

## RECOMMANDATION UIT-R SF.1719

**Partage entre les systèmes point à point ou point à multipoint du service fixe et les stations terriennes d'émission de systèmes géostationnaires ou non géostationnaires du service fixe par satellite dans la bande 27,5-29,5 GHz**

(Questions UIT-R 237/4 et UIT-R 206/9)

(2005)

**Domaine de compétence**

Cette Recommandation traite de partage, comme indiqué dans le titre. L'Annexe décrit différentes méthodes d'analyse des brouillages conformément aux dispositions du «*recommande*» selon lequel les administrations devraient éviter «de déployer dans une même zone géographique les stations réceptrices du service fixe et un grand nombre de stations terriennes d'émission du SFS fonctionnant sur des fréquences qui se chevauchent dans la bande 27,5-29,5 GHz».

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la bande 27,5-29,5 GHz est attribuée au service fixe et au SFS (Terre vers espace) ainsi qu'au service mobile à titre primaire, conformément au Règlement des radiocommunications (RR);
- b) que l'utilisation de la bande 28,6-29,1 GHz par les systèmes du SFS est subordonnée aux dispositions du numéro 5.523A du RR;
- c) que les stations terriennes du SFS peuvent être coordonnées une à une dans l'ensemble de la bande 27,5-29,5 GHz;
- d) que, pour certains systèmes du SFS, on entend déployer, après coordination, un petit nombre de stations terriennes équipées de grandes antennes;
- e) que les applications haute densité du SFS (HD-SFS) utilisent un grand nombre de micro-stations en configuration ubiquiste;
- f) que la coordination, selon la méthode classique, d'un nombre aussi important de stations terriennes du SFS en configuration ubiquiste peut être extrêmement lourde pour les administrations;
- g) que les administrations qui souhaitent éviter les risques de brouillage entre les stations terriennes du SFS décrites au point f) du *considérant* et les stations du service fixe peuvent recourir à une segmentation de la bande, sous une forme ou une autre, sur l'ensemble de leur territoire ou dans certaines zones géographiques,

*reconnaissant*

- a) qu'une administration, même si elle a recours à la technique de segmentation de la bande, doit toujours effectuer la coordination avec les autres administrations, conformément au RR,

*recommande*

- 1** que les administrations évitent de déployer dans une même zone géographique les stations réceptrices du service fixe et un grand nombre de stations terriennes d'émission du SFS fonctionnant sur des fréquences qui se chevauchent dans la bande 27,5-29,5 GHz, compte tenu des résultats des études indiqués dans l'Annexe 1.

## Annexe 1

### **Partage entre systèmes point à point ou point à multipoint (P-MP) du service fixe et stations terriennes d'émission de systèmes OSG ou non OSG du SFS dans la bande 27,5-29,5 GHz**

#### **1 Introduction**

Des bandes de fréquences ont été attribuées aux systèmes OSG ou non OSG du SFS dans la bande des 28 GHz. Il a été établi qu'elles pouvaient être utilisées par ces systèmes en partage, à titre primaire, avec le service fixe. La CMR-95 et la CMR-97 ont facilité l'utilisation des bandes 18,8-19,3 GHz et 28,6-29,1 GHz pour les systèmes non OSG du SFS dans les attributions du SFS. Les brouillages causés par une station terrienne d'émission OSG ou non OSG du SFS fonctionnant dans la bande 27,5-29,5 GHz à un récepteur du service fixe sont étudiés dans la présente Annexe.

L'exploitation sur une même fréquence de systèmes de distribution multipoint (MDS) (par exemple des systèmes de distribution ou de communication multipoint locaux) ou de systèmes point à point du service fixe et de stations terriennes du SFS (Terre vers espace) dans la même zone géographique serait difficile et limiterait beaucoup le développement de ces deux types de service. Les récepteurs des systèmes du service fixe peuvent subir les brouillages à long terme ainsi que des brouillages à court terme importants causés par les liaisons montantes du SFS (voir la Fig. 1). La gravité de ces brouillages dépend de l'espacement entre les stations, de la présence d'obstacles, naturels ou artificiels, de la discrimination des antennes, de la puissance en sortie des stations terriennes du SFS ainsi que des tolérances de brouillage applicables aux systèmes du service fixe.

La présente Annexe contient une description ainsi que les résultats de deux analyses. L'une d'elles est une approche déterministe et l'autre est statistique.

#### **2 Description d'un système MDS**

Une description générique d'un système MDS a été élaborée avec des paramètres conformes à la Recommandation UIT-R F.758. L'applicabilité de ces paramètres dans la bande 27,5-29,5 GHz a été confirmée par les fabricants et les opérateurs actuels de systèmes MDS. Les caractéristiques représentatives des récepteurs RF indiquées dans la Recommandation UIT-R F.758 qui ont été utilisées dans les analyses déterministes sont données dans le Tableau 1 pour cinq stations pivot et quatre stations d'abonné.

Dans les réseaux MDS une ou plusieurs stations pivot desservent de multiples stations d'abonné. Les abonnés sont rattachés à la station pivot la plus proche. Les stations pivot sont équipées d'antennes équidirectives ou sectorielles alors que les stations d'abonné utilisent en général des paraboles qui présentent un gain beaucoup plus élevé. La longueur des liaisons de service sera en général d'environ 5 km. Selon la méthode de modulation et la méthode d'accès, une station pivot peut potentiellement prendre en charge un grand nombre d'utilisateurs.

Les caractéristiques des liaisons du service fixe sont elles aussi données dans la Recommandation UIT-R F.758. Les fabricants ont confirmé leur validité dans la bande 27,5-29,5 GHz. Les gains d'antenne sont généralement plus élevés pour les liaisons point à point du service fixe que pour les systèmes MDS et peuvent atteindre 46 dBi.

