

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1245-1 (05/2000)

Modèle mathématique de diagrammes de rayonnement moyens, de diagrammes de rayonnement connexes pour antennes de faisceaux hertziens en visibilité directe point à point, à utiliser dans certaines études de coordination et pour l'évaluation du brouillage dans la gamme de fréquences comprise entre 1 GHz et environ 70 GHz

**Série F
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
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	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, 2010

© UIT 2010

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 F.1245-1*

MODÈLE MATHÉMATIQUE DE DIAGRAMMES DE RAYONNEMENT MOYENS, DE DIAGRAMMES DE RAYONNEMENT CONNEXES POUR ANTENNES DE FAISCEAUX HERTZIENS EN VISIBILITÉ DIRECTE POINT À POINT, À UTILISER DANS CERTAINES ÉTUDES DE COORDINATION ET POUR L'ÉVALUATION DU BROUILLAGE DANS LA GAMME DE FRÉQUENCES COMPRISE ENTRE 1 GHz ET ENVIRON 70 GHz

(Question UIT-R 110/9)

(1997-2000)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que le diagramme de rayonnement de référence des antennes de faisceaux hertziens en visibilité directe point à point présenté dans la Recommandation UIT-R F.699 donne l'enveloppe de crête des lobes latéraux;
- b) que, si le diagramme de rayonnement de l'enveloppe de crête est utilisé dans l'évaluation du brouillage composite dans lequel interviennent de nombreux cas de brouillage, les valeurs prévues seront supérieures à celles qui seraient enregistrées dans la pratique;
- c) que, par conséquent, il est nécessaire d'utiliser le diagramme de rayonnement d'antenne représentant les valeurs moyennes pour les lobes latéraux dans les cas suivants:
- pour prévoir le brouillage composite causé à un satellite géostationnaire ou non géostationnaire par de nombreuses stations hertziennes;
 - pour prévoir le brouillage composite causé à une station hertzienne par de nombreux satellites géostationnaires;
 - pour prévoir le brouillage causé à une station hertzienne par un ou plusieurs satellites non géostationnaires sous des angles continuellement variables dont il faudrait faire la moyenne;
 - dans tous les autres cas où l'utilisation du diagramme de rayonnement représentant les valeurs moyennes pour les lobes latéraux est indiquée;
- d) qu'une formule mathématique simple est préférable comme diagramme de rayonnement représentant les valeurs moyennes des lobes latéraux;
- e) qu'un modèle mathématique est également nécessaire pour établir les diagrammes de rayonnement d'antennes généralisés qui peuvent être utilisés pour les analyses statistiques du brouillage, dans les cas où les brouillages de systèmes du service fixe sont causés par quelques sources, comme des satellites géostationnaires par exemple,

recommande

1 qu'en l'absence d'informations particulières concernant le diagramme de rayonnement de l'antenne de faisceaux hertziens en visibilité directe dont il s'agit, le modèle mathématique de diagramme de rayonnement moyen décrit ci-après soit utilisé pour les applications visées au *considérant* c);

2 que le modèle mathématique de diagramme de rayonnement moyen suivant, pour les fréquences comprises entre 1 et 40 GHz, et, à titre provisoire, pour celles comprises entre 40 GHz et environ 70 GHz soit adopté;

2.1 que, dans les cas où le rapport entre le diamètre de l'antenne et la longueur d'onde est supérieur à 100 ($D/\lambda > 100$), la formule suivante soit utilisée (voir Note 1):

$$\begin{array}{ll}
 G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 & \text{pour } 0^\circ < \varphi < \varphi_m \\
 G(\varphi) = G_1 & \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < \max(\varphi_m, \varphi_r) \\
 G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi & \text{pour } \max(\varphi_m, \varphi_r) \leq \varphi < 48^\circ \\
 G(\varphi) = -13 & \text{pour } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ
 \end{array}$$

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 4 (GT 4A), 6 (GT 6S), 7 (GT 7B), 8 (GT 8D) et du GT 4-9S des radiocommunications.

où:

- G_{max} : gain d'antenne maximal (dBi) (voir Note 2)
 $G(\varphi)$: gain (dBi) par rapport à une antenne isotrope
 φ : angle hors axe (degrés)
 D : diamètre de l'antenne }
 λ : longueur d'onde } exprimés dans les mêmes unités
 G_1 : gain du premier lobe latéral
 = $2 + 15 \log (D/\lambda)$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{degrés}$$

$$\varphi_r = 12,02 (D/\lambda)^{-0,6} \quad \text{degrés}$$

2.2 que, dans le cas où le rapport entre le diamètre de l'antenne et la longueur d'onde est inférieur ou équivalent à 100 ($D/\lambda \leq 100$) la formule suivante soit utilisée (voir Notes 3 et 7):

$$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{pour } 0^\circ < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi \quad \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = -3 - 5 \log (D/\lambda) \quad \text{pour } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

3 que l'on se reporte, à titre provisoire, à l'Annexe 1 pour les diagrammes de rayonnement généralisés pour antennes point à point de faisceaux hertziens, qui peuvent uniquement être utilisés pour les études statistiques de brouillage, dans les cas où les brouillages de systèmes du service fixe sont causés par quelques sources, comme des satellites géostationnaires (voir Note 9);

4 que les notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la présente Recommandation.

NOTE 1 – Les valeurs moyennes des lobes latéraux du § 2.1 sont inférieures de 3 dB aux valeurs de l'enveloppe des crêtes des lobes latéraux du § 2.1 de la Recommandation UIT-R F.699.

NOTE 2 – La relation entre G_{max} et D/λ est donnée dans la Recommandation UIT-R F.699.

