

## RECOMMANDATION UIT-R SA.1278\*

**FAISABILITÉ DU PARTAGE DE FRÉQUENCES ENTRE LE SERVICE D'EXPLORATION  
DE LA TERRE PAR SATELLITE (ESPACE-TERRE) ET LES SERVICES FIXE,  
INTERSATELLITES ET MOBILE DANS LA BANDE 25,5-27 GHz**

(Question UIT-R 220/7)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les services fixe, intersatellites (SIS) et mobile bénéficient d'une attribution à titre primaire dans la bande 25,5-27 GHz;
- b) qu'au point 1.9.4.2 de son ordre du jour, la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1997) (CMR-97) est invitée à examiner les attributions de fréquences au voisinage de 26 GHz au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS);
- c) que dans la Recommandation UIT-R SA.1024, il est précisé que le SETS a besoin de liaisons descendantes à large bande au-dessus de 25 GHz pour transmettre les données qui proviendront de futurs capteurs à haute résolution;
- d) que les distances de séparation\*\* nécessaires entre les stations terriennes de réception du SETS et les stations d'émission du service fixe sont relativement faibles (de l'ordre de 10 à 20 km) car les effets atmosphériques, l'affaiblissement dû à la végétation et l'affaiblissement en espace libre sont beaucoup plus élevés au voisinage de 26 GHz qu'aux fréquences inférieures;
- e) qu'actuellement, aucun projet d'utilisation de cette bande par le service mobile n'est connu;
- f) que certains pays utilisent cette bande pour les applications fixes haute densité,

*notant*

- a) qu'en raison du petit nombre de stations terriennes du SETS qu'il est prévu d'installer dans le monde (10 à 40), la coordination entre les systèmes des services fixe et mobile terrestre et les stations du SETS n'entraînera de contraintes excessives pour aucun des services,

*recommande*

**1** d'envisager comme possible le partage de fréquences entre les satellites d'émission du SETS et les satellites relais de données (SRD) de réception du SIS et fonctionnant au voisinage de 26 GHz, sous réserve des contraintes suivantes:

- les satellites du SETS sur une orbite héliosynchrone ou sur une orbite proche de celle des SRD d'utilisateur ne doivent pas produire de puissance surfacique supérieure à  $-155 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$  dans une largeur de bande de 1 MHz en tout point de l'orbite des satellites géostationnaires (OSG) pendant plus de 0,1% du temps;
- les satellites du SETS sur des orbites autres que celles submentionnées ne doivent pas produire de puissance surfacique supérieure à  $-155 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$  dans une largeur de bande de 1 MHz en tout point de l'OSG pendant plus de 0,1% du temps;

**2** de tenir compte, au moment de la conception de systèmes SETS, de la probabilité pour les SRD du SIS de recevoir des brouillages pendant de courtes périodes. Ce brouillage ne doit pas se produire pendant plus de 0,1% du temps;

**3** de concevoir des systèmes SETS qui respectent les limites de puissance surfacique actuellement applicables dans la bande:

Limite ( $\text{dB(W/m}^2\text{)}$ ) dans une largeur de bande de 1 MHz pour l'angle d'incidence, $\varphi$ , au-dessus du plan horizontal		
$0^\circ - 5^\circ$	$5^\circ - 25^\circ$	$25^\circ - 90^\circ$
-115	$-115 + 0,5(\varphi - 5)$	-105

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 4, 8 et 9 des radiocommunications.

\*\* Le terme «distance de séparation» désigne la distance déterminée par coordination.

4 d'utiliser éventuellement la méthode présentée à l'Annexe 1 et les critères de brouillage applicables aux liaisons espace-Terre du SETS donnés dans la Recommandation UIT-R SA.1026 pour déterminer les distances de séparation nécessaires entre les stations terriennes de réception du SETS et les stations d'émission des services fixe et mobile (le terme «distance de séparation» désigne la distance déterminée par coordination);

5 de déterminer s'il est nécessaire de prendre des mesures pour la mise en place de stations terriennes du SETS, afin de ne pas limiter l'utilisation de la bande 25,5-27,0 GHz par le service fixe.

NOTE 1 – Par orbites proches on entend deux orbites circulaires dont la différence en altitude est inférieure à 500 m et l'écart angulaire entre les plans orbitaux est inférieur à 1,5°.

## ANNEXE 1

### Distances de séparation entre les stations terriennes du SETS et les stations du service fixe au voisinage de 26 GHz

L'objet des informations ci-après est de donner une évaluation des niveaux de densité de p.i.r.e. et des distances de séparation pour divers types de systèmes du service fixe.

Les paramètres associés aux faisceaux hertziens point à point et aux systèmes point à multipoint ont été obtenus auprès de représentants du service fixe. Le Tableau 1 donne une récapitulation des données techniques applicables.

