

SECTION 10/11E: PARTAGE

RAPPORT 631-4*

**PARTAGE DES FRÉQUENCES ENTRE LE SERVICE DE RADIODIFFUSION
(SONORE ET TÉLÉVISION) PAR SATELLITE ET LES SERVICES DE TERRE**

(Question 1/10 et 11, Programmes d'études 1A, 1C, 1D et 1E/10 et 11)

(1974-1978-1982-1986-1990)

1. Introduction

Conformément au Règlement des radiocommunications révisé par la dernière Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979), des bandes de fréquences sont attribuées au service de radiodiffusion par satellite qui peut en outre, sous certaines conditions, fonctionner dans les bandes suivantes, toutes partagées avec d'autres services:

- 620 à 790 MHz, principalement utilisée par les services fixe, mobile et de radiodiffusion de Terre;
- 2500 à 2690 MHz, en partage avec les services fixe, mobile, de radiodiffusion et fixe par satellite;
- 11,7 à 12,5 GHz dans la Région 1, en partage avec les services fixe et de radiodiffusion à titre primaire (et avec le service mobile à titre secondaire);
- 11,7 à 12,2 GHz dans la Région 3, à partager avec les services fixe, mobile et de radiodiffusion;
- 12,2 à 12,70 GHz dans la Région 2, en partage avec les services fixe, mobile et de radiodiffusion;
- 12,5 à 12,75 GHz dans la Région 3, à partager avec les services fixe, mobile et fixe par satellite;
- 22,5 à 23 GHz dans les Régions 2 et 3, en partage avec les services fixes et mobiles (et, à l'extrémité supérieure de la bande, avec le service intersatellites dans une partie du spectre large de 0,45 GHz);
- 40,5 à 42,5 GHz, en partage, à titre permis avec le service de radiodiffusion;
- 84 à 86 GHz, en partage avec les services fixe, mobile et de radiodiffusion, les stations appartenant à ces services ne devant pas causer de brouillages préjudiciables aux stations terriennes de radiodiffusion par satellite fonctionnant conformément à un plan qui sera adopté par une future conférence administrative des radiocommunications.

2. Eléments à prendre en considération dans le partage des fréquences

En établissant les bases du partage des fréquences entre les services de radiodiffusion par satellite, de Terre et intersatellites, il faut prendre en considération certains éléments, dont le rapport de protection pour que le brouillage causé par l'un des services soit acceptable par les autres.

Les valeurs des rapports de protection intéressant le service de radiodiffusion par satellite et les services de Terre sont énumérées dans le Rapport 634. Par ailleurs, les caractéristiques techniques des systèmes fonctionnant en partage: p.i.r.e., ouverture de l'antenne, niveaux des lobes latéraux, sensibilité du récepteur, type de modulation utilisé et considérations géographiques (telles que la direction de la ligne qui va de la station brouillée à la station brouilleuse, la détermination des «zones d'exclusion» et des zones de service) sont des facteurs dont il faut tenir compte. Le partage des fréquences peut imposer à ces facteurs des contraintes et des limites. Dans une zone commune, un partage plus poussé peut avoir lieu sous la forme du partage du temps.

Si le partage d'une même fréquence dans une même zone est impossible, il faudra prévoir les contraintes et les limites nécessaires à ce partage, en recourant à des arrangements de répartition géographique.

Avant de prendre des mesures qui limiteraient ou empêcheraient l'exploitation d'un service ayant une attribution à titre primaire dans une bande, et qui concernent un ou plusieurs cas de brouillage examinés dans le présent rapport, il faut s'efforcer d'améliorer les possibilités de partage entre les services.

* Ce Rapport doit être porté à l'attention des Commissions d'études 8 et 9.



Parmi les mesures qui pourraient faciliter le partage, citons les suivantes:

- utilisation d'objectifs de qualité et de critères de disponibilité en fonction des besoins du service à fournir;
- sélection de caractéristiques du système type à protéger permettant d'obtenir une sensibilité minimale au brouillage, d'assurer la compatibilité avec des modèles de systèmes réels (par exemple: puissance d'émission et gain d'antenne appropriés, longueurs de trajet raisonnables, méthodes de modulation "renforcées", etc.) (Il convient de noter que dans la plupart des cas, la diminution de la sensibilité au brouillage améliore aussi la qualité de fonctionnement du système.);
- limitation de l'exploitation des systèmes très sensibles aux segments de bandes qui ne sont pas aussi attribués à un service qui risque fortement de causer des brouillages.

Les dispositions des Recommandations du CCIR ou du Règlement des radiocommunications qui établissent des valeurs (déclenchement) de seuil de brouillage, ou des limites de puissance surfacique, s'inscrivent parmi les mesures susceptibles de limiter ou d'empêcher l'exploitation d'un service ayant une attribution à titre primaire.

2.1 Radiodiffusion sonore

Dans les bandes actuellement attribuées au service de radiodiffusion par satellite, aucune distinction n'est faite entre les systèmes de radiodiffusion sonore et les systèmes de télévision. Au titre du numéro 693 du Règlement des radiocommunications, le service de radiodiffusion par satellite est autorisé à fonctionner dans la bande de 620 à 790 MHz, mais il est limité à la radiodiffusion télévisuelle à modulation de fréquence.

La CAMR-79 a recommandé d'étudier la bande 500 à 2000 MHz afin d'y trouver les parties qui conviennent le mieux au service de radiodiffusion sonore par satellite. Il faut un complément d'études pour déterminer s'il se trouve dans cette bande une région déterminée qui soit particulièrement souhaitable. Un complément d'étude doit aussi permettre de déterminer si le partage est possible et, dans l'affirmative, dans quelles conditions. Le Rapport 941 conclut que, dans le cas de la protection des systèmes de faisceaux hertziens de Terre contre un éventuel système à satellites de radiodiffusion sonore MF fonctionnant dans la bande 1427 à 1530 MHz, il faudra recourir à une forme de dispersion d'énergie pour les émissions par satellite. La fonction de dispersion d'énergie est inhérente à la modulation numérique. L'application d'une dispersion d'énergie artificielle aux systèmes à satellites de radiodiffusion sonore MF doit être étudiée plus avant. Pour cette étude, des niveaux de puissance de l'ordre de ceux indiqués dans le Rapport 941 ont été adoptés. Pour cette étude, des niveaux de puissance de l'ordre de ceux indiqués dans le Rapport 955 ont été adoptés, et l'on a admis en outre la nécessité de limiter la puissance surfacique aux valeurs applicables dans la bande 2500 à 2690 MHz (voir le § 4.1). Même pour une dispersion d'énergie de 14 dB (c'est-à-dire une puissance surfacique, dans une bande de 4 kHz, inférieure de 14 dB à la puissance surfacique totale), il est apparu que la protection du service fixe n'est possible qu'à certaines conditions, y compris une large séparation géographique entre la zone de service du satellite de radiodiffusion et les faisceaux hertziens concernés.

2.2 Radiodiffusion télévisuelle

2.2.1 Expression générale de la limite de puissance surfacique produite par le signal brouilleur, afin de protéger le service utile

Comme indiqué plus haut, quand un service de radiodiffusion par satellite partage des fréquences avec un service de Terre, on peut être amené à imposer des limites à la puissance surfacique produite par le signal brouilleur dans les stations réceptrices du service utile. La formule générale suivante sert à déterminer la limite de puissance surfacique:

$$F_s = F_{iqp} - R_q + D_d + D_p - M_r - M_i \quad (1)$$

(Note. — Cette formule risque de perdre sa validité lorsque le signal du satellite se présente sous une incidence voisine de l'incidence rasante. En pareil cas, il faut inclure une marge supplémentaire.)

avec:

F_s : valeur maximale de la puissance surfacique (dB(W/m²)), admissible dans la station protégée;

- F_{iqp} : valeur minimale (à protéger) de la puissance surfacique (dB(W/m²)), c'est-à-dire valeur de cette puissance qui, en présence d'un bruit thermique seulement, correspond à la qualité q du signal de sortie qui doit être dépassée pendant un grand pourcentage spécifié du temps, p ;
- R_q : rapport de protection (rapport de la puissance du signal utile à celle du signal brouilleur à l'entrée du récepteur) (dB) pour un brouillage tout juste perceptible quand la qualité du signal de sortie a été abaissée à q par le bruit thermique;
- D_d : discrimination (dB) contre le signal brouilleur due à la directivité de l'antenne réceptrice;
- D_p : discrimination (dB) contre le signal brouilleur, due à la polarisation de l'antenne réceptrice. Ce facteur est souvent combiné avec D_d pour donner un terme unique;
- M_r : marge (dB) pour tenir compte d'une éventuelle réflexion au sol du signal brouilleur;
- M_i : marge (dB) pour tenir compte d'éventuels cas de brouillage multiple.

Avec la limite de puissance surfacique déterminée par la formule (1), on est sûr que la qualité du signal de sortie à la station réceptrice à protéger sera égale à q même si la puissance surfacique due au système s'est abaissée à F_{iqp} . Pendant $p\%$ du temps, la puissance surfacique due au système de Terre sera supérieure à F_{iqp} et la qualité du signal de sortie sera supérieure à q .

Si l'on désire exprimer F_s en fonction de la valeur médiane de la puissance surfacique due au système à protéger, soit F_{iqm} , qui fournit statistiquement un signal de sortie de la même qualité, la formule devient:

$$F_s = F_{iqm} - M_p - R_q + D_d + D_p - M_r - M_i \quad (2)$$

où M_p est la différence (dB) entre la valeur médiane du niveau du signal du système à protéger et le niveau dépassé pendant $p\%$ du temps.

Les formules (1) et (2) sont applicables au calcul des limites de la puissance surfacique due au signal brouilleur pour un service à protéger quelconque. Dans le cas du service de radiodiffusion de Terre, on suppose que la station réceptrice à protéger se trouve à la limite de la zone pouvant être desservie par l'émetteur de Terre. Par définition, cette limite est la courbe à l'intérieur de laquelle la puissance surfacique due à l'émetteur de Terre est égale ou supérieure à celle nécessaire pour fournir un signal de sortie (image ou son de télévision) de qualité acceptable, en l'absence de brouillage et de bruit industriel, en 50% des emplacements pendant au moins $p\%$ du temps, p ayant, par exemple, une valeur spécifiée comprise entre 90% et 99%. Il est de tradition aussi, dans le service de radiodiffusion de Terre, d'exprimer le signal incident en fonction du champ en décibels par rapport à 1 $\mu\text{V/m}$ au lieu de la puissance surfacique en dB(W/m²). Pour passer de la seconde expression à la première, il suffit d'ajouter 145,8 dB.

2.2.2 Puissances surfaciques requises

Le Rapport 215 examine de façon assez détaillée des exemples de puissances surfaciques appropriées pour le service de radiodiffusion par satellite, dont les valeurs numériques figurent dans les Tableaux XIVa et b de ce Rapport. Le Rapport 811 indique les puissances surfaciques à prendre en considération pour la planification de ce service dans la bande des 12 GHz.

Pour les services de télévision de Terre à modulation d'amplitude, les valeurs correspondantes sont indiquées dans le Rapport 961.

2.2.3 Champs et puissances surfaciques à protéger dans les services de Terre

Les champs et les puissances surfaciques à protéger sont étudiés dans les paragraphes concernant chaque bande de fréquence.

2.2.4 Rapports de protection

Le Rapport 634 qui traite ce sujet d'une façon assez détaillée, contient les valeurs qu'il convient de donner au rapport de protection dans différents systèmes.

2.2.5 Application de techniques spéciales pour respecter les limites de la puissance surfacique

Pour la télévision à modulation de fréquence, les techniques de dispersion de l'énergie peuvent être considérées comme consistant à «étaler» la puissance rayonnée dans une large bande de fréquences, de façon à respecter les limites de la puissance surfacique. Il convient toutefois de bien tenir compte des incidences techniques et économiques de l'application de ces techniques.

On trouvera dans les paragraphes appropriés quelques exemples de l'application de la technique de dispersion de l'énergie.

2.2.6 Calcul de la puissance surfacique produite par un satellite géostationnaire

On peut recourir à différentes méthodes pour calculer la puissance surfacique produite par un satellite géostationnaire en un point donné de la Terre (voir, par exemple, le Rapport 215).

3. Partage dans la bande 620 à 790 MHz

On ne considérera ici que les émissions de télévision provenant de satellites en modulation de fréquence.

3.1 Partage avec le service de radiodiffusion de Terre

Pour qu'un système de radiodiffusion par satellite et un système de radiodiffusion de Terre puissent partager des fréquences, les récepteurs de chacun d'eux doivent être protégés contre le brouillage dû aux émissions de l'autre. On peut protéger les récepteurs du système de Terre en imposant des limites à la puissance surfacique produite par le satellite de radiodiffusion à l'intérieur de la zone de service du système de Terre, comme indiqué au § 3.1.1. Inversement, on peut protéger les récepteurs du système de radiodiffusion par satellite contre le brouillage en imposant une distance de séparation suffisante entre l'émetteur de Terre et le récepteur du satellite. La distance de séparation nécessaire est indiquée au § 3.1.2 dans un cas particulier.

3.1.1 Protection du service de radiodiffusion de Terre

Pour protéger le service de télévision de Terre contre le brouillage dû à un satellite de radiodiffusion télévisuelle, il faut limiter la puissance surfacique que le satellite est autorisé à produire à l'intérieur des zones de service des stations de télévision de Terre.

La Recommandation N° 705 de la CAMR-79 indique une valeur provisoire pour cette limite dans la bande 620 à 790 MHz:

$$F_s = \left\{ \begin{array}{l} -129 \\ -129 + 0,4 (\delta - 20) \\ -113 \end{array} \right\} \text{ dB(W/m}^2\text{)} \quad \begin{array}{l} \text{pour } 0^\circ < \delta \leq 20^\circ \\ \text{pour } 20^\circ < \delta \leq 60^\circ \\ \text{pour } 60^\circ < \delta \leq 90^\circ \end{array}$$

où δ est l'angle d'arrivée, en degrés, du signal émis par le satellite, mesuré au-dessus du plan horizontal.

Dans la Recommandation N° 705 de la CAMR-79, on invite aussi instamment le CCIR à étudier les critères de partage de fréquences à appliquer dans cette bande et à recommander une limite à respecter au lieu de la valeur provisoire. Par la suite, plusieurs administrations ont mené des études à cette fin et ont formulé leurs suggestions respectives quant à la limite qui devrait être adoptée pour la puissance surfacique.

Cette limite a été calculée par chaque administration au moyen d'une formule équivalant à la formule (1) ou (2). Bien qu'il n'y ait pas concordance entre les limites suggérées pour la puissance surfacique, ces différences sont imputables au fait que les valeurs admises pour les paramètres des formules étaient elles-mêmes différentes. Ces hypothèses sont résumées au Tableau I; on les examinera d'une façon assez détaillée pour mettre en évidence les difficultés rencontrées pour se mettre d'accord sur une limite satisfaisante de la puissance surfacique.

3.1.1.1 Minimum de la puissance surfacique à protéger pour un système de Terre

La Recommandation 417 indique les valeurs respectives de 67 et 70 dB par rapport à 1 $\mu\text{V/m}$ pour les champs correspondant à F_{iqp} et F_{iqm} des formules (1) et (2), dans la bande V (610 à 960 MHz). On y trouve aussi l'observation que: «Sur un plan pratique, les champs susceptibles d'être protégés sont, en raison des brouillages par d'autres émissions de télévision, généralement plus élevés.» Certaines administrations ont cependant jugé que, compte tenu du développement de la technologie des récepteurs et de l'expérience acquise dans la réception des émissions du service de télévision de Terre, il conviendrait d'envisager la protection de champs moins élevés.

L'UER a fait observer que, dans les zones de service fondées sur un champ protégé médian minimal de 70 dB($\mu\text{V/m}$) en 50% des emplacements, il est fréquent qu'un nombre considérable de récepteurs domestiques fournissent des images satisfaisantes avec un champ inférieur. On peut considérer que les points où le champ est de 65 dB($\mu\text{V/m}$) bénéficient d'une couverture satisfaisante. Dans de nombreux cas, c'est la seule manière d'assurer le service, car aucune fréquence supplémentaire n'est disponible. Il convient donc de protéger un champ de 65 dB($\mu\text{V/m}$) contre le brouillage global. Cependant, si le champ protégé est porté à 68 dB($\mu\text{V/m}$), et en supposant que les puissances s'additionnent quadratiquement, le champ à protéger contre les brouillages par satellite uniquement doit être pris égal à 65 dB($\mu\text{V/m}$). La puissance surfacique minimale du système de Terre à protéger est alors de -81 dB(W/m²).

On trouvera dans le Tableau I des exemples de calcul des limites à imposer à la puissance surfacique produite par un satellite de radiodiffusion pour protéger le service de radiodiffusion de Terre. Dans l'exemple cité par l'URSS, on a tenu compte du fait que, pour déterminer la puissance surfacique, il faut prendre en considération les facteurs suivants:

- bande de fréquences occupée par le signal brouilleur;
- largeur de bande du récepteur à modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle;
- niveau du bruit aléatoire à la sortie du récepteur à modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle.

3.1.1.2 *Rapport de protection*

Les valeurs du rapport de protection qui sont données dans le Tableau I ont été mesurées dans différentes conditions. On trouvera des indications plus détaillées à ce sujet dans le Rapport 634 qui traite aussi des différentes conditions de mesure et des paramètres du système à prendre en considération pour évaluer le rapport de protection. Ce Rapport contient également les corrections qu'il convient d'apporter pour les différents paramètres et conditions. La valeur proposée par l'UER (voir le Tableau I) a été déterminée pour des conditions de référence.

3.1.1.3 *Discrimination de directivité*

Dans aucun des exemples cités, il n'a été tenu compte explicitement de la directivité de l'antenne de réception, mais on a considéré le cas le plus défavorable, celui où le signal du satellite brouilleur arrive dans une direction proche de l'axe de cette antenne. D'ailleurs, toutes les administrations semblent accepter le diagramme d'antenne théorique indiqué pour la bande V dans la Recommandation 419; l'Administration des Etats-Unis d'Amérique fait toutefois observer que, dans la pratique, on utilisera probablement des antennes plus directives aux limites des zones de service considérées. De toute façon, l'emploi du diagramme indiqué dans la Recommandation 419 conduirait à un accroissement de la puissance surfacique produite par le satellite, en fonction de l'angle d'arrivée, comme pour la limite provisoire indiquée dans la Recommandation N° 705 de la CAMR-79.

3.1.1.4 *Discrimination de polarisation*

En appliquant une polarisation circulaire à l'émission du satellite de radiodiffusion, on peut espérer une discrimination de 3 dB au maximum par rapport aux antennes de réception de Terre à polarisation rectiligne. Le Rapport 339 (New Delhi, 1970) contenait des renseignements sur la discrimination obtenue dans le cas usuel où l'antenne d'émission du satellite et l'antenne de réception de Terre ne sont pas pointées l'une sur l'autre.

3.1.1.5 *Marge pour tenir compte des réflexions au sol*

On ne possède pas de résultats expérimentaux directs concernant cette caractéristique, mais d'après l'Administration du Royaume-Uni, il semble que 3 dB soit une marge raisonnable; c'est en effet la valeur qu'on obtient en extrapolant à la bande V les prévisions théoriques, vérifiées expérimentalement, du champ réfléchi à 230 MHz par un terrain irrégulier. L'Administration de la France et l'UER acceptent cette hypothèse et citent des cas extrêmes où des signaux provenant d'un système de Terre ont subi des réflexions dans des régions voisines de la mer (coefficient de réflexion voisin de l'unité), réflexions qui pourraient renforcer le signal brouilleur de 6 dB.

TABLEAU I – Exemples de calcul des limites à imposer à la puissance surfacique produite par un satellite de radiodiffusion pour protéger le service de radiodiffusion de Terre dans la bande de 620 à 790 MHz

1. Caractéristiques du signal utile					
Documents de référence		(1978-82) 10-11S/11 (UER)	(1970-74) 11/64 (USA)	(1978-82) 10-11S/53 (URSS)	
1.1	Norme et système de télévision	I/PAL, L/SECAM, G/PAL	M/NTSC	K/SECAM	
1.2	Echelle d'évaluation de la qualité	Qualité à 5 notes (5: excellent)	Dégradation à 6 notes (1: imperceptible)	Dégradation à 5 notes (5: imperceptible)	
1.3	Note de qualité de l'image	4,5	3	4,5	
1.4	Rapport signal d'image/bruit non pondéré (dB)	≥ 41,5	27	pas moins de 40	
1.5	Minimum du champ à protéger contre le brouillage par satellite (dB(μV/m))	65	56(1)	70	
1.6	Minimum de la puissance surfacique à protéger pour un système de terre F_{iqp} (dB(W/m ²))	-81	-90	-76	
2. Rapport de protection					
Documents de référence		(1978-82) 10-11S/11 (UER)	(1970-74) 11/49 (USA)	(1978-82) 10-11S/53 11/116 (URSS)	
2.1	Contenu d'image du signal utile	Diapositives	Diapositives et programmes reçus directement	Diapositives	
2.2	Caractéristiques du signal brouilleur	Composition	Barres de couleur	Barres de couleur et programmes reçus directement	
		Excursion de fréquence crête-à-crête (MHz)	12	18	22
		Préaccentuation	Oui	Non	Oui
		Dispersion d'énergie	Non	Non	Non
2.3	Rapport de protection, R_q (dB)	54(2)	35	47(3)	
3.	Discrimination de directivité, D_d (dB) (4)	-	-	-	
4.	Discrimination de polarisation, D_p (dB)	2	-	2	
5.	Marge pour réflexion, M_r (dB)	3	-	3	
6.	Marge pour cas de brouillage multiple, M_i (dB)	-	-	-	
7.	Limite résultante de la puissance surfacique, F_s (dB(W/m ²))	-136	-125	-124	

(1) Les marges d'évanouissement supposées ici correspondent à une p.i.r.e. de 2 MW provenant d'une antenne installée à une hauteur de 300 m dans le service de radiodiffusion de Terre. Un champ protégé médian minimal de 60 dB(μV/m) et de 65 dB(μV/m) permettrait d'obtenir la même qualité d'image pendant 90% et 99% du temps respectivement.

(2) Pour le système L/SECAM, le rapport de protection est de 50,5 dB.

(3) On trouvera les rapports de protection correspondant à différentes valeurs d'excursion crête-à-crête dans la Fig. 8 du Rapport 634.

(4) Il n'est pas possible de faire une hypothèse sur la discrimination de directivité, les angles de site considérés étant inférieurs à 20°.

3.1.1.6 *Marge pour brouillages multiples, M_i*

Dans la zone de service d'un émetteur de Terre, les brouillages dus à un satellite ne pourront se produire que là où les antennes de réception sont orientées dans une direction qui ne s'écarte pas beaucoup de celle du satellite. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir une marge pour les brouillages produits par plusieurs satellites, dans la mesure où l'on peut admettre qu'il n'y aura jamais plus d'une émission par satellite à la fois dans le même canal et, sensiblement, dans la même direction.

3.1.1.7 *Résumé et conclusions*

Sur la base de renseignements fournis par l'UER, on a calculé la limite qu'il conviendrait d'imposer à la puissance surfacique pour protéger le service de radiodiffusion de Terre dans la bande 620 à 790 MHz contre les brouillages produits par les futurs satellites de télévision à modulation de fréquence. Les résultats sont présentés pour les systèmes I/PAL, L/SECAM et G/PAL. Pour ces trois systèmes, la valeur est $-136 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ pour le cas de référence, soit 7 dB de moins que la valeur provisoire recommandée par la CAMR-79.

Les limites des zones de service ont été définies sur la base de minimums, très voisins de ceux recommandés par le CCIR pour le champ des systèmes de Terre à protéger, et l'on n'a pas tenu compte des évanouissements éventuels des signaux de ces services au voisinage de ces limites.

