

RECOMMANDATION UIT-R S.1151*,**

Partage entre le service intersatellites reliant des satellites géostationnaires du service fixe par satellite et le service de radionavigation à 33 GHz

(1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande 32-33 GHz est attribuée avec égalité de droits au service intersatellites et au service de radionavigation;
- b) que cette bande peut être utilisée pour les liaisons entre satellites du service fixe par satellite (SFS);
- c) qu'en ce qui concerne les caractéristiques techniques de ces deux services, les textes actuels de l'UIT-R contiennent des informations précises complétées, lorsque ces informations font défaut, par des hypothèses solidement étayées;
- d) qu'il convient de tenir compte des différentes longueurs des liaisons intersatellites;
- e) la Recommandation UIT-R M.496;
- f) que le service de recherche spatiale (espace lointain) (espace-Terre) utilise en partage la bande 32-32,3 GHz qui lui est attribuée à titre primaire et que des critères de protection et de partage ont été établis pour ce service (voir la Recommandation UIT-R SA.578);
- g) que les analyses et les conclusions concernant l'utilisation en partage de la bande 32-32,3 GHz doivent tenir compte de l'attribution de cette bande au service de recherche spatiale;
- h) l'analyse présentée à l'Annexe 1,

recommande

1 de faire en sorte que l'écart angulaire géocentrique maximal entre les deux extrémités d'une liaison intersatellites ne dépasse pas 90° afin de ne pas imposer des limites de puissance pour les émissions du service intersatellites et celles du service de radionavigation;

2 dans les cas où la limite d'écart angulaire indiquée au § 1 ne peut être respectée, d'utiliser les critères de partage suivants entre ces deux services:

2.1 pour les émissions du service intersatellites, la densité de puissance surfacique maximale (pfd) à la surface de la Terre produite par les satellites géostationnaires ne doit pas dépasser les valeurs indiquées à la courbe B de la Fig. 2;

2.2 pour les émissions à ondes entretenues du service de radionavigation, la densité spectrale de p.i.r.e. de chaque émetteur ne doit pas être supérieure à la valeur donnée par la formule suivante:

$$A - 43 - 10 \log D \quad \text{dB(W/MHz)}, \text{ pour des écarts angulaires inférieures ou égaux à } 140^\circ$$

dans laquelle A est la densité spectrale de p.i.r.e. composite indiquée à la Fig. 2 et D la densité géographique d'émetteurs de radionavigation par km² simultanément actifs dans une bande

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 8 des radiocommunications.

** 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).

quelconque de 1 MHz tenant compte des besoins futurs, et moyennée sur le territoire de l'administration concernée ou sur une superficie de 10^6 km², en retenant la plus petite de ces deux valeurs. (Voir l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R M.496.)

NOTE 1 – Le § 2.2 concerne uniquement les émissions à ondes entretenues. Les systèmes de radionavigation fonctionnant en mode impulsionnel appellent un complément d'étude. Des informations sur les systèmes fonctionnant en mode impulsionnel sont donnés à l'Annexe 2.

ANNEXE 1

Critères de partage entre les liaisons intersatellites reliant des satellites géostationnaires du service fixe par satellite et du service de radionavigation à 33 GHz

1 Introduction

Il sera peut-être nécessaire de disposer, à court terme, de moyens limités d'interconnexion entre satellites peu espacés fonctionnant dans les bandes comprises entre 15 et 33 GHz environ.

La Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) (CAMR-79) a attribué une bande de cette gamme de fréquences (32-33 GHz) au service intersatellites, en partage avec le service de radionavigation.

La présente Annexe traite des possibilités de partage entre les liaisons intersatellites reliant des satellites géostationnaires du SFS et le service de radionavigation.

