

RECOMMANDATION UIT-R SA.1273*

**PUISSANCE SURFACIQUE RAYONNÉE PAR LES SERVICES DE RECHERCHE SPATIALE,
D'EXPLOITATION SPATIALE ET D'EXPLORATION DE LA TERRE PAR SATELLITE
À LA SURFACE DE LA TERRE PROPRES À PROTÉGER LE SERVICE FIXE
DANS LES BANDES 2 025-2 110 MHz ET 2 200-2 290 MHz**

(Questions UIT-R 118/7 et UIT-R 113/9)

(1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les systèmes des services de recherche spatiale, d'exploitation spatiale (SES) et d'exploration de la Terre par satellite (SETS) d'une part, et du service fixe d'autre part, partagent les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz;
- b) que, dans le cadre du service fixe, on exploite et on envisage d'exploiter divers systèmes point à point et point-multipoint faisant intervenir dans ces bandes des techniques analogiques aussi bien que des techniques numériques;
- c) qu'en raison de ce partage, il est nécessaire de faire en sorte que des émissions des satellites n'occasionnent pas de brouillage inacceptable aux systèmes du service fixe;
- d) qu'il est possible de conférer aux systèmes du service fixe une protection satisfaisante contre les émissions des satellites en définissant des limites adéquates de puissance surfacique observée à la surface de la Terre dans une bande de référence;
- e) qu'en tout état de cause toute limite applicable à la puissance surfacique produite à la surface de la Terre ne doit pas entraîner de restrictions excessives au niveau de la conception des systèmes du service de recherche spatiale, du SES et du SETS;
- f) que la dégradation de la qualité de fonctionnement d'un système du service fixe est en fait la somme des altérations individuelles consécutives aux émissions de l'ensemble des stations spatiales visibles par ce système;
- g) que la bande 2 025-2 110 MHz est utilisée pour les liaisons Terre-espace des satellites en orbite basse (LEO) et des satellites placés sur l'orbite des satellites géostationnaires (OSG), et que cette bande est également utilisée pour des liaisons espace-espace, notamment pour les radiocommunications entre les satellites relais de données (SRD) et les satellites LEO;
- h) que la bande 2 200-2 290 MHz est utilisée, pour des liaisons espace-Terre, aussi bien par les satellites LEO que par les satellites OSG, et que cette bande est également utilisée pour des liaisons espace-espace, en général pour des radiocommunications entre des satellites LEO et des SRD;
- j) que pour les systèmes du service de recherche spatiale, du SES et du SETS, on utilise des techniques de réduction de la densité spectrale de puissance des émissions radioélectriques des satellites,

recommande

1 de faire en sorte que, dans la bande 2 200-2 290 MHz, la puissance surfacique maximale produite à la surface de la Terre par les émissions des stations spatiales exploitées dans le sens espace-Terre, quelles que soient les conditions et les méthodes de modulation, ne dépasse pas les valeurs suivantes:

- -130 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée inférieurs à 5° au-dessus du plan horizontal;
- $-130 + 0,5 (\delta - 5)$ dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée δ (degrés) compris entre 5° et 25° au-dessus du plan horizontal;
- -120 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée compris entre 25° et 90° au-dessus du plan horizontal;

* La présente Recommandation a été établie en commun par les Commissions d'études 7 et 9 des radiocommunications, et toute révision devra également être entreprise en commun.

2 de faire en sorte que, dans la bande 2 200-2 290 MHz, la puissance surfacique maximale produite à la surface de la Terre par les émissions des stations spatiales LEO exploitées dans le sens espace-espace, quelles que soient les conditions et les méthodes de modulation, ne dépasse pas les valeurs suivantes:

- -127 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée inférieurs à 5° au-dessus du plan horizontal;
- $-127 + 0,5 (\delta - 5)$ dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée δ (degrés) compris entre 5° et 25° au-dessus du plan horizontal;
- -117 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée compris entre 25° et 90° au-dessus du plan horizontal;

3 de faire en sorte que, dans la bande 2 025-2 110 MHz, la puissance surfacique maximale produite à la surface de la Terre par les émissions des SRD OSG, quelles que soient les conditions et les méthodes de modulation, ne dépasse pas les valeurs suivantes:

- -130 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée inférieurs à 5° au-dessus du plan horizontal;
- $-130 + 0,5 (\delta - 5)$ dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée δ (degrés) compris entre 5° et 25° au-dessus du plan horizontal;
- -120 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pour des angles d'arrivée compris entre 25° et 90° au-dessus du plan horizontal;

3.1 de tenir compte du fait que la valeur de -130 dB(W/m²) dans toute bande de 1 MHz, pourra devoir être dépassée, en de rares occasions, d'une valeur pouvant atteindre 6 dB, mais au maximum, pendant 5% du temps, pour compenser les brouillages de fond;

4 de tenir compte du fait que les limites précitées se rapportent aux valeurs de puissance surfacique et d'angle d'arrivée que l'on observerait dans des conditions de propagation en espace libre;

5 de se référer à l'Annexe 1 pour des indications complémentaires concernant la présente Recommandation.

NOTE 1 – Dans l'établissement du § 2 du *recommande*, il est apparu que les transmissions espace-espace des services de radiocommunication spatiale constituent la majeure partie des utilisations en partage avec le service fixe.

ANNEXE 1

Considérations relatives aux brouillages occasionnés par le service de recherche spatiale, le SES et le SETS au service fixe dans les bandes 2 025-2 110 MHz et 2 200-2 290 MHz

1 Introduction

La présente Annexe rassemble quelques éléments additionnels relatifs aux valeurs de puissance dont il est question aux § 1, 2 et 3 du *recommande*. Les valeurs indiquées dans la présente Annexe ont été obtenues, soit à partir de calculs des effets des brouillages continus occasionnés par les émissions des SRD OSG, soit à partir de simulations de Monte Carlo des effets des émissions de SRD OSG et de satellites LEO sur les stations du service fixe, sur la base des principes exposés dans les Recommandations UIT-R F.1107 et UIT-R F.1108. Les positions orbitales des SRD étaient celles de la Recommandation UIT-R SA.1275; les paramètres des systèmes du service fixe étaient déterminés conformément aux Recommandations UIT-R M.1143 et UIT-R F.759, tandis que les caractéristiques orbitales des satellites LEO utilisés par les services scientifiques spatiaux étaient obtenues à partir du rapport établi par le Groupe directeur sur les services scientifiques spatiaux (Annexe 4 du Document 7B/26-9D/54 du 16 novembre 1994).

Les § 2 et 3 résument respectivement les résultats applicables aux émissions des satellites OSG dans la bande 2 200-2 290 MHz et aux émissions des satellites LEO dans la bande 2 200-2 290 MHz, tandis que le § 4 traite des émissions des SRD dans la bande 2 025-2 110 MHz. Chaque paragraphe est suivi d'une conclusion qui justifie la valeur de puissance surfacique préconisée dans les paragraphes du *recommande* correspondants.