Dans l'exemple présenté par l'Administration des Etats-Unis d'Amérique, la protection s'applique à une valeur beaucoup plus petite du champ du service de Terre, compte tenu des hypothèses suivantes: installation de réception de meilleure qualité, évanouissements assez profonds du signal transmis dans le service de Terre et qualité d'image inférieure. En conséquence de cette dernière hypothèse, cette Administration a adopté aussi un rapport de protection inférieur, correspondant à une excursion de fréquence plus grande pour le signal émis en modulation de fréquence par le satellite brouilleur et à un contenu plus représentatif des images des programmes reçus directement. Dans l'exemple présenté par les Etats-Unis d'Amérique, la limite de la puissance surfacique produite par le satellite est $-125 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$, soit une valeur supérieure de 4 dB à la valeur provisoire recommandée par la CAMR-79.

Dans l'exemple présenté par l'Administration de l'URSS (Tableau I, Note ⁽²⁾) la limite de la puissance surfacique produite par le satellite est de $-124 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$, soit 5 dB de plus que la valeur provisoire recommandée par la CAMR-79.

Après avoir étudié toutes les valeurs introduites dans la formule (1) ainsi que les résultats de mesures des rapports de protection en télévision pour la puissance surfacique maximale admissible à la surface de la Terre rayonnée par des satellites de radiodiffusion fonctionnant dans la bande 620 à 790 MHz, l'Administration de l'URSS a proposé les valeurs ci-après:

$$F_s = \left\{ \begin{array}{ll} -77 - R_{oq} + \gamma & \text{pour } 0^\circ < \delta \leq 20^\circ \\ -77 - R_{oq} + \gamma + 0,4(\delta - 20) & \text{pour } 20^\circ < \delta \leq 60^\circ \\ -61 - R_{oq} + \gamma & \text{pour } 60^\circ < \delta \leq 90^\circ \end{array} \right\} \text{ dB(W/m}^2\text{)}$$

où $\gamma = 0,45 (D_v - D_{ov}) + M_d D_{dv}$, le coefficient de correction dépendant de la distribution de l'énergie du brouillage MF, compte tenu de sa perception par le téléspectateur.

R_{oq} est le rapport de protection pour la valeur de l'excursion de fréquence D_{ov} prise comme valeur de référence (déterminée à partir de la courbe correspondante de la Fig. 8 du Rapport 634).

D_{dv} est l'amplitude crête-à-crête de l'excursion de fréquence due au signal en dispersion, en MHz.

M_d est un coefficient déterminé à partir de la Fig. 9 du Rapport 634.

Pour évaluer F_s , on a supposé que:

$$F_{iqp} = -76 \text{ dB(W/m}^2\text{)}, \quad D_d = 0, \quad D_p = 2 \text{ dB}, \quad M_r = 3 \quad \text{et} \quad M_i = 0.$$

Tant que l'accord ne sera pas plus général quant aux valeurs à adopter pour les caractéristiques, il est prématuré que le CCIR recommande une valeur unique pour la limite de la puissance surfacique produite par le satellite, pour protéger la radiodiffusion de Terre. En vérité, on ne saurait exclure la nécessité éventuelle d'adopter des limites différentes pour des combinaisons de signaux utiles et brouilleurs répondant à des normes différentes.

3.1.2 *Protection du service de radiodiffusion par satellite*

On réalise généralement la protection des stations terriennes de réception du service de radiodiffusion par satellite en maintenant une distance de séparation minimale entre ces stations et les émetteurs des services de Terre. La distance de séparation minimale pour assurer la protection dépend des caractéristiques des installations de la station terrienne de réception et de la station d'émission du système de radiodiffusion de Terre. Les Fig. 1 et 2 donnent, à titre d'exemple, les valeurs de la puissance surfacique et de la distance de séparation dans le service de Terre pour protéger le service de radiodiffusion par satellite, dans le cas d'installations ayant les caractéristiques suivantes:

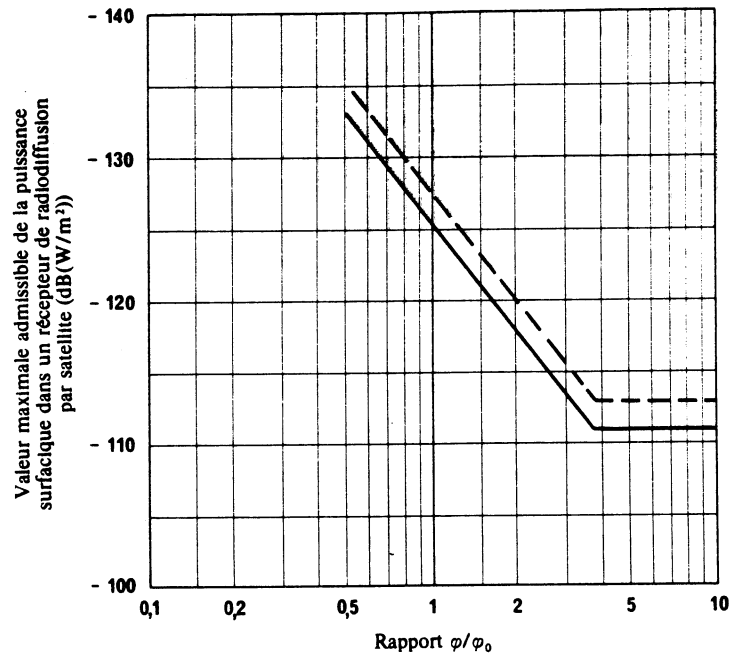


FIGURE 1 — Exemple de valeur maximale admissible de la puissance surfacique produite par un émetteur de Terre, pour la protection d'un récepteur de radiodiffusion par satellite

φ : direction de l'émetteur de Terre par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne de l'installation de réception de radiodiffusion par satellite

φ_0 : ouverture de faisceau à 3 dB de l'antenne de l'installation de réception de radiodiffusion par satellite

— : Système M à 525 lignes (Canada, Etats-Unis d'Amérique)

- - - : Systèmes à 625 lignes

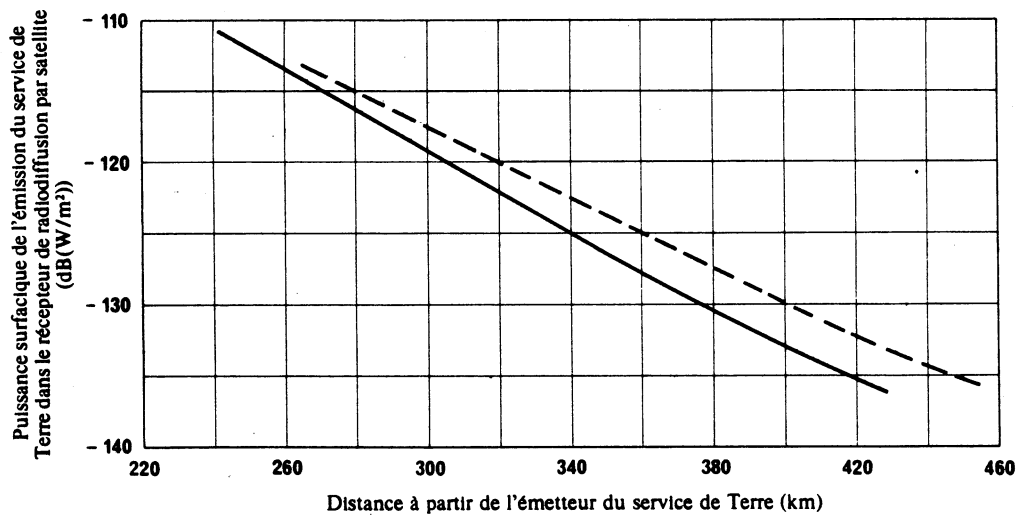


FIGURE 2 — Exemple de distance de protection des récepteurs de radiodiffusion par satellite contre les brouillages causés par des émetteurs du service de Terre

Emetteur du service de Terre, p.i.r.e.: 1 MW

Hauteur de l'antenne au-dessus d'un terrain ayant des caractéristiques moyennes: 300 m

Fréquence: 700 MHz

— : Système M à 525 lignes (Canada, Etats-Unis d'Amérique)

- - - : Systèmes à 625 lignes

3.1.2.1 *Système de radiodiffusion de Terre*

- station émettrice, p.i.r.e.: 1 MW;
- hauteur de l'antenne d'émission au-dessus d'un terrain ayant des caractéristiques moyennes: 300 m;
- rapport signal de luminance/bruit quadratique moyen non pondéré pour un brouillage tout juste perceptible: 36 dB (525 lignes), 45 dB (625 lignes);
- signal minimal à protéger: 64 dB($\mu\text{V}/\text{m}$) (525 lignes), 65 dB($\mu\text{V}/\text{m}$) (625 lignes);
- gain maximal de l'antenne de réception (Recommandation 419): 16 dB;
- rapport de protection contre le brouillage causé par l'émission du service par satellite: 42 dB (525 lignes) et 52 dB (625 lignes).

3.1.2.2 *Service de radiodiffusion par satellite, réception communautaire*

Modulation de fréquence avec excursion crête-à-crête: 10,6 MHz (525 lignes), 13 MHz (625 lignes):

- rapport signal de luminance/bruit quadratique moyen non pondéré (en limite d'empreinte du faisceau): 36 dB (525 lignes), 45 dB (625 lignes);
- puissance surfacique du satellite en limite d'empreinte du faisceau:
 - 118 dB(W/m^2) (525 lignes),
 - 110 dB(W/m^2) (625 lignes);
- gain de l'antenne de réception (3,3 m de diamètre, ouverture de faisceau 9°): 25 dB;
- directivité de l'antenne réceptrice (Rapport 810): $(10,5 + 25 \log \varphi/\varphi_0)$;
- rapport de protection contre le brouillage causé par l'émission du service de Terre: 18 dB (525 lignes), 28 dB (625 lignes).

Note. – Dans les calculs, aucune marge n'est prévue pour la discrimination de polarisation, ni pour les réflexions au sol ou les brouillages multiples. Il convient également de noter que l'exemple donné dans ce paragraphe est fondé sur un rapport de protection de 18 dB, qui se traduit par un niveau de dégradation compris entre 3,5 et 4 pour les types de programme les moins sensibles. Le Rapport 634 indique maintenant qu'il peut être nécessaire de prévoir des rapports de protection atteignant 32 dB si l'on veut obtenir des dégradations moindres avec des programmes plus sensibles. Si l'on applique ces valeurs, il conviendra de prévoir des distances de séparation et des angles de discrimination plus grands.

3.2 *Partage avec les services fixe et mobile*

Le partage de fréquences avec les services fixe et mobile (y compris les faisceaux hertziens transhorizon) pourrait être rendu difficile du fait des limites qu'il faudrait imposer aux puissances surfaciques de la télévision par satellite pour protéger les services fixe et mobile dans les bandes de fréquences actuellement attribuées aussi à la radiodiffusion. Il faudra par conséquent procéder avec beaucoup de soin avant d'établir un service de radiodiffusion par satellite. Les faisceaux hertziens transhorizon dont les antennes sont orientées dans la direction de l'orbite des satellites géostationnaires sont particulièrement vulnérables. L'Annexe I spécifie, à titre d'exemples, les limites qui doivent être imposées à la puissance surfacique, dans le cas du partage avec les services fixe et mobile.

4. **Partage dans la bande 2500 à 2690 MHz**

4.1 *Partage avec le service fixe*

(*Note.* – Ces considérations s'appliquent également aux systèmes fixes par satellite utilisés pour la distribution de télévision, dans la mesure où ceux-ci sont techniquement semblables aux systèmes de radiodiffusion par satellite.)

La bande 2500 à 2690 MHz est partagée par les services fixe, mobile, fixe par satellite et de radiodiffusion par satellite, qui y ont tous un statut primaire. Dans la partie supérieure de la bande (2655 à 2690 MHz), d'autres services sont des services secondaires. Le service de radiodiffusion par satellite et le service fixe par satellite sont soumis à la même limite de puissance surfacique (voir les numéros 2561 à 2564 du Règlement des radiocommunications). Les considérations et les conclusions exposées dans la présente section s'appliquent donc aux deux services.

Pour étudier le partage des fréquences avec les satellites du service de radiodiffusion ou du service fixe, on a tenu compte des systèmes de Terre du service fixe suivants: faisceaux hertziens en visibilité directe, faisceaux hertziens transhorizon, ainsi qu'un certain type de système de distribution de télévision. Les conditions de partage entre la radiodiffusion télévisuelle par satellite et les autres services de Terre n'ont pas été étudiées, faute de renseignements.

Le type de système de radiodiffusion par satellite choisi pour examen est un système conçu pour la réception communautaire. Le Tableau II ci-après donne, à titre d'exemple, les caractéristiques d'un tel système.

TABLEAU II – Exemple de caractéristiques d'un système de télévision par satellite pour réception communautaire aux environs de 2600 MHz

(Système M: Etats-Unis d'Amérique, Canada)
Emission à polarisation circulaire
Modulation de fréquence
Largeur de bande rectangulaire équivalente: 20 MHz
Gain de l'antenne de réception de la station terrienne (antenne parabolique 2,5 m): 34 dB ⁽¹⁾
Diagramme de directivité de l'antenne de réception de la station terrienne: $10,5 + 25 \log (\varphi/\varphi_0)$ où: φ : angle par rapport à l'axe du faisceau principal, φ_0 : angle entre les points à mi-puissance, 3,1°
Gain minimal dans les lobes latéraux: 0 dB
Champ du satellite à protéger en limite de faisceau: 28 dB(μ V/m)
Rapport signal de luminance/bruit quadratique moyen non pondéré: 36 dB
Rapport de protection contre le brouillage du système ITFS ⁽²⁾ : 30 dB ⁽³⁾

(1) Dans cet exemple, on a utilisé une antenne d'un diamètre de 2,5 m jugée propre à réduire au minimum le coût des systèmes destinés à de nombreuses applications dans la Région 2; c'est là le résultat d'une étude effectuée aux Etats-Unis d'Amérique [Kelley et autres, 1976].

(2) ITFS: «Instructional Television Fixed Service».

(3) Extrait du Rapport 634.

4.1.1 Partage avec les faisceaux hertziens en visibilité directe

Bien que ce cas n'ait pu être étudié en détail faute de renseignements valables, on doit remarquer que l'établissement de réseaux comportant de nombreuses stations implique souvent l'emploi répétitif des fréquences selon un plan occupant une partie continue de la bande attribuée et dont il est difficile de s'écarter (voir les Recommandations 283 et 382).

L'utilisation du même canal par un système de radiodiffusion par satellite et un faisceau hertzien situé à l'intérieur ou au voisinage de la zone de service de ce système de radiodiffusion par satellite étant à proscrire en raison du «trou» que l'émetteur du faisceau hertzien provoquerait nécessairement dans cette zone de service, il en résulte des contraintes qui pourraient rendre très difficile l'établissement de réseaux de faisceaux hertziens utilisant un plan complet de répartition des canaux radioélectriques.

4.1.2 Partage avec des systèmes de faisceaux hertziens transhorizon

Le partage de fréquences entre des systèmes de radiodiffusion par satellite et des faisceaux hertziens transhorizon au voisinage de 2600 MHz n'est techniquement possible que dans la mesure où chaque système peut accepter certaines restrictions techniques et d'exploitation pour assurer une protection mutuelle des deux systèmes (voir aussi le § 8.4.3 du Rapport de la Réunion spéciale mixte, Genève, 1971).

4.1.2.1 Protection des faisceaux hertziens transhorizon

La protection des faisceaux transhorizon contre le brouillage préjudiciable causé par le service de radiodiffusion par satellite est actuellement assurée par une combinaison de limites de densité surfacique imposées aux satellites (numéros 2561 à 2564 du Règlement des radiocommunications), par une instante invitation à ne pas orienter les antennes des faisceaux transhorizon dans la direction de l'orbite des satellites géostationnaires (numéro 764 du Règlement des radiocommunications) et, par voie de conséquence, à faire en sorte que la direction du rayonnement maximal de ces antennes s'écarte d'au moins 2° de l'orbite en question (numéro 2502 du Règlement des radiocommunications).

Les méthodes de détermination des azimuts et des angles de site à éviter par les antennes des faisceaux transhorizon sont indiquées dans le Rapport 393.

4.1.2.2 Protection de la radiodiffusion par satellite

Les récepteurs de radiodiffusion par satellite risquent d'être brouillés par les émetteurs de faisceaux hertziens transhorizon dans une zone allongée s'étendant sur une assez grande distance dans la direction de pointage de l'antenne transhorizon. La longueur de cette zone dépend de la directivité de l'antenne et des directions relatives de la liaison transhorizon et du satellite. En conséquence, l'établissement d'un service de radiodiffusion par satellite pour couvrir une zone donnée empêche la mise en place de nouveaux faisceaux hertziens transhorizon dans cette zone et dans son voisinage si celle-ci doit être entièrement protégée contre les brouillages.

4.1.3 Partage avec un certain type de système fixe de distribution de télévision de Terre

Le Tableau III donne, à titre d'exemple, les caractéristiques des systèmes de distribution de télévision de Terre dont il s'agit. Ces particularités sont typiques des systèmes ITFS (Instructional Television Fixed Service, service fixe de télévision éducative) utilisés dans certaines parties de la Région 2. Une particularité de ces systèmes est l'utilisation d'émetteurs d'une puissance d'environ 10 W avec des antennes omnidirectionnelles ou directives et des points de réception bien déterminés (établissements d'enseignement) qui utilisent des antennes de réception paraboliques directives. On utilise toute une gamme d'antennes de réception plus ou moins normalisées, avec des ouvertures de 0,61 m et 1,22 m, 1,83 m et 2,44 m. L'antenne appropriée est choisie en fonction de la distance de l'émetteur. Dans nombre de ces systèmes, le facteur de bruit du récepteur est 9 dB. Toutefois, de récents progrès techniques permettront l'emploi de récepteurs avec des facteurs de bruit s'abaissant jusqu'à 3,5 dB.

Le partage de fréquences au voisinage de 2600 MHz, entre un système de radiodiffusion par satellite et un système ITFS, est techniquement possible moyennant certaines conditions. Il faudrait spécifier une limite de la puissance surfacique du signal émis par le satellite pour protéger le service ITFS; d'autre part, le brouillage dû au service ITFS créerait un «trou» ou une zone de brouillage dans le service par satellite. L'étendue de cette zone de brouillage dépend de la puissance d'émission et de la hauteur de l'antenne d'émission du système ITFS, du diagramme de directivité des antennes de réception au sol du système de radiodiffusion par satellite, et de l'angle de site du satellite.

4.1.3.1 Protection du système ITFS

Le service de radiodiffusion télévisuelle par satellite avec modulation de fréquence à large bande peut partager avec les systèmes ITFS des fréquences de la bande des 2600 MHz, à condition que la puissance surfacique produite dans chaque canal par le satellite soit limitée aux valeurs indiquées dans la Fig. 3.

On peut montrer que la valeur maximale de la puissance surfacique brouilleuse admissible, ρ_i , est:

$$\rho_i = \frac{C/N}{C/I} \cdot \frac{4\pi kTB}{\lambda^2} \cdot \frac{1}{G(\varphi)} \quad (3)$$

où $G(\varphi)$ est le gain de l'antenne ITFS dans une direction faisant un angle φ avec l'axe.

A la Fig. 3, on a établi des courbes pour chacune des ouvertures d'antennes ITFS, pour des facteurs de bruit de 9 et de 3,5 dB et pour un rapport signal de luminance/bruit quadratique moyen non pondéré de 43 dB. La ligne horizontale de tirets indique la puissance surfacique pour le système de radiodiffusion par satellite fondé sur le Tableau II (c'est-à-dire -115 dB(W/m²) au centre du faisceau).

TABLEAU III – Exemple de caractéristiques d'un système ITFS
aux environs de 2600 MHz

Modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle, système M (Etats-Unis d'Amérique et Canada)		Omnidirective
P.i.r.e.	(dBW)	20
Portée de service (approximative)	(km)	50
Champ à protéger	(dB(μ V/m))	56
Rapport signal de luminance/bruit quadratique moyen non pondéré	(dB)	43
Gain de l'antenne de réception pour un diamètre (m) de:	(dB)	
	0,61	21,5
	1,22	27,5
	1,83	31
	2,44	33,5
Discrimination de l'antenne de réception où:	(dB)	$10,5 + 25 \log(\varphi/\varphi_0)$
φ : angle par rapport à l'axe du faisceau principal φ_0 : angle entre les points à mi-puissance		
Rapport de protection contre les signaux du satellite	(dB)	50
Ouverture du faisceau de l'antenne de réception	(degrés)	12,8; 6,4; 4,3 et 3,2

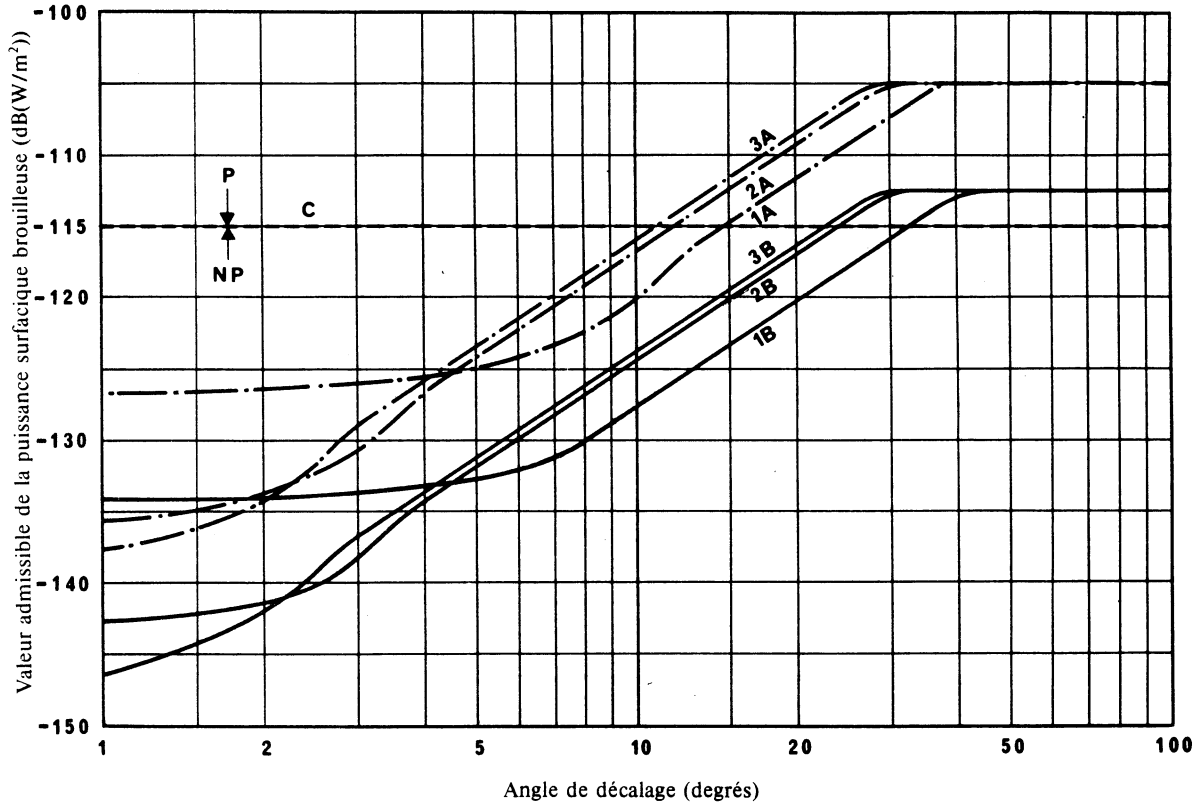


FIGURE 3 - Valeur admissible de la puissance surfacique brouilleuse, en radiodiffusion par satellite, en fonction de l'angle de décalage (pour protéger le système ITFS)

Courbe	Diamètre, D (m)	Facteur de bruit (dB)
1A	0,6	9
1B	0,6	3,5
2A	1,83	9
2B	1,83	3,5
3A	2,44	9
3B	2,44	3,5

Note. - Signal/bruit (S/N) = 43 dB et porteuse/brouillage (C/I) = 50 dB pour toutes les courbes.