TABLEAU 1

#### Caractéristiques de systèmes du service fixe utilisées dans les études de partage de fréquences au voisinage de 26 GHz

	Point à point – Faisceau hertzien		Point à multipoint – Station centrale	Point à multipoint – Station d'extrémité
Modulation	MDP-4	MDP-4 avec décalage		
Capacité (Mbit/s)	$2 \times 2/4 \times 2$	$2 \times 2/4 \times 2/16 \times 2$		
Gain d'antenne (dBi)	35-40 (antenne parabolique)	35-40 (antenne parabolique)	6 (antenne équidirective) 14-17 (antenne sectorielle)	25-30 (antenne plane) 30-35 (antenne parabolique)
Puissance de sortie (dBW)				
– valeur type	-10	-10	-10	-10
– intervalle	-25/0	-25/0		
p.i.r.e. (dBW)	25 à 30	25 à 30	-4 à 7	15 à 25
Largeur de bande FI du récepteur (MHz)	2,5/5,0	2,5/5,0/20	14/28/56/112	14/28/56/112
Facteur de bruit (dB)	10	10		
C/N maximal (dB) pour $TEB = 1 \times 10^{-6}$	21 (23)	18		
Densité de p.i.r.e. (dB(W/MHz))	21/23	21/17	-10,5	7,5

MDP-4: Modulation par quadrature de phase.

Les critères de protection applicables aux stations terriennes du SETS figurent dans la Recommandation UIT-R SA.1027. La densité de puissance de brouillage reçue ne doit pas dépasser -145 dB(W/MHz) pendant plus de 1% du temps.

Outre les paramètres donnés ci-dessus, on a évalué à 36 dB(W/MHz) la densité de p.i.r.e. correspondant au cas le plus défavorable pour les faisceaux hertziens. Pour les systèmes point à multipoint, on a supposé que le gain d'antenne requis était fonction du débit des données transmises.

Pour obtenir des valeurs de densité de p.i.r.e. types, il faut combiner le débit de données le plus faible et le gain d'antenne le plus faible et réciproquement. On a choisi, pour le cas le plus défavorable, le gain d'antenne le plus élevé et une largeur de bande de 56 MHz pour calculer la distance de séparation nécessaire. On a supposé que le dépointage était généralement impossible pour les stations centrales (on a utilisé une valeur de 10 dBi dans deux cas favorables) et limité pour les stations d'extrémité. On a pris pour hypothèse des hauteurs d'antenne moyennes d'environ 20 m.

L'attention est attirée sur la différence qui existe entre distance de coordination et distance de séparation. La distance de coordination est simplement la distance mesurée à partir d'une station terrienne; le risque de brouillage doit être étudié lorsqu'une station terrienne d'émission se trouve à l'intérieur de cette limite. Cela ne signifie pas qu'il y a effectivement brouillage si la distance entre les deux stations est inférieure à la distance de séparation. Il faut simplement examiner de plus près les risques de brouillage.

Quant à la distance de séparation, il s'agit de la distance limite en dessous de laquelle des brouillages préjudiciables seront causés selon toute vraisemblance à la station terrienne de réception sauf en cas d'occultation supplémentaire sur le trajet du signal, par exemple par des bâtiments, des arbres ou des collines. L'évaluation suivante donne une idée des distances auxquelles on doit s'attendre.

L'affaiblissement en espace libre, donné par  $L_s \cong 20 \log(42 df)$ , est l'affaiblissement de transmission fondamental, dû à l'étalement du signal dans l'espace. Un autre affaiblissement résultant d'effets atmosphériques, d'obstacles sur le trajet et de la diffraction due à la courbure de la Terre vient s'ajouter à l'affaiblissement de transmission fondamental. L'affaiblissement total du signal,  $L_t$ , est donc la somme de l'affaiblissement en espace libre  $L_s$ , de l'affaiblissement par absorption atmosphérique  $L_a$ , des affaiblissemments par diffraction  $L_d$  et  $L_o$  et de l'affaiblissement dû à la végétation  $L_v$ .

$$L_t = L_s + L_a + L_d + L_o + L_v$$

L'affaiblissement par absorption atmosphérique peut être évalué au moyen de plusieurs équations énumérées dans l'Appendice S7 du Règlement des radiocommunications ainsi que dans la Recommandation UIT-R P.676. Le taux d'affaiblissement au kilomètre se compose du taux d'affaiblissement dû à la vapeur d'eau, de celui qui est dû à l'oxygène et de celui qui résulte de tous les autres effets.