2 Caractéristiques des liaisons intersatellites fonctionnant dans des bandes de fréquences comprises entre 32 et 33 GHz

Les hypothèses admises sont les suivantes: le nombre de ces liaisons sera probablement peu élevé; elles seront établies sur des distances relativement petites entre satellites, afin de réduire au minimum le temps de propagation; enfin, si elles doivent être établies dans un avenir proche, elles mettront en œuvre, dans toute la mesure du possible, les techniques spatiales existantes. Le Tableau 1 énumère des caractéristiques qui pourraient être représentatives de liaisons types. On suppose que les liaisons considérées relient des satellites à espacement orbital variable, emploient des antennes de poursuite de 2 m de diamètre et fonctionnent avec un rapport porteuse/bruit de 25 dB; les liaisons intersatellites n'apportent par conséquent qu'une contribution relativement faible au bruit dans les voies.

TABLEAU 1

**Caractéristiques hypothétiques d'une liaison intersatellites (LIS)
et d'un service de radionavigation (RN)**

	LIS	RN
Température de bruit du système de réception, T (K)		
$10 \log T$	31	30
Diamètre des antennes de réception et d'émission (m)	2	–
Gain des antennes de réception et d'émission (dBi)	54	50
		35 (aéroportées)
Puissance de bruit du récepteur par MHz (dB(W/MHz)) (rapportée aux accès de l'antenne)	–138	–139
Rapport porteuse/bruit (dB)	25	–
Niveau de porteuse requis à la réception (dB(W/MHz))	–113	
Niveau admissible maximal de brouillage, en dessous du bruit (dB)	–10	–10
Niveau admissible maximal du signal brouilleur (dB(W/MHz))	–148	–149
Affaiblissement dû à la poursuite combinée (dB)	1	–
Affaiblissement sur la liaison (Terre-espace, orbite géostationnaire) (dB)	215	–
Ouverture angulaire du faisceau (LIS) à demi-puissance (degrés)	0,32	–

Sur la base de ces valeurs, on peut évaluer les niveaux de brouillages produits ou reçus par les services de radionavigation.

La liaison spécifiée par le Tableau 1 ne constitue, il est vrai, que l'une des formes possibles de liaisons intersatellites. D'autres formes de réalisation, où entrent en jeu des techniques telles que la remodulation MF, ont également été envisagées. Cependant, ces liaisons auraient une densité de puissance d'émission plus faible et, probablement, une sensibilité moindre au brouillage; on peut donc considérer que les caractéristiques décrites contiennent des facteurs de sécurité suffisants.

3 Caractéristiques du service de radionavigation fonctionnant entre 32 et 33 GHz

Il n'est pas possible de prévoir avec précision les caractéristiques techniques qui seront adoptées pour les systèmes du service de radionavigation. Il a fallu cependant poser certaines hypothèses, qui sont détaillées dans le Tableau 1 pour les systèmes à ondes entretenues. On a admis par hypothèse deux gains d'antenne: l'un pour des installations au sol et l'autre pour des équipements aéroportés. Les caractéristiques sont utilisées dans les analyses ci-après sur lesquelles la présente Recommandation s'appuie pour les systèmes de radionavigation à ondes entretenues.

4 Brouillage causé au service de radionavigation par les liaisons intersatellites (LIS)

Le brouillage dû à une liaison intersatellites (LIS) est considéré ici en termes de puissance surfacique à la surface de la Terre.

Deux facteurs contribuent à cette puissance surfacique: le premier est la puissance par MHz qui attaque l'antenne de la liaison intersatellites (P_T) et qui est proportionnelle à la longueur de cette liaison; le second est le gain hors-axe de visée de l'antenne d'émission dans la direction de la Terre, $G(\theta)$ (voir la Recommandation UIT-R S.672). Ces deux facteurs dépendent de l'écart angulaire φ (voir la Fig. 1) et on peut démontrer que la densité de puissance surfacique à la surface de la Terre (pdf_{LIS}) est approximativement la suivante:

$$pdf_{LIS} \approx P_T(\varphi) + G(\theta) - 10 \log(4\pi d^2) \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

où:

$P_T(\varphi)$: puissance (dB(W/MHz)) délivrée au satellite

$G(\theta)$: gain (dB) relatif à celui d'une antenne isotrope de l'antenne au satellite de la LIS, dans une direction hors axe tangentielle à la surface de la Terre

d : distance du satellite à la surface de la Terre dans la direction θ (m).

