

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R SF.1602**  
(02/2003)

**Méthode de détermination des statistiques  
de puissance surfacique à utiliser  
dans les études de partage entre  
systèmes hertziens fixes et plusieurs  
satellites du service fixe par satellite**

**Série SF**

**Partage des fréquences et coordination entre  
les systèmes du service fixe par satellite  
et du service fixe**



## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

| Séries     | Titre   |
|------------|---|
| <b>BO</b>  | Diffusion par satellite   |
| <b>BR</b>  | Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision                          |
| <b>BS</b>  | Service de radiodiffusion sonore  |
| <b>BT</b>  | Service de radiodiffusion télévisuelle  |
| <b>F</b>   | Service fixe  |
| <b>M</b>   | Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés                      |
| <b>P</b>   | Propagation des ondes radioélectriques  |
| <b>RA</b>  | Radio astronomie  |
| <b>RS</b>  | Systèmes de télédétection   |
| <b>S</b>   | Service fixe par satellite  |
| <b>SA</b>  | Applications spatiales et météorologie  |
| <b>SF</b>  | <b>Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe</b> |
| <b>SM</b>  | Gestion du spectre  |
| <b>SNG</b> | Reportage d'actualités par satellite  |
| <b>TF</b>  | Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires   |
| <b>V</b>   | Vocabulaire et sujets associés  |

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2011

© UIT 2011

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R SF.1602\*

**Méthode de détermination des statistiques de puissance surfacique à utiliser dans les études de partage entre systèmes hertziens fixes et plusieurs satellites du service fixe par satellite**

(2003)

**Domaine d'application**

A certains angles d'élévation à la surface de la Terre, la puissance surfacique produite par un satellite peut être inférieure aux valeurs limites requises conformément à un gabarit de puissance surfacique donné, du fait des limitations relatives aux diagrammes de gain d'antenne réels et de la nécessité d'éviter tout autobrouillage. La présente Recommandation décrit une méthode de détermination des statistiques de puissance surfacique produite à la surface de la Terre par des satellites OSG et non OSG.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) qu'il est nécessaire de faire en sorte que les niveaux des brouillages causés aux systèmes hertziens fixes (FWS, *fixed wireless systems*) par les émissions en provenance de satellites, ne dépassent pas les niveaux admissibles dans les bandes utilisées en partage par le service fixe et le SFS;
- b) qu'il est possible de protéger convenablement les FWS contre les émissions cumulées de plusieurs satellites (constellations non OSG ou arc OSG totalement occupé) en fixant pour chaque satellite des limites adéquates de puissance surfacique rayonnée dans une largeur de bande de référence à la surface de la Terre;
- c) que toute limitation de puissance surfacique à la surface de la Terre ne devrait pas imposer de restrictions injustifiées à la conception de systèmes du SFS OSG ou non OSG;
- d) que les Recommandations UIT-R SF.1482 et UIT-R SF.1483 spécifient les valeurs maximales admissibles de la puissance surfacique produite à la surface de la Terre par des satellites non OSG du SFS pour protéger le service fixe dans les bandes 10,7-12,75 GHz et 17,7-19,3 GHz respectivement;
- e) que les niveaux de puissance surfacique spécifiés dans les Recommandations mentionnées au *considérant* d) ont été définis à partir d'une analyse utilisant des gabarits de puissance surfacique pour calculer les statistiques des niveaux de puissance cumulatifs reçus par une station du service fixe en appliquant les niveaux de puissance surfacique étudiés à chaque satellite visible de la constellation du SFS non OSG;
- f) que dans une configuration multisatellite, telle une constellation non OSG ou un arc OSG totalement occupé, il est possible que la puissance surfacique rayonnée par chacun des satellites visibles ne soit pas simultanément maximale dans la direction du système du service fixe étudié,

---

\* Les Commissions d'études 5 et 4 des radiocommunications ont apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation, respectivement en novembre 2010 et septembre 2011, conformément à la Résolution UIT-R 1.

*recommande*

1 que la méthode décrite dans l'Annexe 1 pourra être utilisée afin de calculer les statistiques de puissance surfacique à utiliser pour les études de partage entre les FWS et plusieurs satellites du SFS, en tenant compte des caractéristiques des systèmes à satellites.

## **Annexe 1**

### **Méthode de détermination des statistiques de puissance surfacique à utiliser dans les études de partage entre systèmes hertziens fixes et plusieurs satellites du service fixe par satellite**

#### **1 Introduction**

Cette Annexe présente une méthode statistique permettant de déterminer les effets des satellites non OSG et OSG sur les FWS. Cette méthode tient compte de caractéristiques réalistes de satellites et procure des éléments utiles aux études de partage entre le service fixe et les services à satellites.

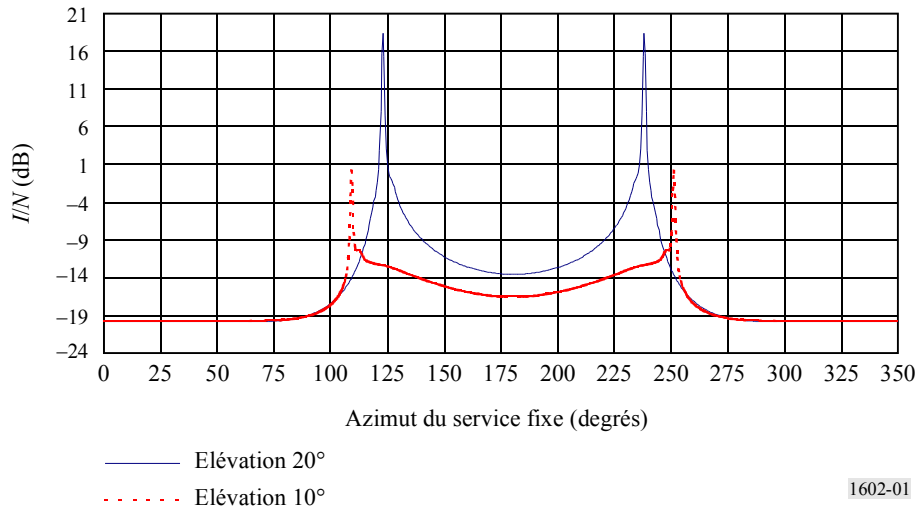
Il convient de noter que les Recommandations UIT-R SF.1482 et UIT-R SF.1483, traitant des valeurs maximales admissibles de la puissance surfacique produite à la surface de la Terre par des satellites non OSG du SFS propre à protéger le service fixe, donnent des éléments généraux relatifs à cette méthode.

#### **2 Description de l'analyse par gabarit de puissance surfacique**

Avec la méthode existante d'évaluation du gabarit de puissance surfacique à utiliser pour les systèmes à satellites OSG ou les satellites non OSG, telle que celle qui figure dans les Recommandations UIT-R SF.1482 et UIT-R SF.1483 précitées, on calcule le brouillage cumulatif produit par tous les satellites visibles par le service fixe en utilisant un gabarit de puissance surfacique défini dans des dispositions réglementaires tel que dans l'Article 21 du Règlement des radiocommunications.

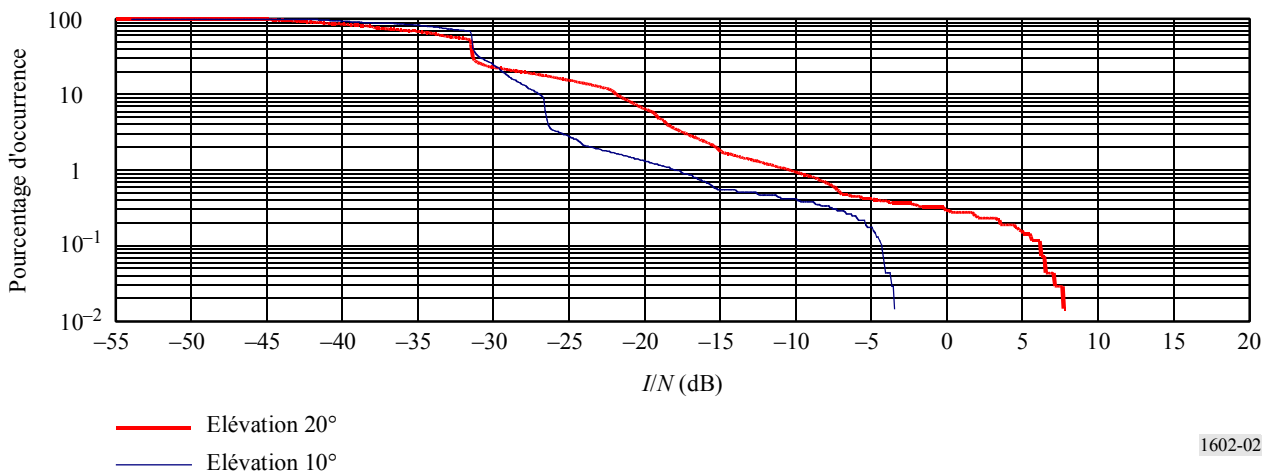
Lorsqu'on applique cette méthode à des satellites OSG, on suppose généralement que l'arc OSG est occupé par un certain nombre de satellites (par exemple, un satellite tous les 4°) qui produisent un brouillage permanent. La Fig. 1 donne des résultats représentatifs résultant de l'application de cette méthode à des satellites OSG pour tous les azimuts du service fixe.