C — — — signal à protéger (puissance surfacique au centre du faisceau, -115 dB(W/m²))

P : protégé

NP: non protégé

Dans le cas des Etats contigus des Etats-Unis d'Amérique, les angles de site des satellites dépassent presque toujours 30° pour les emplacements situés au milieu du continent. On notera en outre que l'angle de décalage (entre le faisceau principal de l'antenne de la station terrienne de radiodiffusion par satellite et l'antenne d'une station de Terre) ne sera jamais inférieur à l'angle de site dans la direction du satellite, quel que soit l'azimut du système de Terre. En conséquence, comme le montre la Fig. 3, un système de radiodiffusion par satellite ne causerait pas de brouillage à un système ITFS dans lequel le rapport signal sur bruit est de 43 dB et dont les caractéristiques ont les valeurs indiquées au Tableau III, même si le facteur de bruit du récepteur s'abaisse jusqu'à 3,5 dB (comme on peut le voir en examinant les courbes 1A, 2A, 3A, 1B, 2B et 3B).

Des systèmes ITFS qui auraient des objectifs supérieurs pour le rapport signal/bruit, disons de 45 ou de 49 dB, seraient protégés contre les brouillages même avec des décalages angulaires encore plus petits. Pareillement, des rapports de protection inférieurs, qui seraient éventuellement acceptables dans le cas de signaux brouilleurs du SRS ayant une excursion crête-à-crête supérieure (comme exposé au § 1.6 du Rapport 634) permettraient d'obtenir le niveau de protection désiré avec des décalages angulaires plus petits.

4.1.3.2 Protection de la télévision par satellite

Si la puissance surfacique d'un système ITFS ne dépasse pas $-115 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ comme le montre la Fig. 4 à l'emplacement d'une installation terrienne pour réception communautaire, il n'y aura pas de brouillage. Cette protection est réalisable pour un angle de site minimal du satellite de 31° .

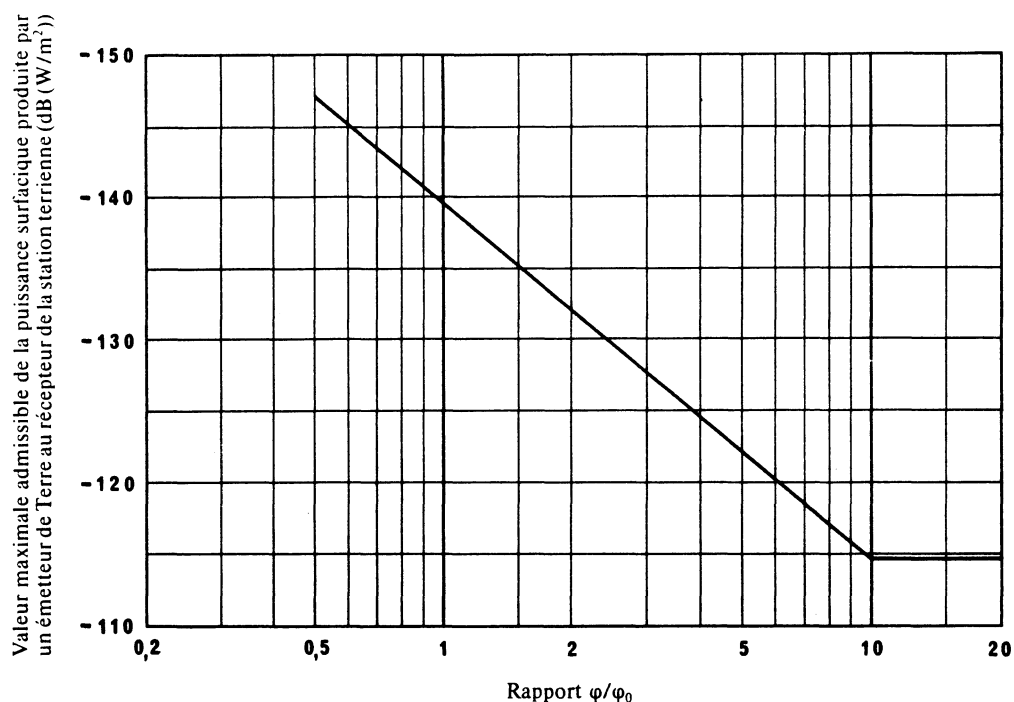


FIGURE 4 – Exemple de valeur maximale admissible de la puissance surfacique produite par des émetteurs de station de Terre pour la protection des récepteurs des stations terriennes du service de radiodiffusion par satellite (ITFS à 2,6 GHz)

φ : direction du satellite par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne de réception du service de Terre

φ_0 : ouverture de faisceau à 3 dB de l'antenne de réception du service de Terre

La Fig. 5 montre que la distance de séparation nécessaire entre l'installation terrienne de réception et l'émetteur ITFS, pour plusieurs valeurs de la puissance surfacique ITFS et de l'angle de discrimination, est comprise entre 60 km et des valeurs supérieures à 140 km, en admettant qu'il n'existe pas d'écran de terrain. Ces valeurs ont été calculées à partir de la formule suivante:

$$E_i(d, r) = p.i.r.e._i - 10 \log(4\pi d^2) - L_i(d, r) + 145,8 \quad (4)$$

où:

$E_i(d, r)$: signal émis par l'émetteur de Terre (dB($\mu\text{V/m}$)) à la distance d , avec une probabilité $r\%$;

d : distance à partir de l'émetteur de Terre;

$L_i(d, r)$: excédent d'affaiblissement par rapport aux pertes par étalement à la distance d , non dépassé pendant $r\%$ du temps (valeur supposée 1%).

Il est à noter que, dans cet exemple, on a utilisé un rapport de protection de 30 dB, conformément au Rapport 634 et la valeur de $L_i(d, r)$ est conforme au Rapport 569, et suppose une valeur de $H = 200 \text{ m}$.

Les distances de séparation indiquées dans la Fig. 5 sont théoriques et correspondent aux cas les plus défavorables. On a pu faire certaines observations du brouillage causé par les émetteurs ITFS à des récepteurs analogues aux récepteurs que pourrait utiliser le service de radiodiffusion par satellite. Les valeurs du brouillage ont été obtenues au cours d'expériences effectuées avec le satellite ATS-6 et une multiplicité de petites installations de réception, dont certaines étaient situées à proximité d'émetteurs ITFS ou en différents emplacements compris dans les lobes de rayonnement d'antenne de ces émetteurs.

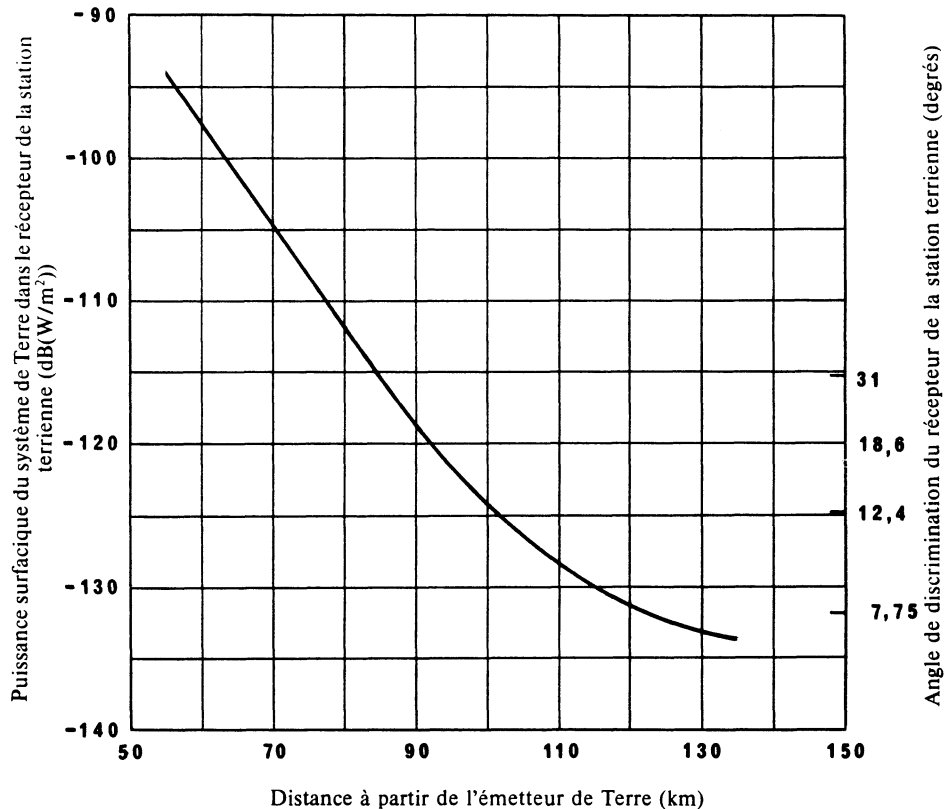


FIGURE 5 - Exemple de distance de protection d'un récepteur de station terrienne contre les brouillages dus à un émetteur du service de Terre (ITFS à 2,6 GHz)
P.i.r.e.: 20 dBW

Dans plusieurs cas, les distances réelles de séparation et les angles de discrimination n'étaient pas suffisants pour assurer une réception exempte de brouillage selon les critères indiqués dans le présent Rapport, mais aucun brouillage n'a cependant été signalé même lorsque les récepteurs se trouvaient situés à proximité de l'émetteur ou presque dans le faisceau principal de l'antenne de l'émetteur.

Ces observations ne sont pas suffisamment précises ou complètes pour justifier des modifications des méthodes de calcul exposées dans ce Rapport, mais elles indiquent toutefois que les méthodes appliquées jusqu'à présent conduisent à des sous-estimations et que les emplacements et les zones exempts de brouillage sont peut-être plus nombreux que ne l'indiquent les courbes de ce Rapport.

Les résultats et les conclusions exposés dans la présente section sont fondés sur les considérations théoriques. Pour confirmer les prévisions, il convient de procéder à des mesures précises du brouillage au voisinage des systèmes de Terre dans la bande 2500 à 2690 MHz.

4.2 Dispersion d'énergie

L'utilisation de la dispersion de l'énergie dans la bande des 2,6 GHz, a été étudiée par une administration. Les calculs de la largeur de bande nécessaire et du rapport signal/bruit correspondant conduisent à la conclusion que le fonctionnement de la radiodiffusion par satellite à 2,6 GHz, avec petites antennes de réception, peut subir des restrictions importantes du fait de la nécessité de prévoir une dispersion de l'énergie.

4.3 Partage avec le service de radioastronomie

Le Rapport 224 examine le partage des fréquences entre le service de radioastronomie et le service de radiodiffusion par satellite. Les possibilités d'un partage géographique dans la bande partagée sont à explorer. Il importe que les administrations, quand elles procèdent à des assignations, ne perdent pas de vue les difficultés soulevées par la transmission dans la bande adjacente, difficultés qui sont analysées dans les Rapports 224 et 807.

5. Partage dans la bande 11,7 à 12,75 GHz

On trouvera ci-après les conditions à remplir pour un partage des fréquences dans la bande des 12 GHz entre le service de radiodiffusion par satellite et le service de radiodiffusion de Terre. La question du partage entre le service de radiodiffusion par satellite et le service fixe par satellite dans la bande 11,7 à 12,2 GHz (pour la Région 2) est traitée dans le Rapports 561 et 809.

Dans certaines zones climatiques, l'affaiblissement résultant de la pluie peut exiger des marges d'affaiblissement contre les effets des précipitations plus élevées pour obtenir une meilleure fiabilité de service. Cette marge devrait être prise en considération dans les problèmes de partage.

5.1 Conditions pour protéger des systèmes de Terre contre le brouillage causé par des satellites de radiodiffusion

5.1.1 Considérations générales

Dans le Rapport 215, on indique que la largeur de bande d'une émission de télévision 625 lignes par satellite est de 27 MHz. Lorsqu'aucun signal vidéo n'est présent ou lorsque le signal vidéo présente certaines répétitions, la puissance peut se rassembler sous forme de pointes d'énergie. Etant donné que certains services de Terre risquent d'être affectés par la densité spectrale de puissance plutôt que par la puissance totale de brouillage, il est important d'essayer de rapporter la puissance d'une émission de radiodiffusion par satellite à la puissance dans différentes largeurs de bande. Cela conduit à envisager l'application de la dispersion d'énergie à l'émission du satellite de radiodiffusion ou au service qui subit le brouillage.

Pour les systèmes de téléphonie MRF-MF analogique de Terre, dans lesquels on se fonde sur une largeur de bande de 4 kHz lorsqu'on évalue les niveaux de brouillages, les bénéfices obtenus de la dispersion d'énergie sont sensibles. Des études de la dispersion d'énergie en radiodiffusion par satellite ont révélé l'existence de valeurs de dispersion «naturelle» de l'ordre de 10 dB [CCIR, 1974-78a, b et c].

La Conférence administrative mondiale des radiocommunications de radiodiffusion par satellite (Genève, 1977) a adopté pour le Plan l'utilisation de la dispersion de l'énergie pour le service de radiodiffusion par satellite, en spécifiant la valeur 600 kHz. En incorporant dans le Règlement des radiocommunications le Plan du service de radiodiffusion par satellite adopté par la CARR SAT-83, la CAMR ORB-85 a précisé que la dispersion d'énergie doit être utilisée de telle sorte que la densité spectrale de puissance surfacique mesurée dans une largeur de bande de 4 kHz soit réduite de 22 dB par rapport à la mesure faite dans la largeur de bande intégrale. Cette diminution correspond à une excursion crête-à-crête approximativement égale à 600 kHz.

Avec une telle valeur, l'avantage pour les systèmes de Terre qui transmettent des signaux de télévision semble être négligeable. L'effet subjectif d'un signal MF avec dispersion d'énergie sur un signal de télévision MA se traduit en fait par une réduction du rapport de protection d'environ 1,5 dB par MHz de l'excursion crête-à-crête du signal transmis avec dispersion de l'énergie (voir le Rapport 634).

Il est peu probable que la dispersion de l'énergie sera utilisée de manière intensive par les services de Terre tels que le service fixe.

On peut obtenir la puissance surfacique dans une largeur de bande de 4 kHz de l'émission d'un satellite de radiodiffusion simplement en soustrayant la valeur appropriée indiquée dans le Tableau IV de la puissance surfacique totale dans la largeur de bande de 27 MHz.

TABLEAU IV — *Avantage procuré par la dispersion d'énergie pour une bande de 4 kHz*

Condition de dispersion	Dispersion d'énergie crête-à-crête (dB)
Dispersion naturelle (crête-à-crête)	10
Dispersion à 600 kHz (CAMR-RS)	22
Dispersion à 1 MHz	25
Dispersion à 2 MHz	27
Dispersion à 4 MHz	30

Un supplément de protection, qui est fonction du spectre de l'émission d'un satellite de radiodiffusion, peut être obtenu en décalant, dans certaines circonstances, les canaux de Terre par rapport aux canaux du satellite de radiodiffusion. On ne pourra bien entendu obtenir cette protection que si l'émission de Terre a une largeur de bande égale ou inférieure à l'espacement entre les canaux de radiodiffusion par satellite; la protection réellement obtenue sera fonction du spectre des deux signaux. Des études complémentaires sont nécessaires pour obtenir des valeurs numériques mais on peut situer celles-ci entre 0 et 10 dB compte tenu des facteurs susmentionnés. Etant donné que le Rapport 634 indique que la dispersion d'énergie a un effet défavorable sur les rapports de protection des canaux adjacents, il s'ensuit que la dispersion d'énergie peut avoir un effet défavorable sur la protection des services de Terre si l'on décale leurs émissions par rapport à celles des satellites de radiodiffusion.

La CAMR-RS-77 et la CARR SAT-83 ont adopté la polarisation circulaire pour le service de radiodiffusion par satellite. Les systèmes de Terre qui utilisent la polarisation rectiligne ne devraient pas s'attendre à une discrimination de polarisation supérieure à 3 dB.

5.1.2 Brouillage causé au service de radiodiffusion de Terre par le service de radiodiffusion par satellite

Dans le présent paragraphe, le brouillage causé à un récepteur de radiodiffusion de Terre par l'émetteur d'un satellite de radiodiffusion est traité comme le dépeint la Fig. 6. Cette figure montre les deux principaux éléments qui entrent alors en jeu: la discrimination angulaire due à la directivité de l'antenne de l'émetteur du satellite (qui peut être exprimée en fonction de l'angle, ϕ par rapport à l'axe) et la discrimination de l'antenne du récepteur de Terre (qui peut être exprimée en fonction de l'angle d'arrivée, θ).

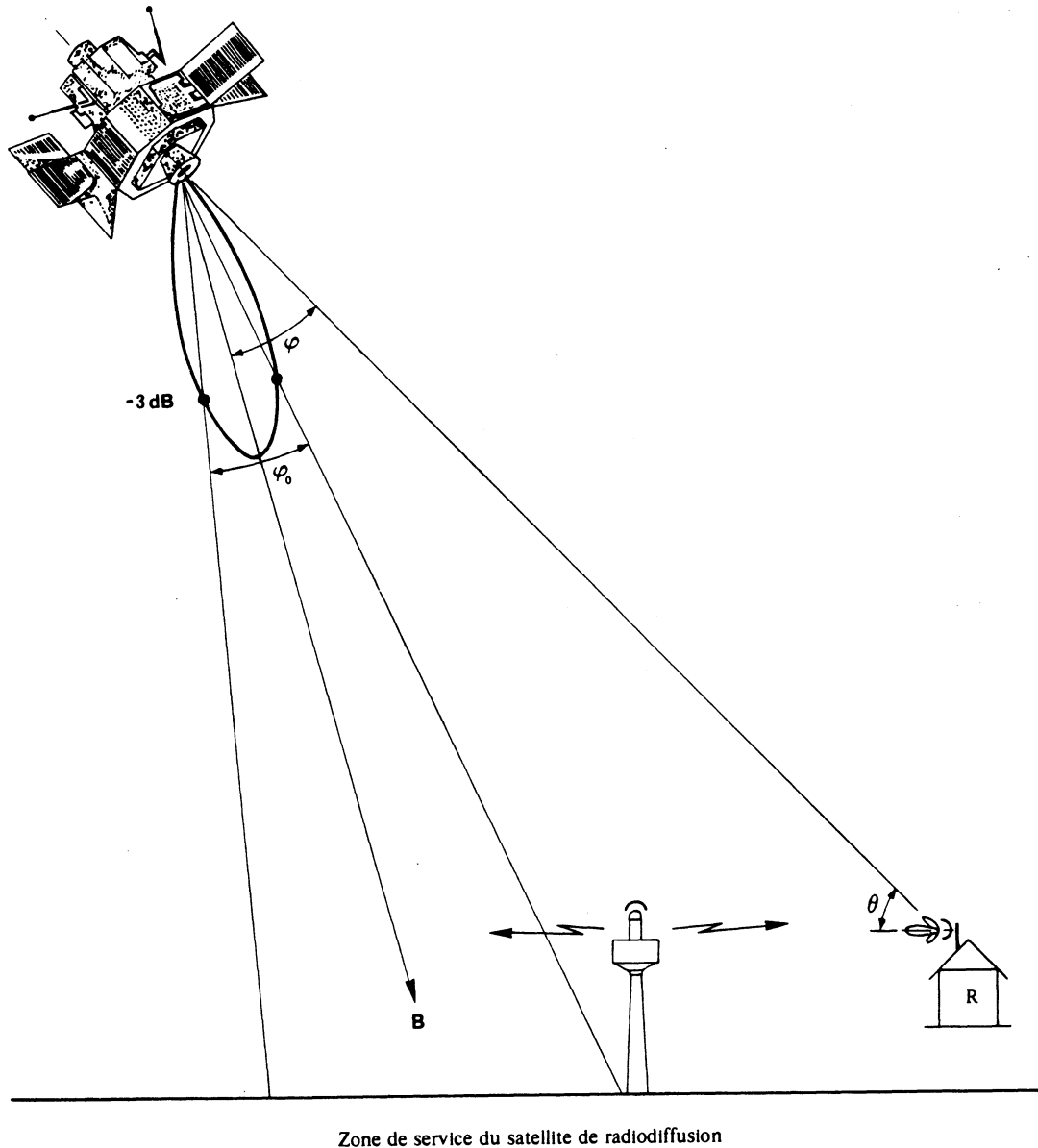


FIGURE 6 — Brouillage causé à un récepteur de radiodiffusion de Terre par l'émetteur d'un satellite de radiodiffusion

- ϕ : Angle par rapport à l'axe principal de l'antenne du satellite
- B : Axe du faisceau
- θ : Angle d'arrivée
- R : Récepteur de terre

Pour illustrer les principes sur lesquels est fondé ce modèle de partage, on admet que le centre du faisceau indiqué dans la Fig. 6 est dirigé vers un point situé à 40° Nord et que l'ouverture du faisceau de l'antenne du satellite est de 2°. La puissance surfacique, pour cette longitude, est représentée dans la Fig. 7 par la ligne en trait plein. Les différentes valeurs obtenues résultent de la discrimination de l'antenne du satellite. La ligne en tirets indique, dans le cas d'un faisceau hertzien transmettant des programmes de télévision (ligne 2 du Tableau V), la puissance surfacique brouilleuse que l'on peut admettre. Les diverses valeurs indiquées sont le résultat de la discrimination d'antenne du faisceau hertzien. Lorsque la ligne en tirets se trouve au-dessus de la ligne en trait plein, le partage est possible quelle que soit la direction azimutale du récepteur de Terre. En revanche, lorsque la ligne en trait plein est au-dessus de la ligne en tirets, le partage n'est possible que lorsqu'on déplace, d'une valeur appropriée, l'azimut de l'antenne du faisceau hertzien par rapport à la position du satellite sur l'orbite géostationnaire. Cet exemple est représenté à la Fig. 8 sous forme d'une carte de contours. Dans cet exemple particulier de système de Terre, le partage est possible dans les parties non hachurées, sans restriction. Dans les parties hachurées, le partage n'est possible que sous réserve de certaines restrictions quant à la direction de pointage de l'antenne du faisceau hertzien.