FIGURE 1  
Répartition de l'environnement SFS/service fixe

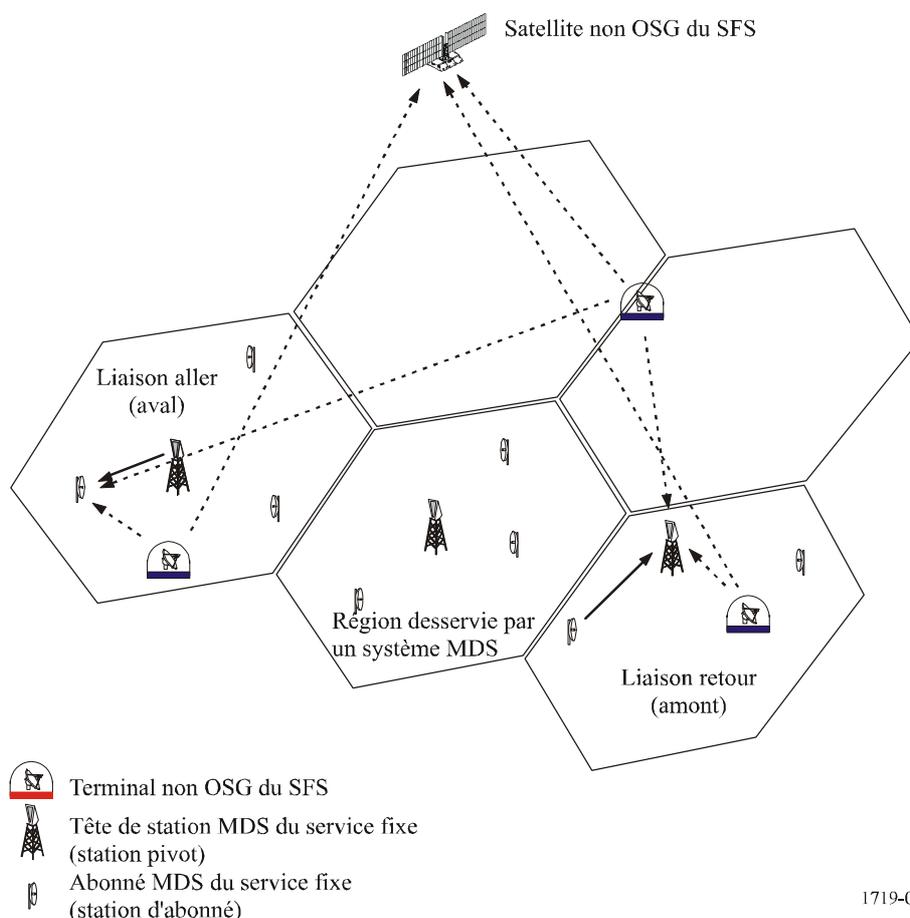


TABLEAU 1

Description d'un récepteur de système MDS générique

Paramètre	Station pivot				
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
<b>Récepteur de station pivot</b>	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
Gain à la réception (dBi)	20 (90° secteur)	15 (90° × 15°)	15 (90° × 15°)	24 (45° × 3°)	24 (45° × 3°)
Largeur de bande FI (MHz)	16,4	1,36	2,50	1,36	2,50
Facteur du bruit du récepteur (dB)	10	7,5	7,5	7,5	7,5
Puissance de bruit (dBW)	-121,8	-135,1	-132,5	-135,1	-132,5
Brouillage à long terme (dBW)	-131,8	-144,3	-141,6	-144,3	-141,6
	Station d'abonné				
<b>Récepteur de station d'abonné</b>	Station A	Station B	Station C	Station D	
Gain à la réception (dBi)	47	36	36	36	
Largeur de bande FI (MHz)	16,4	40	1,36	50	
Facteur de bruit du récepteur (dB)	8	7	7	7	
Puissance de bruit (dBW)	-123,8	-121,0	-135,6	-120,0	
Brouillage à long terme (dBW)	-133,8	-130,1	-144,8	-129,1	

### 3 Descriptions des liaisons montantes du SFS

Il ressort d'études antérieures relatives aux distances de coordination et aux distances de séparation requises entre les systèmes du service fixe et les stations terriennes du SFS que les résultats sont analogues, que la station terrienne du SFS communique avec un satellite OSG ou avec un satellite non OSG. Ces analyses portent sur les stations terriennes non OSG ou OSG du SFS.

#### 3.1 Systèmes génériques non OSG du SFS

Plusieurs systèmes non OSG du SFS différents ont été proposés avec des caractéristiques très diverses pour les liaisons montantes. Le Tableau 2 résume brièvement les paramètres des liaisons montantes de plusieurs systèmes non OSG qui sont utiles pour évaluer les risques de brouillage pour un récepteur MDS. Pour le système LEOSAT-1, la puissance d'émission par temps clair est de  $-0,7$  dBW dans une largeur de bande de  $3,1$  MHz. Avec une petite antenne de  $0,3$  m de diamètre, le gain dans les lobes latéraux lointains serait de  $-3,8$  dBi. Les distances nécessaires seraient réduites si les antennes utilisées pour les systèmes du SFS présentaient de meilleures caractéristiques des lobes latéraux. Pour une liaison montante du système USAMEO-1, la puissance par temps clair est d'environ  $11,3$  dBW pour une largeur de bande de  $2,8$  MHz et une antenne de  $90$  cm de diamètre. Compte tenu de la Recommandation UIT-R S.465, le niveau dans les lobes latéraux lointains serait de  $-9,6$  dBi.

TABLEAU 2

#### Exemples de paramètres de liaison montante pour des systèmes non OSG du SFS

Système	Gain (dBi)	Largeur de bande (MHz)	Densité de p.i.r.e. (dB(W/Hz))
USAMEO-4	41,9	1,445	-21,4
USAMEO-1 65 cm	44,16	0,562	-6,06
USAMEO-1 90 cm	46,98	2,812	-6,25
USAMEO-3 32 cm	38,8	2,628	-26,90
USAMEO-3 52 cm	44,0	13,142	-26,89
USAMEO-2 KSL	55,2	250,0	-17,27
LEOSAT-2 DTH	35,6	4,244	-33,08
LEOSAT-2 LB	48,4	97,421	-31,39
LEOSAT-2 SB	45,9	20,31	-33,28
USAKA-L1 FWD	56,0	22,6	-21,31
USAKA-L1 RTN	39,8	2,93	-26,15
LEOSAT-1 TST	35,2	3,1	-30,41

### 4 Analyses pour des systèmes non OSG du SFS et des systèmes P-MP du service fixe

Les stations terriennes d'émission du SFS peuvent contribuer au brouillage à court terme ou à long terme que peuvent subir les stations d'abonné ou les stations pivot des systèmes MDS.

#### 4.1 Analyse déterministe

Il est possible de calculer les distances de séparation requises pour éviter tout brouillage préjudiciable entre un émetteur de station terrienne du SFS et un récepteur du service fixe en utilisant l'équation simplifiée décrite dans l'Appendice 1 à la présente Annexe. Pour les calculs, on

suppose une propagation en visibilité directe par temps clair et un affaiblissement de transmission supplémentaire dû à la diffraction sur une terre sphérique pour les trajets transhorizon. Il n'a pas été tenu compte de l'affaiblissement dû à la pluie. Les avantages liés aux phénomènes d'occultation par le relief ou à la discrimination d'antenne supplémentaire pour les stations du service fixe (en raison des angles d'élévation différents), n'ont pas été pris en compte dans la présente analyse car ils ne sont pas garantis dans n'importe quel scénario. Il pourrait effectivement y avoir des améliorations en ce qui concerne le brouillage mais elles pourraient être annulées par trois autres facteurs qui feraient augmenter le brouillage dans une analyse détaillée:

- dans la présente analyse, on fait l'hypothèse prudente que l'antenne d'émission de la station terrienne du SFS ne cause des brouillages que par ses lobes arrière alors que dans les scénarios de mise en oeuvre en conditions réelles, l'antenne de la station terrienne pointe parfois dans une direction proche du faisceau principal du récepteur du service fixe mais pendant un bref laps de temps compte tenu de la nature du système du SFS;
- dans la présente analyse, on suppose qu'un seul canal d'émission du SFS est actif alors qu'en réalité plusieurs canaux d'émission du SFS peuvent être actifs dans la bande passante du récepteur du service fixe;
- plusieurs stations terriennes déployées sur le même site pourraient être exploitées simultanément sur la même fréquence avec différents satellites du SFS du même réseau et/ou de plusieurs réseaux.

En répétant les calculs des distances de séparation pour différents angles d'azimut du récepteur du service fixe compris entre 0 et 360°, on obtient un contour à deux dimensions appelé «zone de séparation». Ces zones correspondent aux régions autour d'un récepteur du service fixe dans lesquelles il peut être interdit d'exploiter des stations terriennes du SFS pour assurer le bon fonctionnement du récepteur du service fixe.