FIGURE 1  
Brouillages produits par un satellite OSG



Dans le cas de systèmes non OSG, on calcule à partir des caractéristiques de chaque constellation (nombre de satellites, nombre de plans, inclinaison(s), altitude, etc.) les statistiques des niveaux théoriques de puissance cumulative reçus par une station du service fixe en appliquant des limites de puissance surfacique pertinentes à chaque satellite visible de la constellation du SFS non OSG (voir la Recommandation UIT-R F.1108). Lorsqu'on applique cette méthode à des satellites non OSG, on calcule la distribution des brouillages pour l'azimut de la station du service fixe (et pour un seul angle d'élévation) qui correspond au cas le plus défavorable de la constellation et on obtient ainsi une distribution du niveau des brouillages en fonction du pourcentage de temps (voir la Fig. 2).

FIGURE 2  
Distribution des brouillages produits par un système non OSG



Cette méthode a servi en général de base aux études de partage interservices. Elle présente l'avantage d'être simple mais elle conduit à une surestimation des brouillages réels susceptibles d'être causés aux stations du service fixe.

En ce qui concerne les caractéristiques du SFS, l'analyse suppose que la puissance surfacique produite par chacun des satellites visibles est maximale dans la direction du système du service fixe considéré. Cette hypothèse ne tient pas compte des diagrammes des antennes réelles de satellite, des

limitations de puissance de chaque satellite ou des restrictions que le brouillage intrasystème (résultant de la réutilisation de fréquence) impose à un système du SFS ainsi que des contraintes d'exploitation fondamentales des systèmes du SFS.

La méthode décrite au § 3 utilise une approche statistique qui permet d'intégrer les caractéristiques d'exploitation du SFS.

### 3 Analyse de la puissance surfacique et modèles de satellite

Cette méthode prend en compte des diagrammes réalistes d'antenne de satellite, les limitations de puissance de chaque satellite et des restrictions imposées par le brouillage intrasystème à un système non OSG du SFS, ainsi que des contraintes d'exploitation fondamentales des systèmes non OSG du SFS.

Pour cette méthode, on suppose que, dans un contexte multisatellite, tous les satellites visibles depuis un point donné de la Terre ne produisent pas simultanément la puissance surfacique maximale autorisée par un gabarit.

En général, on trouvera dans la documentation de l'UIT-R les paramètres nécessaires à la modélisation précise de la puissance surfacique produite par un satellite (puissance maximale, nombre de faisceaux, gain d'antenne et diagramme d'antenne). Il est donné ci-dessous un modèle analytique de certains paramètres possibles d'un système OSG du SFS et d'un système non OSG du SFS.

Les valeurs de ces paramètres dépendent de la bande de fréquences et du type de satellite (OSG ou non OSG) considérés. Il est toutefois possible d'obtenir une équation générale liant ces paramètres.

La puissance émise dans le lobe principal d'un satellite à couverture par faisceau unique, tel que pouvant fonctionner dans certaines bandes de fréquences, de manière à produire la puissance surfacique maximale, est donnée par l'équation:

$$P_s = pfd_m - G_s + 10 \log(4\pi d^2) \quad (1)$$

dans laquelle:

- $P_s$ : densité de puissance du satellite (dB(W/MHz))
- $pfd_m$ : valeur maximale du gabarit de puissance surfacique
- $G_s$ : gain de l'antenne du satellite (dBi)
- $d$ : distance entre le satellite et son point subsatellite (m).

Toutefois, dans les bandes de fréquences supérieures telles les bandes 20/30 GHz ou 40/50 GHz, la plupart des satellites utiliseront des faisceaux multiples avec des gains d'antenne plus élevés, et émettront sur plusieurs canaux. La densité de puissance de chaque faisceau est alors donnée par la relation:

$$P_{ds} = 10 \log \left( \frac{P_f}{BW_f} \right) = 10 \log \left( \frac{\frac{P_{tot}}{N' \times N}}{\frac{BW_{tot}}{N'}} \right) = 10 \log \left( \frac{P_{tot}}{N \times BW_{tot}} \right) \quad (2)$$

dans laquelle:

- $P_{ds}$ : densité de puissance par faisceau de satellite (dB(W/MHz))
- $P_f$ : puissance par faisceau (W)
- $BW_f$ : largeur de bande du faisceau (MHz)

- $P_{tot}$ : puissance totale rayonnée disponible sur le satellite (W)  
 $BW_{tot}$ : largeur de bande totale du satellite (MHz)  
 $N'$ : nombre de canaux de fréquences contenus dans  $BW_{tot}$   
 $N$ : nombre de faisceaux cofréquence.

A partir des équations (1) et (2), on obtient la relation générale suivante:

$$G_b = pfd_m - 10 \log \left( \frac{P_{tot}}{N \times BW_{tot}} \right) + 10 \log (4\pi d^2)$$

qui donne:

$$G_b = pfd_m - 10 \log (P_{tot}) + 10 \log (N) + 10 \log (BW_{tot}) + 10 \log (4\pi d^2) \quad (3)$$

où:

- $G_b$ : gain d'antenne du faisceau (dBi)  
 $pfd_m$ : valeur maximale du gabarit de puissance surfacique (dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz))  
 $P_{tot}$ : puissance totale rayonnée disponible sur le satellite (W)  
 $N$ : nombre de faisceaux cofréquence  
 $BW_{tot}$ : largeur de bande totale du satellite (MHz)  
 $d$ : distance entre le satellite et le centre de sa zone de pointage (m).

Par conséquent, à partir de l'équation (3) et en utilisant les valeurs types existantes que l'on peut généralement trouver dans les textes de l'UIT-R, il est possible de définir des modèles de satellite simples qui peuvent être utilisés dans les études de partage entre le SFS et les services de Terre.

Ainsi, afin de faciliter la compréhension et l'application de la méthode statistique présentée dans cette Annexe, les modèles de satellite ci-dessous, supposés être compatibles avec l'équation (3) (avec un niveau de puissance surfacique aux angles des élévations élevés égal à -105 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz))) ont été pris en considération:

### Satellites OSG:

#### Modèle GEO1:

- gain d'antenne pour chaque faisceau: 60 dBi
- nombre de faisceaux cofréquence: 6
- puissance totale d'émission (pour tous les faisceaux): 3,5 kW
- largeur de bande totale: environ 1 000 MHz

#### Modèle GEO2:

- gain d'antenne pour chaque faisceau: 55 dBi
- nombre de faisceaux cofréquence: 4
- puissance totale d'émission (pour tous les faisceaux): 3,5 kW
- largeur de bande totale: environ 500 MHz

### Satellites non OSG (altitude prise pour hypothèse: 10 000 km):

#### Modèle MEO1:

- gain d'antenne pour chaque faisceau: 50 dBi
- nombre de faisceaux cofréquence: 4

- puissance totale d'émission (pour tous les faisceaux): 1,1 kW
- largeur de bande totale: environ 700 MHz

*Modèle MEO2:*

- gain d'antenne pour chaque faisceau: 45 dBi
- nombre de faisceaux cofréquence: 3
- puissance totale d'émission (pour tous les faisceaux): 1,1 kW
- largeur de bande totale: environ 300 MHz

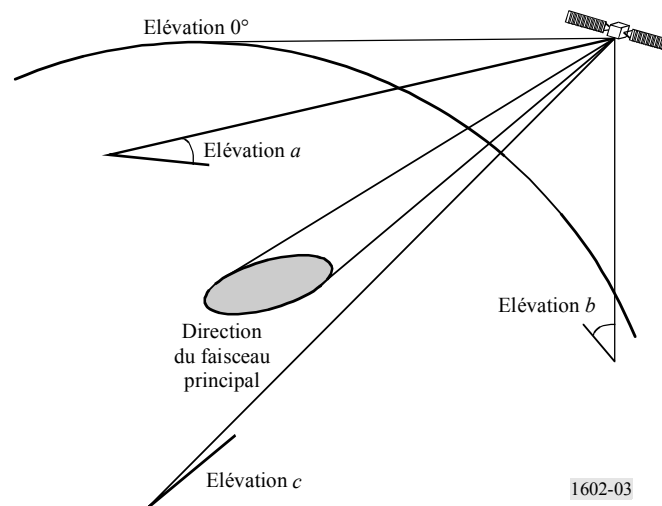
## 4 Distribution de la puissance surfacique

### 4.1 Principes

Comme précédemment indiqué, la puissance surfacique produite par un satellite donné, en un point quelconque de la surface de la Terre dépend de la puissance d'émission, du gain d'antenne et du diagramme d'antenne.

De plus, comme le montre la Fig. 3, la puissance surfacique maximale disponible dans le faisceau principal dépend essentiellement de la limite de puissance surfacique fixée par la réglementation et du diagramme d'antenne. Dans de nombreux cas, selon l'angle d'élévation du satellite, la puissance surfacique dans le faisceau principal sera inférieure à celle donnée dans le gabarit de puissance surfacique afin de rester dans les limites de ce gabarit pour les faibles angles d'élévation (élévations  $a$  et  $c$  de la Fig. 3 par exemple).