La valeur requise pour $P_T(\varphi)$ est déterminée par le niveau de puissance nécessaire à l'entrée du récepteur à l'autre extrémité de la liaison intersatellites (typiquement -112 dB(W/MHz)), alors:

$$P_T(\varphi) = -112 + 20 \log(\lambda / 4\pi L) + 2 \times G_0 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

où:

λ : longueur d'onde (m)

L : longueur de la liaison intersatellites (m)

G_0 : gain dans l'axe de chaque antenne de la LIS (dBi).

En combinant ces facteurs, et en exprimant L et θ en fonction de φ , la densité de puissance surfacique dans le pire cas (angle d'arrivée faible) devient:

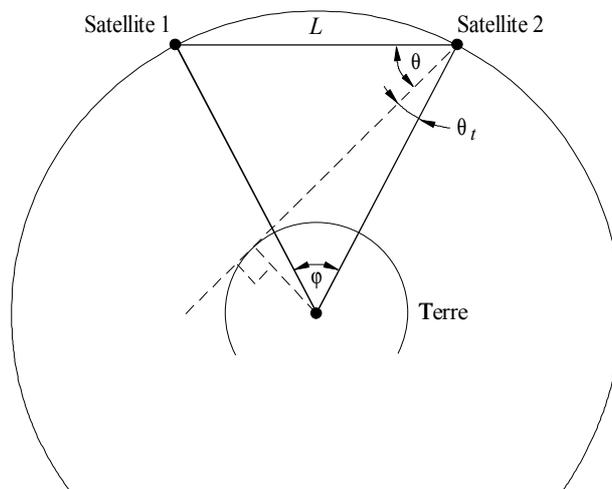
$$pfd_{LIS} \approx -220 + 20 \log \left[\frac{8\pi \times 4,22 \times 10^7 \sin(\varphi/2)}{\lambda} \right] + 54 - 25 \log \left(\frac{163 - \varphi}{0,32} \right) - 164$$

ce qui conduit à l'expression:

$$pfd_{LIS} \approx 10 \log \left[\frac{8\pi \times 4,22 \times 10^7 \sin(\varphi/2)}{\lambda} \right]^2 - 25 \log \left(\frac{163 - \varphi}{0,32} \right) - 330 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