La Recommandation UIT-R P.526-2 (Genève, 1992) propose une évaluation des affaiblissemments par diffraction dus à la courbure de la Terre sur la base des équations suivantes:

$$L_d = - (F(X) + G(Y_1) + G(Y_2))$$

$$F(X) = 11 + 10 \log X - 17,6 X$$

$$G(Y) \cong 20 \log(Y + 0,1^3) \quad \text{pour } 10 K < Y < 2$$

$$G(Y) \cong 17,6(Y - 1,1)^{1/2} - 5 \log(Y - 1,1) - 8 \quad \text{pour } 10 \quad Y > 2$$

$$X = 2,2 \beta f^{1/3} a_e^{-2/3} d$$

$$Y = 9,6 \times 10^{-3} \beta f^{2/3} a_e^{-1/3} h$$

où:

$d$ : longueur du trajet (km)

$h$ : hauteur d'antenne (m)

$f$ : fréquence (MHz)

$a_e$ : rayon terrestre équivalent ( $\cong 8\,500$  km)

$\beta$ : paramètre de polarisation ( $\cong 1$ )

$K$ : facteur d'admittance de surface ( $< 0,01$ ).

L'affaiblissement du signal est avant tout fonction de la distance (km) et dans une moindre mesure de la hauteur des antennes des terminaux émetteur et récepteur. Les obstacles sur le trajet et l'affaiblissement dû à la végétation sont très importants. Les stations SETS sont généralement installées dans une vallée ou dans une zone protégée par des collines ou par de la végétation. Une colline peut être considérée comme un unique obstacle de sommet arrondi; des modèles de

diffraction existent pour ce type d'obstacle. L'affaiblissement  $L_o$  dû aux obstacles est constitué des trois composantes données dans la Recommandation UIT-R P.526-2 (Genève, 1992).

$$L_o = J(v) + T(\rho) + Q(\chi)$$

$$J(v) = 6,9 + 20 \log \left( \sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1 \right)$$

$$v = 2 \sin \left( \frac{\theta}{2} \right) \sqrt{\frac{2 \left( d_a + R \frac{\theta}{2} \right) \left( d_b + R \frac{\theta}{2} \right)}{\lambda d}}$$

$$T(\rho) = 7,2 \rho - 2\rho^2 + 3,6 \rho^3 - 0,8\rho^4$$

$$\rho^2 = \frac{R(d_a + d_b)}{d_a d_b \left( \pi \frac{R}{\lambda} \right)^{1/3}}$$

$$Q(\chi) = 12,5\chi \quad \text{pour } 0 \leq \chi \leq 4$$

$$\chi = \left( \pi \frac{R}{\lambda} \right)^{1/3} \theta$$

où:

- $\theta$ : angle entre les deux trajets tangentiels à l'obstacle
- $d$ : distance entre la station du SETS et la station du service fixe
- $d_a$ : distance entre la station du SETS et le sommet de la colline (obstacle)
- $d_b$ : distance entre la station du service fixe et le sommet de la colline (obstacle)
- $R$ : rayon de courbure équivalent du terrain
- $\lambda$ : longueur d'onde.

Des directives sur l'affaiblissement dû à la végétation applicables aux régions boisées figurent dans la Recommandation UIT-R P.833. Cette Recommandation ne couvre que les fréquences allant jusqu'à 10 GHz, mais une extrapolation permet d'obtenir un taux d'affaiblissement de 1,7 dB par kilomètre à 26 GHz.

Naturellement la distance de séparation est aussi fonction de l'azimut de l'antenne et diminuera à mesure que l'angle par rapport à la direction de pointage augmentera. Les valeurs de gain d'antenne à prendre en considération sont comprises entre -10 et +15 dBi. La direction de pointage des antennes du service fixe aura aussi une grande incidence sur la distance de séparation.

Le Tableau 2 donne une récapitulation des distances de séparation sur la base de diverses combinaisons de paramètres. On peut constater que, même dans le cas le plus défavorable avec des gains d'antenne maximaux et en ne tenant compte que de l'affaiblissement en espace libre et des affaiblissements par absorption atmosphérique, la distance de séparation est très raisonnable. Le cas le plus défavorable ayant très peu de chances de se produire, un certain nombre de cas types sont donnés en plus de ce cas. En réalité, les stations du SETS se situeront normalement dans des zones protégées par des collines et de la végétation. En pareil cas, les distances de séparation ne seront plus que de 10 à 20 km environ. Si l'on tient compte aussi d'un angle non nul entre la direction où le rayonnement est maximal depuis l'antenne de la station du service fixe et la direction où le gain est maximal depuis l'antenne de la station du SETS, des distances de séparation d'environ 10 km devraient être suffisantes.