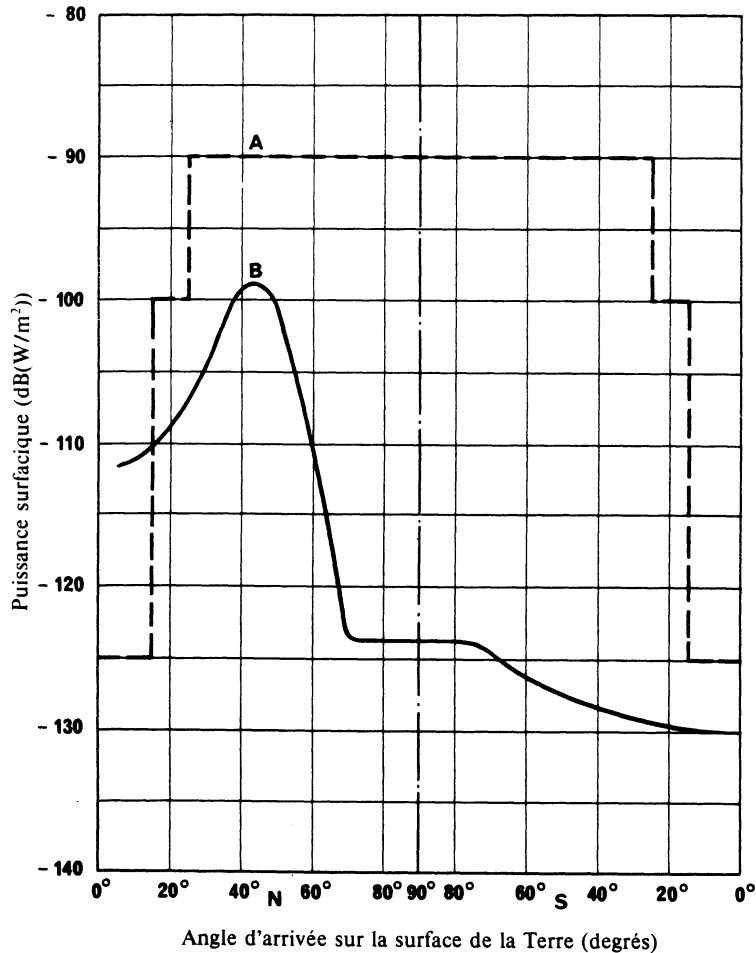


FIGURE 7 - Exemple pour le modèle 2 montrant la possibilité de partage des fréquences entre un satellite de radiodiffusion pour réception individuelle et un faisceau hertzien de télévision

- Puissance surfacique due au satellite de radiodiffusion; pointage du faisceau du satellite à 40° N
ouverture du faisceau de l'antenne du satellite = 2°
- - - Puissance surfacique brouilleuse maximale admissible dans un faisceau hertzien de télévision (exemple dans [CCIR, 1974-78e]).
- . - . - Equateur

Courbe A: système de Terre
B: satellite

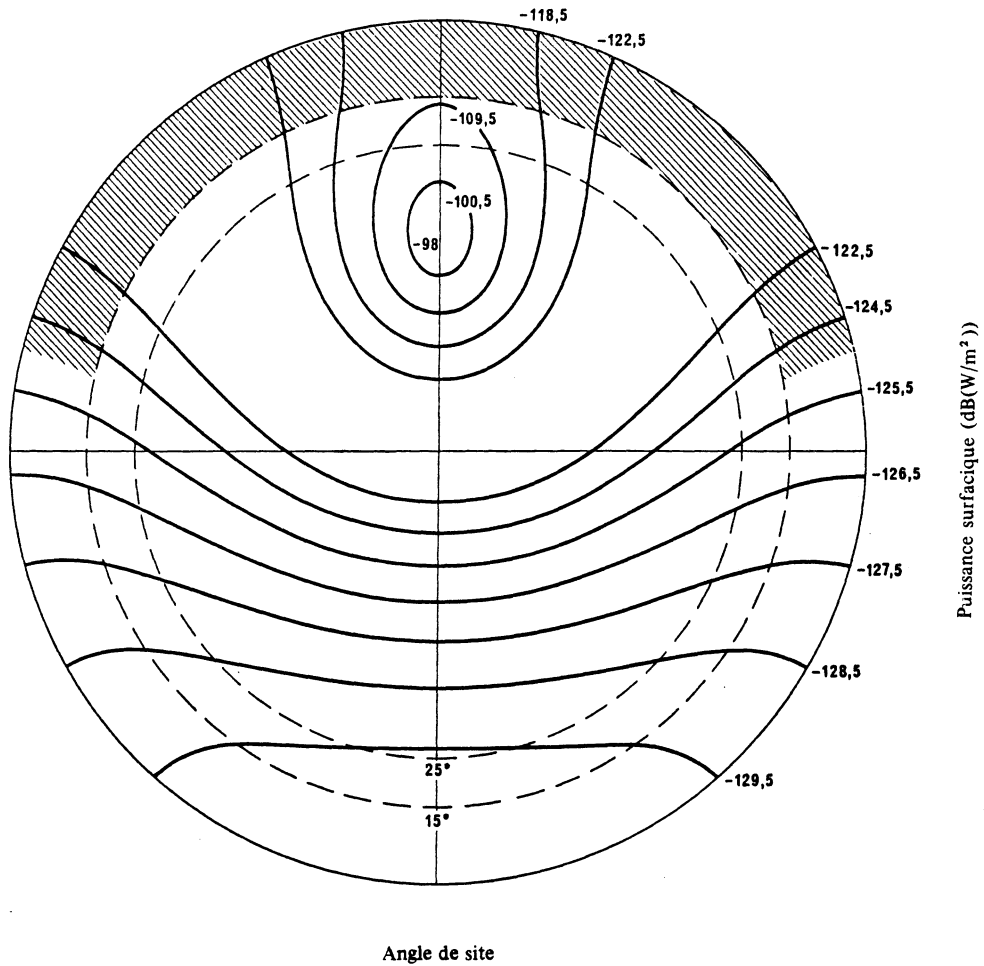


FIGURE 8 – Puissance surfacique d'un satellite de radiodiffusion ayant un faisceau de 2° pointé vers 40° de latitude Nord

Note. – Les zones hachurées du diagramme représentent la zone de la surface de la Terre dans laquelle la valeur maximale acceptable de la puissance surfacique brouilleuse est dépassée dans un faisceau hertzien de télévision (limites tirées de [CCIR, 1974-78f]).

TABLEAU V – Exemples de puissances surfaciques brouilleuses admissibles pour des systèmes fonctionnant dans la bande des 12 GHz

(Tirés de [CCIR, 1974-78a])

Système utile	Pourcentage du temps	Puissance surfacique maximale brouilleuse (dB(W/m ²)) pour un angle d'arrivée de 0° par rapport à l'axe principal de l'antenne du service de Terre	Discrimination d'antenne par rapport à l'axe (1)
1	2	3	4
Faisceau hertzien en visibilité directe à modulation de fréquence transmettant des liaisons téléphoniques (3)	99,9	—128/4 kHz (2) pour un angle d'arrivée quelconque	35-25 log φ
Faisceau hertzien à modulation de fréquence en visibilité directe transmettant des programmes de télévision (3)	99,9	—125/5 MHz	10,5 + 25 log (φ / φ_0)
Faisceau hertzien multivoie à modulation d'amplitude en visibilité directe transmettant des programmes de télévision (3)	99,9	—134/5 MHz	10,5 + 25 log (φ / φ_0)
Radiodiffusion sonore ou visuelle de Terre à modulation d'amplitude	99	—130/5 MHz	9 + 20 log (φ / φ_0)
Radiodiffusion sonore ou visuelle de Terre à modulation de fréquence	99	—130/27 MHz	9 + 20 log (φ / φ_0)
Radiodiffusion par satellite (réception individuelle)	99	—131/27 MHz	—(9 + 20 log (φ / φ_0)) (2) pour $0,707 \varphi_0 < \varphi \leq 1,26 \varphi_0$ —(8,5 + 25 log (φ / φ_0)) pour $1,26 \varphi_0 < \varphi \leq 9,55 \varphi_0$

(1) Gain d'antenne hors axe.

(2) Voir le Rapport 810.

(3) Pour plus de renseignements sur les caractéristiques de ces systèmes, voir le Rapport 608 (Kyoto, 1978).

Il convient de noter que dans l'exemple ci-dessus on n'envisage que le cas d'un seul faisceau de satellite. Alors qu'un faisceau de 2° à une latitude de 40° Nord est considéré comme un cas défavorable, la zone géographique précise pour laquelle le partage est possible dépend du résultat du plan d'assignation de fréquence/position orbitale réellement établi. La zone géographique dépend aussi pour beaucoup de la sensibilité des services de Terre utilisant la bande considérée.

L'exemple ci-dessus s'applique à une seule valeur d'ouverture de faisceau de l'antenne du satellite. On peut exprimer d'une manière plus générale les normes de partage s'appliquant à une valeur quelconque de l'ouverture du faisceau d'un satellite; ce cas est illustré par l'exemple ci-après d'un système de radiodiffusion de Terre [CCIR, 1974-78d].

Dans l'exemple, la valeur du rapport de protection nécessaire, PR_0 , pour un brouillage tout juste perceptible, est de 56 dB (signal utile: MA-BLR, 625 lignes, signal brouilleur: MF, excursion de fréquence nominale crête-à-crête, 8 MHz). Toutefois, compte tenu de l'effet de masque du brouillage produit par le bruit erratique, une valeur plus faible, PR_1 , pour le rapport de protection, calculée d'après la formule:

$$PR_1 = PR_0 - (49 - S/N) \quad (5)$$

a été adoptée dans les calculs, où S/N est le rapport signal de luminance crête-à-crête/bruit quadratique moyen pondéré, dépassé pendant 99% du temps à la limite de la zone de couverture du système de radiodiffusion de Terre. On suppose que le rapport signal/bruit est de 39 dB.

On a ainsi:

$$PR_1 = 56 - (49 - 39) = 46 \text{ dB} \quad (6)$$

La puissance surfacique minimale du signal utile à la limite de la zone de couverture du système de radiodiffusion de Terre, dépassée pendant 99% du temps est de $-85,5 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. Ainsi, la puissance surfacique brouilleuse d'un signal arrivant de la direction la moins favorable dans le plan horizontal ne doit pas dépasser $-131,5 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$.

En admettant qu'une puissance surfacique type produite sur la surface de la Terre par le satellite de radiodiffusion au centre du faisceau est, par temps clair, de $-98 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$, il faut une discrimination d'environ 33,5 dB.

On admet que les lobes latéraux des antennes de réception du système de radiodiffusion de Terre sont conformes à la courbe de référence A figurant dans le Rapport 810, Fig. 2. Les valeurs du gain d'antenne déterminées d'après cette courbe de référence sont indiquées dans le Tableau VI.

Il ressort du Tableau VI que la discrimination requise de 33,5 dB ne peut être obtenue par la directivité de l'antenne de réception dans le seul système de radiodiffusion de Terre. Ainsi, l'utilisation d'un même canal entre un service de Terre utilisant la modulation d'amplitude et un satellite de radiodiffusion n'est pas possible dans la zone de service du satellite de radiodiffusion.

TABLEAU VI - Gain et discrimination angulaire pour les antennes de réception du système de radiodiffusion de Terre

Angle par rapport à l'axe (θ) (degrés)	Gain d'antenne (dB)	
	Par rapport à une antenne isotrope	Par rapport au gain maximal dans le lobe principal (34,5 dB)
10	13,5	-21,0
15	8,0	-26,5
20	5,5	-29,0
25	3,0	-31,5
$\geq 29,65$	1,5	-33,0

Toutefois, en dehors de la zone de service du satellite de radiodiffusion, on obtient une discrimination angulaire supplémentaire en raison de la directivité de l'antenne de l'émetteur du satellite de radiodiffusion (voir la Fig. 6).

On admet que le gain relatif de l'antenne d'émission du satellite de radiodiffusion est conforme à la courbe A de la Fig. 1 du Rapport 810. La valeur de φ/φ_0 (Fig. 6) nécessaire pour obtenir un supplément suffisant de discrimination angulaire a été calculée et fait l'objet du Tableau VII.

TABLEAU VII – Valeur nécessaire pour la discrimination angulaire supplémentaire de l'antenne de l'émetteur du satellite de radiodiffusion

Angle de site du satellite de radiodiffusion au point de réception (degrés)	Valeur nécessaire de la discrimination angulaire de l'antenne de l'émetteur du satellite (dB)	Valeur nécessaire de φ/φ_0
10	12,5	0,98
15	7,0	0,60
20	4,5	0,54
25	2,0	0,33
$\geq 29,65$	0,5	0,25

Dans un autre exemple de système de radiodiffusion de Terre, pour lequel on admet que la puissance surfacique minimale, à la limite de la zone de service est de $-78,2 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$, on peut tolérer une puissance surfacique brouilleuse arrivant de la direction la moins favorable dans le plan horizontal et ne dépassant pas $-124,2 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. Cette valeur permet le partage pour des zones géographiques plus étendues que l'indique l'exemple du Tableau VII.

D'autres exemples figurent dans les docs. [CCIR, 1974-78g, h, i, j et k].

Des expériences, réalisées au Japon avec des signaux de télévision NTSC à 525 lignes [CCIR, 1978-82a], ont montré que les signaux de radiodiffusion par satellite ne causaient pas de brouillage préjudiciable à un système de radiodiffusion de Terre MA-BLR à 12 GHz, dans la zone de couverture de celui-ci même s'il y avait chevauchement entre les canaux, si la puissance surfacique du satellite BSE était de $-106 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ (pour un angle de site d'environ 40°) tandis que, pour le service de Terre, on admettait une portée maximale correspondant à une puissance surfacique de $-70 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$.

5.1.3 Brouillage causé à un récepteur du service fixe par l'émetteur d'un satellite de radiodiffusion

Les émissions des satellites de radiodiffusion peuvent être cause de brouillage pour les faisceaux hertziens de Terre. La puissance surfacique produite à la surface de la Terre par une station spatiale quelconque du service de radiodiffusion par satellite sur le territoire d'autres pays est limitée à une valeur de l'ordre de $-128 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ quel que soit l'angle d'arrivée.

Dans ces conditions, on peut imposer au choix du trajet d'un faisceau hertzien des restrictions telles que la puissance de brouillage totale dans une voie téléphonique du faisceau hertzien de référence comportant 50 stations de relais ne dépasse pas 1000 pW lorsque la puissance surfacique produite à la surface de la Terre est égale à $-128 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$, quel que soit l'angle d'arrivée.

On utilise dans les calculs l'approximation suivante:

$$P = P_m \cdot W \cdot (G(\theta)/S_i)^* \quad (7)$$

où:

W : puissance surfacique admissible à la surface de la Terre, soit en l'occurrence: $-128 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$;

P : puissance de brouillage à la sortie d'une voie téléphonique (W);

P_m : puissance de bruit thermique dans une voie téléphonique (W); on admet qu'elle est de 20 pW;

* Il faut veiller à ce que les unités utilisées dans les calculs soient cohérentes.

$G(\theta)$: gain de l'antenne de réception du faisceau hertzien dans la direction d'arrivée du signal brouilleur d'une station spatiale.

On a :

$$10 \log G(\theta) = 35 - 25 \log (\theta)$$

$$S_i = 4\pi kTB/\lambda^2$$

$$k = 1,38 \times 10^{-23}$$

$$\lambda = 2,5 \text{ cm}$$

$$T = 890 \text{ K}$$

$$B = 4 \text{ kHz}$$

Comme le montrent les calculs, avec les hypothèses faites, la puissance de brouillage totale ne dépasse pas 1000 pW, si, par exemple, la direction d'une antenne de réception de faisceau hertzien diffère de celle du satellite brouilleur de 3° et si la direction des autres antennes diffère de celle des stations spatiales brouilleuses de 16° ou encore si la direction de toutes les antennes diffère de celle des stations spatiales brouilleuses d'environ 13°.

Les limites indiquées peuvent être respectées pour des latitudes basses ou élevées. De plus, il va de soi que les restrictions applicables au choix des trajets de faisceaux hertziens diffèrent selon la latitude.

5.1.3.1 Brouillage causé aux faisceaux hertziens de Terre MRF-MF

Comme l'indique une étude effectuée aux Etats-Unis [Akima, 1980] et dont est extraite une grande partie du présent paragraphe, nombre de systèmes téléphoniques MRF-MF à courte distance du service fixe sont, aux Etats-Unis, exploités dans cette bande.

Les largeurs de bandes types des récepteurs sont de 12 MHz et de 20 MHz. Dans un système téléphonique MRF-MF, la dégradation de la qualité de fonctionnement du système due à un signal brouilleur dépend de la densité spectrale de puissance du signal brouilleur, ainsi que de la puissance totale de ce signal. Même si la puissance totale du signal brouilleur est si faible que le système MRF-MF continue à fonctionner au-dessus du seuil spécifié dans son cas, la qualité de certaines voies téléphoniques peut être sérieusement dégradée quand la densité spectrale de puissance du signal brouilleur y est très élevée.

Nous comparerons d'abord la puissance totale du signal brouilleur de la station spatiale de radiodiffusion avec la puissance totale de bruit. Celle-ci est de -123 dBW dans une bande de 12 MHz et de -121 dBW dans une bande de 20 MHz. Ces valeurs dépassent de plusieurs décibels la valeur de -127 dBW qui est, dans le cas le plus défavorable donné dans le Tableau VIII, celle de la puissance du signal brouilleur de la station spatiale de radiodiffusion. Ce tableau montre la valeur *maximale* de puissance du signal de radiodiffusion par satellite reçu dans un récepteur du service fixe, pour différentes valeurs de l'angle par rapport à l'axe et pour différents diamètres d'antenne de réception. Les valeurs données dans ce tableau ont été obtenues pour le diagramme de référence du Rapport 614 et pour une densité spectrale (Région 2) de -102 dB(W/m²) pendant au moins 99% du mois le plus défavorable. On suppose que les puissances brouilleuses types sont de 3,8 dB inférieures à ces valeurs maximales, sur la base des variations de la densité spectrale entre zones du service de radiodiffusion par satellite indiquées dans le Plan (CAMR-RS-77) pour les Régions 1 et 3. Ces variations sont probablement semblables à celles que l'on observera dans les plans d'allotissement. Dans ce cas, l'ensemble de la puissance totale de bruit et de la puissance du signal brouilleur ne dépasse qu'au plus d'un décibel la seule puissance de bruit. En conséquence, l'exploitation du système utile MRF-MF doit demeurer dans tous les cas au-dessus du seuil si ce système est conçu avec une valeur raisonnable de la marge applicable au rapport signal/bruit (S/N).

TABLEAU VIII — Valeur maximale de la puissance du signal de radiodiffusion par satellite reçu par un récepteur du service fixe (θ représente l'angle par rapport à l'axe et D représente le diamètre de l'antenne de réception du service fixe)

(Une valeur de bruit de 10 dB à la réception est admise comme hypothèse)

θ (degrés)	Puissance du signal (dBW)				
	$D = 0,6 \text{ m}$	1,0	1,5	2,0	$\geq 2,41$
20	-134,5	-136,7	-138,4	-139,7	-140,0
15	-131,4	-133,6	-135,3	-136,6	-137,4
10	-127,0	-129,2	-130,9	-132,2	-133,0

On compare ensuite la densité spectrale de puissance du signal brouilleur avec celle du bruit. La CAMR-RS-77 spécifie que la dispersion d'énergie qui correspond à une excursion crête-à-crête de 600 kHz doit être utilisée pour les satellites de radiodiffusion dans le Plan de Genève pour les Régions 1 et 3. En incorporant le Plan de la CARR SAT-83 pour la Région 2 dans le Règlement des radiocommunications, la CAMR ORB-85 a précisé qu'il est nécessaire d'utiliser la dispersion d'énergie conformément aux indications données dans le § 5.1.1. On suppose donc que, pour le cas le plus défavorable, la puissance totale du signal de radiodiffusion par satellite est contenue dans une largeur de bande de 600 kHz.

Dans une largeur de bande de 600 kHz, on estime la puissance de bruit à $-134 + 10 \log 0,6 = -136,2$ dBW, y compris un bruit de récepteur de 10 dB. Puisque cette valeur est à peu près du même ordre de grandeur que celle de la puissance du signal de radiodiffusion par satellite indiquée dans le Tableau VIII, l'effet du signal brouilleur de radiodiffusion par satellite n'est pas jugé négligeable. Dans une voie téléphonique, la puissance de bruit dans la bande de base est, après démodulation, supérieure de 3 dB (bruit plus brouillage) à ce qu'elle serait en ne comptant que le bruit, quand la densité spectrale de puissance du signal brouilleur est égale à celle du bruit. Les Tableaux IX et X montrent l'augmentation de la puissance du bruit dans la bande de base sous l'effet du signal brouilleur de radiodiffusion par satellite, calculé à l'aide du Tableau VIII. Les Tableaux IX et X montrent la relation entre, l'angle par rapport à l'axe du faisceau pour le satellite de radiodiffusion et le faisceau principal de l'antenne de réception du service fixe, le diamètre de l'antenne de réception du service fixe, et enfin la marge nominale contre les brouillages dans un système du service fixe. Dans le cas le plus défavorable où $\theta = 10^\circ$ et $D = 0,6$ m, considéré dans le Tableau X, il faut une marge de 10 dB. La marge nécessaire décroît à mesure qu'augmente l'angle par rapport à l'axe et/ou le diamètre de l'antenne. A l'emplacement de réception, où l'angle de site du satellite de radiodiffusion est de 20° , la marge est inférieure à 4 dB, quel que soit le diamètre de l'antenne. Lorsque celui-ci est égal ou supérieur à 2,4 m, la marge pour la protection du système du service fixe est inférieure à 5 dB même si l'angle de site est de 10° .

TABLEAU IX – Augmentation de la puissance de bruit dans la bande de base sous l'effet d'un signal brouilleur de radiodiffusion par satellite. (On a utilisé des valeurs types de la puissance du signal de radiodiffusion par satellite inférieures de 3,8 dB à celles indiquées dans le Tableau VIII. θ représente l'angle par rapport à l'axe et D représente le diamètre de l'antenne du récepteur du service fixe)

θ (degrés)	Augmentation de la puissance de bruit dans la base (dB)				
	$D = 0,6$ m	1,0	1,5	2,0	$\geq 2,41$
20	2,1	1,4	1,0	0,7	0,7
15	3,5	2,4	1,8	1,4	1,2
10	6,5	4,9	3,8	3,1	2,7

TABLEAU X – Augmentation de la puissance de bruit dans la bande de base sous l'effet du signal brouilleur de radiodiffusion par satellite. (On a utilisé les valeurs maximales de la puissance du signal de radiodiffusion par satellite indiquées dans le Tableau VIII. θ représente l'angle par rapport à l'axe et D représente le diamètre de l'antenne du récepteur du service fixe)

θ (degrés)	Augmentation de la puissance de bruit dans la bande de base (dB)				
	$D = 0,6$ m	1,0	1,5	2,0	$\geq 2,41$
20	3,9	2,8	2,0	1,6	1,5
15	5,3	4,5	3,5	2,8	2,5
10	9,3	7,8	6,4	5,5	4,9

5.1.3.2 Brouillage causé à un système de faisceaux hertziens de télévision MF

Un faisceau hertzien de télévision MF ne comportant qu'un petit nombre de bonds (cinq au maximum) est, dans cette bande, considéré comme un système du service fixe. Pour ce système, on admet que la largeur de bande du canal est de 27 MHz (aux Etats-Unis, le système du service fixe considéré dans le paragraphe précédent sert aussi à transmettre des signaux de télévision MF). L'étude du brouillage causé à un faisceau hertzien de télévision MF est, pour l'essentiel, la même que celle du brouillage causé à un système de téléphonie MRF-MF: il faut en effet prendre en considération aussi bien la puissance totale que la densité spectrale de puissance du signal brouilleur.

En ce qui concerne la puissance totale du signal brouilleur, les considérations exposées dans le paragraphe précédent au sujet du système de téléphonie MRF-MF demeurent valides. Même avec le signal brouilleur, le système continue à fonctionner au-dessus de son seuil.

Puisque, pour étudier les brouillages, on considère que le spectre de la puissance d'un signal de radiodiffusion par satellite est uniforme dans une largeur de bande de 600 kHz, les considérations exposées dans le paragraphe précédent au sujet du brouillage causé à un système de téléphonie MRF-MF restent également valables dans le cas du brouillage causé à un système de télévision MF. Le signal brouilleur de radiodiffusion par satellite entraîne dans une partie de la bande de base de télévision par satellite une augmentation de la densité spectrale de puissance (voir les Tableaux IX et X). Si la marge couvre l'augmentation indiquée, on considère que le brouillage est tolérable.

5.1.3.3 Brouillage causé à des faisceaux hertziens de télévision MA-BLR

Les conditions de protection de faisceaux hertziens TV utilisant la MA-BLR contre le brouillage par des satellites de radiodiffusion sont données dans le Rapport 789. La puissance surfacique brouilleuse maximale admissible ne devrait pas dépasser:

$$-134 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 5 \text{ MHz))} \quad \text{pour un angle d'arrivée } \theta = 0^\circ \quad (8)$$

$$-134 + 10,5 + 25 \log(\theta/\theta_0) \quad \text{pour } \theta > \theta_0/2 \text{ pour des gains} \\ \text{de réception de 40,5 dBi} \quad (9)$$

La RPC pour la CARR SAT-83 a suggéré qu'à l'intérieur du faisceau principal de l'antenne de faisceau hertzien, une puissance surfacique de:

$$-134 + 12 (\theta/\theta_0)^2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 5 \text{ MHz))} \quad \text{pour } 0 \leq \theta \leq \theta_0/2 \quad (10)$$

(où θ_0 est l'ouverture à mi-puissance de l'antenne de réception), pourrait convenir pour protéger des faisceaux hertziens avec les caractéristiques spécifiques admises dans le Rapport 789 et utilisant la MA-BLR.

