

## RECOMMANDATION UIT-R S.1063\*

**Critères de partage entre liaisons de connexion du SRS et d'autres liaisons du SFS dans le sens Terre-espace ou espace-Terre**

(Question UIT-R 210/4)

(1994)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que, conformément au Règlement des radiocommunications (RR), les liaisons Terre-espace utilisées pour la connexion à des satellites du service de radiodiffusion par satellite (SRS) font partie du service fixe par satellite (SFS);
- b) que la fréquence et les caractéristiques techniques de ces liaisons de connexion peuvent dépendre des caractéristiques techniques des systèmes utilisant le satellite de radiodiffusion, mais qu'il convient de tenir compte également des risques de brouillage avec des satellites du service fixe par satellite assurant des liaisons entre des points spécifiés à la surface de la Terre;
- c) que les contraintes imposées aux systèmes du service de radiodiffusion par satellite peuvent avoir une influence défavorable sur l'efficacité d'utilisation des bandes de fréquences du service fixe par satellite pour les liaisons entre stations terriennes;
- d) que les bandes de fréquences suivantes du SFS dans le sens Terre-espace ont été désignées pour utilisation par les liaisons de connexion du SRS: 10,7-11,7 GHz (Région 1), 14,5-14,8 GHz (toutes Régions sauf Europe), 17,3-17,8 GHz (également attribuée au SRS dans la Région 2), 17,3-18,1 GHz (Régions 1 et 3), 18,1-18,4 GHz (toutes Régions par numéros S5.520 et S5.521 du RR), 24,75-25,25 GHz (Régions 2 et 3), 27,5-30,0 GHz (toutes Régions);
- e) que l'Appendice S30A du RR prévoit d'apparier certaines liaisons de connexion du SRS avec le Plan de l'Appendice S30 du RR pour le SRS,

*recommande*

- 1** que, lors de l'étude de partage entre liaisons de connexion du SFS et du SRS:
  - 1.1** il soit tenu compte des conditions et contraintes des deux systèmes;
  - 1.2** il soit envisagé de réduire la largeur de bande nécessaire des liaisons de connexion;
  - 1.3** des calculs appropriés de brouillage soient effectués et que les résultats soient comparés aux marges de protection requises;
- 2** que les facteurs et exemples indiqués dans l'Annexe 1 soient pris en considération pour faciliter l'application du § 1 ci-dessus.

---

\* La Commission d'études 4 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44 (AR-2000).

## ANNEXE 1

**Critères de partage entre liaisons de connexion du SRS et d'autres liaisons du SFS dans le sens Terre-espace ou espace-Terre****1 Introduction**

Les bandes de fréquences attribuées au service de radiodiffusion par satellite (SRS) sont, par définition, utilisées dans le sens espace-Terre. Les liaisons de connexion vers des satellites de radiodiffusion fonctionnant dans une bande de fréquences quelconque doivent aux termes du Règlement des radiocommunications (RR) actuellement en vigueur, utiliser les fréquences attribuées au service fixe par satellite (SFS) pour les trajets Terre-espace. Dans la présente Annexe, le sens du terme «service fixe par satellite» est conforme à la définition donnée dans le RR, mais sans couvrir les liaisons de connexion du SRS.

La Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) (CAMR-79) puis la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) ont attribué au SRS, dans le sens Terre-espace, un certain nombre de bandes de fréquences à l'usage des liaisons de connexion. Ces bandes sont les suivantes: 10,7-11,7 GHz (Région 1), 14,5-14,8 GHz (toutes Régions sauf l'Europe) et 17,3-17,8 GHz (Région 2, où cette bande est aussi attribuée au SRS), 17,3-18,1 GHz (Régions 1 et 3), 18,1-18,4 GHz (toutes Régions par numéros S5.520 et S5.521 du RR), 24,75-25,25 GHz (Régions 2 et 3), 27,5-30,0 GHz (toutes Régions).