2 Niveaux de puissance surfacique applicables aux émissions des satellites OSG dans la bande 2 200-2 290 MHz

Un certain nombre de satellites OSG exploités dans le réseau au sol des services scientifiques spatiaux utilisent la bande 2 200-2 290 MHz (espace-Terre) pour les opérations de poursuite, télémesure et télécommande (PTT), dans le cadre d'opérations normales ou à titre exceptionnel. En général, les satellites scientifiques utilisent la bande dans le cadre des opérations d'exploitation normale, tandis que les satellites dits d'application – service fixe, radiodiffusion, service mobile par satellite – tendent à l'utiliser à titre de secours. Selon les informations disponibles, le nombre de satellites OSG de ce type en service passera de 87 à 117 au cours des 10 années de la période se terminant en 2005. Les assignations associées à une position orbitale quelconque seront en général peu nombreuses, et l'on relève d'ailleurs que, sur des arcs importants de l'OSG, aucune assignation n'existe ou n'existera. La p.i.r.e. de 96% des satellites OSG bénéficiant déjà d'assignations est inférieure à +10 dBW, de sorte que la puissance surfacique cumulative à la surface de la Terre est inférieure à $-153 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$. Compte tenu des largeurs de bande requises par les satellites OSG, à l'exception d'un petit nombre d'assignations, la densité de p.i.r.e. des émissions de ces satellites est inférieure à -10 dB(W/4 kHz) , ce qui donne à la surface de la Terre une puissance surfacique inférieure à $-173 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ dans une bande quelconque de 4 kHz ($-149 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ dans une bande quelconque de 1 MHz), quel que soit l'angle d'arrivée.

Ces données nous permettent de conclure que les émissions des satellites OSG dans la bande 2 200-2 290 MHz n'entraînent pas un risque important de brouillage potentiel pour le service fixe. Pour assurer une souplesse suffisante aux applications des SRD à l'avenir, tout en protégeant également le service fixe, un niveau de puissance surfacique équivalent à $-154/-144 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$, tel qu'il est identifié dans le Tableau S21-4 du numéro S21.16 du Règlement des radiocommunications (RR) pour la bande 2 200-2 300 MHz (gabarit A) (dans une largeur de bande de référence de 1 MHz) suffira pour le partage de cette bande.

3 Niveaux de puissance surfacique applicables aux émissions des satellites LEO dans la bande 2 200-2 290 MHz

3.1 Dans des études de simulation, on a considéré les brouillages (sur liaisons descendantes) occasionnés par 24 combinaisons de SRD et de satellites LEO, chaque SRD étant traité comme étant en communication continue, dans les deux sens, avec deux satellites LEO (lorsque ces derniers étaient visibles). Toutes ces combinaisons étaient par hypothèse actives simultanément et dans un même canal. Le Tableau 1 résume les paramètres de transmission utilisés dans cette modélisation.

TABLEAU 1

Paramètres de transmission du satellite utilisés dans la modélisation

	SRD	Satellite LEO
Densité de puissance dans l'antenne (dB(W/Hz))	-57,7	-83,5 ⁽¹⁾
Gain d'émission (dBi)	34,7	28,5
Gain de réception (dBi)	36,0	28,5
Diagramme d'antenne	Recommandation UIT-R S.672 (lobe latéral: -20 dB)	Recommandation UIT-R S.672 (lobe latéral: -20 dB)

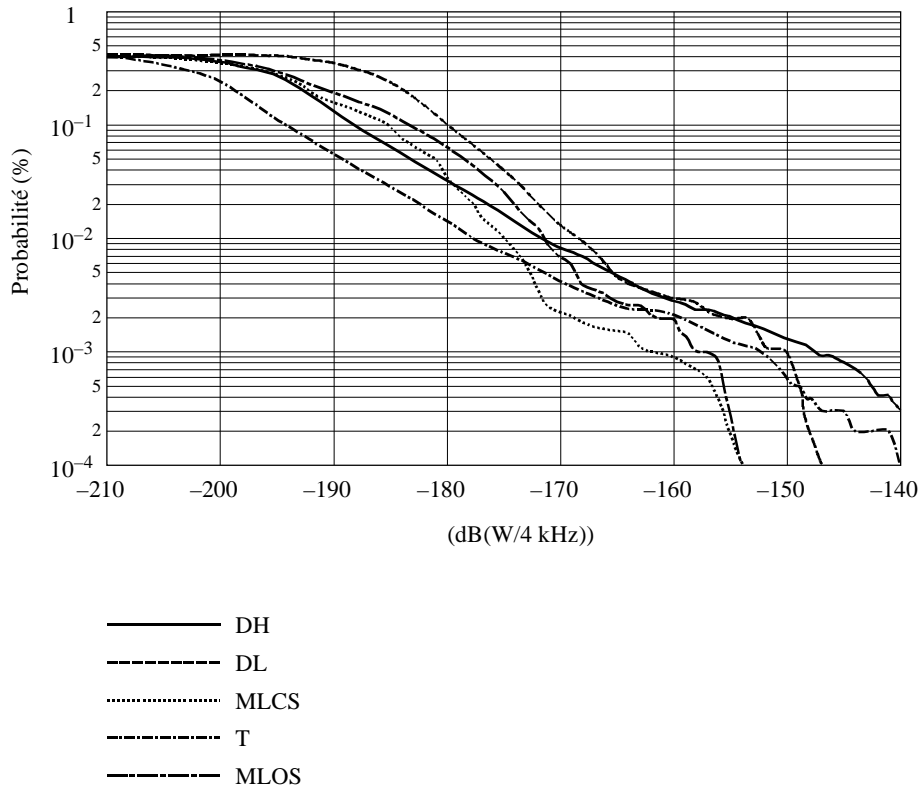
⁽¹⁾ Sur la densité de base d'une p.i.r.e. nominale de -55 dB(W/Hz) .

Le brouillage simulé affectait divers systèmes fixes. Du fait que l'antenne est le seul élément du système de réception qui ait une incidence sur le brouillage reçu, il suffisait de modéliser les brouillages en fonction de chaque type d'antenne plutôt qu'en fonction de chaque type de système. En conséquence, cinq types d'antenne ont été retenus pour la modélisation des brouillages, à savoir type DH (digital high capacity, numérique à forte capacité), DL (digital low capacity, numérique à faible capacité), MLCS (digital point-to-multipoint central station, station principale point à multipoint numérique), MLOS (digital point-to-multipoint out station, station périphérique point à multipoint numérique) et T (troposphérique analogique ou numérique) correspondant respectivement à des antennes parabolique 33 dBi, Yagi, équidirective, en nappe et parabolique 45 dBi.

Le brouillage était calculé pour chacun des 60 lieux géographiques retenus (par pas de 20° et 50° nord et 30° de longitude), et pour huit valeurs d'azimut d'antenne de station fixe en chaque lieu. En ce qui concerne les résultats, on a retenu pour chaque type de système (à l'exclusion des lieux situés loin des masses terrestres) les deux cas les plus défavorables.