FIGURE 3

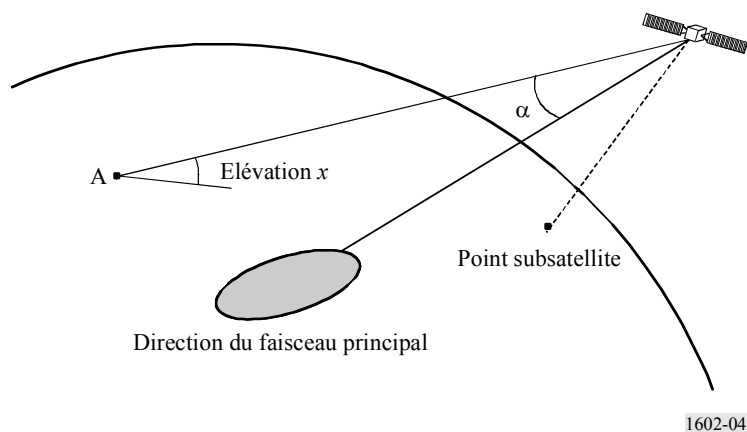


1602-03

De plus, comme le montrent les Fig. 4 et 5, un satellite vu depuis un point donné A de la surface de la Terre avec un angle d'élévation  $x$ , ne produit généralement pas une puissance surfacique constante au point A. Le niveau de puissance surfacique reçu en A varie en fonction de la direction de pointage du faisceau de liaison descendante du satellite et éventuellement en fonction de la charge de trafic. Toutefois, cette dernière caractéristique n'est pas prise en considération dans la présente méthode.

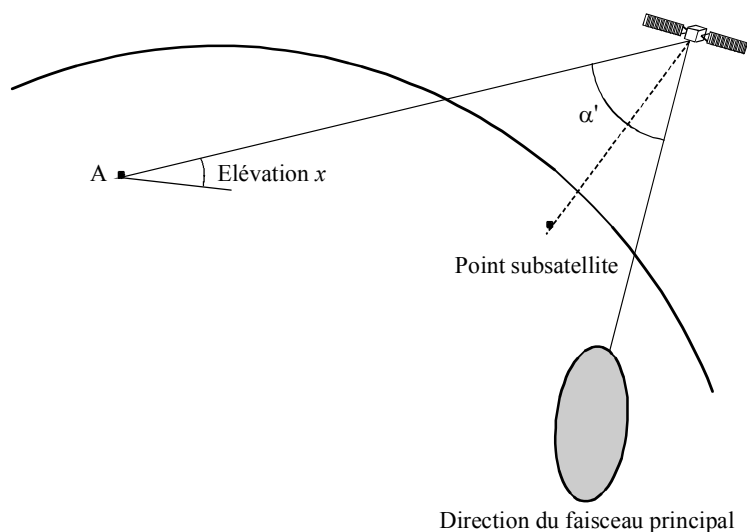


FIGURE 4



1602-04

FIGURE 5



1602-05

On constate à la Fig. 4, que la direction de pointage du faisceau du satellite est proche du point A et que l'angle de discrimination de l'antenne  $\alpha$  est relativement faible. Par ailleurs, dans la Fig. 5, la direction de pointage du faisceau du satellite est différente et l'angle de discrimination d'antenne,  $\alpha'$ , est supérieur à  $\alpha$ . De plus, comme indiqué plus haut dans ces deux exemples, la puissance surfacique dans le faisceau principal peut être différente.

Par conséquent, la puissance surfacique produite au point A peut être différente même si le satellite occupe exactement la même position.

La puissance surfacique produite au point A peut être facilement calculée à l'aide de la formule suivante:

$$pfd_A = pfd_{mb} + L_{mb} - G_{max} + G_{discr} - L_A \quad (4)$$

dans laquelle:

$pfd_A$ : puissance surfacique produite en A (dB(W/MHz))

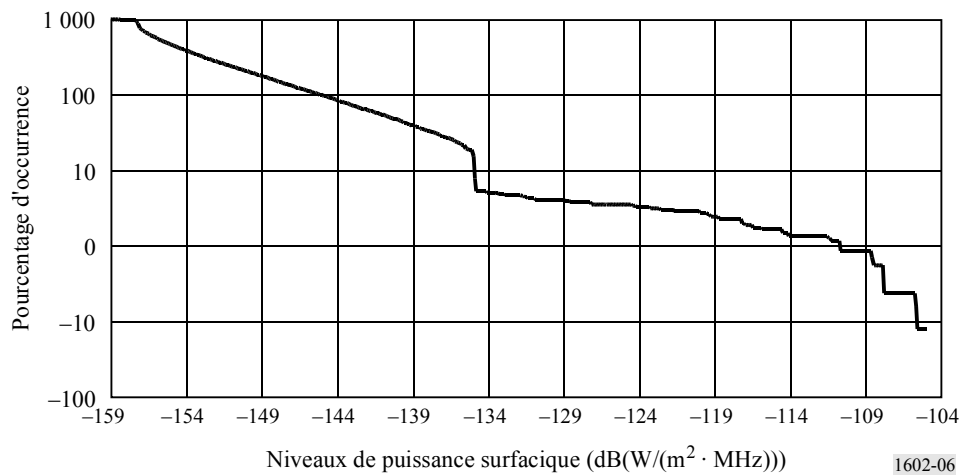
$pfd_{mb}$ : puissance surfacique produite dans le faisceau principal (dB(W/MHz))

- $L_{mb}$ : affaiblissement en espace libre entre le satellite et le centre de son faisceau à la surface de la Terre (dB)
- $G_{max}$ : gain maximal de l'antenne du satellite (dBi)
- $G_{discri}$ : gain relatif de l'antenne dans la direction du point A (dBi)
- $L_A$ : affaiblissements en espace libre entre le satellite et le point A (dB).

A partir de cette formule et en faisant varier la direction de pointage du satellite dans toutes les directions possibles depuis sa position, on peut déterminer la distribution des valeurs de puissance surfacique qu'un satellite peut produire pour un angle d'élévation donné (voir la Fig. 6).

FIGURE 6

**Distribution de la puissance surfacique produite pour un angle d'élévation de 30° dans le cas du modèle GEO1 (60 dBi, multifaisceau)**

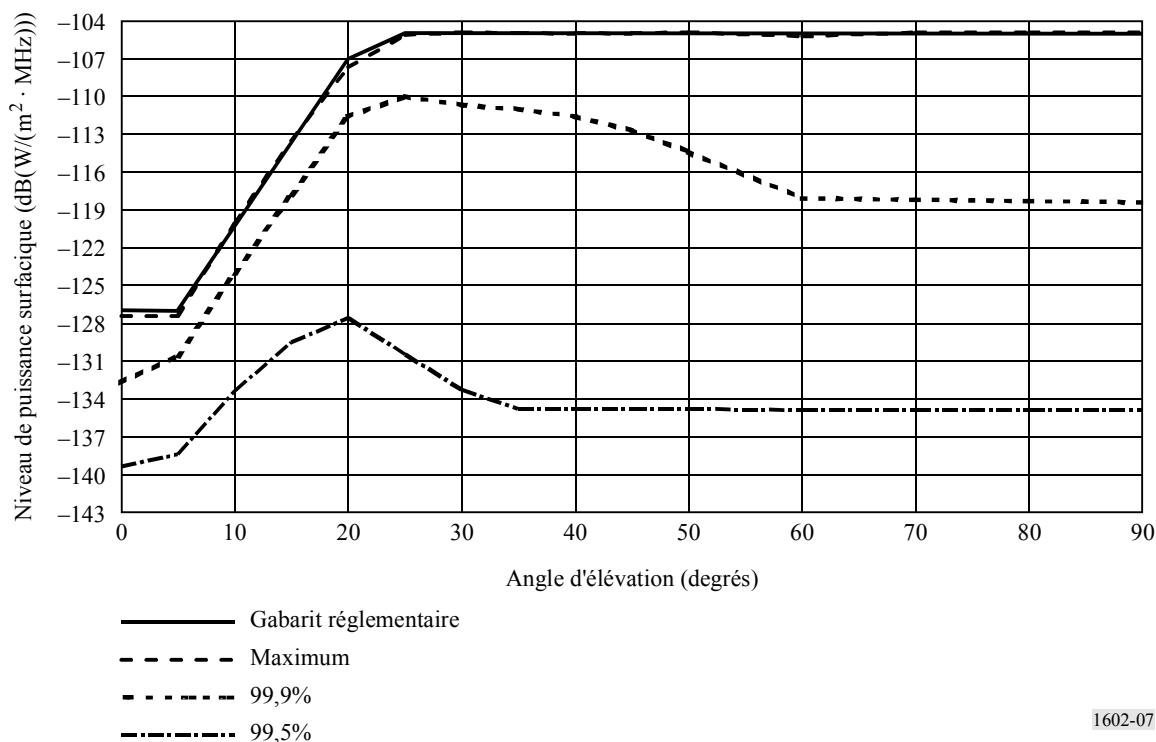


En outre, en considérant tous les angles d'élévation correspondant à un cas particulier (voir le calcul à l'Appendice 1), il est possible de tracer un gabarit de puissance surfacique correspondant au cas le plus défavorable en combinant le maximum de chacune des distributions et en le comparant, avec le gabarit de puissance surfacique fixé par la réglementation, comme cela est fait à la Fig. 7.