Il n'existe à présent aucune méthode normalisée pour déterminer la puissance surfacique dans une bande aussi large que 5 MHz, bande de référence qui intéresse le service de radiodiffusion de Terre (à MA-BLR) et les faisceaux hertziens TV à MA-BLR. Dans l'hypothèse la plus défavorable, toute la puissance émise par le satellite du SRS serait contenue dans une bande de 5 MHz. On a souvent recours à des méthodes d'extrapolation de la puissance pour calculer cette valeur. Il conviendrait cependant de mettre au point et d'adopter une méthode normalisée.

Il est à prévoir que le grand espacement géographique entre la Région 2 et les zones de service des Régions 1 et 3 créera des conditions favorables à une coexistence du service fixe et du SRS.

A titre d'exemple, on a constaté que les valeurs de la puissance surfacique dans une largeur de bande de 4 kHz, mesurées sur le territoire du Sénégal (Région 1) et provenant d'un satellite placé de manière à desservir les parties situées le plus à l'ouest de la Région 2 (c'est-à-dire entre 65° O et 95° O pour le Brésil) sont situées à plus de 16 dB en dessous des limites indiquées dans l'Annexe 5 à l'Appendice 30 du Règlement des radiocommunications, 1982. De même, pour des satellites limités à des positions sur l'orbite à l'est de 85° O, la protection du service de radiodiffusion à modulation d'amplitude à bande latérale résiduelle du Sénégal est également assurée. Entre 85° O et 95° O, l'utilisation de faisceaux modelés et l'affaiblissement plus important découlant d'angles d'arrivée plus petits pourraient aussi conduire au respect de ces limites. Il convient de noter que l'on évitera probablement les positions à l'ouest de 86° O pour des satellites du SRS desservant la partie N-E du Brésil, étant donné que les faibles angles de site des stations terriennes de réception donneraient des valeurs élevées pour l'affaiblissement par la pluie.

Toutefois, il est très vraisemblable que les satellites du SRS de la Région 2 situés le plus à l'ouest causeraient un brouillage aux systèmes du SF dans la partie orientale de la Région 1.

La Fig. 9 donne à titre d'exemple, les valeurs de la puissance surfacique qui seraient produites dans la partie située le plus à l'est de la Région 1, c'est-à-dire sur le territoire de l'URSS, par un satellite du SRS de la Région 2 situé à 175° O destiné à desservir l'Alaska et équipé d'une antenne à faisceau elliptique de $3^{\circ} \times 1^{\circ}$, en utilisant le diagramme de référence d'émission de satellite de la CAMR-RS-77.

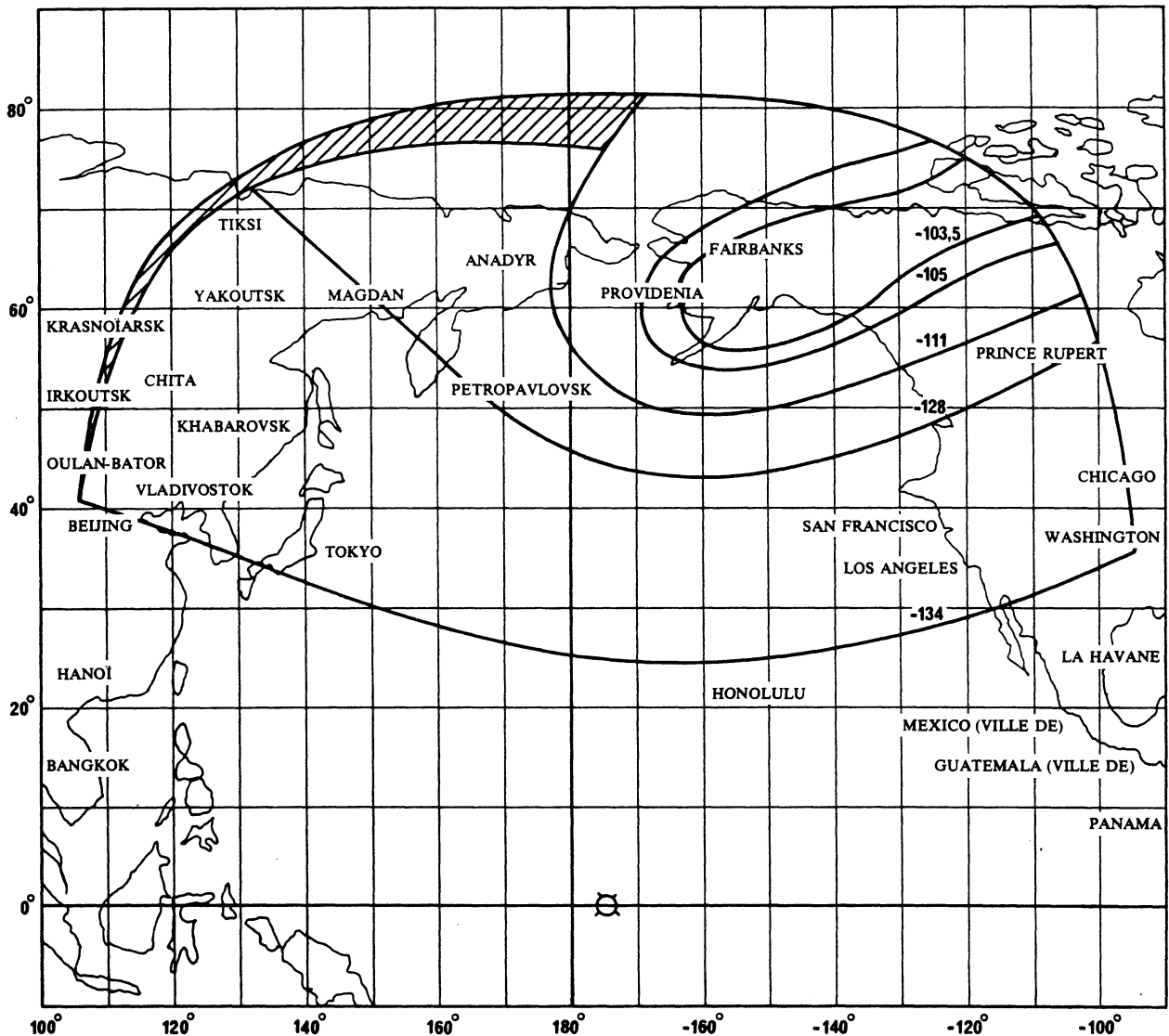


FIGURE 9 – Contours de puissance surfacique d'un satellite du SRS de la Région 2 situé à 175° O (antenne à faisceau elliptique de $3^{\circ} \times 1^{\circ}$)

Il existe une zone (ombrée dans la Fig. 9) dans laquelle les limites de la puissance surfacique données dans les formules (8), (9) et (10) pour les liaisons en faisceaux hertziens acheminant des signaux TV-BLR seraient dépassées.

Les conclusions de la RPC à la CARR SAT-83 sur les possibilités d'améliorer le partage et sur leur influence sont résumées dans le Tableau XI.

TABLEAU XI – Possibilités d'amélioration du partage interrégional et leurs incidences

Possibilités d'amélioration du partage		Incidences
1	Réduire la p.i.r.e. du satellite de radiodiffusion	Nécessité d'une antenne de réception au sol plus grande; la réception individuelle pourrait être impossible
2	Réduire la couverture en utilisant des faisceaux à petite empreinte	La population de la zone de service désirée pourrait ne pas être desservie en totalité
3	N'utiliser la réception individuelle que dans les zones très peuplées éloignées de l'interface régionale	Réception communautaire nécessaire dans d'autres parties de la zone de service désirée
4	Modelage du faisceau de l'antenne d'émission du satellite	Puissance surfacique plus uniforme dans la zone de service et moins en dehors
5	Déplacer le satellite	Cela pourrait augmenter la discrimination d'antenne des récepteurs du SF dans les zones de brouillage potentiel
6	N'assigner certains segments de fréquences au SRS que d'un côté de l'interface régionale et assigner (ou réassigner) d'autres fréquences aux systèmes du SF de l'autre côté de l'interface	Nécessité d'une coordination UIT ou bilatérale, mais élimination de toutes les considérations relatives au brouillage
7	Utiliser sur le satellite une polarisation perpendiculaire à celle de l'antenne de réception du SF	En utilisant la polarisation circulaire pour le SRS et la polarisation rectiligne pour le SF, on peut espérer atteindre une discrimination de 3 dB
8	Améliorer le diagramme de rayonnement de l'antenne de réception du SF	Réduction du couplage avec les émissions du SRS
9	Evitement de l'orbite par l'antenne de réception du SF	Possibilité d'obtenir une discrimination atteignant 40 dB
10	Dispersion d'énergie	Efficace pour étaler le brouillage sur la largeur de bande de référence du signal brouillé. Pour une largeur de bande de référence de 4 kHz, on peut obtenir une dispersion de 22 dB avec un étalement de 600 kHz ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Non efficace pour protéger un signal MA-BLR à 5 MHz.

L'absorption gazeuse peut constituer un facteur important dans la réduction du brouillage sur les trajets satellite-Terre à des fréquences supérieures à 10 GHz lorsque le signal atteint la Terre avec un faible angle de site.

On peut conclure d'une manière générale, que le partage entre le SRS et le SF est possible. Il existe cependant des situations où des difficultés pourraient se présenter. Certaines solutions techniques pourraient être appliquées (faisceaux modelés, discrimination de polarisation de l'antenne, amélioration de la conception des antennes de Terre, réduction de la p.i.r.e. du satellite, restrictions de pointage dans le SF, planification des fréquences, réduction des zones de service), mais à cet égard, il pourrait être nécessaire de procéder à des entretiens bilatéraux ou multilatéraux entre les administrations intéressées.



5.1.3.4 Brouillage causé par le service de radiodiffusion par satellite au service fixe – Résumé

En tenant compte des hypothèses admises, les résultats des études et des analyses indiqués dans le présent paragraphe montrent que le brouillage causé aux services fixes de Terre par le service de radiodiffusion par satellite ne posera pas de grands problèmes si une coordination adéquate est assurée.

5.2 Brouillage causé au service de radiodiffusion par satellite par les services de Terre

On a indiqué dans le Tableau XII les valeurs caractéristiques de la p.i.r.e. pour quelques services de Terre qui utilisent ou sont susceptibles d'utiliser la bande 11,7 à 12,5 GHz et qui peuvent ainsi causer des brouillages aux récepteurs du service de radiodiffusion par satellite.

TABLEAU XII – Exemples de p.i.r.e. d'émetteurs fonctionnant dans la bande des 12 GHz

Service	p.i.r.e. (dBW)
Faisceaux hertziens en visibilité directe:	
Téléphonie	36
Distribution de programmes de télévision	41
Télévision multivoie	23,5 à 46
Radiodiffusion:	
Modulation d'amplitude	23,5 à 38
Modulation de fréquence	26
MF (système à satellite)	67,5

La formule (1) s'applique également à la protection du système à satellite, à condition de prendre d'autres facteurs, *mutatis mutandis*, de façon à représenter les paramètres correspondants du système à satellite.

Si on ne connaît pas le rapport de protection idoine, on peut procéder d'une autre manière pour déterminer le maximum de la puissance surfacique brouilleuse dans le récepteur de la station terrienne, en considérant la puissance de bruit effective à l'entrée du récepteur. Supposons que le niveau de brouillage maximal acceptable soit limité à 10% de cette puissance de bruit; alors, même si le signal utile subit un évanouissement profond, le brouillage n'entraînera pas une diminution supplémentaire du rapport signal/bruit à la sortie du récepteur, pourvu que l'évanouissement n'amène pas le niveau du signal utile au-dessous du niveau de seuil de la porteuse.

Si l'on connaît les rapports de protection, des courbes similaires à celles de la Fig. 8 peuvent être établies. L'exemple représenté à la Fig. 10 du présent Rapport pour un système à 625 lignes est fondé sur une puissance surfacique de $-103 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ et un rapport de protection à entrée unique de 35 dB du service de radiodiffusion par satellite vis-à-vis du signal brouilleur. La Fig. 10 permet de déterminer les valeurs maximales admissibles de la densité de puissance surfacique brouilleuse en fonction de l'angle de site de l'antenne de réception de la station terrienne et de la différence d'azimut entre la direction du satellite et celle du signal brouilleur. (Ces valeurs de la puissance surfacique sont spécifiées par la CAMR-RS-77, pour les Régions 1 et 3.)

Il convient de noter que l'expression $D_d = 8,5 + 25 \log(\varphi/\varphi_0)$ dB pour la discrimination d'antenne représente l'enveloppe des maximums, les lobes latéraux de l'antenne et, par conséquent, la discrimination minimale (voir le Rapport 810, Fig. 2).

Si l'on admet que la discrimination moyenne pour un angle donné est d'environ 3 dB supérieure à la discrimination minimale pour cet angle, on peut affirmer que, par exemple pour 90% des emplacements, l'intensité du signal brouilleur ne dépasse pas un niveau de 1,7 dB au-dessous du maximum admis.

Lorsque, pour une direction quelconque à partir du récepteur de radiodiffusion par satellite, on a déterminé, à l'aide de la Fig. 10, la valeur maximale acceptable de la puissance surfacique, on peut ensuite évaluer, d'après la Fig. 11, la distance de séparation nécessaire entre une liaison de radiodiffusion de reportage et le récepteur de radiodiffusion par satellite.

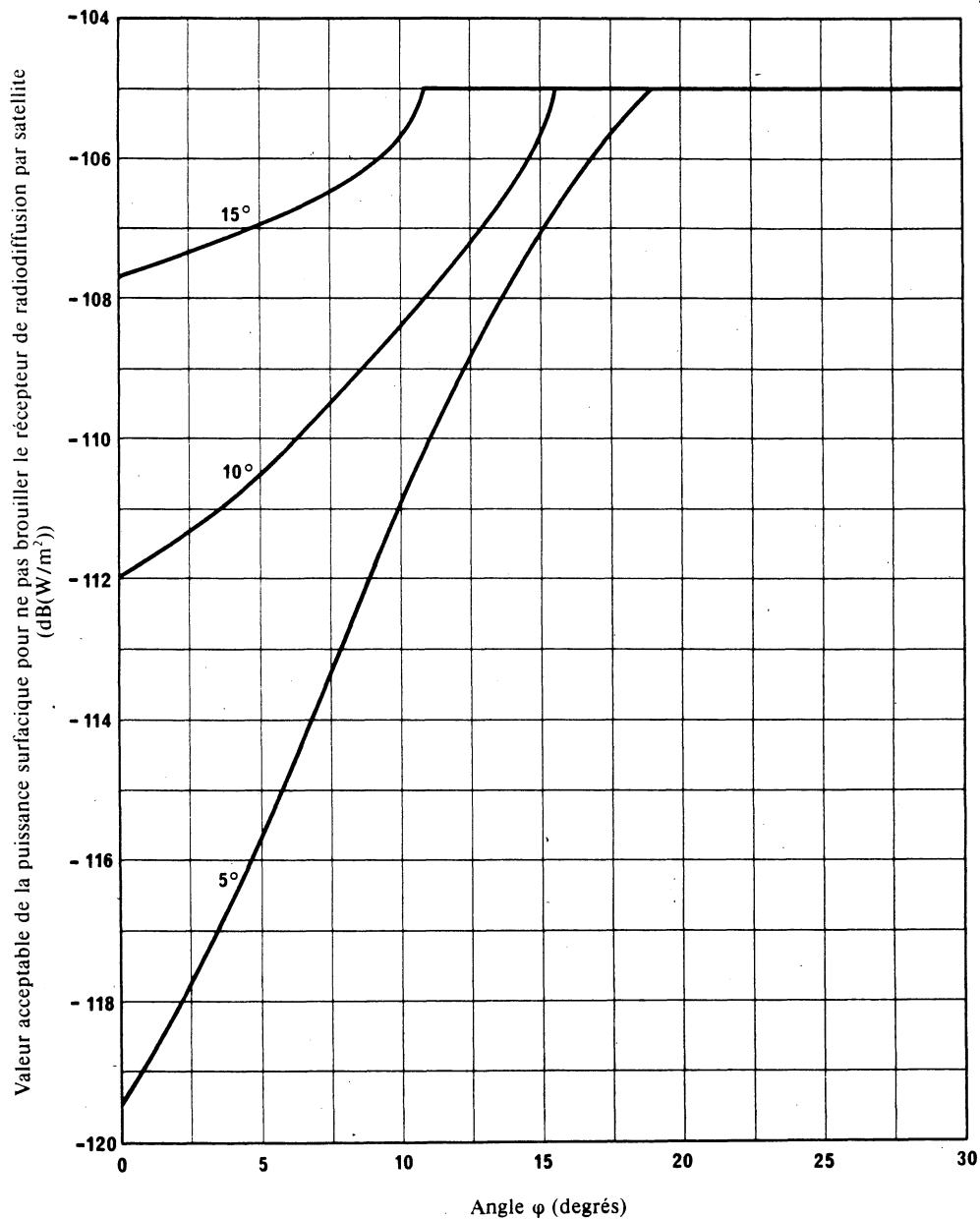


FIGURE 10 - Valeur acceptable de la puissance surfacique d'un émetteur de Terre à ne pas dépasser, pendant 99% du temps, pour ne pas brouiller un récepteur de radiodiffusion par satellite (réception individuelle), pour l'exemple donné au § 5.2 (L'angle de site du satellite est donné comme paramètre)

ϕ est la différence des azimuts des directions du satellite et du signal brouilleur.
 Pour le gain maximal de l'antenne du récepteur de radiodiffusion par satellite en dehors du lobe principal: voir la courbe A de la Fig. 2 du Rapport 810,
 où: ϕ_0 : ouverture du faisceau d'antenne à 3 dB
 = 2,0° (pour la réception individuelle dans la Région 3) d'après les Actes Finals de la CAMR-RS-77

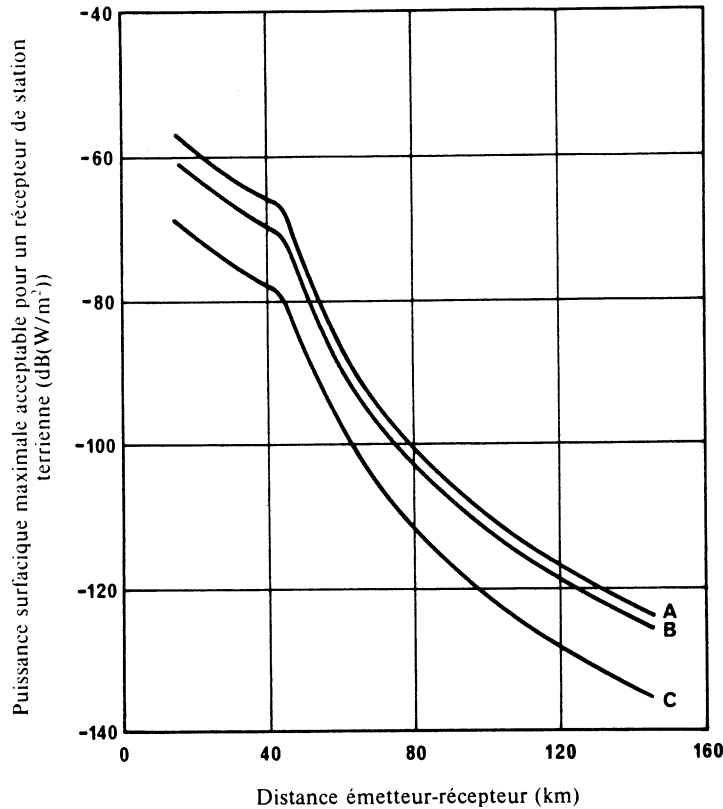


FIGURE 11 – Distance nécessaire pour protéger un récepteur de radiodiffusion par satellite contre des émetteurs de Terre

(fondée sur les courbes de propagation pour 50% des emplacements et 1% du temps)

Puissance surfacique produite par:

- A: un émetteur de reportages de radiodiffusion (p.i.r.e.: 34 dBW)
- B: un émetteur de télévision de Terre à modulation d'amplitude (p.i.r.e.: 38 dBW; hauteur de l'antenne d'émission au-dessus du sol: 75 m)
- C: un émetteur de télévision de Terre à modulation de fréquence (p.i.r.e.: 26 dBW; hauteur de l'antenne d'émission au-dessus du sol: 75 m)

La Fig. 11 indique également, pour une valeur donnée de la puissance surfacique, les distances de séparation nécessaires entre un récepteur de radiodiffusion par satellite et des émetteurs de télévision de Terre à modulation d'amplitude et à modulation de fréquence. La courbe de propagation de Schmeller et Ulonska pour 50% des emplacements et 1% du temps [Goes et autres, 1968] a été utilisée pour la Fig. 11.

Afin de protéger un pourcentage plus élevé d'emplacements de récepteurs de radiodiffusion par satellite, ce qui peut être nécessaire en raison de la répartition uniforme de la puissance surfacique utile dans la zone de service, il convient d'appliquer, pour la valeur maximale admissible de la puissance surfacique brouilleuse, une correction similaire à celle qui est indiquée dans la Fig. 12 de la Recommandation 370.

La valeur de M_f , représentant la marge à prévoir dans l'éventualité de multiples contributions de brouillage, dépend du nombre et du type des stations brouilleuses possibles. Dans la bande 12,2 à 12,7 GHz, le brouillage causé à un récepteur de radiodiffusion par satellite peut être dû à d'autres émetteurs de satellites de radiodiffusion, à des émetteurs de satellites du service fixe ou à des émetteurs des services fixe, mobile et de radiodiffusion de Terre. Les travaux doivent se poursuivre pour déterminer comment attribuer le brouillage total admissible.

D'après la Fig. 11, il est évident que, pour des zones étendues, le partage des fréquences à l'intérieur d'une zone donnée à desservir par un satellite de radiodiffusion serait réalisé au mieux dans une notable partie de cette zone si, comme le suggère le doc. [CCIR, 1974-78], le service de Terre utilisait certaines portions de la bande de fréquences qui ne seraient pas employées par le service de radiodiffusion par satellite pour desservir cette zone. Des recherches expérimentales faites au Japon dans le cas d'un service de radiodiffusion de Terre MA-BLR ont fourni un exemple de séparation en fréquence assurant un degré utile de protection [CCIR, 78-82a et b]. Le récepteur des signaux du satellite comportait un étage d'entrée avec mélangeur [Konishi, 1980] et une largeur de bande aux fréquences intermédiaires d'environ 25 MHz. Dans un exemple, la réception était exempte de brouillage si les émissions du satellite BSE étaient séparées par 16 MHz (du bord de la bande au bord de la bande) de la plus proche d'une série de sept émissions MA-BLR dans des canaux alternés de 6 MHz, et le rapport signal utile/signal brouilleur était de 0 dB à l'entrée du récepteur. D'autres expériences, faites en laboratoire, ont montré que l'intermodulation dans le récepteur ne constituait pas une limite a priori. Il faudra d'autres mesures, avec une série de récepteurs de types différents pour obtenir des données plus complètes sur la sélectivité. Sur la base de ces travaux, on a pu élaborer des directives sur la séparation en fréquence pour protéger la réception de la radiodiffusion par satellite, compte tenu de la directivité des antennes, des caractéristiques du signal et des niveaux du signal applicable dans tous les cas pratiques.

5.2.1 *Brouillage causé par le service fixe au service de radiodiffusion par satellite*

La question du brouillage causé par le service fixe au service de radiodiffusion par satellite, y compris une méthode générale de détermination de la puissance surfacique brouilleuse en bordure d'une zone de service de radiodiffusion par satellite, est traitée dans l'Annexe 3 à l'Appendice 30 au Règlement des radiocommunications.