La Fig. 1 montre que l'antenne Yagi (système DL) subit le brouillage le plus important, environ -184 dB(W/4 kHz) pendant 20% du temps. Cette valeur est toutefois largement prise en compte dans l'objectif de qualité de fonctionnement à long terme (20%) applicable à la plupart des systèmes à liaisons fixes, soit environ -170 dB(W/4 kHz). Ce niveau de protection correspond à une dégradation de la valeur seuil, au niveau du récepteur de la station du service fixe, d'environ 1 dB (voir la Recommandation UIT-R F.759).

FIGURE 1
Brouillages occasionnés à divers systèmes du service fixe
par des satellites LEO



1273-01

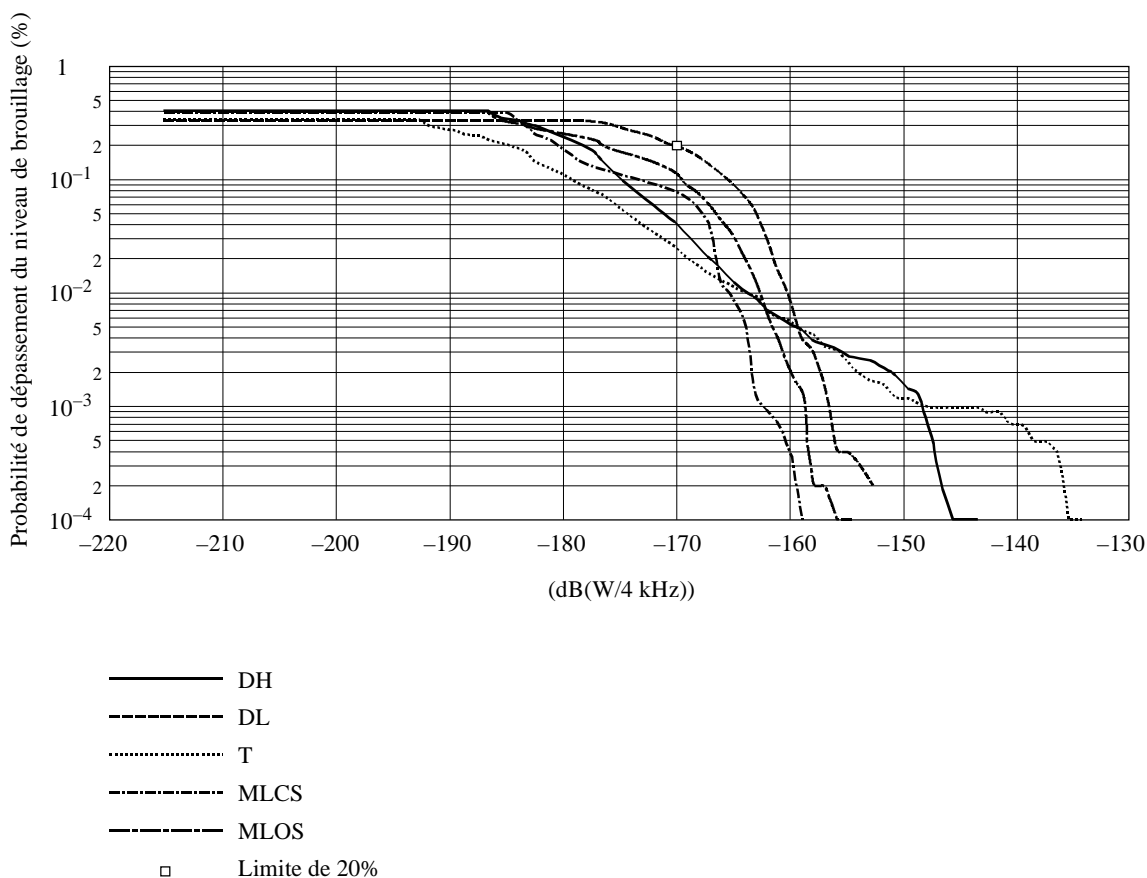
Le brouillage à long terme occasionné dans l'antenne parabolique 33 dBi, l'antenne équidirective et l'antenne en nappe est comparable, et se chiffre à des valeurs inférieures d'environ 9 dB à celui que l'on observe au niveau de l'antenne Yagi.

Le faisceau étroit de l'antenne troposphérique 45 dBi garantit des niveaux de brouillage à long terme très faibles, mais des phénomènes occasionnels de couplage par alignement peuvent entraîner d'importants brouillages à court terme.

Ces faibles niveaux de brouillage ne sont, d'une manière générale, pas surprenants, puisque les antennes des satellites LEO ne pointent pas vers la Terre sur la majorité de leur orbite.

3.2 Des simulations déterministes (voir la Fig. 2) montrent également qu'avec 24 satellites LEO à 800 km d'altitude (inclinaison de 98°) ou à 350 km d'altitude (inclinaison de $28,5^\circ$) émettant vers 12 SRD, et avec des pointages azimutaux d'antenne de service fixe défavorables, les critères de protection à long terme (20% du temps) du service fixe sont difficilement respectés avec un gabarit de puissance surfacique dont les niveaux sont supérieurs d'approximativement 2 à 3 dB à $-154/-144$ dB(W/(m² · 4 kHz)). Les systèmes point à multipoint de faible puissance, qui utilisent des antennes à gain relativement faible, reçoivent également une protection marginale, aussi bien à long terme qu'à court terme, à ces niveaux de puissance surfacique.

FIGURE 2
 Brouillages occasionnés aux systèmes du service fixe par des satellites LEO
 dans les cas les plus défavorables



1273-02

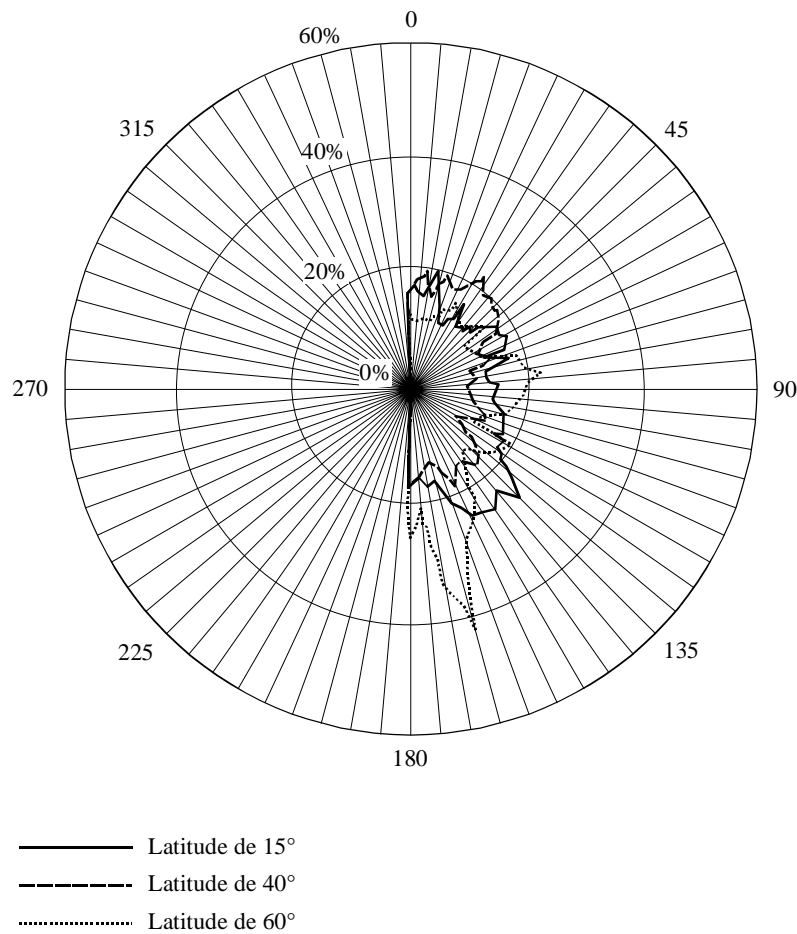
3.3 Une autre analyse a été faite selon la méthodologie exposée dans la Recommandation UIT-R F.1108. On supposait que les stations numériques étaient centrées sur une latitude donnée et étaient dotées d'antennes à gain élevé pointées à un angle d'élévation de 0°. L'azimut de chaque antenne de réception était compris entre 0° et 180°. Les caractéristiques du système du service fixe étaient les suivantes:

Diagramme de rayonnement de l'antenne du service fixe:	Recommandation UIT-R F.699
Gain de l'antenne:	33 dBi
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation:	2 dB
Température de bruit du récepteur:	290 K
Caractéristiques de bruit du récepteur:	4 dB.

L'étude de simulation faisait intervenir au total 15 satellites non OSG sur diverses orbites. Des valeurs de puissance surfacique comprises entre -148 dB(W/(m² · 4 kHz)) pour des angles d'élévation inférieurs à 5° et -135 dB(W/(m² · 4 kHz)) pour des angles d'élévation supérieurs à 25° ont été prises pour hypothèses. Les résultats (voir la Fig. 3) ont fait apparaître que 7,2% des stations du service fixe subissaient une dégradation progressive de la qualité de fonctionnement supérieure à 25%. Les plus fortes dégradations de la qualité de fonctionnement étaient observées dans le cas des stations situées à la latitude la plus élevée utilisée dans la simulation, soit 60°.

FIGURE 3

Dégradation progressive de la qualité de fonctionnement en fonction de l'angle d'azimut, dans le cas de stations de faisceau hertzien numérique situées à 15°, 40° et 60° de latitude



Pour une puissance surfacique comprise entre -148 et -135 dB(W/(m² · 4 kHz)), 7,2% des stations ont subi une dégradation de la qualité de fonctionnement de plus de 25%.

$G_0 = 33$ dBi

1273-03

3.4 D'autres études ont été faites pour établir l'adéquation des divers gabarits de puissance surfacique destinés à protéger le service fixe. Dans ces études, les caractéristiques des stations numériques point à point du service fixe étaient les suivantes:

Diagramme d'antenne du service fixe:	Recommandation UIT-R F.699
Gain de l'antenne:	33 dBi
Affaiblissement dans la ligne d'alimentation:	2 dB
Bruit thermique du récepteur:	-164 dB(W/4 kHz)
Discrimination de polarisation:	3 dB.

Une discrimination de polarisation de 3 dB a été appliquée dans le seul cas des couplages des faisceaux principaux. Pour ce qui est des stations du service fixe, on a pris pour hypothèse une diversité d'espace. L'étude, qui reposait sur la méthode de simulations décrite dans la Recommandation UIT-R F.1108, visait à déterminer la dégradation progressive de la qualité de fonctionnement des systèmes du service fixe. Les simulations tenaient compte des effets de la réfraction et de l'absorption dans l'atmosphère, exposés dans la Recommandation UIT-R P.834. Deux latitudes ont été retenues pour les stations du service fixe, à savoir 20° N et 50° N.

Deux ensembles de paramètres satellites ont été retenus, à savoir 6 satellites à 333 km, avec une inclinaison de $28,5^\circ$ et 8 satellites à 800 km, avec une inclinaison de 98° . On faisait varier les niveaux de puissance surfacique conformément aux trois gabarits identifiés dans le numéro S21.16, Tableau S21-4 du RR, à savoir:

Gabarit A: $-154/-144 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ pour la bande 2 200-2 300 MHz

Gabarit B: $-152/-137 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ pour la bande 2 500-2 690 MHz

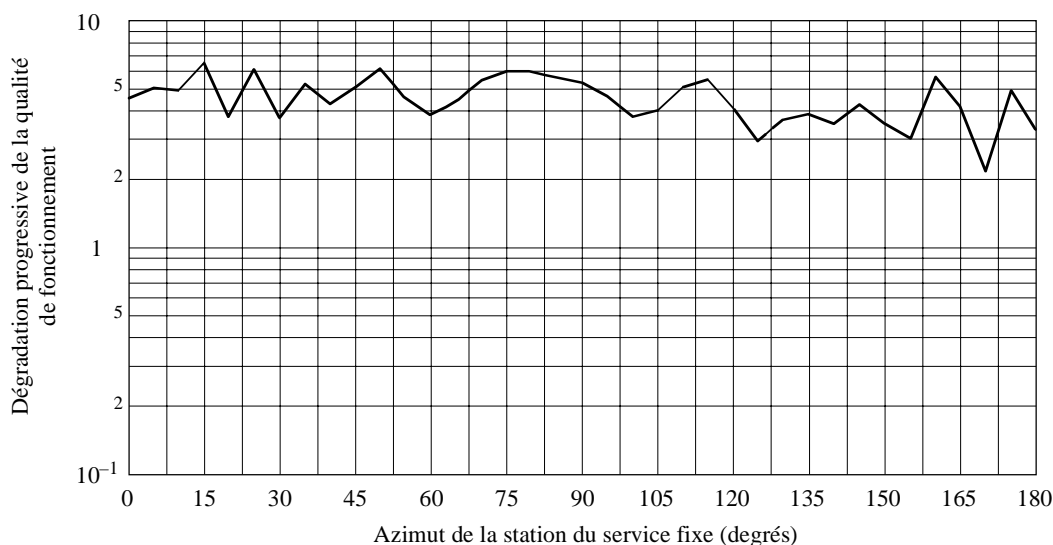
Gabarit C: $-152/-142 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ pour la bande 3 400-4 200 MHz.