Cependant, les besoins en fréquence pour les liaisons de connexion du SRS seront probablement assez grands, en particulier au voisinage de 12 GHz; les liaisons de connexion vers les satellites de radiodiffusion peuvent être mises en œuvre dans n'importe quelle bande attribuée au SFS Terre-espace (sous réserve cependant d'une coordination dans les bandes qui ne sont pas désignées exclusivement à l'usage des liaisons de connexion); enfin, les bandes de fréquences les plus élevées destinées à cet usage risquent de présenter peu d'intérêt pour certaines administrations. Pour toutes ces raisons, le problème de l'utilisation, par le SFS et le SRS, des bandes attribuées pour le sens Terre-espace demeure entier.

L'utilisation simultanée de la bande 14-14,5 GHz par les systèmes du SRS fonctionnant aux alentours de 12 GHz et par le SFS disposant de bandes différentes pour le sens espace-Terre sera une source de difficultés dans les parties encombrées de l'orbite. En plus des services de radiodiffusion par satellite avec réception individuelle ou communautaire dans la bande des 12 GHz, on envisage la possibilité de mettre en œuvre des services interactifs (téléphonie, données, vidéo), avec utilisation de stations terriennes ayant des antennes à petite ouverture. Il pourrait en résulter des exigences et des contraintes supplémentaires pour ces deux services.

La présente Annexe étudie les conséquences du partage dans le contexte de l'utilisation des bandes attribuées au SFS pour les liaisons de connexion aux satellites de radiodiffusion compte tenu des plans établis par la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour le service de radiodiffusion par satellite (Régions 1 et 3) (Genève, 1977) (CAMR RS-77), par la Conférence administrative régionale des radiocommunications pour la planification du service de radiodiffusion par satellite dans la Région 2 (Genève, 1983) (CARR SAT-R2) qui était associée et faisait suite à la CAMR RS-77 et compte tenu du plan des liaisons de connexion SRS pour les Régions 1 et 3, établi lors de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications sur l'utilisation de l'orbite des satellites géostationnaires et la planification des services spatiaux utilisant cette orbite (Genève, 1988) (CAMR ORB-88).

## **2 Caractéristiques techniques et d'exploitation requises pour les liaisons de connexion aux satellites de radiodiffusion**

### **2.1 Systèmes de radiodiffusion par satellite fonctionnant au voisinage de 12 GHz**

La CAMR RS-77 a fixé un certain nombre de normes techniques qui affectent la transmission sur les liaisons de connexion pour les Régions 1 et 3. Une condition importante est la suivante: la diminution de qualité sur la liaison descendante, sous l'effet du bruit thermique de la liaison de connexion, est considérée comme équivalant à une dégradation du rapport porteuse/bruit de la liaison descendante ne dépassant pas 0,5 dB pendant 99% du mois le plus défavorable. Si l'on veut limiter la dégradation à cette valeur, le rapport porteuse/bruit sur la liaison de connexion doit dépasser d'environ 10 dB la valeur requise de ce rapport sur la liaison descendante: autrement dit, dans ce cas, on devrait avoir un rapport  $C/N$  de la liaison de connexion pouvant atteindre 24 dB, en supposant que les indices de modulation soient les mêmes.

La Conférence a aussi fixé à 30 dB le rapport de protection total pour chaque émission de satellite de radiodiffusion. Par similitude avec la répartition des caractéristiques de qualité globale, on pourrait être amené à fixer à 40 dB environ le rapport de protection total de la liaison de connexion vers un satellite de radiodiffusion, avec un rapport de protection pour un seul cas de brouillage qui pourrait atteindre 45 dB. Les normes ne sont encore fixées ni pour l'une ni pour l'autre de ces deux dernières valeurs. En ce qui concerne le brouillage dû aux canaux adjacents, des expériences de simulation récentes ont montré que le fonctionnement à saturation des tubes de puissance des satellites de radiodiffusion réduit le brouillage reçu des canaux adjacents d'environ 4 dB par rapport à celui observé dans des conditions d'excitation réduite du tube de puissance. Cette amélioration peut être également utilisée avec profit dans la planification du brouillage dans le canal adjacent des liaisons de connexion dans les Régions 1 et 3.

Pour la Région 2, la CARR SAT-R2 a conclu qu'un rapport de protection global de 28 dB dans le même canal était nécessaire, et il en est tenu compte dans le Plan élaboré pour la Région 2. Il a été décidé en outre que, pour les liaisons de connexion, une augmentation de 10% de la température de bruit à l'entrée du récepteur du satellite devait être le seuil nécessitant une coordination, s'il était dépassé par les émissions effectivement brouilleuses.

