 100$ θ = différence en degrés entre l'axe principal et une direction donnée

$$G_\theta = 32 - 25 \lg \theta \quad \text{dBi} \quad 1^\circ \leq \theta < 48^\circ$$

$$G_\theta = -10 \quad \text{dBi} \quad 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$

- (4) $\frac{D}{\lambda} \leq 100$ θ : voir (3)

$$G_\theta = 52 - 10 \lg \frac{D}{\lambda} - 25 \lg \theta \quad \text{dBi} \quad \left(100 \frac{\lambda}{D} \right)^\circ \leq \theta < 48^\circ$$

$$G_\theta = 10 - 10 \lg \frac{D}{\lambda} \quad \text{dBi} \quad 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$

Discrimination de polarisation de l'antenne:

XPI ≥ 30 dB ($\pm 0,5^\circ$ autour de l'axe du faisceau principal)

Discrimination angulaire D_θ :

$D_\theta \geq G_{IR} - G_\theta$ dB (voir fig. 2)

- Gain global: > 50 dB
- Fluctuation du gain entre 900 et 1700 MHz: $< \pm 2$ dB
- Fluctuation du gain pour 36 MHz de largeur de bande: $< \pm 0,5$ dB
- Affaiblissement sur la fréquence conjuguée: > 40 dB¹
- Linéarité: > 30 dB²
- Rayonnements non désirés: < 2 nW pour $f < 1$ GHz
 < 20 nW pour $1 < f < 18$ GHz

¹ Un filtre guide d'ondes à l'accès SHF peut s'avérer nécessaire

² Deux porteuses SHF modulées à $f_0 - 3$ MHz et $f_0 + 3$ MHz, chacune de niveau égal à -50 dBm (produits d'intermodulation d'ordre 3)

³ Matériel récent: $F_c < 2$ dB à 20 degrés C

- Inégalité de temps de propagation de groupe: $< \pm 30$ ns¹
- Caractéristique gain/fréquence: ± 1 dB (0,1...5 MHz)
 $\pm 1,5$ dB (5...8-9 MHz)

Audio:

- Fréquence sous-porteuse son: 5,5...8 MHz³
- Largeur de bande RF: 200 kHz...1 MHz³
- Désaccentuation: 50 us, 75 us, J17 (CCITT)³
- Rapport signal/bruits erratiques S/B pondéré: > 50 dB⁴
- Caractéristique gain/fréquence: ± 1 dB (50 Hz...15 kHz)
- Distorsions harmoniques: < 1 %

¹ Déviation crête-à-crête $D_{cc} = 25$ MHz

² Signal composite (vidéo + sous-porteuse son); norme D2-MAC/paquet

³ Selon programme audiovisuel

⁴ Réseau de pondération du CCIR (Rec. 468-3); $D_{cc} = 25$ MHz, C/N = 16 dB

⁵ Réseau de pondération du CCIR (Rec. 567); $D_{cc} = 25$ MHz, C/N = 16 dB

⁶ Commutable

Annexe IV

Paramètres climatiques

Paramètre	Ambiance extérieure	
	Survie ¹	Normale ²
Plage de température	-40 °C à +70 °C	-30 °C à +60 °C
Vent (rafales de 2')	≤ 200 km/h	≤ 120 km/h
Hygrométrie	jusqu'à 99 % pour t ≤ 10 °C	jusqu'à 95 % pour t ≤ 10 °C
Ensoleillement	jusqu'à 1000 kcal/m ² /h	idem
Taux de précipitations	jusqu'à 60 mm/h	jusqu'à 10 mm/h
Neige	jusqu'à 50 cm d'épaisseur au sol	jusqu'à 10 cm d'épaisseur au sol
Glace	jusqu'à 2 cm d'épaisseur au sol	
	Ambiance intérieure	
Plage de température	5 °C à 50 °C	
hygrométrie	jusqu'à 90 % pour t ≈ 30 °C	

¹ Fonctionnement sans dommage, mais hors performances

² Performances satisfaites

Annexe V

Les relations et les expressions suivantes sont tirées de la littérature pertinente [2, 11, 12]

Puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.)

$$(1) \quad \text{p.i.r.e.} = P_{\text{RF}} + G_{\text{is}} \dots \text{dBW}$$

P_{RF} = puissance RF du satellite dBW

G_{is} = gain isotrope antenne du satellite ... dBi

Puissance surfacique F_s :

$$(2) \quad F_s = \text{p.i.r.e.} - 10 \lg(4\pi d^2) \dots \text{dBW/m}^2$$

d = distance espace-Terre ... m

Affaiblissement en espace libre A_0 :

$$(3) \quad A_0 = 20 \lg \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \text{ dB} \quad \lambda = \text{longueur d'onde} \dots \text{m}$$

Affaiblissement de propagation global $A_i(P)$:

$$(4) \quad A_i(P) = A_0 + A_m(P) \text{ dB}$$

$A_m(P)$: voir figure 2

P = pourcentage de temps

Puissance de réception à l'accès antenne $P_R(P)$:

(5)

$$P_R(P) = F_s - 10 \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right) - A_m(P) \text{ dBW}$$

Puissance de réception à l'accès convertisseur-abaisseur de fréquences $P(P)$:

$$(6) \quad P(P) = P_R(P) + G_{\text{IR}} \text{ dBW}$$

G_{IR} = gain isotrope antenne de la station terrienne dBi

Température équivalente de bruit globale T_g :

$$(7) \quad T_g = T_a + T_c + T_p \text{ K}$$

$T_a \approx 40 \text{ K}$, $T_c < 290 \text{ K}$

T_p = température due aux pertes α en SHF K

Facteur de qualité G/T :

$$(8) \quad G/T = (G_{\text{IR}} - \alpha) - 10 \lg T_g \dots \text{dB/K}, \alpha = \text{pertes SHF dB}$$

Puissance de bruit à l'accès convertisseur de fréquences N :

$$(9) \quad N = -228,6 + 10 \lg T_g + 10 \lg B \text{ dBW}$$

B = largeur de bande RF ... Hz

Rapport porteuse/bruit à l'accès convertisseur-abaisseur de fréquence $C/N(P)$:

$$(10) \quad C/N(P) = P(P) - N \text{ dB}$$

Rapport signal/bruit vidéo pondéré $(S/B)_{\text{vp}}(P)$:

$$(11) \quad \frac{S}{B_{\text{vp}}}(P) = \frac{C}{N}(P) + 20 \lg \frac{D_{\text{cc}}}{f_v} + 10 \lg \frac{B}{f_v} + 15 \text{ dB}$$

D_{cc} = déviation de fréquence crête-à-crête ... Hz

f_v = fréquence vidéo la plus élevée ... Hz