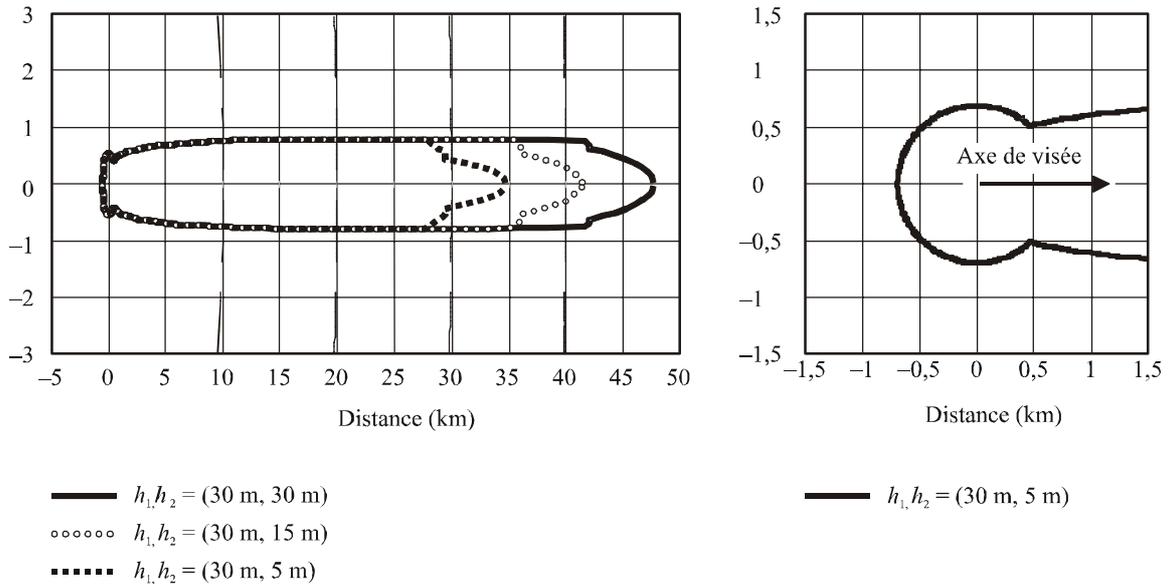
#### 4.1.1 Brouillages que pourraient causer des systèmes non OSG du SFS

Pour une première évaluation des brouillages que pourraient causer les stations terriennes du SFS non OSG, on a utilisé les niveaux des lobes latéraux lointains (lobes arrière). On obtient ainsi le niveau le plus faible de brouillage sans occultation en fonction de l'orientation relative. Même si les niveaux de brouillage peuvent périodiquement augmenter en fonction de l'emplacement du satellite en service, ce sont les brouillages causés par les lobes latéraux lointains qui devraient être les plus fréquents.

La Fig. 2 donne un exemple de zone de séparation d'une station terrienne non OSG du SFS autour d'une station d'abonné (station A) d'un système MDS calculée sur la base des caractéristiques de liaison montante du système LEOSAT-1. La distance de séparation maximale requise (dans le faisceau de réception principal) est comprise entre 35 et 50 km, la valeur supérieure correspondant à une hauteur d'antenne de 30 m tant pour la station d'abonné que pour la station terrienne et à l'absence d'occultation par le relief ou les bâtiments. Il s'agit manifestement d'un scénario correspondant au cas le plus défavorable mais dans les cas où des bâtiments ou le relief occultent le signal brouilleur, ces distances sont considérablement réduites; la distance de séparation entre les lobes lointains est de 700 m. Cette zone de séparation est basée sur un signal brouilleur qui occupe 19% de la largeur de bande du récepteur de la station d'abonné A (= 3,1 MHz/16,4 MHz). Les distances de séparation calculées pour les quatre stations d'abonné différentes ont abouti pour le faisceau principal à une limite située entre 29 et 47 km, la valeur maximale étant associée à la station d'abonné A (gain de réception le plus élevé). Les distances de séparation pour les lobes arrière étaient situées entre 0,7 et 2 km, la valeur maximale étant associée à la station d'abonné C (largeur de bande la plus petite). Le Tableau 3 récapitule les distances de séparation calculées pour les systèmes LEOSAT et les diverses stations d'abonné.

FIGURE 2

Exemple de zone de séparation pour le système LEOSAT-1 autour de la station d'abonné (Station d'abonné 1)



1719-02

TABLEAU 3

**Distances de séparation entre la station d'utilisateur LEOSAT-1  
et la station d'abonné du système MDS**

Systeme MDS	Espacement entre faisceaux principaux <sup>(1)</sup> (km)	Distance de séparation avec le lobe arriere (km)
Station A	34,01-46,39	0,71
Station B	29,21-41,52	0,87
Station C	31,67-44,00	2,04
Station D	28,90-41,20	0,78

<sup>(1)</sup> Fourchettes de valeurs pour l'espacement basées sur des combinaisons de hauteur d'antenne de la station de (30 m, 5 m) et (30 m, 30 m).

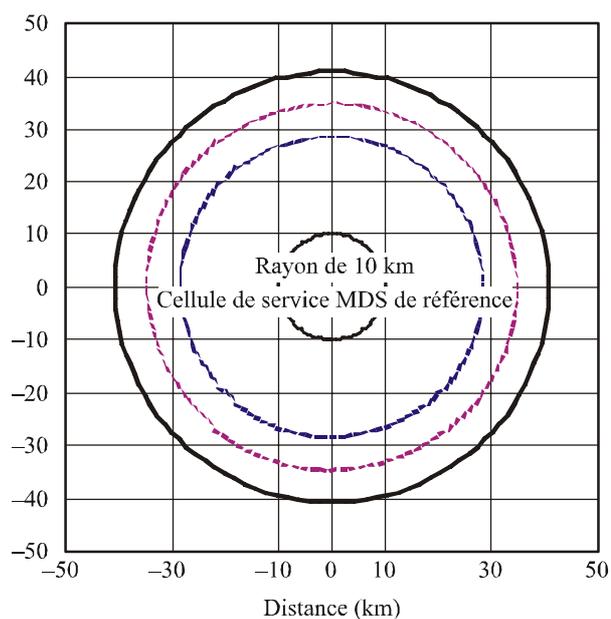
Les distances de séparation calculées pour cinq stations pivot différentes font apparaître que la limite varie, selon le type de station pivot, entre 15 km (station pivot 1) et 35 à 50 km (station pivot 5), la valeur supérieure correspondant à une hauteur d'antenne de 30 m tant pour la station pivot que pour la station terrienne et à l'absence d'occultation par le relief ou les constructions (gain de réception le plus élevé, largeur de bande analogue à celle du signal brouilleur). Cette valeur supérieure de 50 km pour la distance de séparation correspond au scénario du cas le plus défavorable. Le Tableau 4 récapitule les valeurs calculées pour les distances de séparation entre le système LEOSAT-1 et les diverses stations pivot. La Fig. 3 donne un exemple, dans le cas du système LEOSAT-1, de la zone de séparation associée à une station pivot (station pivot 5). L'espacement entre le lobe arriere d'une station du SFS et le lobe principal de la station pivot est beaucoup plus grand que pour la plupart des cellules de service MDS types.

TABLEAU 4  
**Distances de séparation entre une station d'utilisateur LEOSAT-1  
 et une station pivot du système MDS**

Système MDS	Espacement entre faisceaux principaux <sup>(1)</sup> (km)
Station 1	14,68
Station 2	15,11
Station 3	19,51
Station 4	27,60-34,42
Station 5	28,46-40,76

<sup>(1)</sup> Fourchettes de valeurs pour l'espacement basées sur des combinaisons de hauteur d'antenne de la station de (30 m, 5 m) et (30 m, 30 m).