On trouvera des précisions dans les Recommandations UIT-R BO.793, UIT-R BO.794 et UIT-R BO.795, dans l'Appendice 30 du RR et dans les Actes finals de la CARR SAT-R2 (Genève, 1983).

## **3 Largeurs de bande nécessaires sur les liaisons de connexion**

### **3.1 Attributions aux trajets descendants**

La largeur de bande nécessaire pour les liaisons de connexion doit être considérée en relation avec la largeur de bande totale attribuée au SRS. Ces caractéristiques sont résumées dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

**Largeur de bande attribuée au service de radiodiffusion  
par satellite au-dessous de 40 GHz**

Partie du spectre	Largeur de bande attribuée (MHz)
700 MHz	170
2,5 GHz	190
12 GHz	800 (Région 1)
	500 (Région 2)
	500 + 250 (Région 3)
17 GHz	500 (Région 2)
21 GHz	600 (Régions 1 et 3)

### 3.2 Réduction de la largeur de bande requise pour les liaisons de connexion aux satellites de radiodiffusion fonctionnant dans la bande des 12 GHz

Une grande largeur de spectre a été attribuée au SRS pour ses liaisons espace-Terre et l'on prévoit qu'à l'avenir, ces bandes seront utilisées dans une large mesure pour la télévision, la réutilisation des fréquences étant réalisée au moyen d'antennes d'émission à gain élevé à bord des satellites et grâce à l'application de techniques de polarisations croisées. On réalisera sans nul doute une réutilisation des fréquences du même ordre dans le sens Terre-espace au moyen d'antennes de réception à gain élevé à bord des satellites, mais il est à craindre que cette technique ne permette pas d'augmenter sensiblement le degré de réutilisation des fréquences sur les liaisons de connexion par rapport aux liaisons descendantes, dans les parties du monde où les zones de couverture de la radiodiffusion sont relativement peu étendues. On pourrait réduire le degré d'utilisation, par les satellites de radiodiffusion, des bandes attribuées aux liaisons Terre-espace du SFS, si l'on réussissait à intensifier la réutilisation des fréquences sur la liaison de connexion. Il existe quatre moyens pour atteindre cet objectif:

- réutilisation de fréquences sur les liaisons de connexion lorsque l'antenne d'émission de la station terrienne a une meilleure directivité qu'une antenne réceptrice de radiodiffusion;
- polarisation double;
- autres méthodes de modulation pour les liaisons de connexion;
- systèmes fonctionnant avec intégration du son et de l'image.

## 4 Possibilités de partage des attributions au service fixe par satellite (Terre-espace) avec des liaisons de connexion du service de radiodiffusion par satellite

### 4.1 Utilisation de la bande 14-14,5 GHz

Sur la base d'un exemple, on étudiera ci-après le brouillage causé par les transmissions sur une liaison de connexion du SRS à un satellite ayant les caractéristiques Intelsat-V; on étudiera également le cas inverse du brouillage causé par une transmission sur une liaison montante du SFS à une liaison de connexion d'un satellite de radiodiffusion. On suppose que les signaux brouilleurs ont la même fréquence et la même polarisation.

Ci-après sont indiquées les hypothèses faites pour les deux signaux brouilleurs dans cet exemple:  
concernant les émissions Terre-espace destinées au satellite de radiodiffusion:

ouvertures du faisceau des antennes de satellite:	1°, 2° ou 4°
température de bruit du système de réception du satellite:	3 000 K
diamètre de l'antenne d'émission de la station terrienne:	2 ou 4 ou 8 m
rapport porteuse/brouillage sur la liaison Terre-espace:	25 dB
largeur de la bande des fréquences radioélectriques:	27 MHz
dispersion d'énergie:	600 kHz crête-à-crête

Ces hypothèses conduisent pour les systèmes aux paramètres (à la fréquence 14 GHz) donnés dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Système de réception du satellite		Station terrienne d'émission			
Ouverture du faisceau de l'antenne (degrés)	G/T en bordure du faisceau (dB(K <sup>-1</sup> ))	p.i.r.e. (dBW)	Puissance dans l'antenne (W)		
			2 m	4 m	8 m
1	6	72,7	380	97	24
2	0	78,7	1 500	380	97
4	-6	84,7	6 000	1 500	380

Concernant le système INTELSAT, trois types d'émissions représentatifs seront admis par hypothèse, avec les caractéristiques données dans le Tableau 3.