FIGURE 1

Liaison intersatellites



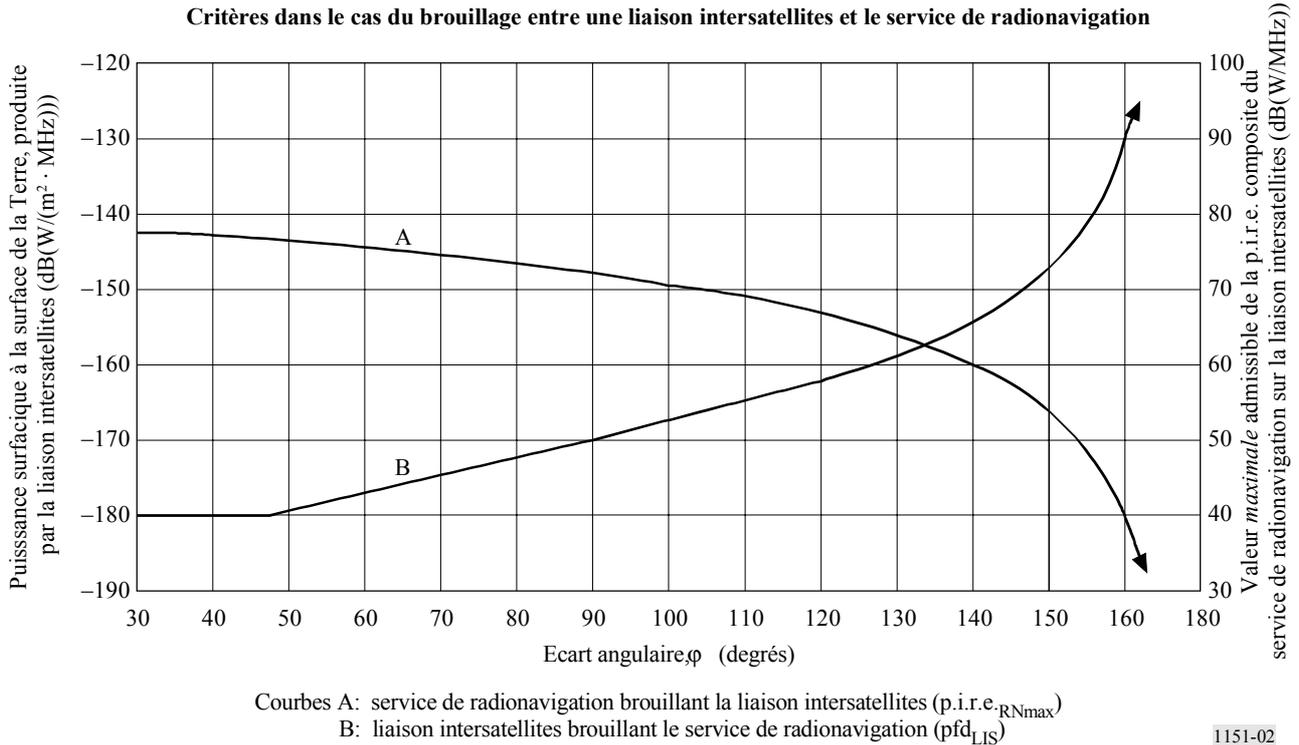
- θ : angle hors-axe de visée
- θ_t : angle tangentiel (valeur constante)
- φ : écart angulaire

D01

La Fig. 2 illustre une estimation de la pfd à partir des caractéristiques admises par hypothèse et pour des écarts angulaires compris entre 40° et 160° . A noter que le terme ci-dessus utilisé pour le gain d'antenne en dehors de l'axe se réduit à -10 dB pour un écart angulaire de satellites, φ , de $46,6^\circ$. Cela conduit à l'aplatissement et à la discontinuité indiqués sur la Fig. 2.

FIGURE 2

Critères dans le cas du brouillage entre une liaison intersatellites et le service de radionavigation



5 Brouillage causé aux liaisons intersatellites par le service de radionavigation

Le brouillage causé par le service de radionavigation dépendra principalement du gain de l'antenne de réception de la liaison intersatellites dans la direction de la Terre, $G(\theta)$, et de la p.i.r.e. du service de radionavigation.

Si on admet que la puissance totale du brouillage ne doit pas dépasser le dixième du bruit total du récepteur, un rapport porteuse/(brouillage global) égal à 35 dB serait acceptable (comparé à une valeur de 25 dB pour le rapport porteuse/bruit).

Dans ces conditions, la p.i.r.e. maximale, $p.i.r.e._{RNmax}$, du service de radionavigation peut être évaluée pour différents écarts angulaires, soit:

$$\begin{aligned}
 p.i.r.e._{RNmax} &\approx \text{affaiblissement le long du trajet} - \text{valeur maximale de brouillage admissible} - G(\theta) \\
 &\approx 215 - 148 - G(\theta) \\
 &\approx 13 + 25 \log\left(\frac{163 - \phi}{0,32}\right) \quad \text{dB(W/MHz)}
 \end{aligned}$$

La Fig. 2 donne les valeurs de la p.i.r.e. maximale pour des écarts angulaires allant de 40° à 160°.

6 Résultats

En examinant les courbes de la Fig. 2, on voit que si on impose une certaine limite à la pfd pour protéger le service de radionavigation, il en résulte une valeur maximale de l'écart angulaire admissible pour la liaison intersatellites. Réciproquement, en imposant une limite à l'écart angulaire maximal des liaisons intersatellites, on obtient une valeur limite de la p.i.r.e. maximale admissible dans le service de radionavigation.