FIGURE 3  
**Exemple de zone de séparation, dans le cas du système LEOSAT-1  
 autour d'une station pivot (station pivot 5)**



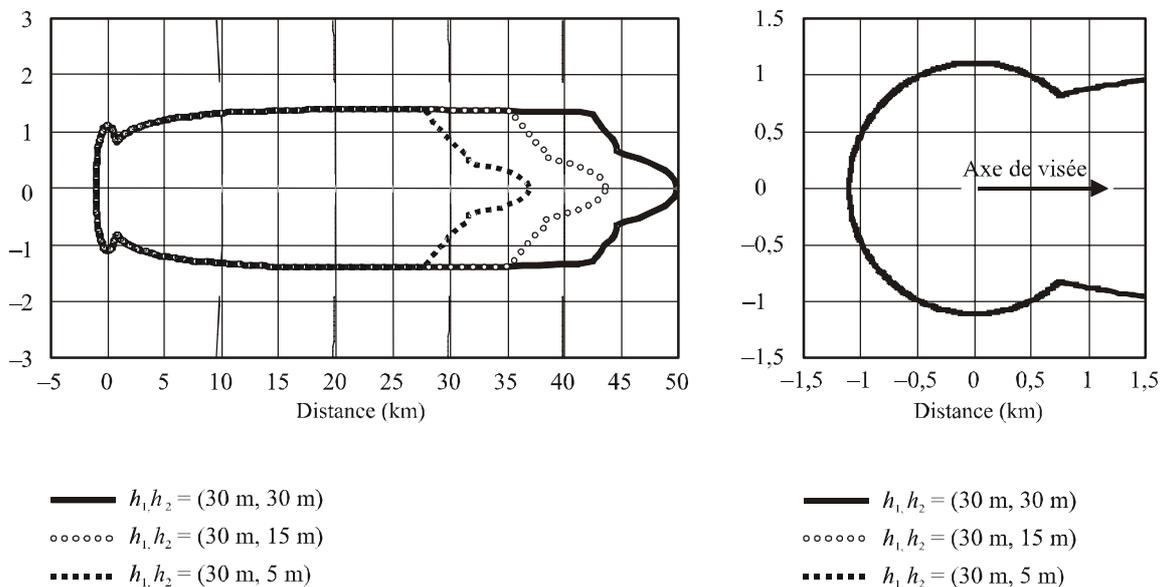
- $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 30 \text{ m})$
- - -  $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 15 \text{ m})$
- - -  $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 5 \text{ m})$

Conditions: temps clair  
 Critères: rapport  $I/N$  de  $-9,1 \text{ dB}$   
 Puissance de la station terrienne non OSG:  $-0,7 \text{ dBW}$   
 Gain de la station terrienne non OSG:  $35,2 \text{ dBi}$

Les exemples de zones de séparation entre une station d'abonné et une station pivot dans le cas d'une antenne de station terrienne USAMEO-1 dotée d'une antenne de 90 cm de diamètre sont illustrés respectivement à la Fig. 4 (station d'abonné A) et à la Fig. 5 (station pivot 5). Les calculs des distances de séparation pour les caractéristiques des quatre stations d'abonné ont fait apparaître que la limite du faisceau principal se situe entre 31 et 49 km, la valeur supérieure correspondant à la distance par rapport au faisceau principal (gain de réception le plus élevé) de la station d'abonné A pour une hauteur d'antenne de 30 m tant pour la station terrienne que pour la station d'abonné et en l'absence d'occultation par le relief ou par des constructions. Là aussi, on se trouve dans le scénario du cas le plus défavorable mais lorsque des constructions ou le relief occultent le signal brouilleur, ces distances sont considérablement réduites. Les distances de séparation avec le lobe arrière étaient situées entre 1,4 et 4,4 km, la valeur maximale correspondant à la station d'abonné C (largeur de bande la plus petite). Les distances calculées pour les caractéristiques des cinq stations pivot ont montré que la limite se situe entre 26 et 43 km, la valeur maximale correspondant à la station pivot 5 (gain de réception le plus élevé, largeur de bande analogue à celle du signal brouilleur), pour une hauteur d'antenne de 30 m tant pour la station pivot que pour la station terrienne et en l'absence d'occultation par le relief ou par des constructions. Les Tableaux 5 et 6 résument les valeurs calculées des distances de séparation entre le système USAMEO-1 et les diverses stations d'abonné et stations pivot, respectivement.

FIGURE 4

Exemple de zone de séparation, dans le cas du système USAMEO-1 (90 cm),  
autour d'une station d'abonné (station d'abonné A)



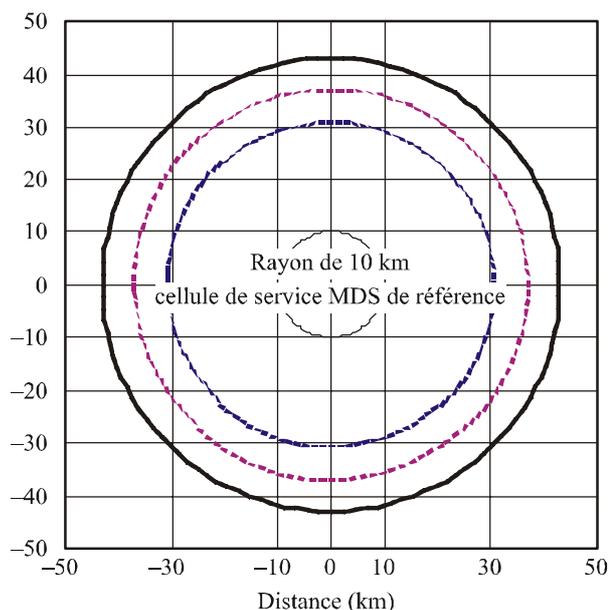
Conditions: temps clair  
 Critères: rapport  $I/N$  de  $-10 \text{ dB}$   
 Puissance de la station terrienne non OSG:  $+11,26 \text{ dBW}$   
 Gain de la station terrienne non OSG:  $46,98 \text{ dBi}$

1719-04

Le nombre de stations terriennes n'est pas connu à l'avance mais comme les Figures le montrent, une seule station terrienne peut empêcher un système MDS de fonctionner sur une zone étendue, même si on fait abstraction de la zone qui n'est pas en visibilité directe.

FIGURE 5

Exemple de zone de séparation, dans le cas du système USAMEO-1 (90 cm),  
autour d'une station pivot (station pivot 5)



- $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 30 \text{ m})$
- - -  $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 15 \text{ m})$
- . -  $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 5 \text{ m})$

Conditions : temps clair  
 Critères : rapport  $I/N$  de  $-9,1 \text{ dB}$   
 Puissance de la station terrienne non OSG:  $+11,26 \text{ dBW}$   
 Gain de la station terrienne non OSG:  $46,98 \text{ dBi}$

1719-05

TABLEAU 5

Distances de séparation entre une station d'utilisateur USAMEO-1  
et une station d'abonné MDS

Système MDS	Espacement entre faisceaux principaux <sup>(1)</sup> (km)	Distance de séparation avec le lobe arrière (km)
Station A	36,00-48,40	1,42
Station B	31,19-43,52	1,73
Station C	33,92-46,29	4,41
Station D	30,87-43,21	1,55

<sup>(1)</sup> Fourchettes de valeurs pour l'espacement basées sur des combinaisons de hauteur d'antenne de la station de (30 m, 5 m) et (30 m, 30 m).