Par ailleurs, des simulations ont été effectuées pour des niveaux de puissance surfacique légèrement supérieurs, soit 2 dB au-dessus de la valeur correspondant au gabarit C. Pour résumer, les résultats ont fait apparaître que:

- les niveaux de puissance surfacique du gabarit A peuvent entraîner une dégradation maximale de qualité de fonctionnement de l'ordre de 6% à 7,5%;
- les niveaux de puissance surfacique du gabarit C n'entraînent guère de variation par rapport à ceux du gabarit A pour des stations du service fixe installées à des latitudes basses et des satellites LEO exploités à 98° d'inclinaison (voir la Fig. 4). Toutefois, les mêmes stations du service fixe subiront des brouillages plus importants avec des satellites inclinés de $28,5^\circ$. La dégradation maximale de la qualité de fonctionnement, dans le cas de ces stations, passe à environ 12%. Pour des stations du service fixe situées à 50° N , la dégradation maximale de la qualité de fonctionnement double approximativement par rapport aux niveaux du gabarit A (voir la Fig. 5);
- ici encore, les niveaux de puissance surfacique du gabarit B n'entraînent guère de variation de la dégradation progressive de la qualité de fonctionnement dans le cas de stations du service fixe situées à des latitudes basses et de satellites LEO inclinés de 98° , par rapport au gabarit A ou au gabarit C. Par ailleurs, si l'incidence sur les mêmes stations du service fixe est légèrement supérieure dans le cas de satellites inclinés de $28,5^\circ$, la dégradation maximale de la qualité de fonctionnement ne varie pas (12%). Dans le cas de stations du service fixe situées à 50° de latitude nord, la dégradation maximale de la qualité de fonctionnement augmente de façon marginale et passe à 18%;
- la puissance surfacique pour des angles d'arrivée faibles et importants étant relevée de 2 dB par rapport au niveau du gabarit C, on observe que, dans le cas de stations du service fixe situées à des latitudes basses et de satellites LEO inclinés de 98° , la dégradation de la qualité de fonctionnement passe à environ 10%. Par ailleurs, dans le cas de satellites LEO inclinés de $28,5^\circ$, la dégradation maximale double et se chiffre à environ 25% (voir la Fig. 6). Dans le cas de stations du service fixe situées à 50° N , la dégradation maximale de la qualité de fonctionnement passe à 32% (voir la Fig. 7).

FIGURE 4

Dégradation progressive de la qualité de fonctionnement en fonction de l'azimut, dans le cas d'une station de faisceau hertzien numérique située à 20° N , élévation de l'antenne: $0,5^\circ$, brouillage occasionné par 8 satellites à 800 km d'altitude sur orbite inclinée de 98°

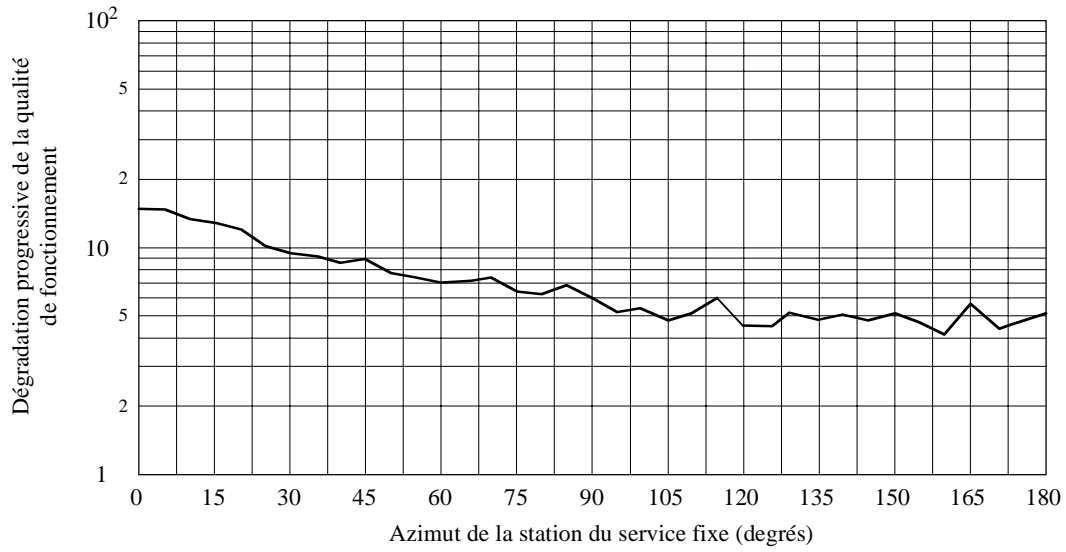


Puissance surfacique à faible/forte valeur angulaire:

$-152/-142 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ pour des angles d'arrivée de $5^\circ/25^\circ$

FIGURE 5

Dégradation progressive de la qualité de fonctionnement en fonction de l'azimut, dans le cas d'une station de faisceau hertzien numérique située à 50° N, élévation de l'antenne: 0,5°, brouillage occasionné par 8 satellites à 800 km d'altitude sur orbite inclinée de 98°

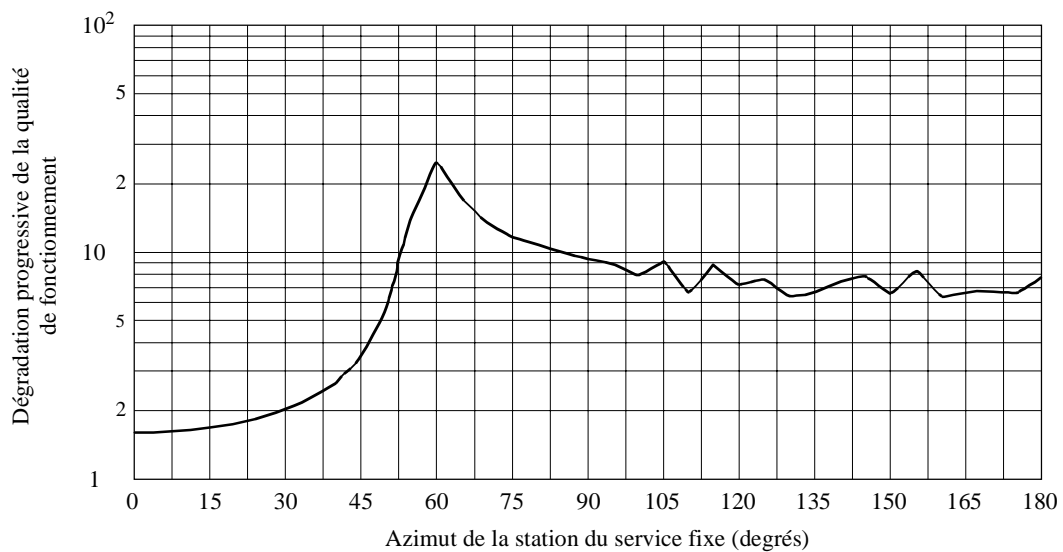


Puissance surfacique à faible/forte valeur angulaire:
 – 152/ – 142 dB(W/(m² · 4 kHz)) pour des angles d'arrivée de 5°/25°

1273-05

FIGURE 6

Dégradation progressive de la qualité de fonctionnement en fonction de l'azimut, dans le cas d'une station de faisceau hertzien numérique située à 20° N, élévation de l'antenne: 0,5°, brouillage occasionné par 6 satellites à 333 km d'altitude sur orbite inclinée de 28,5°