Il est également possible, comme cela est fait à la Fig. 7, de tracer similairement un gabarit combiné de puissance surfacique représentant un pourcentage de temps donné (par exemple 99,9% et 99,5% des cas).

FIGURE 7

**Gabarits combinés de puissance surfacique correspondant au modèle GEO1  
(60 dBi multifaisceau)**



## 4.2 Modèles d'antenne

### 4.2.1 Modèles de satellites monofaisceaux

Pour un satellite monofaisceau, les Fig. 4 et 5 illustrent bien la situation mais la puissance surfacique résultante dépend du diagramme d'antenne pris pour hypothèse.

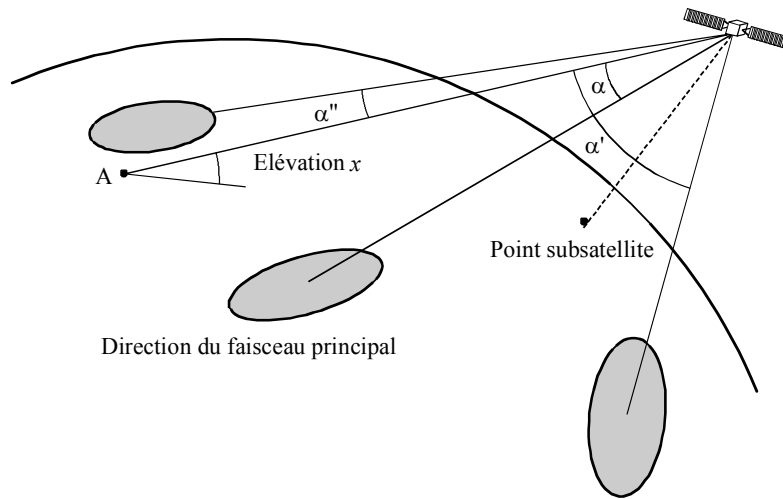
La Recommandation UIT-R S.672 définit un diagramme de rayonnement à utiliser comme objectif de conception pour les antennes de satellite dans le service fixe par satellite employant des satellites géostationnaires. Pour les satellites non OSG, il n'existe pas de Recommandation générale de ce type, mais la Recommandation UIT-R S.1528 définit des diagrammes de rayonnement pour les antennes de satellites non OSG au-dessous de 30 GHz et contient des indications pour les bandes au-dessus de 30 GHz.

Il convient de noter que le modèle de satellite monofaisceau peut ne pas être applicable à toutes les bandes de fréquences.

### 4.2.2 Modèles de satellites multifaisceaux

Pour les modèles de satellites multifaisceaux tels les modèles GEO et MEO décrits dans le § 3, la représentation de la situation est différente puisque dans ce cas, l'effet cumulatif de toutes les antennes doit être pris en considération comme le montre la Fig. 8.

FIGURE 8



1602-08

La valeur de la puissance surfacique au point A est le total de la puissance surfacique produite par chaque antenne monofaisceau dans la direction du point A, associé chacune à une discrimination angulaire spécifique d'antenne ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ , ou  $\alpha''$  dans l'exemple ci-dessus).

A partir du gabarit de puissance surfacique fixé par la réglementation, la puissance surfacique rayonnée en A peut être calculée au moyen de la formule suivante:

$$pfd_A = \sum_{j=1}^N (pfd_{mbj} + L_{mbj} - G_{max} + G_{discrij} - L_A) \quad (5)$$

dans laquelle:

- $pfd_A$ : puissance surfacique produite en A (dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)))
- $N$ : nombre de faisceaux cofréquences par satellite
- $pfd_{mbj}$ : puissance surfacique rayonnée dans le faisceau principal  $j$  (dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)))
- $L_{mbj}$ : affaiblissements en espace libre entre le satellite et le centre du faisceau ponctuel  $j$  à la surface de la Terre (dB)
- $G_{max}$ : gain d'antenne maximal du satellite (dBi)
- $G_{discrij}$ : gain relatif d'antenne dans la direction du point A pour le faisceau  $j$  (dBi)
- $L_A$ : affaiblissements en espace libre entre le satellite et le point A (dB).

Ces faisceaux étant supposés avoir la même fréquence et compte tenu des problèmes de brouillage intrasystème, ils ne couvriront pas la même zone au même instant.

Par conséquent, hormis certains cas où aucun des faisceaux principaux ne recouvre le point A et où donc la puissance surfacique cumulative est uniquement produite par les lobes latéraux lointains de tous les faisceaux, la puissance surfacique cumulative à un instant donné dépend pour l'essentiel de celle rayonnée par un seul faisceau.

Pour éviter les calculs compliqués mettant en œuvre des scénarios multifaisceaux, la puissance surfacique au point A peut être alors donnée approximativement, en considérant un seul faisceau, par la formule suivante:

$$pfd_A = pfd_{mb} + L_{mb} - G'_{max} + G'_{discrij} - L_A \quad (6)$$

dans laquelle:

- $pdf_A$ : puissance surfacique produite en A (dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)))
- $pdf_{mb}$ : puissance surfacique rayonnée dans le faisceau principal (dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)))
- $L_{mb}$ : affaiblissements en espace libre entre le satellite et le centre du faisceau  $j$  à la surface de la Terre (dB)
- $G'_{max}$ : gain maximal d'antenne cumulatif du satellite (dBi)
- $G'_{discrj}$ : gain d'antenne agrégé relatif dans la direction du point A pour le faisceau  $j$  (dBi)
- $L_A$ : affaiblissements en espace libre entre le satellite et le point A (dB)

et dans laquelle le gain d'antenne agrégé,  $G'$ , correspond au diagramme d'une seule antenne,  $G$  plus l'effet du gain hors axe,  $G_{offaxis}$ , des  $N$  autres antennes du satellite. Le gain  $G'$  est défini comme suit:

$$G' = 10 \log \left( 10^{\frac{G}{10}} + N \times 10^{\frac{G_{offaxis}}{10}} \right) \tag{7}$$

A titre d'exemple, et en supposant un gain d'antenne hors axe 0 dBi, le diagramme d'antenne résultant utilisé pour les modèles de satellites multifaisceaux GEO1 (gain d'antenne 60 dBi) ou MEO2 (gain d'antenne 45 dBi) sont représentés dans les Fig. 9a et 9b.

FIGURE 9a

Antenne GEO à gain de 60 dBi ( $L_s = 30$ )

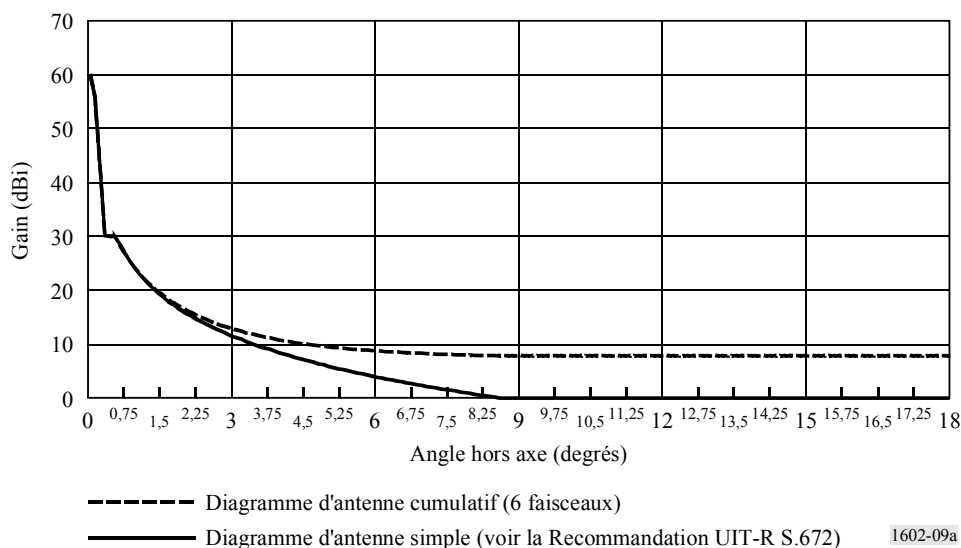
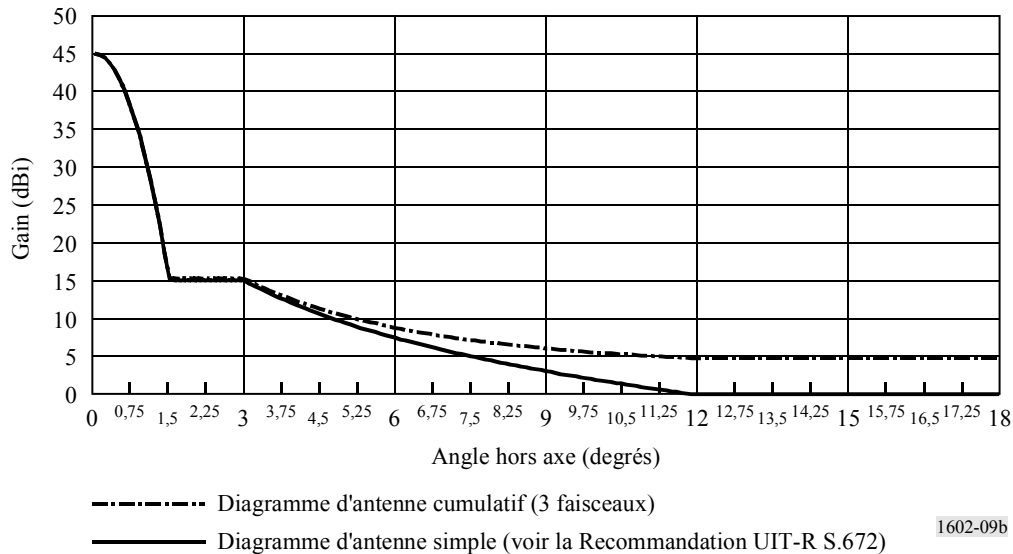