TABLEAU 6

**Distances de séparation entre une station d'utilisateur USAMEO-1  
et une station pivot MDS**

Système MDS	Espacement entre faisceaux principaux <sup>(1)</sup> (km)
Station 1	26,05
Station 2	26,93-28,81
Station 3	27,78-36,06
Station 4	29,84-42,16
Station 5	30,70-43,04

<sup>(1)</sup> Fourchettes de valeurs pour l'espacement basées sur des combinaisons de hauteur d'antenne de la station de (30 m, 5 m) et (30 m, 30 m).

#### 4.1.2 Remarques

Il convient de noter que les distances calculées ci-dessus ne sont probablement pas représentatives d'un scénario urbain ou d'un scénario semi-urbain pour lesquels il faut tenir compte de certains effets des phénomènes d'occultation aussi bien pour le partage intraservice (de cellule à cellule) que pour le partage entre services.

Les résultats présentés au § 4.1.1 s'appliqueront aussi à des stations terriennes OSG du SFS si ces stations fonctionnent avec des caractéristiques analogues à celles indiquées dans le Tableau 2.

#### 4.2 Analyse statistique

Les résultats présentés ci-après ont été élaborés à partir d'une méthode statistique basée sur la technique de Monte Carlo. Cet outil permet de calculer l'effet cumulatif sur chaque station d'abonné ou chaque station de base d'un système P-MP du service fixe de toutes les stations du SFS émettant simultanément en direction d'une constellation non OSG. Dans l'analyse, on suppose que chaque canal de fréquence du SFS n'est utilisé qu'une seule fois à chaque étape de la simulation.

On a pris une cellule P-MP de 3,5 km de rayon et, étant donné qu'on suppose que toutes les stations du SFS susceptibles de brouiller les récepteurs du service fixe dans cette cellule sont très proches de cette cellule, la zone géographique considérée a été limitée à un carré de 14 km de côté centré sur une grande ville de plusieurs millions d'habitants.

La cellule considérée contient 74 abonnés et une station de base émettant sur quatre secteurs de 90° chacun; chaque secteur utilise une largeur de bande de 28 MHz et a une fréquence centrale différente.

##### 4.2.1 Caractéristiques des systèmes P-MP du service fixe

Le Tableau 7 donne les paramètres pour la station de base. Aux fins de l'analyse on a utilisé le diagramme d'antenne de la Recommandation UIT-R F.1336 pour la station pivot et le diagramme d'antenne de la Recommandation UIT-R F.1245 pour la station d'abonné.

Les paramètres des stations d'abonné, dont le taux d'activité est supposé être égal à un, sont donnés dans le Tableau 8.

TABLEAU 7

**Paramètres d'une station de base d'un système P-MP du service fixe**

Débit binaire d'émission (Mbit/s)	33
Largeur de bande de réception (MHz)	7
Bruit thermique (dBm)	-98
Gain d'antenne (dBi)	15
Hauteur de l'antenne	4 m au-dessus du toit

TABLEAU 8

**Paramètres de la station d'abonné du service fixe**

Débit binaire d'émission (Mbit/s)	2
Largeur de bande de réception (MHz)	28
Bruit thermique (dBm)	-91
Gain d'antenne (dBi)	35
Hauteur de l'antenne	1 m au-dessus du toit

Les simulations ont été faites avec des valeurs calculées du rapport  $I/N$  et les critères de protection contre les brouillages du service fixe ci-après (dans l'hypothèse d'une marge de protection contre les évanouissements par temps clair de l'ordre de 10 dB):

- le rapport  $C/N = -10$  dB ne doit pas être dépassé pendant plus de 20% du temps;
- le rapport  $I/N = 9$  dB ne doit pas être dépassé pendant plus de 0,001% du temps.

**4.2.2 Caractéristiques des stations d'utilisateur non OSG du SFS**

Les caractéristiques des stations d'utilisateur du SFS considérées sont celles d'un système non OSG du SFS fonctionnant dans la bande 28,6-29,1 GHz. Toutefois, ces caractéristiques dépendent beaucoup plus du système que de la bande de fréquences exacte dans la gamme des 28 GHz. Par conséquent, on considère que les caractéristiques des stations d'utilisateur du SFS données dans le Tableau 9 sont valables pour la technologie utilisée par le système considéré, dans l'ensemble de la bande 27,5-29,5 GHz, mais ne sont pas nécessairement valables pour d'autres systèmes.

TABLEAU 9

**Paramètres de la station d'utilisateur non OSG du SFS**

Débit binaire (Mbit/s)	2
Largeur de bande (MHz)	3,1
Puissance d'émission (par temps clair) (dBW)	0,4
Plage d'action de la commande <sup>(1)</sup> adaptative de puissance de l'émetteur (CAPE) (dB)	10,7
Gain d'antenne (dBi)	35
Hauteur d'antenne	1 m au-dessus du toit

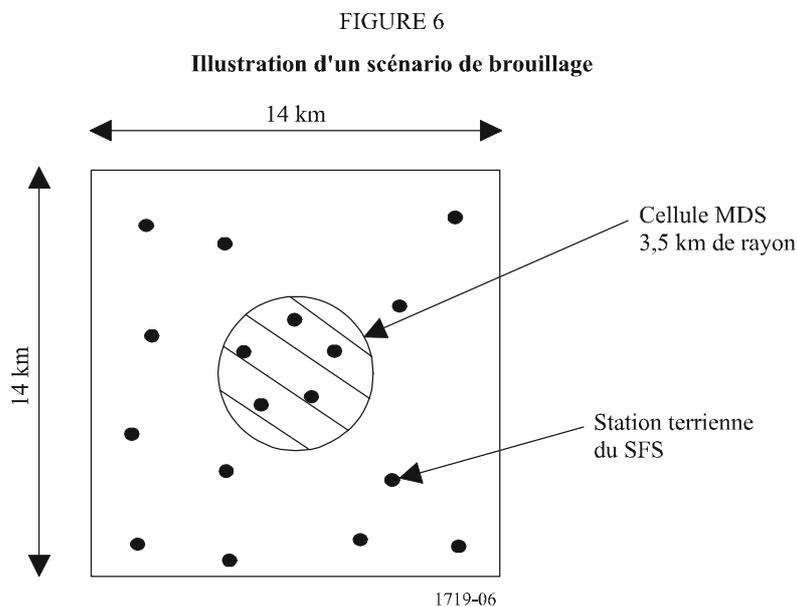
<sup>(1)</sup> A chaque étape de la simulation, la commande CAPE agit conformément à la distribution des précipitations telle qu'elle est définie dans la Recommandation UIT-R P.618.

### 4.2.3 Méthodologie

Près de 1 900 stations d'utilisateur ont été déployées de façon aléatoire dans la zone de 14 km de côté considérée, ce qui donne un taux de pénétration maximal de 20 stations par km<sup>2</sup> pour la zone construite représentative d'une zone urbaine dense.

Le taux d'activité de ces stations a été choisi de façon aléatoire à chaque étape de la simulation. Il se situe entre 5 et 10%, ce qui constitue un maximum puisque dans l'ensemble de la cellule LEOSAT-1 (118 × 118 km) le taux d'occupation de la largeur de bande totale (500 MHz) ainsi obtenu est d'environ 90%. On notera que ces taux d'activité augmenteront en fonction du nombre de systèmes non OSG du SFS exploités sur la même fréquence dans la bande, lesquels seront peu nombreux.

La Fig. 6 illustre le scénario analysé.



A chaque étape de la simulation, la fréquence utilisée par chaque station d'utilisateur active a été choisie de façon aléatoire dans la largeur de bande totale considérée.