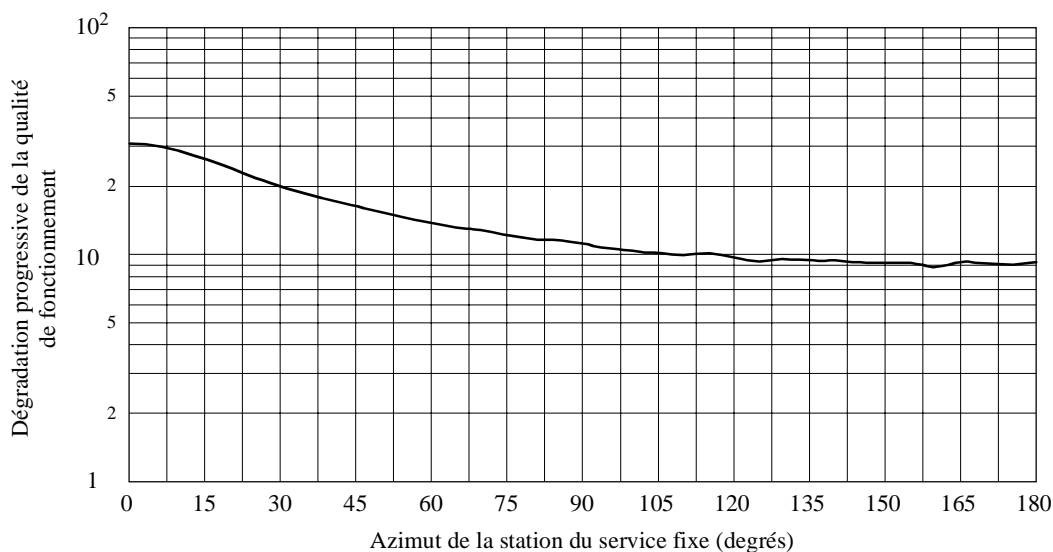


Puissance surfacique à faible/forte valeur angulaire:
 – 150/– 140 dB(W/(m² · 4 kHz)) pour des angles d'arrivée de 5°/25°

1273-06

FIGURE 7

Dégradation progressive de la qualité de fonctionnement en fonction de l'azimut, dans le cas d'une station de faisceau hertzien numérique située à 50° N, élévation de l'antenne: 0,5°, brouillage occasionné par 6 satellites à 333 km d'altitude sur orbite inclinée de 28,5°



Puissance surfacique à faible/forte valeur angulaire:
 – 150/– 140 dB(W/(m² · 4 kHz)) pour des angles d'arrivée de 5°/25°

1273-07

3.5 Conclusions applicables à la bande 2 200-2 290 MHz

Les études de partage des bandes entre stations spatiales LEO et stations du service fixe dans la bande 2 200-2 290 MHz font apparaître que des niveaux de puissance surfacique sensiblement supérieurs aux valeurs définies pour le gabarit A entraîneront un environnement de brouillage inacceptable pour le service fixe. Par exemple, une puissance surfacique supérieure de 4 dB au niveau défini dans le gabarit A ou plus importante encore entraîne une dégradation de la qualité de fonctionnement du service fixe de près de 25% dans le cas d'une importante partie des azimuts utilisables. Toutefois, une augmentation modeste de la puissance surfacique, jusqu'à environ 3 dB, devrait donner une dégradation de qualité de fonctionnement acceptable. Dans la pratique, de tels niveaux, s'ils dépassent légèrement les objectifs applicables au partage des bandes avec le service fixe, devraient être acceptables compte tenu de la présence éventuelle d'un certain nombre de facteurs d'amélioration tels que la largeur de bande relative des canaux, l'occupation des canaux, l'activité émettrice des satellites. Par ailleurs, du fait que la majorité des nouvelles stations du service fixe seront de type numérique, une largeur de bande de référence de 1 MHz sera suffisante pour protéger le service fixe. Des valeurs de puissance surfacique (ramenées à 1 MHz) comprises entre –127 dB(W/(m² · MHz)) pour des angles d'élévation inférieurs à 5°, et –117 dB(W/(m² · MHz)) pour des angles d'élévation supérieurs à 25°, devraient conférer au service fixe la protection qui lui est nécessaire tout en ménageant une certaine souplesse d'exploitation pour les satellites LEO existants et prévus.

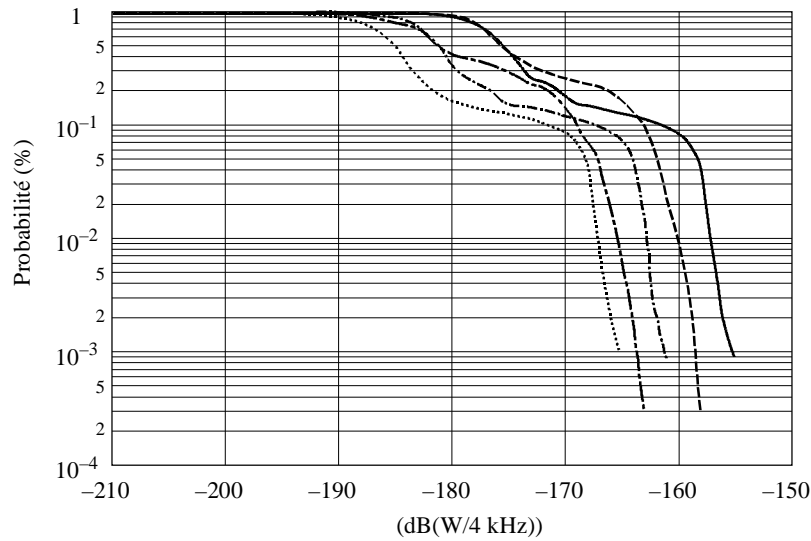
4 Niveaux de puissance surfacique applicables aux émissions des SRD OSG dans la bande 2 025-2 110 MHz

4.1 A l'occasion d'une analyse identique à celle du § 3.1, on a également simulé les brouillages émanant de la constellation de SRD. En ce qui concerne les divers éléments réducteurs de brouillages, on a tenu compte de trois facteurs, à savoir la disposition des canaux dans le service fixe, la non-illumination réciproque (voir la Note 1) des stations du service fixe et des SRD et enfin les progrès techniques réalisés dans le domaine des antennes du service fixe. La Fig. 8 représente graphiquement les brouillages attendus dans ce type de simulation.

NOTE 1 – Les stations du service fixe étaient orientées de façon aléatoire. Un examen de leur pointage faisait apparaître qu'aucune station n'était dirigée à moins de 1,5° d'une position orbitale de SRD OSG.