TABLEAU 3

Type	Modulation	Capacité	p.i.r.e. (dBW)	Rapport de protection (dB)
A	MRF-MF	24 voies	69	29 <sup>(1)</sup>
B	MRF-MF	972 voies	81	33 <sup>(1)</sup>
C	AMRT-MDPCQ	120 Mbit/s	82	30 <sup>(2)</sup>

(1) Pour produire dans la voie la plus défavorisée une puissance de bruit de 600 pW0p due au brouillage par une émission analogique de télévision à modulation de fréquence (MF).

(2) Minimum admissible pour une seule entrée de brouillage provenant d'une émission quelconque de puissance élevée contenue dans la bande occupée large de 72 MHz.

En supposant, la fréquence étant 14 GHz, la coïncidence ou l'empiétement des zones de couverture des antennes de réception de station spatiale d'un satellite de radiodiffusion et d'un satellite Intelsat-V, et en supposant de plus que les stations terriennes qui émettent à destination du satellite de radiodiffusion sont conformes au diagramme d'antenne de station terrienne établi à titre de référence par l'UIT-R, observer les rapports de protection requis donnés ci-dessus nécessiterait les espacements angulaires géocentriques entre le satellite de radiodiffusion et un satellite Intelsat V donnés dans le Tableau 4.

Il est évident que la réduction de l'ouverture de faisceau des antennes de réception placées dans les satellites de radiodiffusion permet de réduire les brouillages; il en résulte toutefois une diminution de la zone de couverture, qui pourrait compromettre les émissions vers le satellite de radiodiffusion à partir de certaines zones situées dans les limites de la zone de service ou à l'extérieur de cette zone de service.

TABLEAU 4

Caractéristiques du système de radiodiffusion par satellite		Espacement des satellites pour différents types de porteuse INTELSAT sujette à brouillage (degrés)		
		A	B	C
Ouverture du faisceau de l'antenne de réception du satellite (degrés)	Diamètre de l'antenne de la station terrienne d'émission (m)	24 voies MRF-MF	972 voies MRF-MF	MDPCQ 120 Mbit/s
1	2	5,0	2,4	1,7
	4	2,9	1,4	< 1,0
	8	1,7	< 1,0	< 1,0
2	2	8,7	4,2	2,9
	4	5,0	2,4	1,7
	8	2,8	1,4	< 1,0
4	2	15,1	7,2	5,0
	4	8,7	4,2	2,9
	8	5,0	2,4	1,7

Selon les projets actuels de l'INTELSAT, il est prévu un nombre appréciable de porteuses MRF-MF d'une capacité de 24 voies seulement, ainsi que de nombreuses porteuses MRF-MF dont les capacités sont comprises entre 24 et 972 voies. Les espacements angulaires géocentriques requis entre un satellite de radiodiffusion et un satellite Intelsat-V sont, pour de telles porteuses, appréciables. On aurait pu les obtenir si les satellites de radiodiffusion étaient espacés les uns des autres de deux fois les angles ci-dessus, mais il en résulterait que tout juste un emplacement de satellite du service fixe alternerait avec un emplacement de satellite de radiodiffusion. Là où il serait désirable que le rapport entre le nombre de satellites du service fixe et le nombre de satellites de radiodiffusion fût  $n$ , l'espacement entre satellites de radiodiffusion devrait être encore accru de  $n - 1$  fois l'espacement requis entre les satellites du service fixe.

Avec le système INTELSAT, on pourrait tirer parti du fait que ce système ne procure actuellement qu'une couverture Terre-espace (14 GHz) limitée et qu'il utilise pour les liaisons de connexion du SRS, des faisceaux de réception de satellite dont l'ouverture est inférieure à  $1^\circ$  et des stations terriennes d'émission dont l'antenne a un diamètre de 8 m afin d'alléger la difficulté; mais ces dispositions pourraient être une lourde sujétion imposée au SRS et il se peut qu'elles soient inacceptables. Une autre solution pourrait consister à aligner les plans de fréquences porteuses entre les liaisons de connexion au satellite de radiodiffusion et les porteuses Intelsat-V; ou bien encore de tenter de réaliser une certaine discrimination de polarisation sur les liaisons montantes.