Le présent paragraphe porte sur le brouillage spécifiquement causé par des émetteurs types du service fixe exploités aux Etats-Unis; on y calcule les distances de séparation pour permettre aux récepteurs de radiodiffusion par satellite de fonctionner sans brouillage préjudiciable.

Le brouillage causé par le service fixe au service de radiodiffusion par satellite (c'est-à-dire par un émetteur du service fixe à un récepteur du service de radiodiffusion par satellite) n'est pas uniforme sur toute l'étendue d'une zone de service de radiodiffusion par satellite; sa distribution dépend de l'emplacement du récepteur par rapport à l'emplacement et à la direction du faisceau principal de l'antenne d'émission de la station fixe.

La puissance maximale admissible du signal brouilleur dépend de la puissance du signal de radiodiffusion par satellite et du rapport de protection.

Il convient d'abord de déterminer la puissance du signal utile. La puissance surfacique à dépasser pendant 99% du mois le plus défavorable en bordure de la zone de service a été spécifiée – à titre intérimaire – par la CAMR-RS-77 pour la Région 2: $-105 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. La puissance reçue peut être déterminée en utilisant la surface efficace de l'antenne du récepteur de radiodiffusion par satellite.

Pour la réception individuelle dans la Région 2, l'ouverture du faisceau de l'antenne de réception entre points à demi-puissance est spécifiée: $1,8^\circ$, ce qui correspond à un gain de 39,3 dBi dans le faisceau principal. A 12 GHz, cela demande une ouverture équivalente de $0,4 \text{ m}^2$ (c'est-à-dire un diamètre réel d'environ 1 m pour les antennes circulaires, paraboliques avec rendement de 55%).

La puissance surfacique produite par le signal utile à l'entrée du récepteur de radiodiffusion par satellite, en bordure de la zone de service, est donc la suivante:

$$-105 \text{ dB(W/m}^2\text{)} - 4 \text{ dB(m}^2\text{)} = -109 \text{ dBW}$$

L'Annexe 6 à l'Appendice 30 au Règlement des radiocommunications (ORB-85) fixe à 35 dB (une seule contribution) le rapport de protection dans le même canal; ce rapport décroît de façon linéaire, jusqu'à 0 dB pour les signaux brouilleurs situés à 35 MHz du signal utile. Le rapport de protection est réduit à 22,1 dB quand le signal brouilleur tombe au centre du canal adjacent de radiodiffusion par satellite (c'est-à-dire à 19,18 MHz du signal à protéger) et à 0 dB lorsque le signal brouilleur est distant de deux canaux (38,4 MHz) ou plus. Dans ces conditions, il ne faut considérer que le brouillage dans le même canal et le brouillage dans le canal immédiatement adjacent.

Les puissances maximales admissibles des signaux brouilleurs deviennent alors:

$$-109 \text{ dBW} - 35 \text{ dB} = -144 \text{ dBW, même canal, et}$$

$$-109 \text{ dBW} - 22,1 \text{ dB} = -131,1 \text{ dBW, canal adjacent.}$$

La puissance du signal brouilleur dépend de la puissance de l'émetteur brouilleur, du gain de l'antenne d'émission dans la direction du récepteur de radiodiffusion par satellite, de l'affaiblissement de propagation et du gain de l'antenne du récepteur de radiodiffusion par satellite dans la direction de l'émetteur brouilleur du service fixe.

La puissance de l'émetteur varie de système à système (lorsque la largeur de bande du signal brouilleur est plus grande que celle du récepteur de radiodiffusion par satellite, seule sera considérée la puissance du signal brouilleur tombant dans la largeur de bande de ce récepteur).

Les diagrammes de référence des antennes circulaires des faisceaux hertziens du service fixe sont indiqués dans le Rapport 614. Dans l'axe du faisceau, le gain est fonction de D/λ et l'enveloppe du diagramme de rayonnement dans les lobes latéraux est à la fois fonction de D/λ et de φ , D représentant le diamètre de l'antenne, λ la longueur d'onde et φ l'angle par rapport à l'axe. Dans les lobes latéraux écartés, on admet que le gain est celui d'une antenne isotrope (0 dBi). Pour les lobes intermédiaires, le diagramme donné dans le Rapport 614 est applicable entre le premier lobe latéral et le point où le gain est celui d'une antenne isotrope. Pour des raisons de simplicité, on admet qu'au voisinage du lobe principal, le gain (exprimé en dB) décroît de façon parabolique entre l'angle par rapport à l'axe jusqu'au premier lobe latéral, qu'il demeure constant du premier lobe latéral jusqu'à l'angle où le gain serait celui d'une antenne isotrope et qu'il est nul ailleurs. C'est là une hypothèse simplificatrice et prudente, le gain réel étant égal ou inférieur aux valeurs admises.

La relation entre l'affaiblissement de propagation, la longueur du trajet et le type du trajet est également indiquée dans l'Appendice 30 au Règlement des radiocommunications. Ici, nous admettons que tous les trajets sont des trajets terrestres.

Pour les antennes de réception de radiodiffusion par satellite dans la Région 2, le diagramme de référence est donné sous la forme du rapport gain par rapport à l'axe/gain dans l'axe (39,3 dB). Ainsi, pour des angles par rapport à l'axe de 10°, 15°, 20° et 27°, le gain est de 12,2 dB, 7,8 dB, 4,7 dB et 0 dB respectivement.

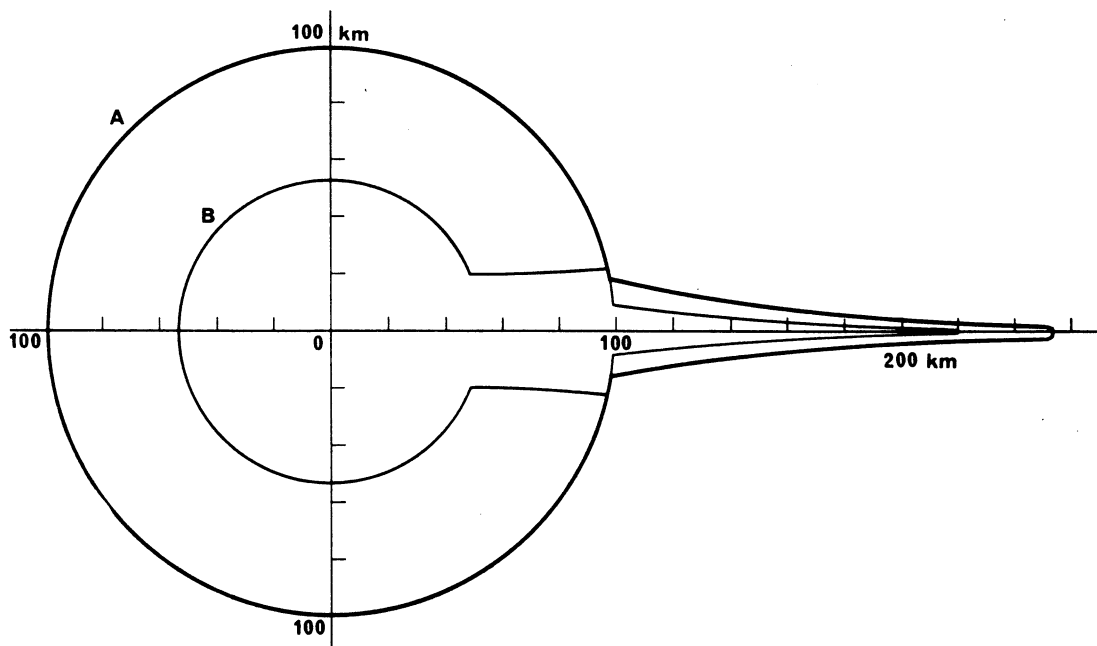
A l'aide de ces relations, on peut calculer la puissance du signal brouilleur ou déterminer les distances de séparation nécessaires. Pour chaque émetteur brouilleur, on indique la distance minimale entre les deux emplacements en fonction de l'angle par rapport à l'axe de l'antenne de l'émetteur brouilleur, en prenant pour origine l'emplacement de la station brouilleuse. La courbe obtenue indique le contour déterminé par les distances où le signal brouilleur reçu atteint la limite admissible. A l'intérieur du contour, le niveau des signaux sera supérieur à cette limite. On trouve à la Fig. 12 un exemple de ces contours. Les courbes ont été établies pour le cas, représentatif aux Etats-Unis, d'un système de Terre avec émetteur de 1 watt et antenne de 1,8 m de diamètre. La Fig. 12a) s'applique au brouillage dans le même canal tandis que la Fig. 12b) s'applique au brouillage entre canaux adjacents.

Dans les Fig. 12a) et 12b), le contour extérieur correspond au cas le plus défavorable, avec des angles de site des antennes de réception de radiodiffusion par satellite de 15°. Le contour intérieur s'applique au cas le plus favorable où les angles de site de l'antenne de réception de radiodiffusion par satellite dépassent 27°, la région de gain étant celle du gain isotrope (on peut interpréter la différence entre le contour intérieur et le contour extérieur comme représentant l'effet de la discrimination de l'antenne du récepteur de radiodiffusion par satellite).

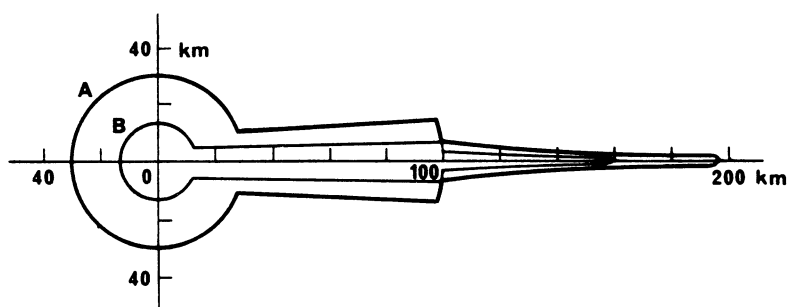
Sur chaque contour, on observe une pointe aiguë dans la direction de l'axe de l'antenne de la station brouilleuse, alors que le reste du contour est un arc de cercle (azimuts nettement distincts de celui du faisceau principal). Les distances correspondant aux deux régions sont données dans les Tableaux XIII et XIV (brouillage dans le même canal et brouillage dans le canal adjacent), pour l'émetteur de 1 W représenté dans la Fig. 12 et pour un système à p.i.r.e. moins élevée (Type «B») utilisant un émetteur de 10 mW (-20 dBW) et une antenne d'un diamètre de 0,6 m.

TABLEAU XIII – Distances de séparation minimales nécessaires dans le cas d'un brouillage causé dans le même canal par le service fixe au service de radiodiffusion par satellite

Système du service fixe (typique aux Etats-Unis)	Diamètre de l'antenne (m)	Puissance de l'émetteur (dBW)	Distance (km)			
			Cas le plus défavorable		Cas le plus favorable	
			Dans l'axe	Eloigné	Dans l'axe	Eloigné
Type «A»	1,8	Type 0,0	254,0	100,0	220,4	53,1
		Max. 10,0	297,0	104,1	263,4	100,0
Type «B»	0,6	Type -20,0	126,8	13,0	100,0	5,3
		Max. -3,0	200,0	92,2	166,4	37,6



a) Brouillage dans le même canal



b) Brouillage dans le canal adjacent

FIGURE 12 — Contours où la puissance reçue du signal brouilleur du service fixe est égale à la limite maximale admissible pour un système à 1 W (0 dBW) du service fixe aux Etats-Unis

Angle de site θ de la station terrienne du service de radiodiffusion par satellite:

A: $\theta = 15^\circ$ (contour extérieur)

B: $\theta = 27^\circ$ (contour intérieur)

TABLEAU XIV – Distances de séparation minimales nécessaires dans le cas d'un brouillage causé dans le canal adjacent par le service fixe au service de radiodiffusion par satellite

Système du service fixe (typique aux Etats-Unis)	Diamètre de l'antenne (m)	Puissance de l'émetteur (dBW)	Distance (km)			
			Cas le plus défavorable		Cas le plus favorable	
			Dans l'axe	Eloigné	Dans l'axe	Eloigné
Type «A»	1,8	Type 0,0	198,4	29,5	164,9	12,0
		Max. 10,0	241,5	93,3	207,9	38,0
Type «B»	0,6	Type -20,0	100,0	3,0	69,8	1,2
		Max. -3,0	144,5	20,9	110,9	8,5

5.2.2 Brouillage causé par les services de Terre au service de radiodiffusion par satellite – Résumé

D'après les analyses ci-dessus exposées et les études mentionnées on peut constater que le brouillage causé par les services fixes aux stations terriennes du service de radiodiffusion par satellite posera un grave problème.

Les deux services peuvent partager les mêmes fréquences (en observant les limites de brouillage préjudiciable spécifiées dans l'Appendice 30 au Règlement des radiocommunications) à condition que les émetteurs de Terre soient suffisamment éloignés de la zone de service d'un satellite de radiodiffusion.

Ce partage peut être réalisé en utilisant, dans une zone géographique donnée, certaines des fréquences de la bande pour le service de radiodiffusion par satellite, les autres fréquences de la bande étant utilisées par les services de Terre.

5.3 Effets de la propagation

En calculant les brouillages, il convient de tenir compte des effets de la propagation, en appliquant les plus récentes méthodes recommandées en la matière par le CCIR. En particulier, il convient de tenir compte des effets d'absorption atmosphérique dus à l'oxygène et à la vapeur d'eau. L'Appendice 30 au Règlement des radiocommunications et les Actes finals de la CARR SAT-83, Partie I, dans leurs annexes respectives (concernant les modifications à apporter aux Plans respectifs), donnent les valeurs de la puissance surfacique induite par le SRS d'une région dans une autre région, pour lesquelles il faudrait entreprendre la coordination, vis-à-vis du SF. D'autre part, l'Annexe 5 à l'Appendice 30 du Règlement des radiocommunications (1982) indique les valeurs de la puissance surfacique à prendre en considération pour la protection des services de Terre des Régions 1 et 3 à l'égard du SRS et du SFS de la Région 2. La CARR SAT-83 a décidé, en principe, que l'absorption atmosphérique serait prise en compte dans les calculs effectués pour déterminer si les critères de coordination et les valeurs limites de la puissance surfacique sont respectés. D'autre part, la Résolution N° 9 de la CARR SAT-83 concerne l'utilisation de l'absorption atmosphérique dans toutes les procédures de coordination intrarégionales et interrégionales. Les calculs dans le sens des Régions 1 et 3 vers la Région 2 sont fondés sur l'utilisation de l'absorption atmosphérique. La Résolution N° 9 traite, *entre autres*, de l'utilisation de l'absorption atmosphérique en sens opposé également.

Le Rapport 719 analyse le phénomène de l'absorption atmosphérique et indique comment ce phénomène peut être modélisé. A 12 GHz, l'absorption atmosphérique pour des angles d'arrivée θ , et une densité de vapeur d'eau ρ (g/m³) dans la station de réception, est donnée par:

$$A_a = (7,226 \times 10^{-3} + 12,75 \rho \times 10^{-4}) R_0 \quad \text{dB} \quad \text{pour } \theta \approx 0^\circ$$

$$A_a = \frac{0,1156}{\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + 0,0019}} + \frac{0,00511 \rho}{\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + 0,0005}} \quad \text{pour } 0^\circ < \theta \leq 10^\circ$$

$$A_a = \frac{0,0578 + 25,502 \rho \times 10^{-4}}{\sin \theta} \quad \text{pour } \theta > 10^\circ$$

où:

R_0 : distance horizontale sur le trajet ($\theta \approx 0^\circ$).

La Fig. 13 donne les valeurs de l'absorption atmosphérique pour les petits angles de site et pour trois valeurs de ρ : 2, 7,5 et 11,1 g/m³. La première de ces valeurs est caractéristique des conditions hivernales sur les grandes masses continentales situées, aux latitudes élevées, la deuxième représente des conditions estivales (voir les Fig. 9 et 10 du Rapport 563), et la dernière est une moyenne globale, utilisée dans le Rapport 719. Dans la généralité des cas, on peut rencontrer des valeurs de ρ comprises entre 25 et 30 g/m³.

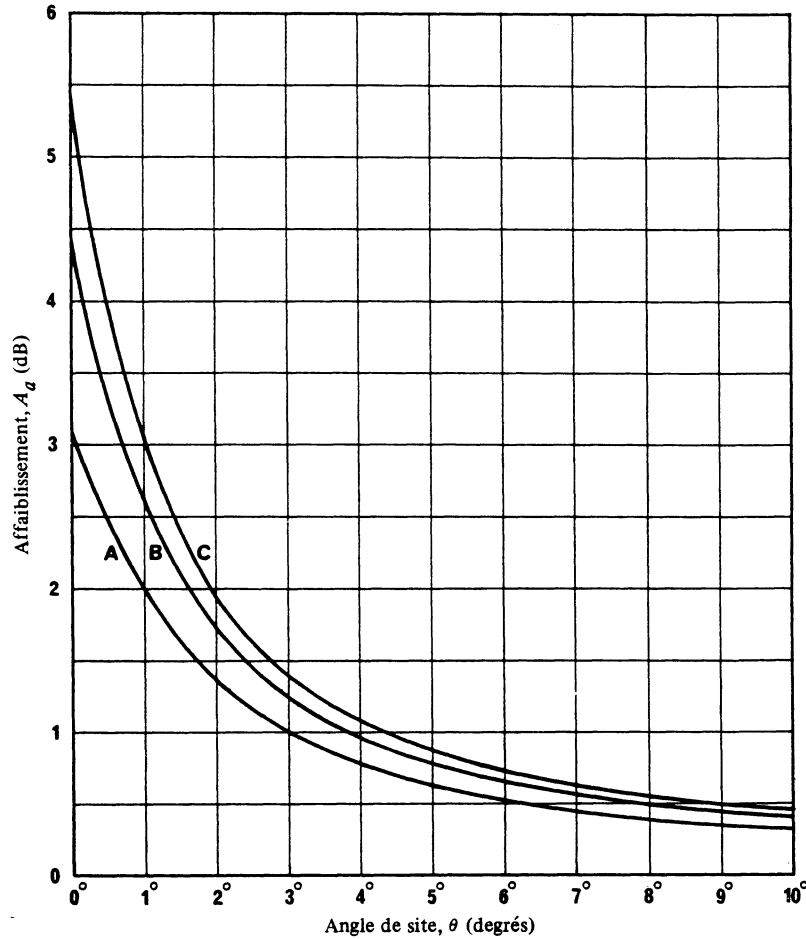


FIGURE 13 – Affaiblissement atmosphérique A_a en fonction de l'angle de site θ

Courbes A: $\rho = 2,0$ g/m³

B: $\rho = 7,5$ g/m³

C: $\rho = 11,1$ g/m³

ρ désigne la densité de vapeur d'eau

Le Rapport 719 indique que, dans des atmosphères parfaitement sèches, l'affaiblissement sera d'environ 2 dB à 12 GHz sur les trajets espace vers Terre avec un angle d'arrivée voisin de zéro, et qu'il sera d'environ 3 dB sur des trajets à 22 GHz. En présence d'importantes quantités de vapeur d'eau, comme c'est le cas pendant la plus grande partie de l'année, l'absorption atmosphérique à 12 et à 22 GHz sera très importante.

5.3.1 Conclusions relatives à l'absorption atmosphérique sur des trajets presque horizontaux

Au-dessus de 10 GHz, sur les trajets Terre-espace et espace-Terre à incidence presque rasante, les signaux subissent un affaiblissement non négligeable dû à la présence des gaz de l'atmosphère.

Même dans une atmosphère parfaitement sèche, à 12 GHz, on peut s'attendre à un affaiblissement d'au moins 2 dB dû à l'oxygène seul. A 22 GHz, on peut s'attendre à un affaiblissement d'au moins 3 dB.

Il n'a pas été tenu compte de cet affaiblissement lorsque l'on a fixé des limites à la puissance surfacique entre régions ou entre services.

On peut donc avec confiance tenir compte de cet affaiblissement lorsque l'on détermine les niveaux des signaux brouilleurs auxquels il y a lieu de s'attendre sur les trajets Terre-espace et sur les trajets espace-Terre autour de 12 et de 22 GHz.

Pour déterminer l'importance de l'affaiblissement à attendre, il conviendra d'utiliser la version du Rapport 719 en vigueur.

6. Partage dans les bandes supérieures à 12,75 GHz

La CAMR-79 a attribué au service de radiodiffusion par satellite trois bandes de fréquences supérieures à 12,75 GHz: 22,5 à 23 GHz, 40,5 à 42,5 GHz et 84 à 86 GHz. Dans la bande 40,5 à 42,5 GHz, le service de radiodiffusion par satellite est le seul service primaire et, du point de vue de ce service, le partage des fréquences n'est donc pas nécessaire. Dans la bande 84 à 86 GHz, les services de radiodiffusion par satellite, fixe, mobile et de radiodiffusion sont tous des services primaires. Toutefois, le renvoi 907 du Règlement des radiocommunications applicable à cette bande stipule que les stations des services autres que le service de radiodiffusion par satellite «ne doivent pas causer de brouillages préjudiciables aux stations de radiodiffusion par satellite fonctionnant conformément aux décisions de la Conférence qui sera chargée de la planification des assignations de fréquences pour le service de radiodiffusion par satellite». Ce renvoi, joint au manque de renseignements détaillés sur les caractéristiques techniques des systèmes qui pourront fonctionner dans cette bande, rendent difficile une analyse détaillée du partage dans cette partie du spectre.

6.1 Partage des fréquences de la bande 22,5 à 23 GHz entre le service de radiodiffusion par satellite et les autres services

6.1.1 Brouillage entre le service de radiodiffusion par satellite et le service intersatellites

Le brouillage entre le service de radiodiffusion par satellite et le service intersatellites est traité dans le Rapport 951.

6.1.2 Partage entre le service de radiodiffusion par satellite et le service fixe

6.1.2.1 Caractéristiques du système fixe de Terre

En Amérique du Nord, le SF n'utilise pas beaucoup pour le moment la bande 22,5-23,0 GHz. Les réseaux fonctionnant dans cette bande appartiennent à deux catégories dont les applications types sont les suivantes:

- circuits téléphoniques de faible capacité tels que les connexions entre les autocommutateurs d'abonné et les centraux. La capacité habituelle de ces systèmes, qui utilisent des techniques de transmission numérique est de 24/48 circuits téléphoniques;
- liaisons vidéo telles que la télésurveillance, les reportages électroniques d'actualités, etc., qui emploient des techniques de transmission analogiques (modulation d'amplitude). La portée des systèmes est typiquement de quelques kilomètres.

Les caractéristiques d'un système radioélectrique de Terre type peuvent être les suivantes:

Fréquence (GHz)	22,4-23,0
Puissance d'émission (mW)	100
Gain d'antenne (dBi)	34-40
Ouverture du faisceau d'antenne (degrés)	2-3
Facteur de bruit du récepteur (dB)	8,0
Largeur de bande radioélectrique	
(espacement entre les canaux) (MHz)	50
Modulation: numérique (MA-MDF)	téléphonie/données
analogique (MF)	vidéo
Portée du système (km)	0,5-8

6.1.2.2 Caractéristiques du système de transmission du SRS

Le type de SRS examiné dans le présent document est la télévision à haute définition (TVHD). Ce service étant encore au stade expérimental, on n'a pas encore établi de normes de transmission pour définir le format du signal, la modulation et les caractéristiques de fonctionnement du système.

Toutefois, le Rapport 1075 traite des aspects de transmission de la TVHD par satellite et le tableau II de ce Rapport donne des exemples de systèmes de TVHD analogique et numérique utilisant la bande 22,5-23,0 GHz. Le Tableau XV ci-après présente certains paramètres pertinents pour le partage.