Enfin, à chaque étape de la simulation, l'angle d'élévation et l'angle d'azimut des stations d'utilisateur ont été définis sur la base de caractéristiques géométriques réelles de la constellation et dans l'hypothèse où chaque station d'utilisateur poursuit le satellite le plus proche. Les deux séquences suivantes ont ainsi été définies sur cette base et on obtient ainsi pour chaque cas de simulation environ 4 000 échantillons:

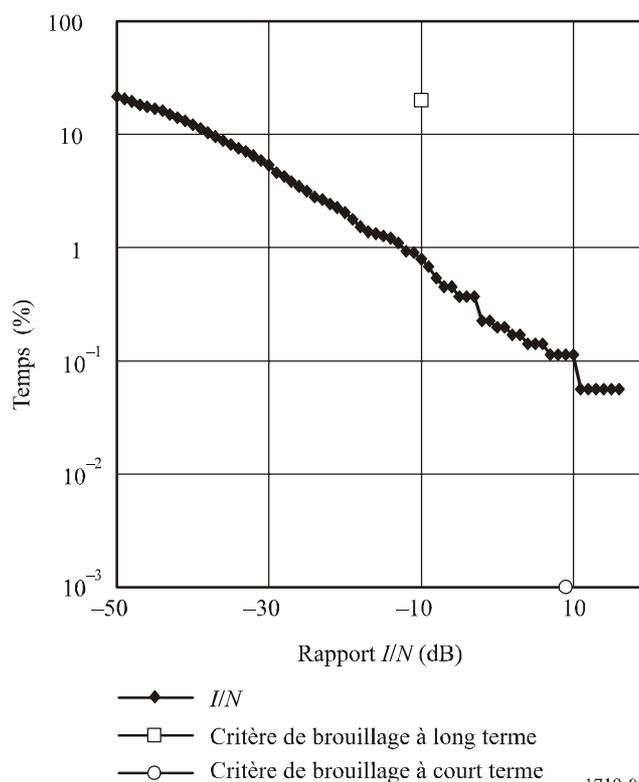
- pour les simulations avec les abonnés: 58 s centrées sur un angle d'élévation correspondant au cas le plus défavorable (c'est-à-dire 40°);
- pour les simulations avec les stations de base: 1 000 s.

### 4.2.4 Résultats des simulations

La Fig. 7 indique les résultats des simulations de brouillage pour tous les abonnés considérés et fait apparaître qu'avec les critères de brouillage à court terme pris pour hypothèse le partage est impossible dans la même zone. On notera que ces résultats feraient apparaître des niveaux de brouillage encore plus élevés si plus d'une constellation non OSG avait été prise en considération, mais ces constellations seront peu nombreuses.

FIGURE 7

Statistiques relatives au brouillage causé par des stations non OSG du SFS  
à une station d'un système P-MP du service fixe



La Fig. 8 donne les résultats des simulations de brouillage pour la station de base. Elle fait apparaître que la distribution peut respecter le critère de brouillage à court terme (rapport  $I/N$  de  $-9$  dB) pris pour hypothèse mais avec un pourcentage plus élevé (0,1%). Par conséquent, la conclusion concernant la faisabilité du partage n'est pas si évidente. La différence des résultats pour ce qui est des stations d'abonné de systèmes P-MP du service fixe est due au gain d'antenne maximal différent (35 dBi pour les stations d'abonné et 15 dBi pour les stations de base). On notera que ces résultats feraient apparaître des niveaux de brouillage plus élevés si plus d'une constellation non OSG avait été prise en considération mais ces constellations seront peu nombreuses.

## 5 Analyse pour des systèmes OSG du SFS et des systèmes P-MP du service fixe

Comme indiqué précédemment, les résultats des simulations sont analogues, que la station terrestre du SFS communique avec un satellite OSG ou un satellite non OSG. Ce point a été examiné au § 4.1.2.

### 5.1 Méthodologie et caractéristiques

La méthode (tenant compte du fait que le pointage des antennes des systèmes OSG du SFS est fixe) et le système P-MP du service fixe considérés pour l'étude statistique du scénario de brouillage entre des stations d'utilisateur OSG du SFS et des systèmes P-MP du service fixe sont les mêmes qu'au § 4.2.

Les caractéristiques du système OSG du SFS sont données dans le Tableau 10.

FIGURE 8

Statistiques relatives au brouillage causé par des stations non OSG  
du SFS à une station de base d'un système P-MP

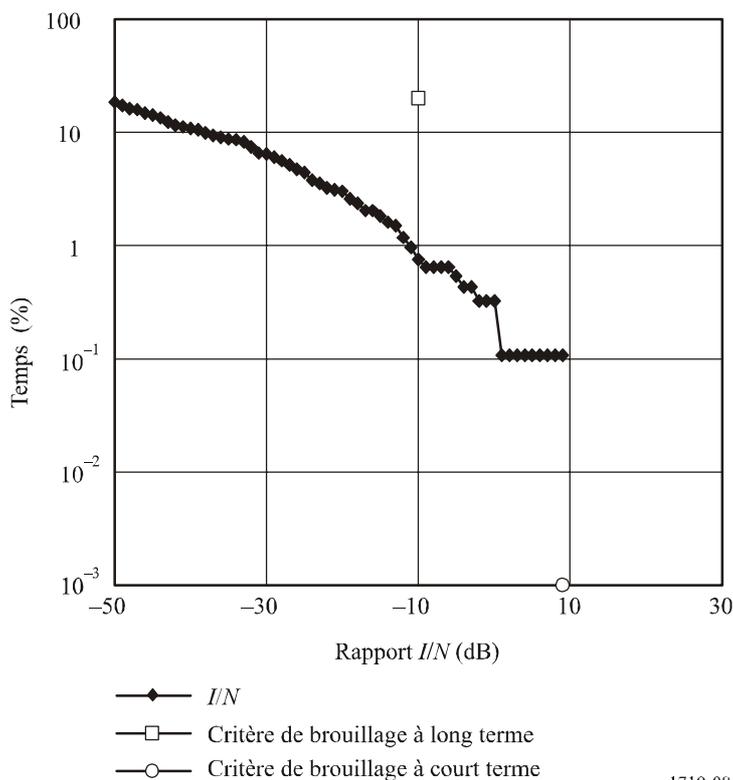


TABLEAU 10

### Caractéristiques du système OSG du SFS

Position du satellite	2° E
Angle d'élévation au niveau des stations terriennes (degrés)	Environ 33
Largeur de bande du canal d'émission (MHz)	5
Puissance nominale de la station terrienne (dBW)	10
Gain d'antenne de la station terrienne (dBi)	49,1
Hauteur de l'antenne	1 m au-dessus du toit

## 5.2 Résultats du calcul du brouillage causé par des stations d'utilisateur OSG du SFS à des systèmes du service fixe

Comme le montre la Fig. 9, le critère de brouillage à court terme pris pour hypothèse n'est pas respecté pour le scénario considéré dans lequel la station d'abonné OSG du SFS brouille la station de base du système P-MP du service fixe.

Comme le montre la Fig. 10, le critère de brouillage à court terme pris pour hypothèse n'est pas respecté pour le scénario considéré dans lequel la station d'abonné OSG du SFS brouille la station d'abonné du système P-MP du service fixe.