FIGURE 8

**Brouillages occasionnés par des SRD à
divers systèmes du service fixe**



————— DH
 - - - - - DL
 MLCS
 - · - · - T
 - · - · - MLOS

1273-08

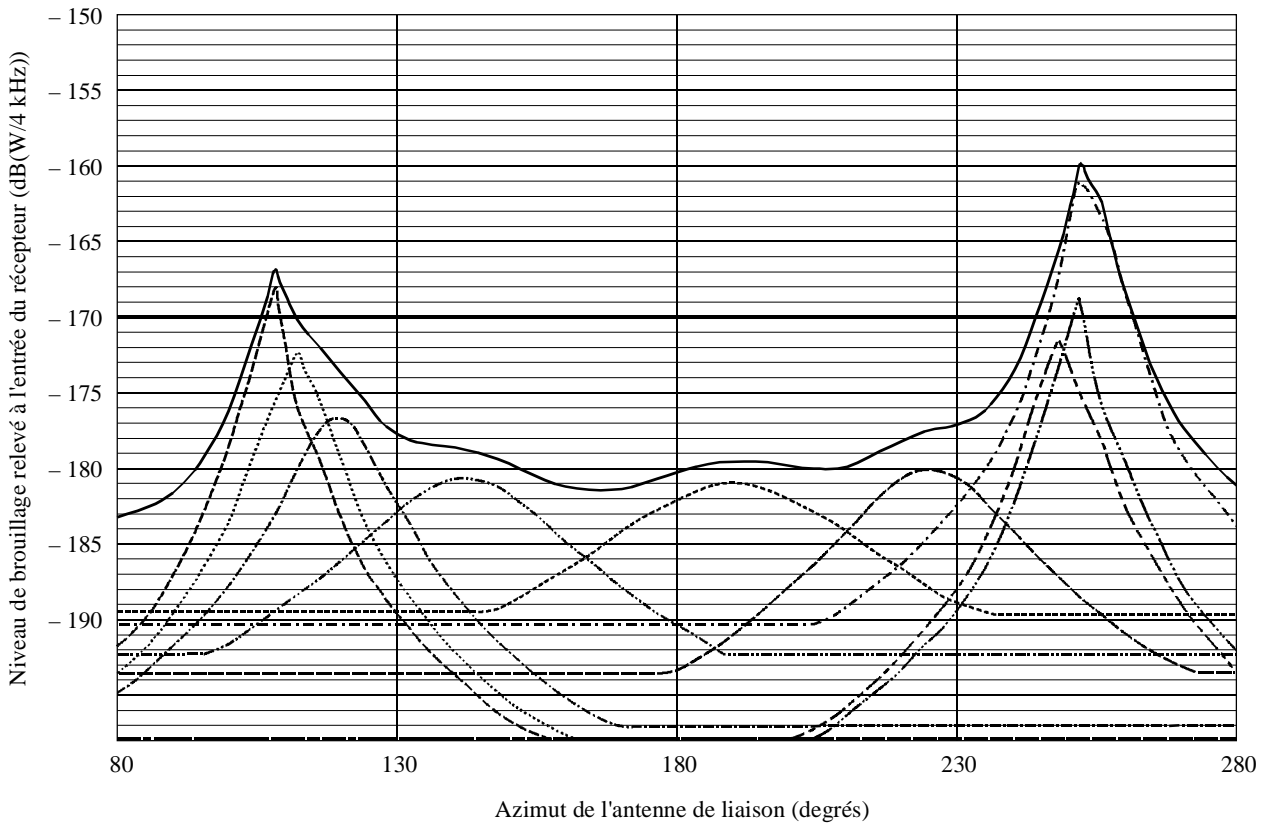
On constate que les niveaux sont légèrement inférieurs à la valeur de -170 dB(W/4 kHz), ou proches de cette valeur, pendant 20% du temps dans tous les cas sauf dans le cas de l'antenne Yagi (DL), dans lequel la limite est dépassée d'environ 5 dB. Les brouillages à long terme reçus dans l'antenne troposphérique sont une fois encore peu importants, inférieurs d'environ 7 dB à la limite, tandis que le gain peu élevé (nul au zénith) de l'antenne équidirective assure des niveaux de brouillage encore plus réduits.

4.2 On a également consacré une étude au calcul du brouillage cumulatif occasionné par la totalité des SRD visibles par un récepteur du service fixe situé à 60° de latitude nord. Les stations spatiales relais de données émettaient par hypothèse conformément à la puissance surfacique de gabarit A. Les positions orbitales des SRD étaient celles de la Recommandation UIT-R SA.1275. Les paramètres du service fixe étaient ceux de la Recommandation UIT-R M.1143. Le diagramme de rayonnement de l'antenne du service fixe correspondait à la Note 6 de la Recommandation UIT-R F.699. On utilisait une antenne de 1,8 m au lieu de l'antenne de 33 dBi.

Du fait que les systèmes SRD se caractérisent par une polarisation circulaire, on a appliqué une valeur de discrimination de polarisation de 3 dB dans le calcul des brouillages de faisceau principal. On a également appliqué un affaiblissement d'alimentation de 2 dB pour la station du service fixe. L'antenne de cette station était placée à 25° de longitude est et 60° de latitude nord, et pivotait, par pas de 5° , entre 80° et 280° en azimut.

Les résultats ont fait apparaître que pour garantir le non-dépassement du niveau de brouillage de -170 dB(W/4 kHz), la station du service fixe devait éviter 81% de tous les azimuts disponibles. Toutefois, cela supposait que toutes les stations spatiales relais de données visibles transmettaient en continu. Du fait que tel ne serait pas le cas pour un grand nombre d'applications de ce service et pour une station du service fixe donnée, on a procédé à un complément d'analyse qui a démontré que si une station spatiale était active pendant une période de temps significative tandis que toutes les autres stations spatiales relais de données n'étaient actives que pour des périodes beaucoup plus brèves, le pourcentage des azimuts disponibles à éviter retomberait à environ 19%. Par ailleurs, lorsque la position orbitale du SRD est connue, le pourcentage d'azimuts à éviter dans le cas le plus défavorable n'est que de 13%. Ces résultats sont illustrés à la Fig. 9.

FIGURE 9



Longitude des satellites		Puissance surfacique = - 154/ - 144 dB(W/(m ² · 4 kHz))	
—	Somme	-----	16,2°
-----	95°	-----	- 16°
.....	90°	- - - - -	- 41°
- - - - -	82°	- 44°
- - - - -	59°	-----	- 46°

Antenne (voir la Note 6 de la Recommandation UIT-R F.699)
 - diamètre: 1,8 m
 - gain: 29,3 dBi

Station du service fixe:
 - longitude: 25° E
 - latitude: 60° N

Activités des satellites:
 - Sat1 à Sat8: 10%
 - Sat9: 58%

1273-09

4.3 Une autre étude a porté sur l'adéquation des limites de puissance surfacique de protection du service fixe définies dans les gabarits A, B et C. Les positions orbitales des SRD étaient celles de la Recommandation UIT-R SA.1275. La simulation de réseau utilisée pour déterminer les brouillages occasionnés par les stations spatiales du service SRD reprenait la plupart des hypothèses de la méthode de Monte Carlo décrite dans la Recommandation UIT-R F.1107. Dans l'étude en question, la seule divergence notable, par rapport à la Recommandation UIT-R F.1107, était la répartition non uniforme et non symétrique des SRD. On avait retenu par hypothèse une latitude de tendance de 52,5° N et une longitude de référence de 97° O.