FIGURE 9b

Antenne MEO avec gain de 45 dBi ( $L_s = 30$ )

1602-09b

Enfin, après avoir calculé la distribution de puissance surfacique telle que celle qui est donnée dans la Fig. 6 pour un faisceau sur la base d'un diagramme d'antenne composite, la distribution de la puissance surfacique pour les  $N$  faisceaux du satellite peut être calculée au moyen de la formule suivante:

$$p' = 1 - (1 - p)^N \quad (8)$$

dans laquelle:

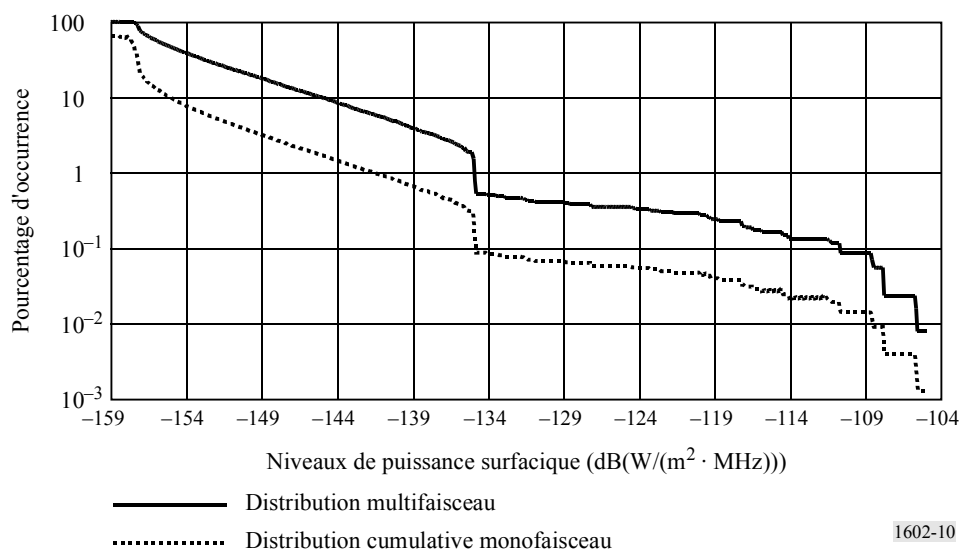
- $p$  : la probabilité d'avoir un certain niveau de puissance surfacique rayonnée en A pour un faisceau
- $p'$  : la probabilité d'avoir un certain niveau de puissance surfacique rayonnée en A pour tous les faisceaux
- $N$  : nombre de faisceaux cofréquence par satellite.

NOTE 1 – L'équation (8) est généralement utilisée pour des événements indépendants, ce qui toutefois n'est pas le cas pour les  $N$  diagrammes d'antenne composite. Dans cet exemple, le lien entre ces faisceaux est pris en considération car on utilise un diagramme d'antenne composite tel qu'exprimé dans les équations (6) et (7). D'autres modèles de dépendance peuvent être appliqués à cette méthode.

Sur cette base, la Fig. 10 décrit la distribution de puissance surfacique calculée pour un seul faisceau (en utilisant le diagramme d'antenne composite) et une autre calculée pour des faisceaux multiples en utilisant la formule (8), obtenue en faisant varier la direction de pointage des faisceaux du satellite dans toutes les directions possibles.

FIGURE 10

Distributions de puissance surfacique pour un angle d'élévation de 30°  
dans le cas du modèle GEO1 (6 faisceaux cofréquences de 60 dBi)



### 4.3 Angle d'élévation de pointage minimal

En fonction de la bande de fréquences considérée, l'affaiblissement dû à la pluie ainsi que d'autres contraintes techniques peuvent avoir un effet sur la conception du satellite, ce qui peut conduire à la réalisation de systèmes qui ne sont pas conçus pour de faibles angles d'élévation.

L'angle d'élévation minimal a un effet important sur les conditions de partage entre le SFS et le service fixe étant donné que toutes les stations du service fixe pointant vers un satellite avec un angle d'élévation inférieur à l'angle d'élévation opérationnel minimal du satellite ne subiront pas de brouillage faisceau principal à faisceau principal.

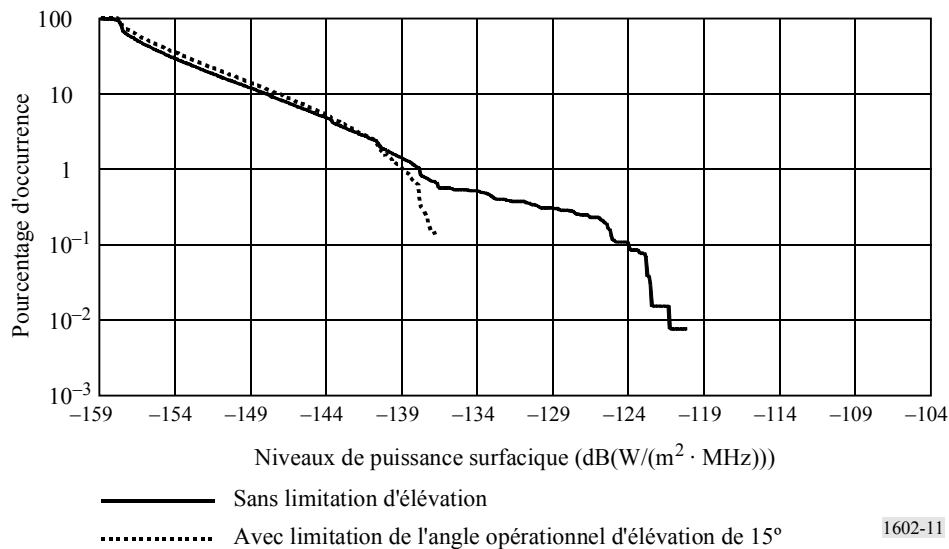
A titre d'exemple, dans la Fig. 11 ci-dessous on compare deux distributions de puissance surfacique, l'une tenant compte d'une limitation d'élévation opérationnelle de 15° pour le satellite OSG du SFS et le deuxième sans limitation de l'angle d'élévation. Cette Figure fait apparaître une différence de puissance surfacique maximale supérieure à 15 dB, ce qui confirme l'influence de l'angle d'élévation opérationnel minimal.

### 4.4 Autres considérations

Dans les paragraphes précédents, pour l'analyse, on a supposé que les faisceaux du satellite étaient orientés selon une distribution uniforme. Dans la pratique et en fonction de la bande de fréquences et des applications, les faisceaux des satellites seront orientés vers les masses continentales et en particulier vers les centres de population. De même, en fonction de la bande de fréquences et des applications, les réseaux du service fixe, et en particulier les réseaux du service fixe à haute densité, seront selon toute vraisemblance installés dans les mêmes centres de population.

FIGURE 11

Distributions de puissance surfacique pour un angle d'élévation de 10°  
dans le cas du modèle GEO1 (60 dBi, multifaisceau)



1602-11

La distribution de corrélation entre les deux services peut devoir être prise en considération lors de l'application de la méthode.

## 5 Conclusion

Cette Annexe propose une méthode statistique de calcul des brouillages causés par les satellites aux récepteurs du service fixe. Cette méthode tient compte des caractéristiques réalistes des satellites (tels la puissance maximale, le nombre de faisceaux, le gain d'antenne, le diagramme d'antenne et l'angle d'élévation de pointage minimal). Elle permet une analyse détaillée des effets de satellites sur les systèmes du service fixe et peut être utilisée pour les études de partage dans le but d'évaluer les limites de puissance surfacique à appliquer aux services à satellites de manière à protéger le service fixe dans un contexte multisatellite. Sur cette base, des exemples de calculs effectués au moyen de cette méthode sont donnés dans les Appendices 1 à 6 pour les modèles de satellite décrits dans le § 3:

- pour les satellites OSG (sans limitation de l'angle d'élévation opérationnel):
  - modèle GEO1 (6 faisceaux cofréquences avec un gain d'antenne de 60 dBi) dans l'Appendice 1;
- pour les satellites OSG (avec une limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 15°):
  - modèle GEO1 (6 faisceaux cofréquence avec un gain d'antenne de 60 dBi) dans l'Appendice 2;
  - modèle GEO2 (4 faisceaux cofréquence avec un gain d'antenne de 55 dBi) dans l'Appendice 3;
- pour les satellites non OSG (avec une limite d'angle d'élévation opérationnelle de 20°):
  - modèle MEO1 (4 faisceaux cofréquence avec un gain d'antenne de 50 dBi) dans l'Appendice 4;
  - modèle MEO2 (3 faisceaux cofréquence avec un gain d'antenne de 45 dBi) dans l'Appendice 5.