D'autre part, les brouillages causés aux satellites de radiodiffusion par les stations terriennes du SFS sont loin d'être négligeables. Avec les paramètres de la porteuse Intelsat à 972 voies et un rapport de protection requis supposé être égal à 45 dB (pour un seul cas de brouillage) sur la liaison de connexion du SRS, les espacements géocentriques requis entre satellites seraient à 14 GHz ceux indiqués dans le Tableau 5.

TABLEAU 5

Ouverture du faisceau de réception du satellite de radiodiffusion (degrés)	Espacement des satellites pour différents diamètres de la station terrienne d'émission INTELSAT (degrés)		
	8 m	12 m	16 m
1	11,6	8,8	6,8
2	6,7	5,0	4,0
4	3,8	3,0	2,3

Les paramètres de système donnés dans le présent paragraphe pour le SFS sont ceux d'INTELSAT-V. D'autres systèmes du SFS, en particulier les systèmes destinés à fournir un service national ou régional, peuvent demander des espacements plus grands que ceux qui sont portés dans les Tableaux.

Dans ce cas, en augmentant la sensibilité du récepteur d'un satellite de radiodiffusion, on accroît le brouillage qu'il peut subir de la part des émissions des stations terriennes du SFS, ce qui peut entraîner la nécessité d'un plus grand espacement entre les satellites.

On peut conclure de ce qui précède que des brouillages pourraient se produire entre les liaisons montantes des systèmes du SFS et les liaisons de connexion vers les satellites de radiodiffusion, en cas d'utilisation d'une bande de fréquences commune. Toutefois, des solutions spécifiques pourraient être apportées à ces problèmes de brouillage moyennant une coordination des fréquences et l'utilisation de techniques appropriées. On conclut que les cas individuels de partage entre des réseaux du SFS et des liaisons de connexion de satellites de radiodiffusion doivent faire l'objet d'un examen détaillé, compte tenu des paramètres de conception et d'exploitation du système prévu. On trouvera ci-après deux autres exemples d'études menées dans la Région 3 et dans la Région 1.

#### 4.1.1 Exemple 1

Une analyse effectuée au Japon a permis de calculer les brouillages dans divers cas particuliers dans la bande 14,0-14,5 GHz entre les liaisons montantes des satellites fixes desservant la Région 3 (dont les caractéristiques sont indiquées dans la présente Annexe pour le système INTELSAT-V) et les liaisons de connexion aux satellites de radiodiffusion dans la Région 3 fonctionnant conformément au Plan pour la bande des 12 GHz. Les résultats sont les suivants:

- En ce qui concerne les paramètres techniques utilisés dans l'étude, la valeur la plus défavorable du rapport porteuse/brouillage  $C/I$  sur les liaisons de connexion aux satellites de radiodiffusion subissant des brouillages causés par les liaisons montantes pour le système INTELSAT-V dans la Région de l'Océan indien serait supérieure aux 45 dB admis pour le rapport de protection. La valeur la plus défavorable du rapport  $C/I$  des liaisons montantes pour le système INTELSAT-V subissant des brouillages causés par les liaisons de connexion au satellite de radiodiffusion serait supérieure aux 31 dB requis pour la puissance du bruit de brouillage de 400 pW0p (600 pW0p, conformément à la Recommandation UIT-R S.466) dans un système MRF-MF à 24 voies.
- En ce qui concerne le brouillage entre les deux systèmes (station spatiale du SFS, supposée en position à 65° E et les satellites de radiodiffusion), l'utilisation d'antenne de 15 m de diamètre aux stations terriennes du système du SFS causerait du brouillage aux satellites de radiodiffusion occupant le segment orbital compris entre 62° E et 74° E. Par conséquent, l'espacement orbital requis pour protéger les liaisons de connexion aux satellites de radiodiffusion pourrait prendre une valeur d'environ 10°. D'autre part, le brouillage qui serait causé à la station spatiale du SFS, par les stations terriennes du SRS, ne pourrait provenir que des stations terriennes assurant la connexion aux satellites de radiodiffusion les plus proches de la station spatiale du SFS, avec un espacement de 3°.