FIGURE 9

Statistiques relatives au brouillage causé par des stations non OSG du SFS à une station d'abonné d'un système P-MP du service fixe

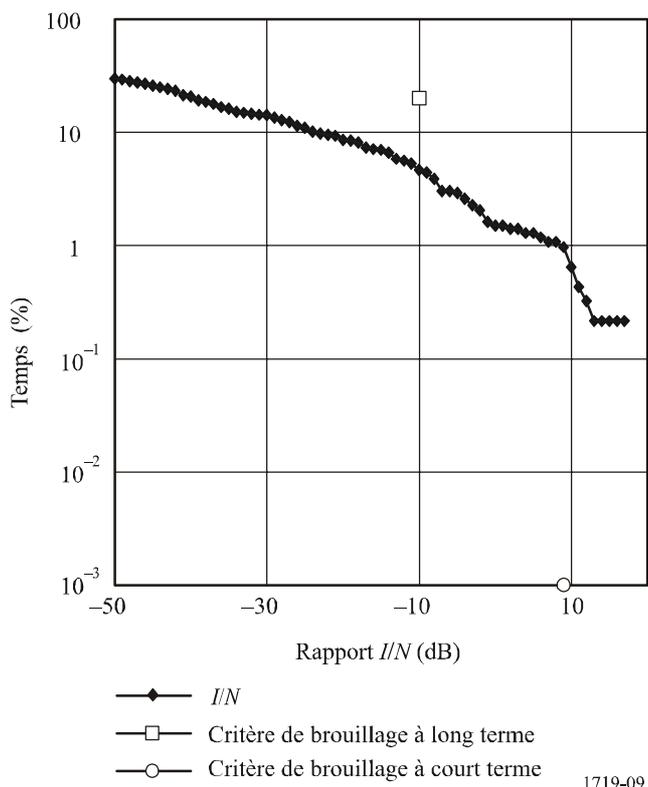
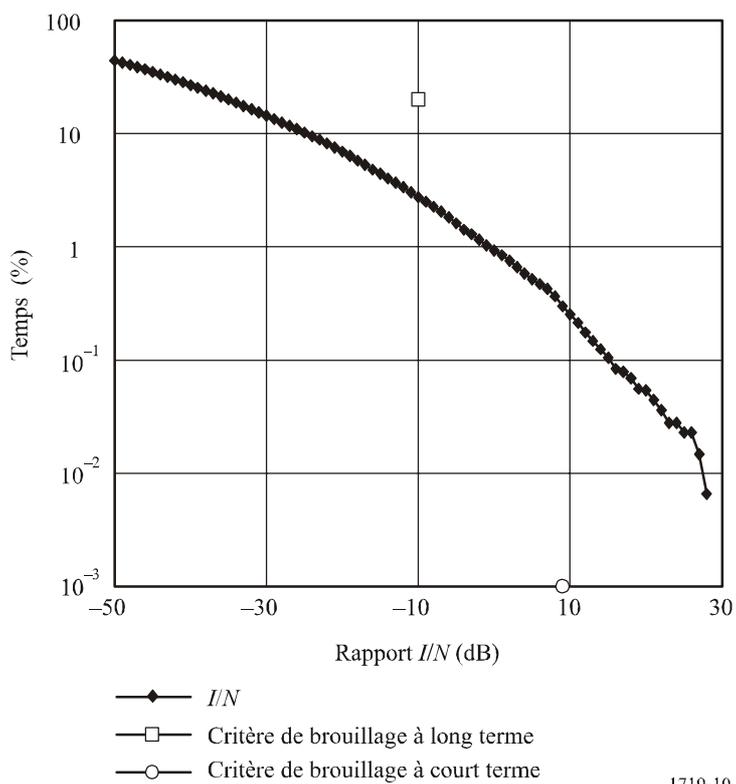


FIGURE 10

Statistiques relatives au brouillage causé par des stations OSG du SFS à une station d'abonné d'un système P-MP du service fixe



## 6 Exemple des systèmes point à point du service fixe

On dispose déjà de données concernant le déploiement des systèmes P-MP du service fixe dans la bande des 28 GHz mais les données actuellement disponibles concernant les systèmes point à point exploités dans cette même bande restent très limitées. Toutefois, les données disponibles concernant l'exploitation de systèmes P-MP du service fixe dans cette gamme de fréquences, autour de Paris, font apparaître que les angles d'élévation des antennes des systèmes point à point du service fixe sont très proches de ceux des systèmes P-MP du service fixe. Les caractéristiques types des liaisons point à point du service fixe, à 26 GHz, sont données ci-après.

TABLEAU 11

### Paramètres des stations de systèmes point à point du service fixe

Largeur de bande (MHz)	28
Bruit thermique du récepteur (dBm)	-95
Gain d'antenne (dBi)	42 à 48

La comparaison avec les caractéristiques des systèmes P-MP du service fixe montre que le risque de brouillage pour les systèmes point à point du service fixe devrait être plus élevé que pour les systèmes P-MP.

## 7 Conclusions

Les distances de séparation nécessaires entre stations terriennes du SFS non occultées et stations pivot MDS sont importantes comparativement à la taille de la cellule de service MDS. Dans les faits une station terrienne du SFS située dans une cellule de service MDS et en visibilité de l'antenne de la station pivot peut facilement dépasser la tolérance de brouillage à long terme de 10% du récepteur MDS, avec le seul brouillage des lobes latéraux lointains. Les stations terriennes du SFS peuvent aussi brouiller des stations d'abonnés MDS depuis plusieurs cellules de service si la discrimination de l'antenne à gain élevé de la station d'abonné est insuffisante.

L'analyse déterministe reposant sur l'hypothèse d'une seule station terrienne non OSG du SFS émettant sur un seul canal ainsi que sur un calcul de l'affaiblissement en espace libre (plus affaiblissement par les gaz et par diffraction) a permis de conclure que le partage n'est pas possible. Il a été établi que les résultats seraient analogues pour les stations terriennes OSG du SFS. Par ailleurs, il se pourrait que d'autres stations terriennes du SFS émettent simultanément dans un ou plusieurs autres canaux de la bande passante d'un récepteur MDS donné (station pivot ou station d'abonné). Si l'une quelconque des émissions de ces autres stations terriennes du SFS tombe elle aussi dans la largeur de bande du récepteur MDS, les zones de séparation résultantes pourraient être plus importantes que celles indiquées au § 4.1. L'analyse statistique a permis de confirmer que le partage n'était pas possible, en particulier parce que le critère de brouillage à court terme ne peut pas être respecté. Plus précisément, les résultats de ces études font apparaître que le partage d'une même fréquence entre des stations d'abonné du service fixe et des stations terriennes du SFS dans la bande des 28 GHz n'est pas possible dans une même zone géographique. Même s'il a été montré que le partage d'une même fréquence entre des stations de base du service fixe et des stations terriennes du SFS dans la bande des 28 GHz n'est lui aussi pas possible, la situation de partage dépend des réseaux du service fixe considérés et le partage pourrait être possible dans certains cas.

Pour les systèmes MDS fonctionnant avec CAPE, la marge de protection contre les évanouissements par temps clair pourrait être sensiblement plus faible et de ce fait, ces systèmes seraient plus vulnérables au brouillage à court terme. Seule l'analyse statistique a tenu compte des effets de la pluie et de l'occultation par le relief ou des obstacles artificiels, ce qui peut expliquer que les résultats sont moins mauvais que ceux obtenus avec l'analyse déterministe.

Ni l'analyse déterministe ni l'analyse statistique n'ont tenu compte du scénario où plusieurs stations d'utilisateur du SFS émettent simultanément sur la même fréquence en direction de satellites différents. Dans un tel scénario, la situation de brouillage serait encore pire mais les systèmes du SMS assurant la couverture d'une zone donnée seront peu nombreux.