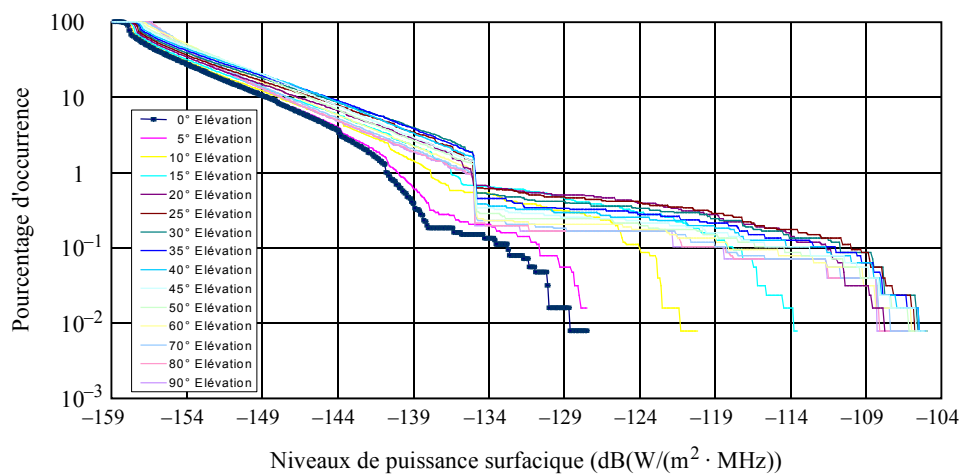
Enfin, l'Appendice 6 contient un exemple d'application des niveaux de puissance surfacique statistiques obtenus par cette méthode à des satellites non OSG.



## Appendice 1 à l'Annexe 1

FIGURE 12

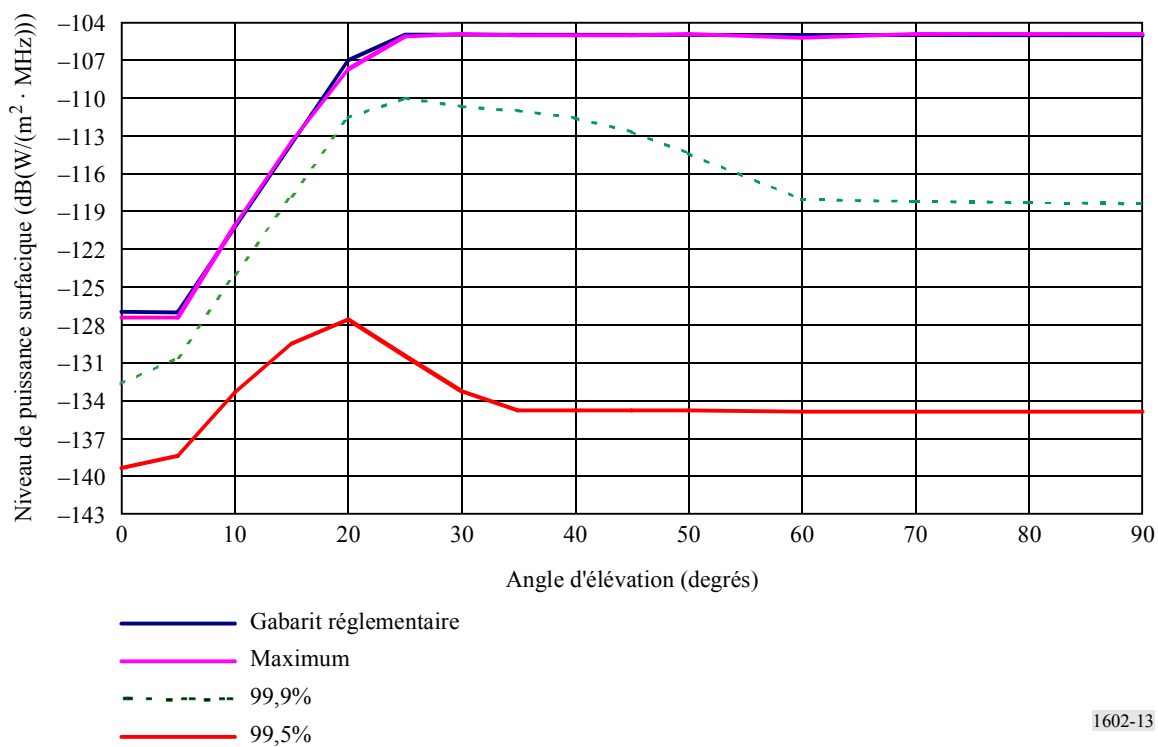
Distributions de puissance surfacique pour le modèle GEO1 (60 dBi, multifaisceau)  
sans limitation de l'angle d'élévation opérationnel



1602-12

FIGURE 13

Gabarits combinés de puissance surfacique pour le modèle GEO1 (60 dBi, multifaisceau)  
sans limitation de l'angle d'élévation opérationnel

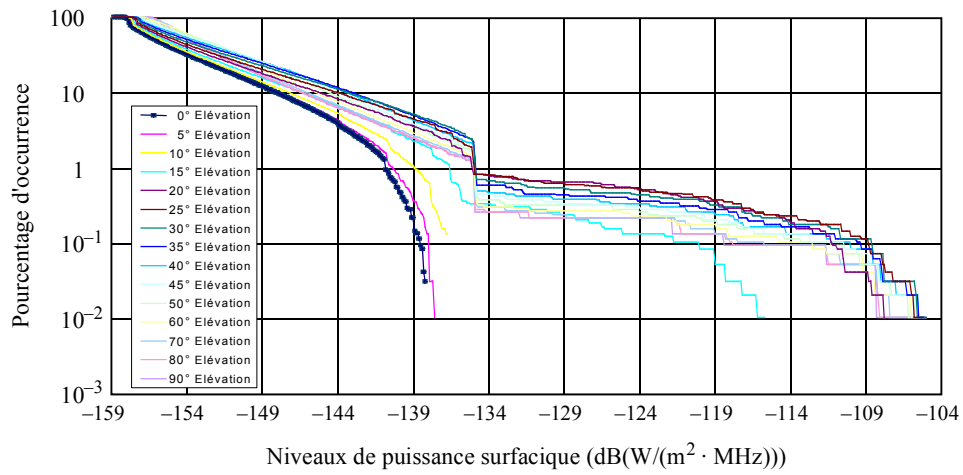


1602-13

## Appendice 2 à l'Annexe 1

FIGURE 14

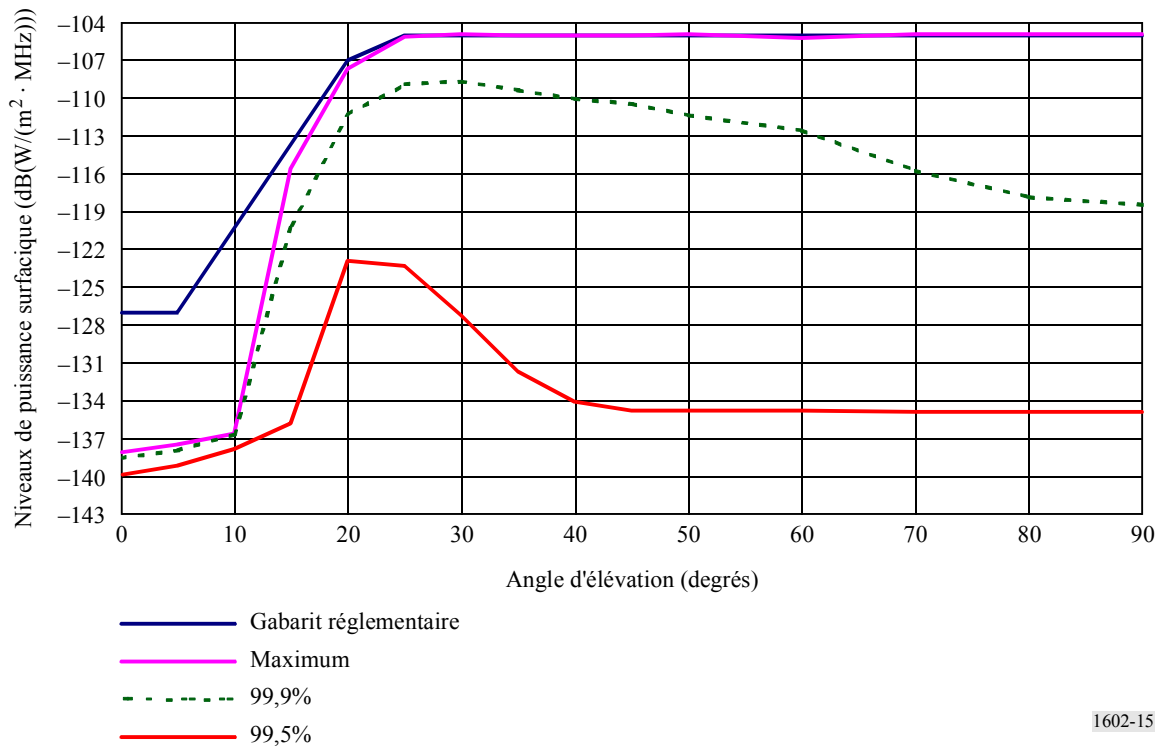
**Distributions de puissance surfacique pour le modèle GEO1 (60 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 15°**