La coordination par espacement géographique et/ou espacement en fréquence n'est pas en général efficace dans la bande 25,5-27,0 GHz attribuée en partage si l'on veut placer une station terrienne dans une zone où il y a une forte densité de stations du service fixe car les espacements entre les nombreuses stations adjacentes du service fixe qui sont déployées sont plus petites, d'un ordre de grandeur ou plus, que les distances de séparation requises. Ainsi une seule station SETS déployée dans une zone où il pourrait y avoir une forte densité de stations fixes créerait une zone d'exclusion beaucoup trop grande pouvant aller de quelques immeubles à une zone de service toute entière.

## Conclusions

Cette évaluation montre que les distances de séparation sont beaucoup plus courtes au voisinage de 26 GHz qu'aux fréquences inférieures, par exemple dans les bandes à 2 GHz ou à 8 GHz. Dans des situations moyennes, les distances de séparation valent environ 10 km. Le problème de coordination sera minime si le nombre de stations terriennes du SETS est limité et si l'on utilise des techniques de réduction des brouillages comme l'effet d'écran du terrain. Des études ont

toutefois montré qu'on en est encore à la conception de petites stations du SETS peu coûteuses. On peut penser qu'il sera difficile de prévoir le nombre de ces stations et leurs configurations d'implantation et que la coordination avec ces stations sera difficile, voire impossible dans des zones où il y a une forte densité de stations du service fixe. Il faut définir les mesures à prendre (dimensions de l'antenne des stations du SETS, par exemple) pour ne pas limiter l'utilisation de la bande que ces administrations exploitant des systèmes fixes font de cette bande.

Par conséquent, le partage de fréquences est possible entre un nombre limité de stations du SETS et des systèmes point à point ou point à multipoint du service fixe.

TABLEAU 2

**Distances de séparation pour diverses combinaisons de paramètres**

Combinaison de paramètres	Distance de séparation (km)			
	Point à point 21 dB(W/MHz)	Point à point 36 dB(W/MHz)	Point à multipoint Station centrale	Point à multipoint Station d'extrémité
<i>Cas le plus défavorable:</i> Densité spectrale de p.i.r.e. maximale pour le système du service fixe Gain maximal pour l'antenne de la station du SETS (15 dBi) L'antenne de la station du service fixe pointe en direction de l'antenne de la station du SETS Terrain plat, pas de végétation	34	39	23	30
<i>Paramètres moyens et l'antenne de la station du service fixe ne pointe pas en direction de l'antenne de la station du service SETS:</i> Densité spectrale de p.i.r.e. maximale pour le système du service fixe Gain moyen pour l'antenne de la station du SETS (3 dBi) L'antenne de la station du service fixe ne pointe pas du tout en direction de l'antenne de la station du SETS (40/40/10/20 dB) Terrain plat, 50% de végétation	2	7	2	4
<i>Paramètres moyens plus faible gain pour l'antenne de la station du SETS:</i> Densité spectrale de p.i.r.e. maximale pour le système du service fixe Faible gain pour l'antenne de la station du SETS (-10 dBi) L'antenne de la station du service fixe ne pointe pas en direction de l'antenne de la station du SETS (20/20/0/10 dB) Terrain plat, 50% de végétation	4	11	1,3	3
<i>Paramètres moyens plus colline entre les deux stations:</i> Densité spectrale de p.i.r.e. maximale pour le système du service fixe Gain moyen pour l'antenne de la station du SETS (3 dBi) L'antenne de la station du service fixe ne pointe pas en direction de l'antenne de la station du SETS (20/20/0/10 dB) Colline de 50 m, 50% de végétation	0,1	0,9	0,1	0,1
<i>Paramètres moyens plus forêt entre les deux stations:</i> Densité spectrale de p.i.r.e. maximale pour le système du service fixe Gain moyen pour l'antenne de la station du SETS (3 dBi) L'antenne de la station du service fixe ne pointe pas en direction de l'antenne de la station du SETS (20/20/0/10 dB) Terrain plat, forêt entre les deux stations	7	12	4	6
<i>Paramètres moyens (cas type):</i> Densité spectrale de p.i.r.e. maximale pour le système du service fixe Gain moyen pour l'antenne de la station du SETS (3 dBi) L'antenne de la station du service fixe ne pointe pas en direction de l'antenne de la station du SETS (20/20/0/10 dB) Colline de 20 m pour les systèmes point à point, pas de colline pour les systèmes point à multipoint, 50% de végétation	0,9	7	4	8
<i>Cas favorable en terrain plat:</i> Densité spectrale de p.i.r.e. maximale pour le système du service fixe Faible gain pour l'antenne de la station du SETS (-10 dBi) L'antenne de la station du service fixe ne pointe pas du tout en direction de l'antenne de la station du SETS (40/40/10/20 dB) Terrain plat, forêt entre les deux stations	0,5	2	0,5	1,0