Les résultats de l'analyse déterministe et de l'analyse statistique viennent conforter la conclusion selon laquelle il ne serait pas possible d'exploiter des applications haute densité du service fixe comme des stations d'abonné ou des stations pivot MDS dans les mêmes parties de la bande des 28 GHz que des stations terriennes OSG ou non OSG du SFS en configuration ubiquiste. Etant donné que les opérateurs de systèmes du SFS ont l'intention d'exploiter des stations d'utilisateur HD-SFS dans la gamme des 28 GHz, il convient de tenir compte de la conclusion susmentionnée lorsque les dispositions réglementaires propres à faciliter la mise en oeuvre de stations du SFS dans cette bande seront examinées.

## Appendice 1 à l'Annexe 1

Les paramètres géométriques de la zone de séparation associée à l'exploitation sur une même fréquence de systèmes du service fixe et de systèmes du SFS peuvent être calculés à l'aide des équations normalisés pour les liaisons. La limite est basée sur une tolérance de brouillage à long terme cumulative égale à 10% du facteur de bruit du récepteur. La puissance brouilleuse (dBW) est calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$I = (P_{Tx})_{FSS} - (L_F)_{FSS} + (G_{Tx}(\varphi))_{FSS} - L(d) + (G_{Rx}(\varphi))_{FS} - BW_{cor}$$

où:

- $(P_{Tx})_{FSS}$ : puissance de l'émetteur du SFS (dBW)
- $(L_F)_{FSS}$ : affaiblissement de l'émetteur du SFS (dB)
- $(G_{Tx}(\varphi))_{FSS}$ : gain de la station du SFS en direction de la station du service fixe (Recommandation UIT-R S.465) (dBi)
- $\varphi$ : angle entre l'axe de visée de la station d'émission du SFS et le récepteur du service fixe (degrés)
- $L(d)$ : affaiblissement du signal associé à la distance du trajet,  $L_{FSL} + L_{atm} + L_{diff}$  (dB)
- $L_{FSL}$ : affaiblissement en espace libre,  $\approx 92,44 + 20 \log(d \times f)$  (dB)
- $d$ : espacement entre la station du service fixe et la station du SFS (km)
- $f$ : fréquence (GHz)
- $L_{atm}$ : affaiblissement atmosphérique,  $\gamma_a \times d$ , (Recommandation UIT-R P.676) (dB)

- $\gamma_a$ : affaiblissement linéique ( $\approx 0,095$  dB/km pour  $7,2$  g/m<sup>3</sup>,  $20^\circ$  C,  $28,85$  GHz) (dB/km)
- $L_{diff}$ : affaiblissement de diffraction sur une Terre sphérique (Recommandation UIT-R P.526) (dB)
- $(G_{Rx}(\varphi))_{FS}$ : gain de la station du service fixe en direction de l'émetteur du SFS (Recommandation UIT-R F.699) (dBi)
- $\varphi$ : angle entre l'axe de visée du récepteur du service fixe et l'émetteur du SFS (degrés)
- $BW_{cor}$ : (correction de la largeur de bande de chevauchement) supérieure à 0,0 ou  $10 \log \frac{(BW_{rx})_{EES}}{(BW_{RX})_{FS}}$  (dB)

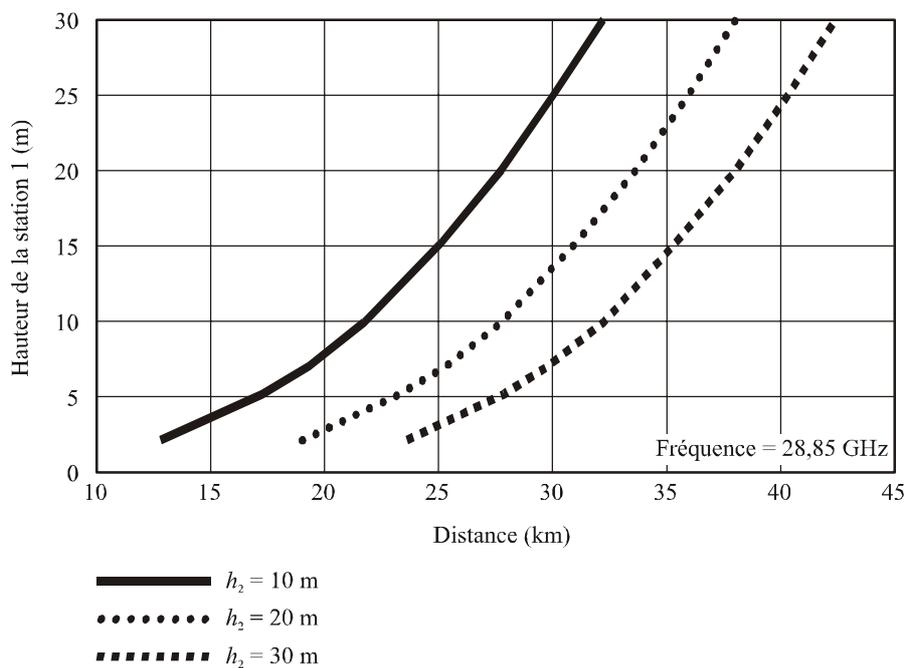
La Recommandation UIT-R F.699 indique le diagramme de rayonnement de référence pour les antennes de stations du service fixe fonctionnant entre environ 1 et 70 GHz. Pour la plupart des antennes de stations du service fixe types, le rapport  $D/\lambda$  est inférieur à 100 mais certaines stations du service fixe actuellement en exploitation utilisent des antennes plus grandes, d'où la nécessité d'utiliser des spécifications plus strictes pour les lobes latéraux. Pour les stations pivot utilisant des antennes équidirectives ou sectorielles, il n'est peut-être pas judicieux d'appliquer la Recommandation UIT-R F.699. Par conséquent, dans la présente étude, l'antenne de la station pivot de réception a été modélisée comme quatre antennes sectorielles de  $90^\circ$ , avec un gain constant en fonction de l'azimut. (NOTE – La Recommandation UIT-R F.1336 décrit des diagrammes d'antenne de systèmes P-MP pour les fréquences comprises entre 1 et 3 GHz.) Le diagramme de rayonnement de référence indiqué dans la Recommandation UIT-R S.465 s'applique aux stations terriennes du SFS. Les équations sont identiques à celles indiquées dans la Recommandation UIT-R F.699.

La station MDS générique du service fixe présente un facteur de bruit pour le récepteur de  $-121,8$  dBW (dans l'hypothèse d'une largeur de bande de  $16,4$  MHz et d'un facteur de bruit de  $10$  dB pour le récepteur). Si l'on suppose une tolérance de brouillage de  $10\%$ , le brouillage causé par l'émetteur du SFS au récepteur du service fixe ne devrait pas dépasser  $-131,8$  dBW.

On a utilisé le modèle d'affaiblissement de diffraction pour mieux tenir compte des affaiblissements sur les trajets transhorizon. Ce modèle dépend beaucoup de la fréquence, de la longueur du trajet, du rayon équivalent de la Terre (la valeur de  $9\,348$  km a été utilisée) ainsi que des hauteurs d'antenne des stations. Ce modèle n'est utilisable que pour les trajets transhorizon. La Fig. 11 donne les distances dans les cas où le modèle fournit des résultats utiles pour diverses combinaisons de hauteur d'antenne (systèmes brouilleurs et systèmes utiles).

FIGURE 11

**Distances du trajet pour l'affaiblissement de diffraction nuls de la Terre sphérique (Recommandation UIT-R P.526)**



Distance valable minimum

Modèle d'une Terre sphérique (Recommandation UIT-R P.526)

1719-11