1602-14

FIGURE 15

**Gabarits combinés de puissance surfacique pour le modèle GEO1 (60 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 15°**

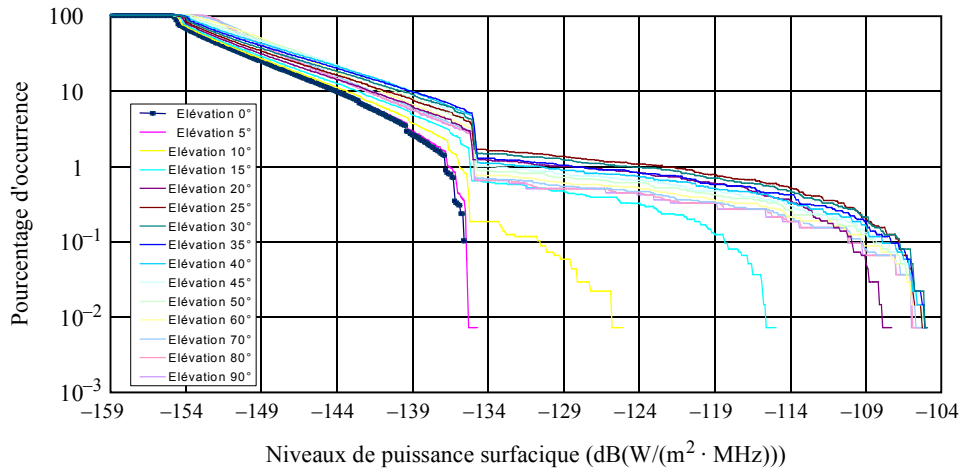


1602-15

### Appendice 3 à l'Annexe 1

FIGURE 16

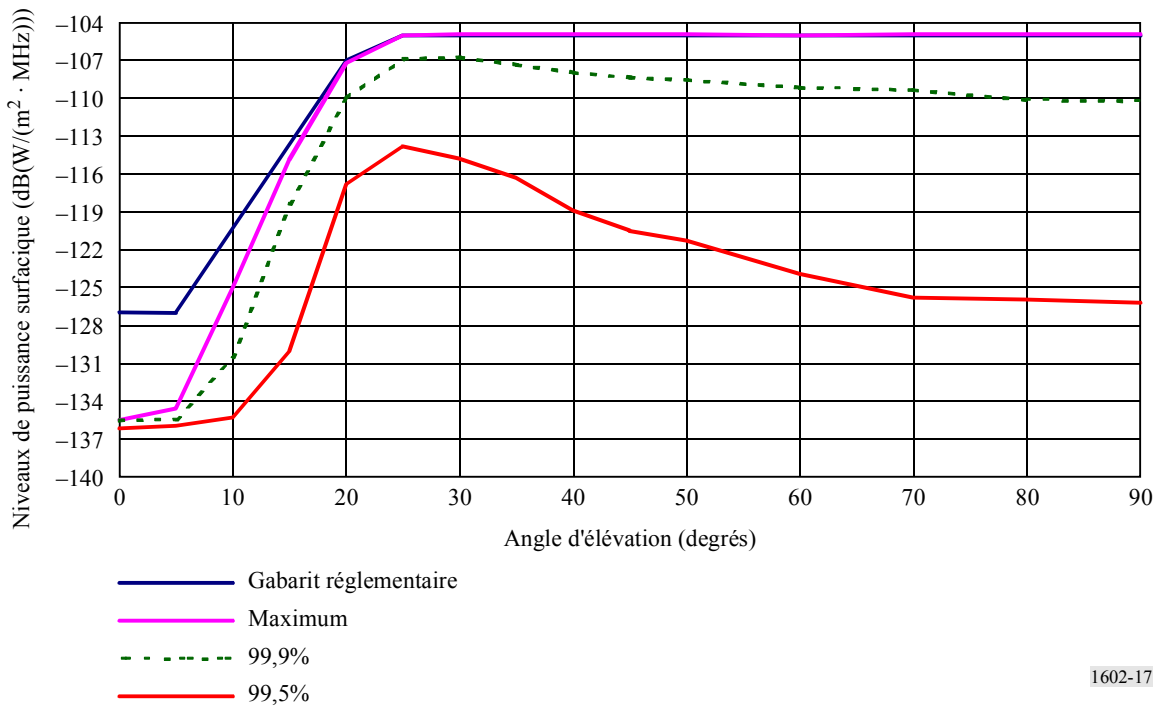
Distributions de puissance surfacique pour le modèle GEO2 model (55 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 15°



1602-16

FIGURE 17

Gabarits combinés de puissance surfacique pour le modèle GE02 (55 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 15°

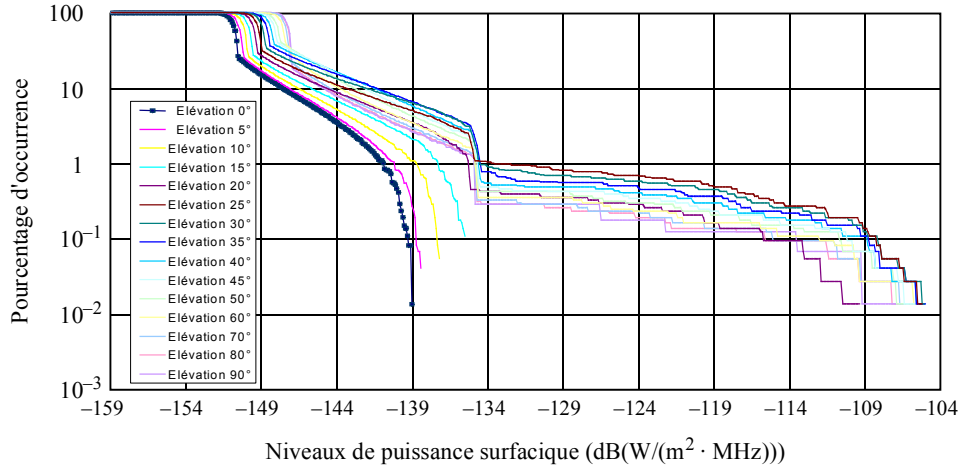


1602-17

### Appendice 4 à l'Annexe 1

FIGURE 18

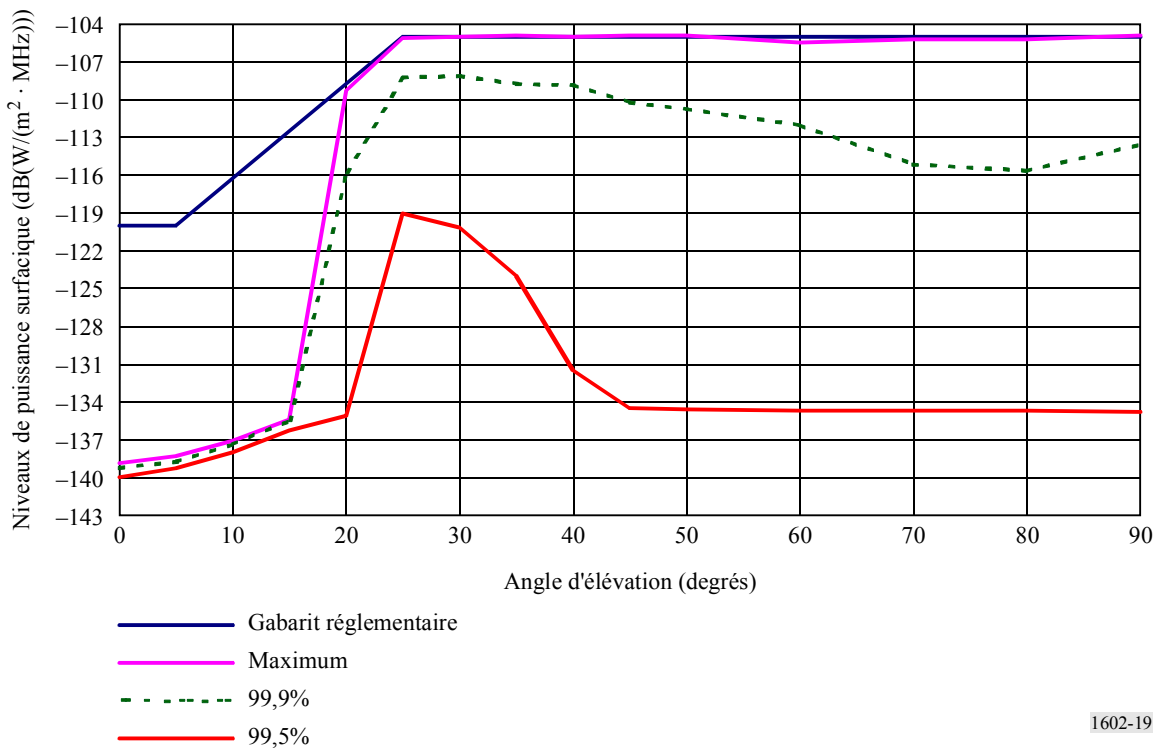
Distributions de puissance surfacique pour le modèle ME01 (50 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 20°