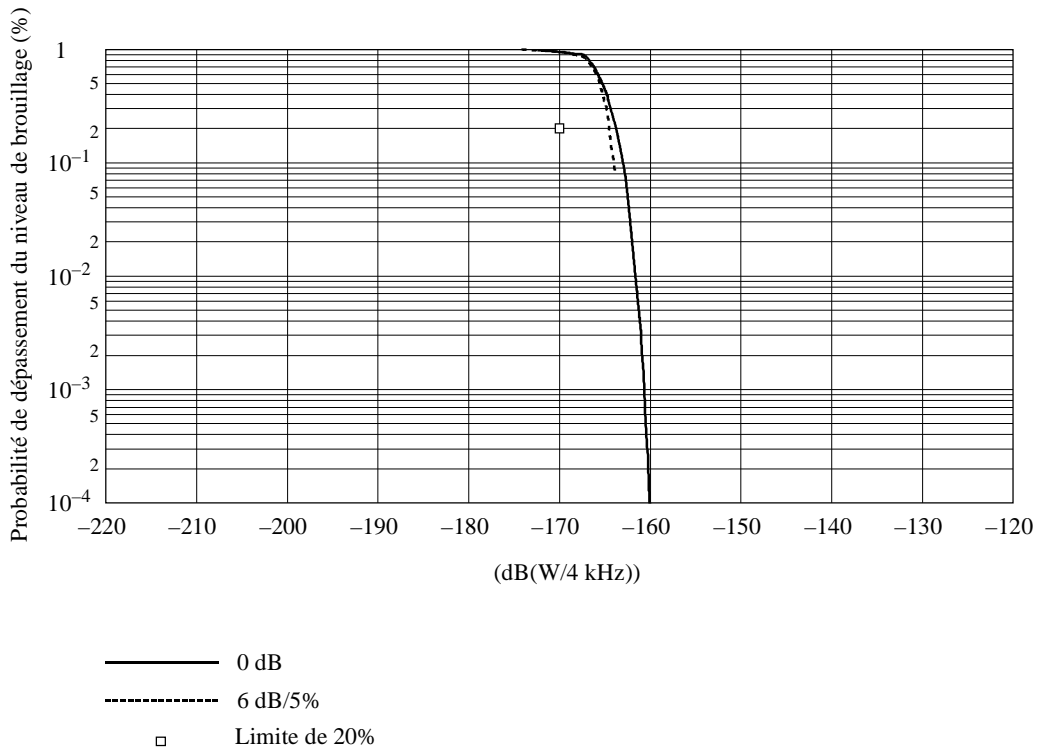
L'étude a fait apparaître qu'environ 10% des bords du service fixe subiraient une dégradation de 1 dB du seuil applicable au récepteur, occasionnée par des stations du service SRD fonctionnant avec une puissance surfacique correspondant au gabarit A. Ces stations du service fixe ne faisaient pas intervenir une diversité d'espace, de sorte que le seuil applicable au récepteur serait affecté d'une valeur de 1,7 dB au cas où une telle diversité d'espace serait utilisée. Pour les cas correspondant aux puissances surfaciques des gabarits C et B, environ 20% et 55% des bords du service fixe, respectivement, subiraient une dégradation de 1 dB du seuil applicable au récepteur (sans diversité d'espace). Pour le cas correspondant au gabarit B, environ 10% des liaisons du service fixe subiraient une dégradation de 3 dB du seuil applicable au récepteur.

4.4 Une analyse analogue à celle décrite dans le § 4.3 a également été effectuée pour environ 1 245 liaisons hertziennes numériques installées à proximité des principales villes du monde. Les États-Unis d'Amérique n'ont pas été considérés dans cette analyse puisque actuellement seules sont autorisées dans la bande en question les stations transportables du service fixe. Les caractéristiques des systèmes du service fixe étaient les mêmes que les caractéristiques retenues dans le cas du § 3.3. Les positions orbitales des SRD correspondent aux positions définies dans la Recommandation UIT-R SA.1275. Dans cette étude, un gabarit de puissance surfacique supérieur de 4 dB à celui du gabarit A a été utilisé. Il est apparu qu'environ 10% et 90% des liaisons du service fixe subiraient respectivement une dégradation de 3 dB et de 1 dB des seuils applicables au récepteur.

4.5 Une étude faisant intervenir des simulations déterministes analogues à la méthode décrite au § 3.1 ainsi que la puissance surfacique de gabarit A a permis d'établir (voir la Fig. 10) que le niveau de protection contre les brouillages à long terme (-170 dB(W/4 kHz)) était dépassé d'une valeur comprise entre 4 et 14 dB dans le cas le plus défavorable de pointages azimutaux aléatoires. Dans le cas d'une liaison fixe numérique à forte capacité, à 20° N, le niveau de protection était dépassé d'une valeur comprise entre 0 et 14 dB, selon la longitude de la station du service fixe. Toutefois, il faut reconnaître qu'en modélisant des SRD à l'aide d'un gabarit de puissance surfacique, on obtient des résultats faussés (dans le mauvais sens) puisque l'on ne tient pas compte du balayage des faisceaux étroits des antennes de satellite ($\sim 3^\circ$) et de la discrimination qui en résulte. Il faut noter par ailleurs que la constellation de 12 SRD comportant au total 24 faisceaux actifs pour chaque période de visibilité d'un satellite LEO correspond à la configuration la plus défavorable. Néanmoins, il semble que certains systèmes existants du service fixe, dans des lieux géographiques peu favorables, peuvent subir des dégradations périodiques de la qualité de fonctionnement ou de la disponibilité pendant des périodes de forte activité des réseaux spatiaux.

Un accroissement de la puissance surfacique émise par chaque SRD d'une valeur de 6 dB appliqué à 5% des échantillons de la simulation pris au hasard a montré que, dans le cas d'une liaison fixe numérique de forte capacité (antenne de 33 dBi) l'augmentation consécutive du brouillage à long terme (20% du temps), par rapport aux conditions résultant de la puissance surfacique de gabarit A est faible (de l'ordre de 1 dB), tandis que, pour de petits pourcentages de temps, l'augmentation résultante tend vers 6 dB. Comme le principal problème de partage entre le service fixe et la constellation de SRD semble être celui que posent les brouillages à long terme, la marge proposée pour tenir compte d'une éventuelle commande de puissance n'aura guère d'effet additionnel sur le service fixe et paraît donc acceptable.

FIGURE 10

Effet à court terme de la puissance d'émission des SRD

4.6 Conclusions applicables à la bande 2 025-2 110 MHz

Les études de partage entre SRD et stations du service fixe dans la bande 2025-2110 MHz ont montré que des puissances surfaciques conformes au gabarit A suffiront à protéger le service fixe dans la majorité des cas. Un relèvement de la puissance surfacique émanant de chaque SRD de 6 dB pour un pourcentage de temps aléatoire de 5% se traduit par une légère augmentation des brouillages à long terme par rapport aux brouillages observés avec la puissance surfacique de gabarit A. Comme le principal problème que pose le partage entre le service fixe et les constellations de SRD semble être celui du brouillage à long terme, la marge additionnelle de 6 dB prévue en cas d'une commande de puissance n'aura guère d'effet additionnel sur le service fixe et paraît donc acceptable du point de vue du partage de la bande. Un niveau de puissance surfacique (ramené à 1 MHz) compris entre $-130 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ pour des angles d'élévation inférieurs à 5° et $-120 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ pour des angles d'élévation supérieurs à 25° , avec une progression linéaire entre 5° et 25° , devrait conférer au service fixe la protection nécessaire tout en donnant une certaine souplesse d'exploitation au niveau des SRD.