TABLEAU XV – Exemples de systèmes possibles de TVHD utilisant la bande 22,5-23,0 GHz
(Extrait du Tableau II du Rapport 1075)

Paramètre	Analogique	Numérique
Type de modulation	MF-MRT	MICD
Largeur de bande radioélectrique (MHz)	60	195
Puissance surfacique (en bordure de la zone de service) (dB(W/m ²))	-104,7	-93,2
Affaiblissement par la pluie (99% du mois le plus défavorable) (dB)	4,5	4,5
Diamètre de l'antenne de réception du SRS (m)	2,5	0,62
P.i.r.e. du satellite (axe de visée) (dBW)	66,3	78,0

L'exemple de la télévision à haute définition analogique montre que, grâce à sa plus grande antenne de réception et à la plus faible puissance nécessaire pour le satellite, ce système pourrait être utilisé pour la réception communautaire, tandis que la télévision à haute définition numérique, qui suppose l'emploi d'une antenne de petit diamètre pourrait s'appliquer à des systèmes de réception individuelle qui seraient utilisés dans un avenir plus lointain en raison des contraintes techniques actuelles.

Ces deux exemples de système ainsi que les caractéristiques supposées pour les systèmes radioélectriques de Terre mentionnées au § 6.1.2.1 serviront à déterminer les distances de coordination nécessaires par rapport à un emplacement de réception du SRS.

6.1.2.3 Zones de coordination pour un emplacement de réception du SRS

On peut avoir une indication de la faisabilité du partage entre le SRS et le SF du point de vue géographique en déterminant la zone de coordination nécessaire autour d'un emplacement de réception du SRS (dans le cas de la réception communautaire, la distance de coordination peut être envisagée par rapport à un emplacement de réception déterminé du SRS, mais pour la réception directe la distance de coordination doit être envisagée par rapport à la limite de la zone de service).

La zone de coordination fournit une estimation prudente de la distance de séparation nécessaire; en effet, on retient l'hypothèse du cas le plus défavorable pour déterminer les contours et on ne tient pas compte des facteurs qui permettraient de réduire les brouillages, par exemple:

- la discrimination hors axe de l'antenne d'émission de Terre;
- l'effet d'écran du terrain naturel et des bâtiments environnants;

en outre, on utilise les paramètres de propagation du cas le plus défavorable.

La méthode permettant d'établir les contours de coordination est indiquée dans l'Appendice 28 du Règlement des radiocommunications. L'affaiblissement sur le trajet entre la station d'émission brouilleuse et l'emplacement de réception du SRS qui doit être dépassé pendant $p\%$ du temps, $L(p\%)$ peut s'exprimer par:

$$L(p\%) = P_i - P_r(p\%) \quad (11)$$

où:

P_i : p.i.r.e. dans l'axe de visée de la station d'émission brouilleuse

$P_r(p\%)$: niveau admissible de puissance brouilleuse à l'entrée du récepteur du SRS, qui ne doit pas être dépassé pendant $p\%$ du temps.

La relation qui lie $P_r(p\%)$ avec le niveau du signal utile $P_w(p\%)$ et le rapport de protection souhaité, R , est la suivante:

$$P_r(p\%) = P_w(p\%) - R \quad (12)$$

A l'aide des valeurs des paramètres du système indiquées aux § 6.1.2.1 et 6.1.2.2, l'affaiblissement nécessaire le long du trajet est donné par la formule suivante:

$$L_p = R - PFD_w(p\%) - D(\varphi) + 78,5 \quad (13)$$

où:

$PFD_w(p\%)$: puissance surfacique du signal utile dans le récepteur du SRS dépassée pendant $p\%$ du temps

$D(\varphi)$: discrimination de l'antenne de réception du SRS pour un angle φ en degrés par rapport à l'axe principal.

Pour déterminer l'affaiblissement sur le trajet, on s'est fondé sur les hypothèses suivantes:

- pour les distances de coordination supérieures à 100 km, on a utilisé le mode de propagation (1) (c'est-à-dire dans le plan du grand cercle);
- pour des distances inférieures à 100 km, on a utilisé la propagation en visibilité directe;
- une seule zone climatique (Zone A2);
- facteur de site de l'horizon de 0 dB (cas le plus défavorable);
- densité de vapeur d'eau, $\rho = 1 \text{ g/m}^3$;
- fréquence, $f = 22,5 \text{ GHz}$;
- pourcentage du temps, $p = 0,29\%$ (correspond à 1% du mois le plus défavorable).

Pour établir les contours de coordination des systèmes analogiques et numériques du SRS, on a examiné les deux cas suivants:

Hypothèses du cas A: (le plus favorable)

- signal brouilleur affaibli par la pluie dans les mêmes proportions que le signal utile;
- récepteur du SRS placé au centre de la zone de service.

Hypothèses du cas B: (le plus défavorable)

- signal brouilleur non affaibli par la pluie;
- récepteur du SRS placé en limite de la zone de service.

6.1.2.4 Zone de coordination pour la TVHD analogique par satellite

Caractéristiques de l'antenne de réception du SRS

Si l'on suppose dans ce cas un diamètre d'antenne de 2,5 m ($D/\lambda > 100$), le gain copolaire hors axe est donné par la formule suivante (Appendice 28 au Règlement des radiocommunications):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 53,2 - 89,9 \varphi^2 \\ 36,1 \\ 32,0 - 25 \log(\varphi) \\ -10 \end{cases} \text{ dBi} \quad \begin{array}{l} \text{pour } 0 < \varphi \leq 0,44 \\ \text{pour } 0,44 < \varphi \leq 0,686 \\ \text{pour } 0,686 < \varphi \leq 48,0 \\ \text{pour } \varphi > 48,0 \end{array}$$

où φ est l'angle en degrés par rapport à l'axe principal.

Rapport de protection nécessaire

Etant donné que l'on ne sait pas quel est le rapport de protection nécessaire pour la TVHD, on a admis que les données concernant les systèmes de télévision classique sont applicables. D'après les données contenues dans l'Annexe I au Rapport 634, il semble approprié de prévoir le rapport de protection ci-après:

Type de brouillage	Rapport de protection
Cohérent (par exemple, télévision MA-BLR)	35 dB
Non cohérent (par exemple, numérique)	25 dB

La Fig. 14 indique les zones de coordination pour les hypothèses du cas le plus favorable (cas A) et du cas le plus défavorable (cas B), pour des brouillages cohérents et non cohérents. Le Tableau XVI résume les limites supérieure et inférieure des distances de coordination.

Bien que les distances de coordination maximales, qui correspondent à des directions proches de l'axe de visée, soient très importantes, elles correspondent à un angle de site de 0° . Pour des angles de site conformes à la réalité (10° ou plus), ces distances sont réduites à 100 km, voire moins de 100 km.

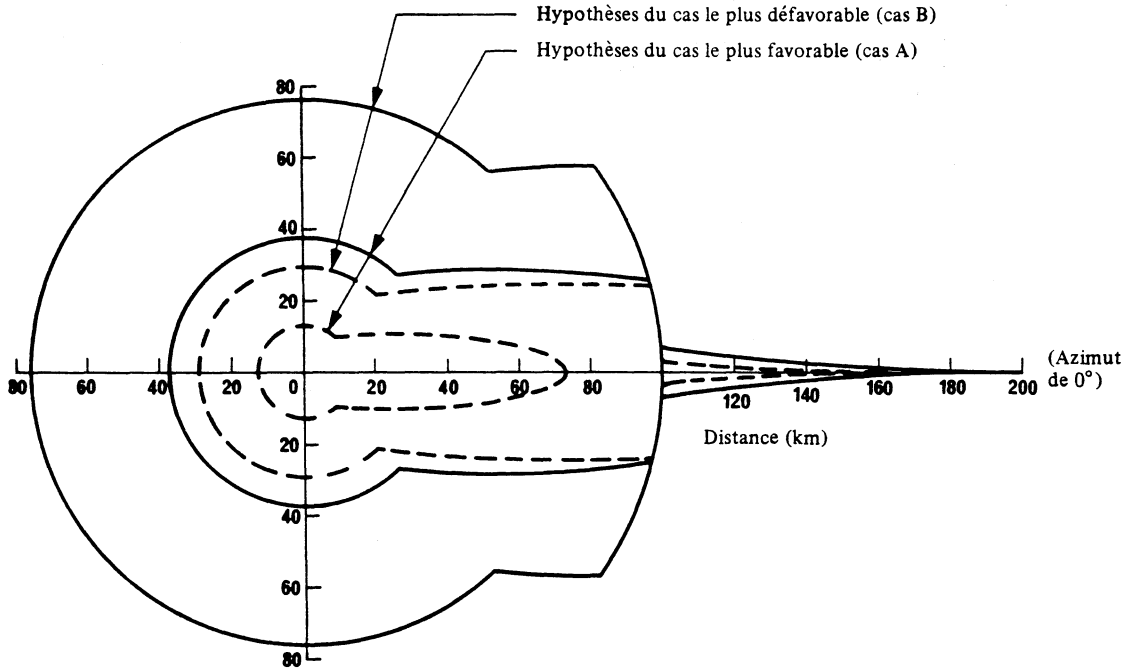


FIGURE 14 – Zone de coordination pour des systèmes de TVHD analogique

— Brouillage cohérent (par exemple, télévision MA-BLR)
 - - - Brouillage non cohérent (par exemple, téléphonie numérique)

TABLEAU XVI – Résumé des distances (km) de coordination pour la TVHD analogique

	Cohérent		Non cohérent	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Cas le plus favorable (cas A)	100	37	73,4	12,9
Cas le plus défavorable (cas B)	197	75,6	168	28,9

6.1.2.5 Zones de coordination pour la TVHD numérique

Caractéristiques de l'antenne de réception du SRS

Pour la TVHD numérique, on suppose un diamètre d'antenne de 0,62 m ($D/\lambda < 100$). Le gain copolaire hors axe est donné par la formule suivante (Appendice 28 au Règlement des radiocommunications):

$$G(\varphi) = \begin{cases} 41,0 - 5,41 \varphi^2 \\ 27,0 \\ 35,3 - 25 \log(\varphi) \\ -6,7 \end{cases} \text{ dBi} \quad \begin{array}{l} \text{pour } 0 < \varphi \leq 1,61 \\ \text{pour } 1,61 < \varphi \leq 2,15 \\ \text{pour } 2,15 < \varphi \leq 48,0 \\ \text{pour } \varphi > 48,0 \end{array}$$



Rapport de protection nécessaire

Selon les données relatives aux systèmes de télévision classique à codage numérique (système M/NTSC), le rapport de protection nécessaire pour un brouillage «juste perceptible» est de 25 dB environ (voir l'Annexe I au Rapport 634). C'est la valeur que l'on admet également pour la TVHD numérique.

Sources de brouillage multiple

La largeur de bande nécessaire au système de TVHD numérique est grande comparée à celle qu'utilisent les systèmes de Terre (espacement type de 50 MHz entre canaux radioélectriques). En outre, étant donné que le brouillage sera un brouillage à caractère de bruit (c'est-à-dire non cohérent), son incidence sur la dégradation de l'image ne devrait pas dépendre du décalage de la porteuse brouilleuse (c'est-à-dire brouillage co-canal ou non co-canal). Pour tenir compte de la possibilité de plusieurs sources de brouillage dans le canal TVHD, on a donc supposé, dans le cas le plus défavorable, un facteur d'exposition multiple de $10 \log (195/50) = 5,9$ dB.

La Fig. 15 indique les zones de coordination pour les systèmes de TVHD numérique en supposant les scénarios du cas le plus favorable (cas A) et du cas le plus défavorable (cas B) et pour un facteur d'exposition simple et multiple. Le Tableau XVII ci-après résume les distances de coordination maximales et minimales dans tous ces cas.

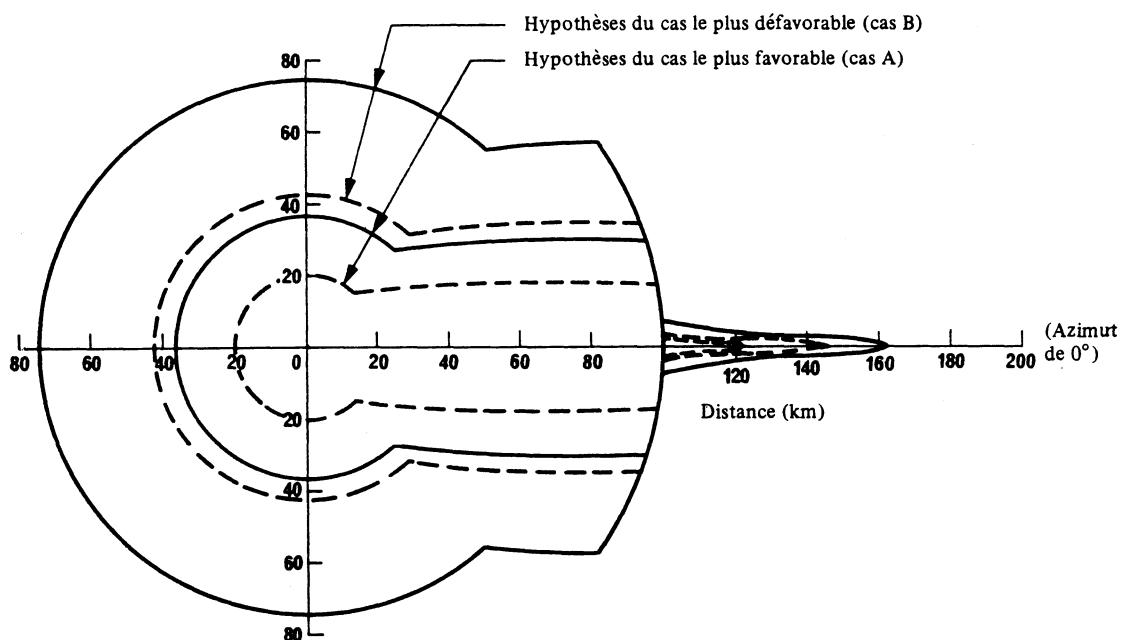


FIGURE 15 – Zones de coordination pour les systèmes de TVHD numérique

— Facteur d'exposition multiple: 5,9 dB
 - - - Facteur d'exposition multiple: 0 dB

TABLEAU XVII – Distances (km) de coordination pour des récepteurs de TVHD numérique

	Exposition simple		Expositions multiples	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Cas le plus favorable (cas A)	123,4	19,7	140,7	36,4
Cas le plus défavorable (cas B)	145,4	42,6	162,7	74,8

Comme dans le cas de la TVHD analogique, les grandes distances de coordination correspondent à des angles hors axe faible et/ou à des angles de site peu élevés. Pour des angles de site de 10° ou plus, la distance de coordination maximale est réduite à 100 km, voire moins de 100 km.

Par rapport au cas de la TVHD analogique de la Fig. 14, les zones de coordination de la TVHD numérique se trouvent à l'intérieur des zones de coordination de la TVHD analogique pour le cas le plus défavorable (cohérent) et pour le cas le plus favorable (non cohérent).

6.1.2.6 Brouillage causé par le SRS à des systèmes de Terre

Pour montrer la sensibilité des systèmes de radiocommunication de Terre au brouillage provenant du SRS, on a déterminé le rapport entre la puissance brouilleuse et la puissance de bruit dans une largeur de bande d'un canal radioélectrique à l'entrée du récepteur (voir le Tableau XVIII). On suppose que le cas de la TVHD numérique du SRS est le cas le plus défavorable en raison de son niveau élevé de puissance surfacique et l'on considère que les paramètres du système radioélectrique de Terre utilisés sont les paramètres types pour des applications de la transmission vidéo (transmissions télévisuelles MA-BLR).

TABLEAU XVIII – Exemple de brouillage causé par le SRS à des services de radiocommunication de Terre

Largeur de bande radioélectrique dans un canal de Terre (MHz)	5
Facteur de bruit du récepteur (dB)	8
Gain d'antenne dans l'axe de visée (dBi)	34
Puissance de bruit à l'entrée du récepteur (kTB) (dBW)	-127,7
Puissance surfacique de la TVHD dans l'axe de visée (atmosphère claire) (dB(W/m ²))	-85,7
Discrimination de l'antenne d'émission du satellite ⁽¹⁾ (dB)	12,7
Facteur de largeur de bande ⁽²⁾ (dB)	15,9
Affaiblissement atmosphérique (atmosphère claire) (dB)	4,0
Gain à 22,5 GHz (ouverture équivalente d'antenne de 1 m ²) (dB)	48,5
Niveau de brouillage à l'entrée du récepteur (dBW)	-132,8
Rapport brouillage/bruit (I/N) (dB)	-5,1

⁽¹⁾ On suppose un angle de site minimum de 20° en limite de la zone de couverture du SRS et une largeur de faisceau de l'antenne d'émission du satellite de 1°.

⁽²⁾ Pour la modulation numérique, on suppose que l'énergie est répartie uniformément sur toute la largeur de bande du canal TVHD, ce qui se traduit par une diminution de la puissance de brouillage de $10 \log (195/5) = 15,9$ dB.

On a effectué une analyse d'un brouillage à un système de terre de capacité moyenne utilisant une modulation MDPD-4 et capable de fournir jusqu'à 672 voies téléphoniques pour chaque porteuse RF. Les hypothèses retenues et les caractéristiques du système figurent à l'Annexe II.

L'analyse indique qu'on peut prévoir un TEB minimal de 1×10^{-7} au cours de conditions médianes (temps clair) avec des marges de dépassement de C/I. La valeur de marge de dépassement dépend de la longueur du trajet du système numérique et du type de brouillage causé par le SRS TVHD. On peut prévoir les marges les plus faibles sur les trajets les plus longs (8 km) et à partir de signaux analogiques TVHD brouilleur du signal pour lesquels la puissance surfacique a été fixée dans le cas de réception individuelle.

Cependant ces marges de dépassement de C/I entraînent qu'aucune restriction intervenant dans l'emplacement de l'antenne de réception de Terre ou l'évitement de l'orbite ne soit nécessaire en ce qui concerne ce mode de brouillage. Ces marges positives entraînent également que l'hypothèse sur l'angle minimal de site en bordure de la zone de couverture du SRS (à savoir 20°) puisse être moins stricte et satisfaire encore au critère de protection pour tous les trajets excepté les plus longs. Les marges seraient même plus grandes dans le cas de réception communautaire en raison des niveaux plus faibles de puissance surfacique.

Les effets du brouillage sur la qualité du système au cours d'évanouissement dû à la pluie devront réduire légèrement la marge d'évanouissement au seuil du TEB à la réception. En supposant que les signaux du satellite subissent aussi un évanouissement au moins du même ordre que le signal de Terre, la réduction de la marge d'évanouissement le long du trajet sera inférieure à 1 dB.

Il convient de noter cependant que ces conclusions ne s'appliquent qu'aux systèmes numériques dont la modulation comporte le même nombre d'états et est du même type que ci-dessus, et pour des caractéristiques de système semblable. Par exemple, ces conclusions ne peuvent pas s'appliquer aux systèmes actuellement en cours de développement et de mise au point utilisant un nombre d'états de modulation plus élevé tel que la modulation MAQ 64 qui est plus sensible au brouillage, ou employant des antennes de réception vectorielles où dans ce cas les évanouissements dus à la pluie le long des deux trajets ne peuvent plus être complètement corrélés.

6.1.2.7 Résumé et conclusions

Après examen de la faisabilité du partage entre le SRS et le SF, on peut tirer les conclusions suivantes:

- l'analyse des distances de coordination pour le cas du SRS de TVHD analogique (réception communautaire) montre que, pour des angles de site supérieurs à 10° environ, la distance de coordination maximale est comprise entre 73 et 100 km, ce qui correspond aux azimuts proches de l'axe de visée, et les distances de coordination minimales sont comprises entre 13 et 37 km pour les azimuts correspondant au lobe arrière de l'antenne de réception;
- les distances de coordination pour le cas de la TVHD numérique (réception individuelle) sont comprises entre les contours de coordination maximum et minimum de la TVHD analogique;
- compte tenu des zones de coordination relativement peu étendues nécessaires dans cette bande, le partage du point de vue géographique sera un peu plus facile que dans la bande des 12 GHz;
- l'analyse du brouillage causé à des services de radiocommunication de Terre par le SRS indiquée au § 6.1.2.6 montre que, pour les hypothèses du cas le plus défavorable, on obtient un rapport (I/N) de -5,1 dB. Un complément d'étude est nécessaire pour déterminer si cette marge est suffisante pour les types de services de Terre envisagés dans cette bande.

6.2 Partage entre le service de radioastronomie et le SRS au voisinage de 22 GHz*

La radioastronomie (RA) s'intéresse à plusieurs bandes de fréquences au voisinage de 22 GHz:

- de 22,01 à 22,21 GHz
- de 22,21 à 22,50 GHz
- de 22,81 à 22,86 GHz
- de 23,07 à 23,12 GHz

Ces bandes intéressent également le SRS pour les émissions de TVHD à large bande de radiofréquences (voir la Résolution 521).

Ce paragraphe traite de la protection requise par la radioastronomie et de la largeur des bandes de garde que nécessiterait une protection complète de la RA.

* Ce paragraphe doit être porté à l'attention de la Commission d'études 2 du CCIR.

6.2.1 Limites requises de densité surfacique de puissance

Les limites de densité surfacique de puissance nécessaires pour protéger le service de radioastronomie sont données dans le Rapport 224 du CCIR. Les limites figurant dans le tableau sont établies en faisant l'hypothèse qu'on utilise une antenne isotrope. Comme, en pratique, les observations de radioastronomie se font avec des antennes fortement directives, on peut admettre un facteur supplémentaire de 15 dB par rapport aux limites de densité surfacique de puissance tabulées. Cette hypothèse est fondée sur l'utilisation d'un diagramme d'antenne de référence de $32-25 \log \phi$ pour représenter le gain du lobe latéral en dBi de l'antenne RA. On admet en outre dans ce cas que l'antenne RA ne sera pas pointée à moins de 5° de l'orbite des satellites géostationnaires (OSG) de sorte que le gain de l'antenne RA en direction de l'OSG ne dépassera pas $32-25 \log(5^\circ) \cong 15$ dBi.

La limite de densité surfacique de puissance dans cette bande est calculée comme suit: le Tableau I du Rapport 224 du CCIR indique une densité spectrale de puissance de $-233 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$, ce qui correspond à un gain d'antenne supposé de 0 dBi.

Ce niveau de densité surfacique de puissance est à nouveau diminué de 15 dB (ce qui le ramène à $-248 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$) pour permettre des observations de radioastronomie jusqu'à 5° hors de l'orbite du satellite géostationnaire, d'après la discussion qui précède.

Le Rapport 1075 indique que la densité surfacique de puissance en espace libre d'un service de TVHD par satellite sera de l'ordre de -90 à -100 dBW/m^2 dans la zone de service. Le Tableau I donne la densité spectrale de puissance dans une bande de 1 Hz en supposant l'existence soit d'une répartition spectrale uniforme de l'énergie (comme on l'obtiendrait en diffusion numérique), soit d'une dispersion d'énergie sur 4 MHz, dans le cas d'une émission MF. De nouvelles études seront peut-être nécessaires pour déterminer si la dispersion d'énergie normalement utilisée dans les systèmes MF conviendrait pour protéger le service de radioastronomie.

TABLEAU XIX

Densité surfacique de puissance dans une bande de 1 Hz (dB(W/(m².Hz))

Bande passante sur laquelle l'énergie est répartie (MHz)	Densité spectrale de puissance surfacique (dBW/(m ² .Hz))	
	Densité de puissance surfacique de la TVHD = $-90 \text{ dB(W/m}^2)$	Densité de puissance surfacique de la TVHD = $-100 \text{ dB(W/m}^2)$
4	-156	-166
40	-166	-176
50	-167	-177
100	-170	-180

Les valeurs de ce tableau montrent qu'un affaiblissement sensible du signal de TVHD est requis avant qu'il puisse utiliser une bande de radioastronomie sans causer de brouillage excessif.

6.2.2 Conséquences

Les niveaux de rayonnement hors bande devraient être plus faibles. Les systèmes de modulation adoptés devront prévoir une mise en forme du spectre et le filtre de sortie du satellite pourra introduire un affaiblissement.