1602-18

FIGURE 19

Gabarits combinés de puissance surfacique pour le modèle GEO1 (50 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 20°



1602-19

## Appendice 5 à l'Annexe 1

FIGURE 20

**Distributions de puissance surfacique pour le modèle ME02 (45 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 20°**

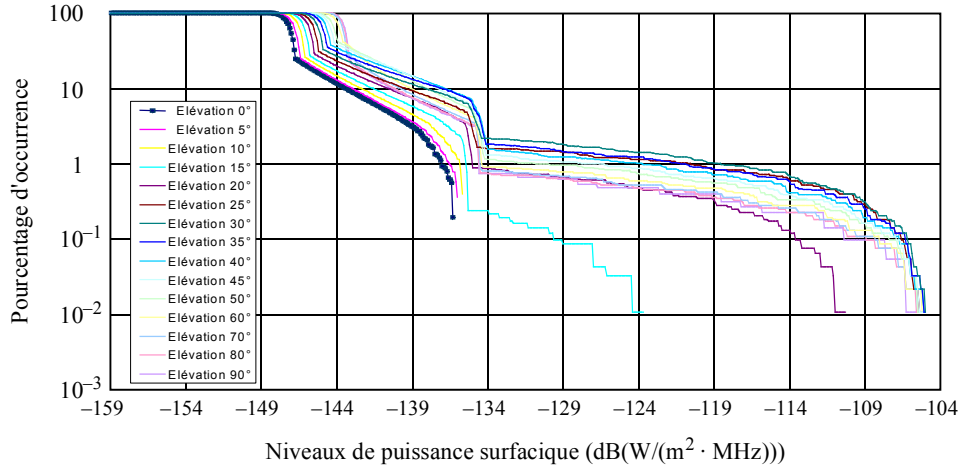
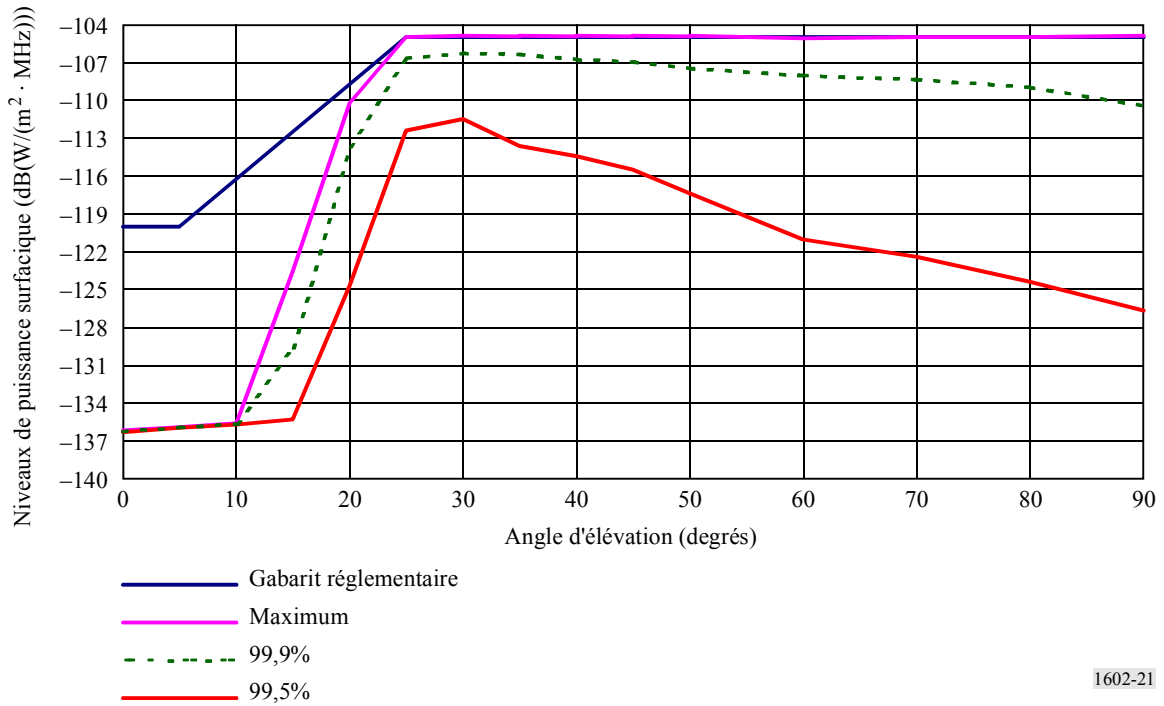


FIGURE 21

**Gabarits combinés de puissance surfacique pour le modèle MEO2 (45 dBi, multifaisceau)  
avec limitation de l'angle d'élévation opérationnel de 20°**



## Appendice 6 à l'Annexe 1

### Exemple d'application de la méthode dans le cas de satellites non OSG

Comme décrit dans le § 2 de l'Annexe 1, les résultats des calculs du brouillage causé par un système non OSG du SFS à une station du service fixe sont généralement présentés sous forme de courbes donnant la distribution du rapport  $I/N$  (voir la Fig. 2).

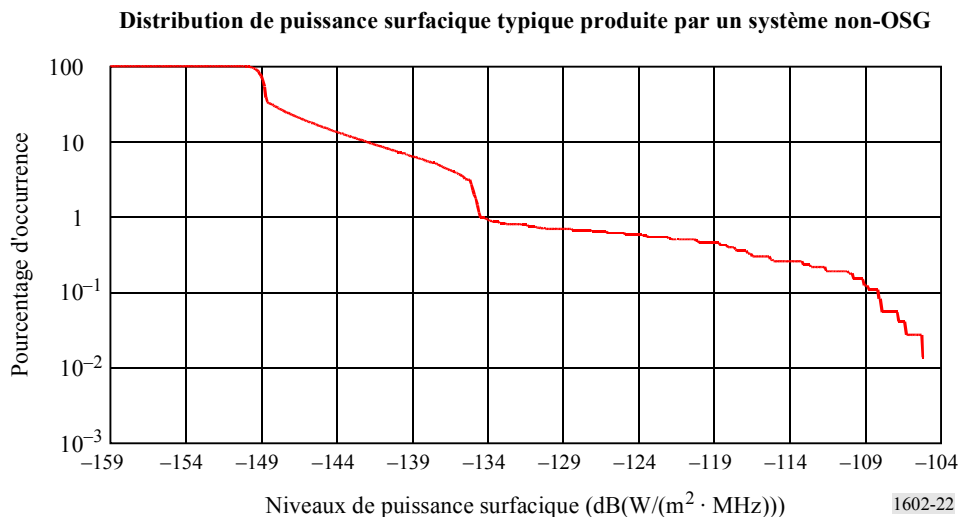
Les scénarios correspondant au rapport  $I/N$  maximal à court terme représentent le brouillage causé par un satellite passant dans le lobe principal de la station du service fixe considérée, dans l'hypothèse où ce satellite produit un niveau de puissance surfacique maximale correspondant au gabarit de puissance surfacique considéré.

Les exemples donnés dans les Figures des Appendices 4 et 5 montrent que, pour tous les angles d'élévation, la probabilité d'occurrence du scénario puissance surfacique maximale est faible et que, dans une grande majorité des cas, la puissance surfacique produite par le satellite non OSG est inférieure au gabarit considéré.

L'effet combiné de la faible occurrence du scénario de puissance surfacique maximale et des niveaux de puissance surfacique inférieurs dans la grande majorité des cas, tendra à faire baisser le pourcentage associé à la distribution du rapport  $I/N$  maximal.

Sachant que la partie court terme de la distribution est produite dans le faisceau principal du service fixe et que par conséquent elle est liée au même angle d'élévation correspondant à la valeur de la puissance surfacique, l'effet combiné sur la queue de la distribution peut être obtenu en convoluant la distribution du rapport  $I/N$  (pour les faibles pourcentages) avec la distribution de la puissance surfacique correspondante pour l'angle d'élévation considéré du service fixe tel que donné dans la Fig. 22 (utilisant la méthodologie décrite dans cette Recommandation).

FIGURE 22



Sur cette base, la Fig. 23 montre le résultat pour le rapport  $I/N$  convolué de cet exemple comparé avec le rapport  $I/N$  obtenu à partir du gabarit de puissance surfacique étudié.

FIGURE 23

Comparaison d'exemple de distribution maximale et convoluée des brouillages