- Quant à la situation de brouillage entre les satellites de radiodiffusion et les satellites hypothétiques, nationaux ou sous-régionaux, du service fixe, situés au milieu des satellites de radiodiffusion, c'est le brouillage causé à ces derniers qui serait prédominant. En conséquence, l'utilisation d'antennes d'émission de 4,5 m aux stations terriennes du système fixe par satellite causerait des brouillages aux satellites de radiodiffusion séparés d'environ 30° des satellites du service fixe, les rapports de protection étant inférieurs à 45 dB.

Si on adopte des caractéristiques de transmission et des positions orbitales différentes pour le système INTELSAT-V, dont certaines pourront bientôt être employées (à une seule voie par porteuse, porteuse à 12 voies, position de 66° E de longitude, etc.), on pourra parvenir à des conclusions différentes sur l'espacement orbital requis entre satellites fixes et satellites de radiodiffusion utilisant la bande 14,0-14,5 GHz dans le sens Terre-espace. Un complément d'étude est nécessaire pour tenir compte de la gamme des paramètres de systèmes à utiliser.

#### 4.1.2 Exemple 2

L'étude menée par l'Administration française était fondée sur les hypothèses suivantes: la position orbitale du satellite fixe est située entre deux satellites de radiodiffusion espacés de 6° et la zone de service du SFS chevauche partiellement une des zones de service du SRS. Pour cette étude et pour un ensemble donné d'hypothèses, on a conclu que même si les réseaux SFS utilisent des porteuses MRF-MF à forte capacité, il n'est possible d'assurer une protection appropriée contre les brouillages causés au SFS par les liaisons de connexion du SRS que si le satellite du SFS est placé au voisinage de quelques positions pour lesquelles le brouillage est minime. Le choix de ces positions peut entraîner des contraintes sérieuses, incompatibles avec les besoins du SFS (tel que l'arc de service). De plus, l'utilisation d'une bande en partage entre liaisons de connexion à la radiodiffusion par satellite et les liaisons montantes du SFS, dans l'ensemble d'une région, supposerait que le partage soit faisable au moins pour certaines positions orbitales, quelles que soient les caractéristiques possibles des systèmes; or, on a vu que, dans le cas de porteuses de type monovoie ou à faible capacité du SFS, il n'est pas possible de trouver une position qui convienne. L'attribution de la bande 17,3-17,8 GHz aux liaisons du SRS dans la Région 2 (espace-Terre) par la CAMR-92 entraîne la nécessité d'études complémentaires à ce sujet.

#### 4.2 Utilisation de la bande de fréquences 14,5-14,8 GHz

La CAMR ORB-88 a adopté un plan pour les liaisons de connexion du SRS, dans la bande 14,5-14,8 GHz. Ce plan, qui est reproduit dans l'Appendice S30A du RR, contient des assignations à 19 pays d'Afrique et d'Asie. Il utilise 17 positions orbitales entre 37° O et 128° E puis subdivise la bande en 14 canaux espacés de 19,18 MHz.

Les résultats de deux études relatives au partage dans cette bande entre liaisons de connexion du SFS et du SRS sont résumés ci-après. Ces études ont été conduites dans le cadre des préparatifs de la CAMR-92 par l'ex-CCIR. Etant donné que cette Conférence a décidé que l'utilisation de cette bande par le SFS devait rester limitée aux liaisons de connexion du SRS, ce paragraphe a pour seul objet d'illustrer une solution de partage dans la bande 14/11 GHz.

Les paramètres d'émission des liaisons de connexion du SRS sont ceux qui ont été publiés dans l'Appendice S30A du RR. Deux types de porteuses SFS ont été pris comme hypothèse: TV-MF et signaux numériques (IDR à 64 kbit/s et à 8 448 kbit/s).

Les analyses de brouillage portaient de l'hypothèse d'un brouillage dans le même canal et dans la même zone de couverture. Elles n'ont tenu aucun compte du découplage de polarisation.