6.1 Liaison intersatellites brouillant le service de radionavigation

En admettant une valeur de 50 dB de gain d'antenne et une valeur de -139 dB(W/MHz) pour la puissance du bruit dans le service de radionavigation, on obtient une limite de -155 dB(W/(m² · MHz)) pour la liaison intersatellites, ce qui entraîne un écart angulaire maximal égal à 140°.

6.2 Service de radionavigation brouillant une liaison intersatellites

Compte tenu du § 6.1, un écart angulaire maximal de 140° donnerait pour la p.i.r.e. cumulative une valeur limite égale à 60 dBW environ.

7 Conclusions concernant les systèmes à ondes entretenues du service de radiolocalisation

On peut conclure que les liaisons courtes (écart angulaire allant jusqu'à 90°) ne causeront pas de brouillage à l'un ou l'autre des deux services considérés. Si les liaisons sont longues, elles sont plus susceptibles de causer ou de subir des brouillages; sur la base des caractéristiques hypothétiques du Tableau 1, il semblerait nécessaire d'imposer une valeur limite de 140° pour l'écart angulaire.

ANNEXE 2

Caractéristiques d'un système de radionavigation fonctionnant en mode impulsif

Les caractéristiques d'un système de radionavigation aéroporté fonctionnant en mode impulsif ont été recensées et sont données dans le Tableau 2. La puissance de crête des impulsions émises par ces systèmes dépasse les limites de p.i.r.e. indiquées au § 2 du corps de la présente Recommandation; par contre la p.i.r.e. moyenne est très inférieure à ces limites compte tenu du faible rapport cyclique de ce système. L'évaluation des brouillages que ces systèmes pourraient causer aux liaisons intersatellites appelle une analyse.

TABLEAU 2

**Caractéristiques d'un système de radionavigation aéroporté fonctionnant
en mode impulsif**

<p>Emission</p> <p>17M4PON (mode fixe) 117MPON (mode agile)</p> <p>Puissance de sortie</p> <p>38,6 kW (puissance impulsif de crête)</p> <p>Dispositif de sortie</p> <p>Magnétron coaxial inversé asservi</p> <p>Antennes d'émission et de réception</p> <p>Type d'antenne: faisceau simple (Antenne 1)</p> <p>Balayage: vertical -29° à $+10^\circ$, mécanique horizontal $\pm 135^\circ$ à 7, 13 ou 21 t/mn</p> <p>Gain: 41,1 dBi 23,1 dBi pour un angle hors axe en azimut de $1,1^\circ$ 17,2 dBi pour un angle hors axe en élévation de $1,4^\circ$</p> <p>Polarité: horizontale ou circulaire dextrogyre</p> <p>Ouverture du faisceau (degrés): 0,8 H, 1,0 V</p>	<p>Syntonisation</p> <p>Mode fixe: 9 canaux espacés à 100 MHz Mode agile (étalement du spectre): sur une bande de 100 MHz</p> <p>Caractéristiques impulsif</p> <p>Fréquence de récurrence: 1 600 ips Largeur 0,2 μs (impulsions non modulées)</p> <p>Type de diagramme d'antenne: $\text{cosec}^2 \cdot \cos^{(1)}$ (Antenne 2)</p> <p>Balayage: vertical -29° à $+10^\circ$, mécanique horizontal $\pm 135^\circ$ à 7, 13 ou 21 t/mn</p> <p>Gain: 35,2 dBi 30,1 dBi pour un angle d'élévation de -31° 23,1 dBi pour un angle d'élévation de -3°</p> <p>Polarité: horizontale ou circulaire dextrogyre</p> <p>Ouverture du faisceau (degrés): 0,8 H, proportionnelle à la $\text{cosec}^2 \cdot \cos^{(1)}$ de -3 à -31 V</p>
---	--

⁽¹⁾ Noter que $\text{cosec}^2 \cdot \cos$ est une description générique de diagramme utilisée pour beaucoup de radars.