Pour obtenir le niveau souhaitable de $-248 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$, un affaiblissement supplémentaire compris entre 68 et 92 dB serait nécessaire.

6.2.2.1 Systèmes MF

Le spectre des systèmes MF décroît très rapidement en-dehors de la bande. La Fig.16 donne un exemple typique de gabarit spectral. Ce spectre est défini à partir des informations données par le Rapport 807-2 du CCIR traitant du rayonnement hors bande typique d'un satellite de diffusion de la télévision. L'hypothèse de l'emploi d'un système de télévision classique correspond presque au cas le plus défavorable. Des approximations sont nécessaires pour extrapoler du cas des systèmes classiques à celui de la TVHD. La prise en compte d'un facteur d'échelle des fréquences des signaux est valable sous certaines conditions. Les calculs ont été faits pour des bandes passantes RF de 54 MHz <voir le système B au Tableau 9 du Rapport 1075 (MOD I)> et de 100 MHz. On peut donc admettre un facteur d'échelle des fréquences de deux dans le premier exemple et de quatre dans le second.

On voit d'après les courbes de la Fig. 16 qu'un certain affaiblissement supplémentaire est requis pour protéger la radioastronomie.* La figure montre aussi que pour un système MF sans filtrage supplémentaire, la bande de garde doit être comprise entre 65 et 120 MHz, selon l'exemple utilisé. Un filtrage complémentaire du signal de sortie serait utile.

6.2.2.2 Systèmes numériques

Une vaste gamme de systèmes numériques possibles est à l'étude. Certains ont une enveloppe constante et peuvent être organisés pour avoir un spectre qui ne se dégrade pas quand le signal passe par un amplificateur non linéaire. D'autres n'ont pas une enveloppe d'amplitude constante et leur spectre peut être modifié par les non-linéarités, notamment dans les amplificateurs dotés de tubes à onde progressive, ce qui entraîne un accroissement du rayonnement hors bande. Deux des exemples du Rapport 1075 (QPSK et 16 QAM) peuvent être considérés comme des cas limites. La Fig.17 montre que dans un système QPSK, les niveaux de rayonnement hors bande seraient trop élevés pour permettre aux radioastronomes de travailler convenablement. De même, avec les hypothèses faites, le 16 QAM poserait des problèmes (les enveloppes spectrales de la Fig. 17 correspondent à la sortie du tube à onde progressive et à un roll off cosinus de 50%). Un filtrage complémentaire est donc indispensable pour les systèmes numériques.

6.2.2.3 Exigences concernant les bandes de garde et le filtrage

Il est possible de calculer le filtrage nécessaire pour protéger la radioastronomie au minimum d'écart en fréquence relativement à la TVHD par satellite.

L'étude de la Fig. 16 montre que les systèmes MF utilisés dans les exemples demandent des filtres dont la bande passante est de 50 et 100 MHz. Une certaine réjection est souhaitable à la fréquence distante du centre du canal d'environ une bande passante. On admet comme objectif, exigeant, mais probablement possible à atteindre, un affaiblissement de 20 dB pour améliorer l'efficacité de l'utilisation du spectre.

Le filtre de sortie doit assurer une atténuation destinée à abaisser les niveaux du rayonnement hors bande en-dessous de ceux proposés pour protéger la radioastronomie. On voit d'après la Fig.17 qu'un affaiblissement d'environ 50 dB est requis pour cela.

Plus précisément, une voie QAM à 140 Mbit/s exigerait un affaiblissement d'au moins 50 dB à une distance en fréquence minimale de 68 MHz par rapport au centre du canal, alors qu'une voie QPSK à 140 Mbit/s demanderait un affaiblissement d'au moins 60 dB pour une distance en fréquence minimale de 70 MHz.

* Les valeurs de la Figure 1 supposent l'emploi d'une dispersion d'énergie.

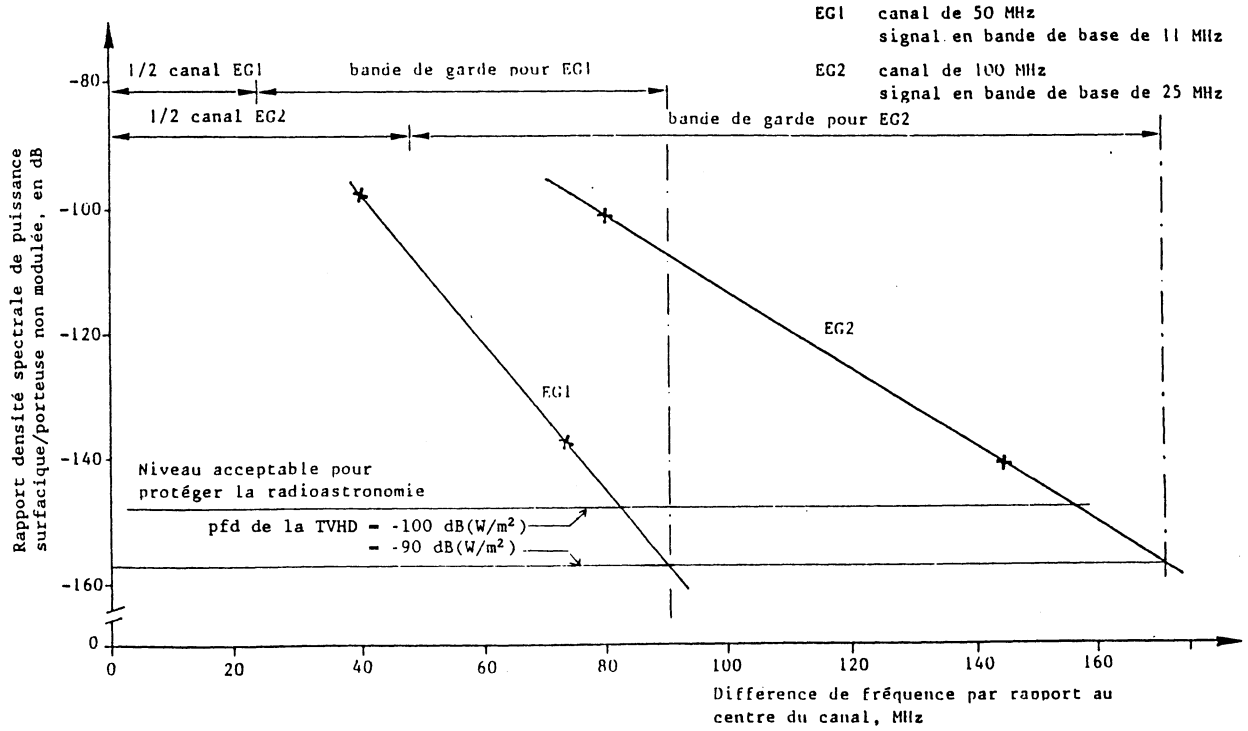


FIGURE 16

Gabarit de spectre pour les systèmes MF

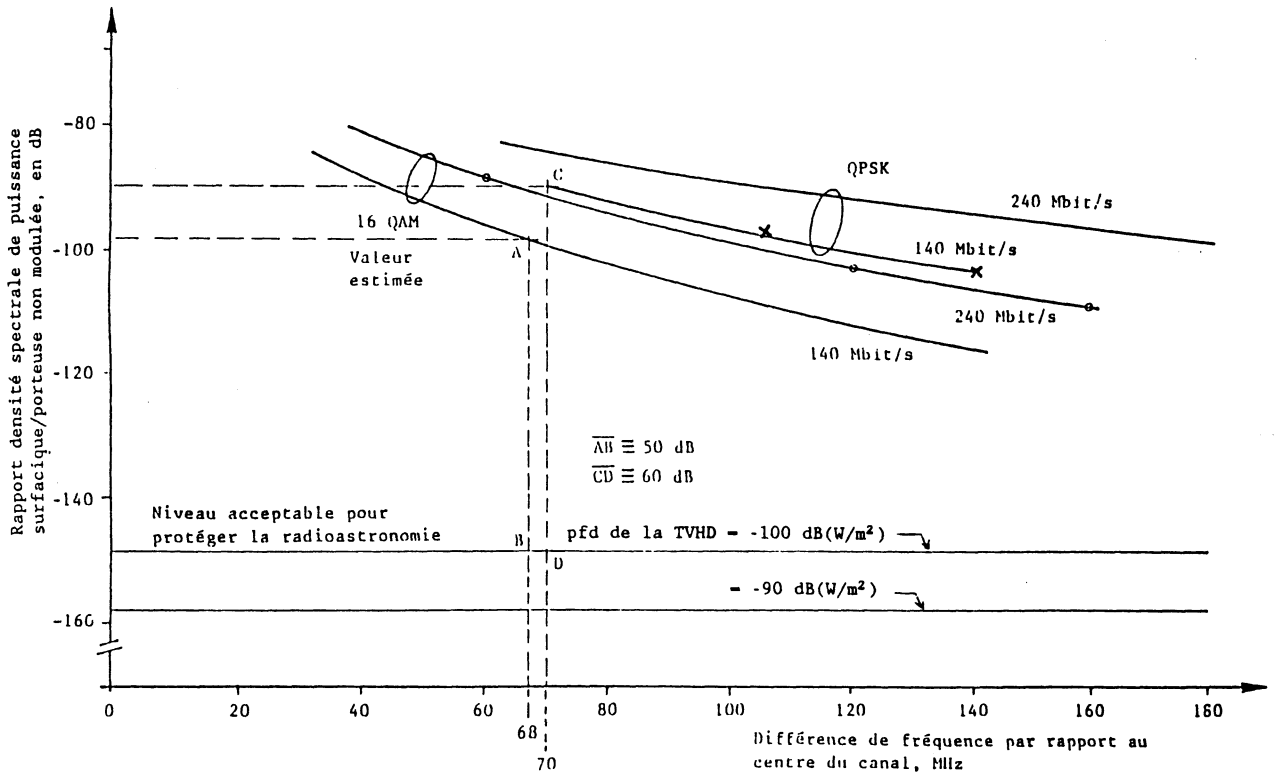


FIGURE 17

Enveloppe spectrale pour les systèmes numériques

pfd: puissance surfacique

6.2.2.4 Exemple de calcul: QPSK à 140 Mbit/s au voisinage de 22 GHz

On peut calculer ainsi dans ce cas la bande de fréquences totale à laisser libre pour la radioastronomie :

- bande de la radioastronomie : 50 MHz
- écart minimal entre la limite de la bande de radioastronomie et la fréquence centrale du plus proche canal de TVHD : 70 MHz
- demi-largeur du canal RF pour un signal QPSK à 140 Mbit/s avec un "roll-off" de 50%

$$B(\text{libre}) = 50 + 2 \times 70 - 2 \times 52,5 = 85 \text{ MHz.}$$

Il en résulte qu'une large bande doit rester inoccupée et que les exigences en matière de filtrage sont très strictes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKIMA, H. [janvier 1980] Sharing of the band 12.2 to 12.7 GHz between the broadcasting-satellite and fixed services, NTIA Report, 80-32, US Department of Commerce, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.
- GOES, O. W., HEINZELMANN, G. et VOGT, K. [octobre 1968] Transmitter-network planning for terrestrial television broadcasting in the 11.7 to 12.7 GHz band. *Rev. de l'UER (Technique)*, Partie A, 111-A, 216-226.
- KELLEY, R. L. et autres [1976] Communications systems technology assessment study, Fairchild Space & Electronics Company, Germantown, MD. (Etude faite pour le Centre de recherche Lewis de la NASA au titre du contrat NAS 3-20364).
- KONISHI, Y. [1980] Satellite broadcasting receiver - present and future. IEEE MTT-S, International Microwave Symposium Digest, 293-295.

Documents du CCIR

- [1974-78]: a. 11/112 (Allemagne (République fédérale d')); b. 11/415 (France); c. 11/420 (France); d. 11/172 (Pays-Bas); e. 11/142 (Royaume-Uni); f. 9/83 (Royaume-Uni); g. 11/170 (Pays-Bas); h. 11/143 (ASE); i. 11/163 (Suisse); j. 9/92 (Allemagne (République fédérale d')); k. 11/152 (URSS); l. 11/174 (Australie).
- [1978-82]: a. 11/247 (Japon); b. 10-11S/114 (Japon).

BIBLIOGRAPHIE

- ALTSHULER, E. E., GALLOP, M. A. Jr et TELFORD, L. E. [septembre-octobre 1978] Atmospheric attenuation statistics at 15 and 35 GHz for very low elevation angles. *Radio Sci.*, Vol. 13, 5, 839-852.
- BOROVKOV, V. A. et LOKCHINE, M. G. [1979] Problème de compatibilité électromagnétique dans les services de télévision. *Elektrosviaz*, 7, 1-4 (en russe).
- DOLUKHANOV, M. «Propagation of Radio Waves», Mir Publishers, Moscou, URSS, 1971. Révision de l'édition 1965.
- ESA "Study of the applicability of the 20 GHz band for high-definition TV satellite broadcasting", Contract Study Report, TP 8566, 1988.
- ROGERS, D. W. [janvier 1985] Propagation considerations for satellite broadcasting at frequencies above 10 GHz, *IEEE J. Select. Areas in Comm.*, Vol. SAC-3, 1, 100-110.

Documents du CCIR

- [1974-78]: 11/19 (Royaume-Uni); 11/22 (Suisse); 11/34 (Japon); 11/108 (Canada); 11/141 (Royaume-Uni); 11/153 (Etats-Unis d'Amérique); 11/156 (Allemagne (République fédérale d')).
- [1978-82]: 10-11S/11 (UER); 10-11S/12 (Royaume-Uni); 10-11S/25 (Etats-Unis d'Amérique); 10-11S/53 (URSS); 11/116 (URSS).

ANNEXE I

EXEMPLES DE LIMITES DE LA PUISSANCE SURFACIQUE NÉCESSAIRES
POUR PROTÉGER LE SERVICE MOBILE TERRESTRE AUX ENVIRONS DE 800 MHz

S'il y a un seul satellite géostationnaire de radiodiffusion sur la partie visible de l'orbite, la valeur acceptable de la puissance surfacique produite à la surface de la Terre par le satellite est la suivante:

- pour protéger un service de haute qualité:
 - 133 dB(W/(m² · 16 kHz)) à l'antenne de réception de la station mobile;
 - 146 dB(W/(m² · 16 kHz)) à l'antenne de réception de la station de base;
- et pour protéger un service de qualité minimale:
 - 127 dB(W/(m² · 40 kHz)) à l'antenne de réception de la station mobile;
 - 134 dB(W/(m² · 40 kHz)) à l'antenne de réception de la station de base.

Ces valeurs s'appliquent uniquement au service mobile terrestre aux environs de 800 MHz.

La valeur de -146 dB(W/(m² · 16 kHz)) est fondée sur les renseignements normalement disponibles et est nécessaire, par exemple, pour assurer la protection d'un système mobile terrestre fonctionnant aux environs de 800 MHz avec les caractéristiques suivantes:

- espacement entre canaux: 25 kHz,
- largeur de bande du récepteur: 16 kHz,
- facteur de bruit du récepteur: 10 dB,
- facteur d'amélioration: 12 dB,
- gain d'antenne: 15 dBi,
- rapport de protection aux fréquences radioélectriques: 18 dB,
- discrimination de polarisation: 3 dB.

Pour des caractéristiques différentes ou additionnelles du système mobile terrestre, la puissance surfacique mentionnée ci-dessus sera à modifier en conséquence. La valeur indiquée pour cette puissance surfacique tient compte des faibles angles de site du satellite de radiodiffusion.

Il convient de noter également que si plusieurs satellites géostationnaires sont en visibilité, la valeur de la puissance surfacique produite par chaque satellite doit être réduite en conséquence.

Il serait souhaitable que l'on puisse obtenir d'autres administrations davantage de données concernant les caractéristiques des systèmes en exploitation, ou en cours d'étude, avant que l'on puisse parvenir à une valeur générale de la puissance surfacique assurant la protection des systèmes mobiles terrestres. Il convient donc de poursuivre les études pour pouvoir disposer de données supplémentaires.

Actuellement, il semble prématuré d'apprécier si le partage de fréquences est possible entre le service de radiodiffusion par satellite et le service mobile terrestre aux environs de 800 MHz.

ANNEXE II

Caractéristiques d'un système de terre numérique
fonctionnant à 23 GHz et étude des brouillages

La présente annexe fournit des détails sur les caractéristiques des systèmes de Terre numériques examinés au § 7.3.2.2.1. Les hypothèses émises et la méthode employée pour les analyses de l'influence des brouillages sont également indiquées.

1. Systèmes radioélectriques numériques à 23 GHz pour les transmissions téléphoniques et de données

En raison de l'évolution rapide du réseau numérique téléphonique et de données, l'emploi de la bande des 23 GHz pour les transmissions téléphoniques et de données utilisera sans doute des techniques de transmission numérique. Les limitations des performances des dispositifs actuels à ces fréquences restreindront vraisemblablement les possibilités de choix de la modulation aux techniques à enveloppe constante (par exemple MDP-2 ou 4) permettant le fonctionnement au voisinage de saturation du dispositif. De tels systèmes de modulation fourniront une capacité de voies téléphoniques et de données allant de 96 voies téléphoniques (faible capacité) à environ 672 voies téléphoniques (capacité moyenne) dans un seul canal RF. Les paramètres de transmission du système radioélectrique de base sont supposés semblables à ceux qui figurent dans le § 6.1.2.1 du présent Rapport.

Les principales applications de ces systèmes pourraient consister en liaisons entre bâtiments dans des zones urbaines utilisant dans ce cas des trajets relativement courts (1 à 8 km) afin de limiter l'affaiblissement du trajet dû aux précipitations qui peut être très important à ces fréquences. En examinant les possibilités des dispositions géométriques, on constate que les angles de site des antennes d'émission et de réception des systèmes radioélectriques de Terre peuvent s'échelonner jusqu'à 10°. L'angle de site de l'antenne de réception du système numérique présente de l'importance dans la mesure où il influe sur l'emplacement pour lequel il est possible que l'axe de visée de l'antenne du récepteur du système de Terre soit dirigé vers le satellite brouilleur.

2. Remarques relatives au partage et analyse du brouillage

A ces fréquences très élevées et avec des systèmes empruntant des trajets relativement courts, l'indisponibilité du trajet résulte principalement des évanouissements dus à la pluie. De plus, un brouillage d'une certaine importance provoqué par le satellite se produira dans les cas où les angles d'azimut et de site du trajet du signal de Terre sont presque les mêmes que ceux du trajet du signal provenant du satellite brouilleur; autrement une discrimination suffisante serait assurée par l'antenne de réception du système de Terre. D'ailleurs il est possible d'admettre que le signal provenant du satellite subira des évanouissements de même niveau et au même moment que le signal de Terre au cours des périodes de pluie.

L'analyse du partage présenté dans cette annexe repose sur l'obtention d'un rapport porteuse/brouillage (C/I) nécessaire pour garantir une performance d'erreur du système acceptable au cours de conditions de propagation médianes ou par temps clair.

(Cette approche est différente de celle du § 6.1.2.6 du présent Rapport qui repose sur l'obtention d'un rapport brouillage/bruit (I/N) acceptable ce qui implique ainsi une indépendance d'évanouissement du signal au moins partielle entre les trajets utile et brouilleur.)

En supposant que l'influence du brouillage sur le TEB du système est équivalente à celle du bruit gaussien, pour une modulation MDPD-4, un rapport C/I de 13,8 dB conduira alors à un TEB théorique de 1×10^{-7} . En admettant une marge de mise en oeuvre de 3 dB, le C/I nécessaire en l'absence de bruit thermique ($C/N = \infty$) sera de 16,8 dB.

Par un raisonnement analogue, l'hypothèse d'un seuil de TEB de 10^3 comme performance acceptable minimale (c'est-à-dire interruption du système) correspond à une valeur de C/N avec évanouissement égale à 9,8 dB pour une modulation MDPD-4. Cette valeur C/N de seuil s'applique en l'absence de brouillage. La présence de brouillage dans le cas d'évanouissement aura pour effet d'accroître légèrement la valeur C/N de seuil ce qui aboutit à une faible diminution de la marge d'évanouissement. Par exemple, en admettant que le signal du satellite subisse un évanouissement de même niveau que le signal de Terre, pour un C/I = 16,8 dB, le C/N nécessaire pour un TEB de 10^3 est approximativement de 10,3 dB, ce qui représente une diminution de 0,5 dB de la marge d'évanouissement.

Le Tableau XX indique les caractéristiques de trajet du système de Terre pour des longueurs de trajets s'échelonnant de 2 à 8 km et pour deux dimensions d'antenne d'émission/de réception de Terre. Le niveau de puissance surfacique brouilleur maximal admissible à l'emplacement du récepteur de Terre est établi à partir du rapport C/I donné ci-dessus et dans l'hypothèse qu'il n'existe pas de discrimination de l'antenne de Terre en direction du satellite brouilleur.

TABLEAU XX

Paramètres du trajet du système de Terre

Longueur de trajet (km)	Niveau médian du signal de réception ⁽¹⁾ (dBW)		Marge d'évanouissement au-dessus du seuil ⁽²⁾ (dB)		Niveau de brouillage admissible ⁽³⁾ (dBW)		Puissance surfacique de brouillage admissible (dB(W/m ²))	
	30 cm	68 cm	30 cm	68 cm	30 cm	68 cm	30 cm	68 cm
2	-74,8	-60,6	34,7	48,9	-91,6	-77,4	-77,1	-70,0
4	-81,1	-66,9	28,4	42,6	-97,9	-83,7	-83,4	-76,3
6	-84,8	-70,6	24,7	38,9	-101,6	-87,4	-87,1	-80,0
8	-87,6	-73,4	21,9	36,1	-104,4	-90,2	-89,9	-82,5

(1) On admet un niveau de sortie de l'émetteur, P_t égal à 13 dBm.

(2) On admet un facteur de bruit de 8 dB: $TEB = 10^3$ (seuil): $(C/I) = \infty$.

(3) On admet un (C/I) médian égal à 16,8 dB (TEB de 10^7 + marge de 3 dB).



TABLEAU XXI- Niveaux de brouillage produits par le SRS TVHD (réception individuelle)

Paramètre	Numérique		Analogique		
Puissance surfacique en bordure de la zone de couverture	-94,3	-94,7			dB(W/m ²)
Largeur de bande RF	195	60			MHz
Marge de pluie	4,5	4,5			dB
Ouverture du faisceau de l'antenne d'émission du satellite	1,0	1,0			deg.
Angle de site <u>minimal</u> en bordure de la zone de couverture	20,0	20,0			deg.
Angle de site <u>maximal</u> de l'antenne de réception de Terre	10,0	10,0			deg.
Puissance surfacique sur l'axe de visée (temps clair)	-86,8	-87,2			dB(W/m ²)
Discrimination de l'antenne d'émission du satellite en direction du récepteur de Terre	9,6	9,6			dB
Affaiblissement par temps clair supplémentaire	1,26	1,26			dB
Facteur ¹ de dispersion de largeur de bande	5,9	0			dB
	Diamètre de l'antenne de réception de Terre				
Dépassement de C/I pour: longueur de trajet (km)	30	68	30	68	cm
2	26,6	33,7	21,0	28,1	dB
4	20,3	27,4	14,7	21,8	
6	16,6	23,7	11,0	18,1	
8	13,8	21,2	8,2	15,6	

¹ Facteur de dispersion par largeur de bande applicable à la SRS TVHD numérique.

Note - Il y a des différences entre le Rapport 951, partage entre le service inter-satellites et le service de radiodiffusion par satellite au voisinage de 23 GHz, et la section 7.3.2.2.7 du Rapport du GTIM 10-11/1 qui traite du brouillage causé par le SBS au SIS.

Toutefois, aucune contribution n'a été présentée sur ce sujet aux réunions intérimaires et les administrations sont notamment priées de présenter des contributions appropriées aux réunions finales.