Les principaux résultats font ressortir ce qui suit:

- un espacement orbital supérieur à  $2,5^\circ$  est suffisant pour protéger les assignations des liaisons de connexion du SRS vis-à-vis du SFS dans les conditions les moins favorables de couverture et de fréquence communes;
- pour des espacements orbitaux inférieurs à  $2,5^\circ$  entre satellites du SFS et du SRS, les signaux de télévision du SFS peuvent utiliser la bande attribuée avec des contraintes sur les emplacements des stations terriennes de liaison Terre-espace à l'intérieur de la zone de couverture du SRS;
- l'espacement orbital nécessaire peut être diminué si l'on assure un écart entre la fréquence du signal de télévision SFS et celle du canal assigné au SRS, ce qui paraît possible;
- les porteuses du SFS à débit binaire élevé peuvent utiliser la bande 14,5-14,8 GHz de la même façon que les porteuses de télévision du SFS;
- il est possible d'insérer dans la bande les porteuses sensibles en les plaçant, lors de la planification, de part et d'autre des porteuses de télévision du SFS et/ou en évitant certaines régions du diagramme de l'antenne du satellite SRS, selon l'espacement orbital des satellites.

En résumé, les études montrent qu'il est possible de faire coexister, dans la bande 14,5-14,8 GHz, le SFS et les assignations du SRS de la CAMR ORB-88. Les contraintes imposées aux réseaux du SFS utilisant cette bande ne sont pas insurmontables. Dans le cas d'un nouveau réseau à implanter sur les principaux arcs de l'OSG, on peut éviter toutes ces contraintes en choisissant judicieusement les positions orbitales. Pour les réseaux moins facilement modulables sur l'orbite, la plupart des mesures nécessaires ne seront probablement pas de nature plus sévère que les mesures prises pour assurer la coordination normale entre réseaux du SFS dans les bandes actuelles.

### **4.3 Utilisation de la bande de fréquences 17,3-18,1 GHz**

Dans les zones de la Région 3 qui sont exposées à des intensités de précipitation élevées, il ne sera sans doute pas souhaitable d'utiliser la bande supérieure, en raison d'effets de propagation préjudiciables.

Le plan de l'Appendice S30A du RR est fondé sur une antenne de 5 m à 18 GHz avec un gain dans l'axe de 57 dBi, ce qui autorise des p.i.r.e. pouvant atteindre 87,4 dBW dans le plan. Il faut pour cela environ 1 kW de puissance d'émission aux bornes d'entrée de l'antenne. La conversion modulation d'amplitude-modulation de phase (MA-MP) introduira du bruit dans les amplificateurs à haute puissance de la station terrienne. Le plan en a tenu compte et a autorisé une valeur de 2,0 dB dans les calculs du rapport porteuse/bruit  $C/N$  des liaisons de connexion.

## **5 Utilisation de bandes de fréquences attribuées au service fixe par satellite (espace-Terre) pour les liaisons de connexion du service de radiodiffusion par satellite**

Si l'on décidait de suivre la méthode des directions opposées comme pour la bande 10,7-11,7 GHz dans la Région 1, c'est-à-dire d'assigner aux liaisons de connexion de la radiodiffusion des fréquences dans une bande espace-Terre attribuée au SFS, il en résulterait les modes suivants de brouillage:

- a) brouillage causé par les stations spatiales du SFS aux stations spatiales du SRS;
- b) brouillage causé par les stations terriennes émettant à destination des satellites de radiodiffusion aux stations terriennes qui reçoivent les émissions des satellites du SFS.

Concernant le brouillage a), on peut admettre les paramètres d'une liaison de connexion à un satellite de radiodiffusion qui ont été introduits précédemment et qui conduisent à évaluer à  $-95$  dBW la puissance de la porteuse utile à l'entrée du récepteur du satellite de radiocommunication. En admettant qu'un rapport de protection de la liaison de connexion de  $45$  dB serait nécessaire, il faut que la puissance de brouillage à l'entrée du récepteur du satellite de radiodiffusion ne dépasse pas le niveau de  $-140$  dBW. L'affaiblissement net entre la sortie d'une station spatiale brouilleuse du SFS et le récepteur du satellite de radiodiffusion est l'affaiblissement en espace libre  $A$  entre les deux stations spatiales, diminué de la somme des gains d'antenne  $\Sigma G$  (gain de l'antenne d'émission du satellite du service fixe; gain de l'antenne de réception du satellite de radiodiffusion) des deux stations spatiales, à un angle d'au moins  $70^\circ$  hors des axes de leurs faisceaux principaux respectifs. L'inégalité suivante s'applique:

$$P_{FS} + \Sigma G(70^\circ) - A(\varphi) < -140 \quad \text{dBW} \quad (1)$$

qui, avec

$$A = 90 + 20 \log f_{MHz} + 20 \log \varphi \quad \text{dB} \quad (2)$$

et l'hypothèse que  $f = 11\,000$  MHz conduit à la formule suivante pour la valeur minimale de la séparation angulaire des satellites,  $\varphi$ , avec les deux variables  $P_{FS}$  (puissance disponible de la porteuse aux bornes de l'antenne d'émission du satellite du service fixe) et  $\Sigma G$ :

$$\log \varphi = \frac{P_{FS} + \Sigma G - 31}{20} \quad (3)$$

On démontre que presque toutes ces valeurs de l'affaiblissement requis ( $0,01\%$  du temps) conduiraient à des distances de séparation des emplacements inférieures à  $100$  km et à beaucoup moins dans certains cas. Si, de plus, un effet d'écran permettait de bénéficier d'un supplément d'isolement entre les emplacements, les distances de séparation nécessaires seraient encore plus courtes.

Il faut poursuivre l'étude pour voir quels peuvent être les effets, sur les faisceaux hertziens, des propositions relatives aux systèmes spatiaux (liaisons montantes et liaisons descendantes) fonctionnant dans des bandes utilisées en partage avec les services de Terre. De plus, il faudra déterminer si ce mode d'utilisation crée des contraintes pour l'exploitation sur les liaisons de connexion vers des satellites de radiodiffusion.

## 6 Conclusions

On a montré dans cette Annexe que, si on cherche à satisfaire une partie des besoins du SRS en matière de liaisons de connexion dans une des bandes attribuées actuellement au SFS dans le sens Terre-espace, qui sont très souvent utilisées par d'autres porteuses du SFS, il pourra en résulter des contraintes mutuelles pour les deux services. En effet:

- les exigences imposées aux liaisons de connexion pour l'application des Plans doivent être les mêmes que pour les liaisons descendantes. En conséquence, le nombre nécessaire de voies sur les liaisons de connexion doit être du même ordre que sur les liaisons descendantes, mais il peut être plus grand et les positions orbitales ne sont pas soumises à choix;
- il sera peut-être nécessaire de prévoir des rapports de protection élevés sur les liaisons de connexion vers les satellites de radiodiffusion; d'autre part, les espacements entre satellites pourront être importants;
- il sera peut-être impossible de mettre à la disposition de l'un ou l'autre de ces deux services certaines positions orbitales et/ou certains canaux radioélectriques;

- les procédures de coordination entre réseaux, appliquées pour les attributions Terre-espace du SFS qui ne sont pas affectées expressément aux liaisons de connexion vers les satellites de radiodiffusion, ne seront pas toujours compatibles avec les dispositions du Plan ou les options de mise en œuvre.

Il est évident que, lorsque les porteuses d'une liaison de connexion SRS font partie d'un Plan, les contraintes sont plus importantes que si elles n'en faisaient pas partie. Il semblerait alors préférable que les liaisons de connexion utilisent les parties du spectre qui sont à leur disposition mais pas à celle d'autres porteuses du SFS. Ces contraintes ne sont cependant pas rédhibitoires et il existe des moyens techniques pour y parer.

Parmi les stratégies et techniques qui permettent de réduire l'influence sur les bandes attribuées au SFS pour les transmissions Terre-espace, celle qui mérite un regain d'intérêt est le partage avec le SFS dans des bandes de fréquences attribuées à ce dernier pour les transmissions espace-Terre. Toutefois, dans la mesure où ces bandes seraient attribuées également à des services de Terre, on créerait ainsi un nombre relativement grand d'interfaces de brouillage. L'établissement de critères de partage appropriés demande des études complémentaires.

Sauf lorsque les liaisons de connexion du SRS font l'objet d'un Plan, on considère que les mesures à prendre pour permettre le partage ne seront pas de nature plus sévère que les mesures prises pour la coordination normale entre réseaux du SFS.

---