NOTE 3 – Le modèle mathématique du § 2.2 a été établi étant entendu que la puissance totale émise par l'antenne ne devait pas dépasser la puissance totale fournie à l'antenne.

NOTE 4 – Le diagramme de rayonnement du § 2 est applicable à une seule polarisation (horizontale ou verticale).

NOTE 5 – Le diagramme de rayonnement figurant dans la présente Recommandation ne concerne que les antennes à symétrie de révolution.

NOTE 6 – Le diagramme de rayonnement moyen de la présente Recommandation peut être légèrement différent des diagrammes d'antennes réelles. L'objet de la présente Recommandation est uniquement de présenter un modèle mathématique permettant d'évaluer le brouillage pour les applications visées au *considérant c*).

NOTE 7 – Les antennes hertziennes ont généralement une polarisation linéaire. Par conséquent, lorsqu'on évalue le brouillage causé par un système à polarisation circulaire, par exemple en cas de couplage entre faisceau principal et faisceau principal de stations spatiales, on peut estimer le gain d'antenne effectif, $G_{eff}(\varphi)$, compte tenu de l'avantage de polarisation, à l'aide non de la première formule du § 2.2, mais de la formule suivante dans la région du lobe principal ($0 < \varphi < \varphi_m$):

$$G_{eff}(\varphi) = 10 \log \left(10^{0,1G(\varphi)} + 0,02 \times 10^{0,1G_{max}} \right) - 3 \quad \text{dBi}$$

où $G(\varphi)$ est le gain selon la première formule du § 2.2.

La formule susmentionnée repose sur l'hypothèse que le gain d'antenne contrapolaire pour $0 < \varphi < \varphi_m$ est inférieur de 17 dB à G_{max} . Il ne faut pas s'attendre à un avantage de polarisation pour $\varphi > \varphi_m$ ou lorsque la station hertzienne est en dehors du faisceau principal de l'antenne de l'autre service.

Une formule analogue applicable au § 2.1 appellerait un complément d'étude.

NOTE 8 – Les Administrations et les autres Membres de l'UIT-R sont encouragés à fournir des renseignements permettant de comparer les valeurs moyennes des lobes latéraux et les diagrammes de rayonnement généralisés indiqués dans la présente Recommandation avec les valeurs mesurées sur des antennes réelles. Les renseignements ainsi fournis pourraient aider à élaborer plus avant la présente Recommandation.

NOTE 9 – Les Administrations et les autres Membres de l'UIT-R sont encouragés à examiner la possibilité d'élargir le champ d'application du modèle présenté à l'Annexe 1.

ANNEXE 1

Modèle mathématique de diagrammes de rayonnement généralisés pour antennes point à point du service fixe à utiliser pour l'évaluation statistique du brouillage

1 Introduction

La Recommandation UIT-R F.699 donne les diagrammes de rayonnement de référence pour des antennes point à point du service fixe en se fondant sur l'enveloppe de crête des lobes latéraux. C'est pourquoi, lorsque l'on utilise la présente Recommandation pour évaluer le brouillage, on obtient inévitablement une surestimation de ce brouillage.

Par ailleurs, le corps de la présente Recommandation présente un modèle mathématique de diagramme de rayonnement moyen pour antennes point à point du service fixe, représentant les valeurs moyennes pour les lobes latéraux. Toutefois, ce modèle mathématique ne peut être appliqué que dans le cas où le brouillage provient de sources multiples ou qui varient dans le temps.

Le modèle mathématique concernant les diagrammes de rayonnement généralisés d'antennes n'a d'utilité que pour l'analyse statistique spatiale, par exemple pour extraire la fonction de distribution de probabilité du brouillage causé par quelques systèmes à satellites géostationnaires à un grand nombre de systèmes ou de stations du service fixe.

2 Antennes dont le rapport D/λ est supérieur à 100

Le diagramme de rayonnement de référence des antennes dont le rapport D/λ est supérieur à 100, représentant l'enveloppe de crête des lobes latéraux, est présenté au § 2.1 du *recommande* de la Recommandation UIT-R F.699. Selon le § 2.1 du *recommande* de la présente Recommandation, la valeur moyenne des lobes latéraux est inférieure de 3 dB à celle de l'enveloppe de crête des lobes latéraux. Il semble raisonnable de supposer que les valeurs réelles des lobes latéraux varient de façon sinusoïdale. Par conséquent, le diagramme de rayonnement réel s'exprimera de la façon suivante:

$$G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{pour } 0 \leq \varphi < \varphi_r \quad (1a)$$

$$G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{pour } \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ \quad (1b)$$

$$G(\varphi) = -10 + F(\varphi) \quad \text{pour } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (1c)$$

où:

$$G_a(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad (1d)$$

$$G_b(\varphi) = G_1 + F(\varphi) \quad (1e)$$

$$G_1 = 2 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{dB} \quad (2a)$$

$$\varphi_r = 15,85 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0,6} \quad \text{degrés} \quad (2b)$$

$$F(\varphi) = 10 \log \left(0,9 \sin^2 \left(\frac{3 \pi \varphi}{2 \varphi_r} \right) + 0,1 \right) \quad \text{dB} \quad (2c)$$

où φ_r est censé correspondre à l'angle hors axe de la crête du premier lobe latéral et où la phase à $\varphi = \varphi_r$ est supposée égale à $1,5\pi$. Il convient de noter que l'argument de la fonction sinus de l'équation (2c) est exprimé en radians et que la valeur de $F(\varphi)$ est proche de zéro ou négative. L'équation $F(\varphi) = 0$ correspond aux crêtes des lobes latéraux. Le paramètre 0,1 est introduit dans l'équation (2c) afin de ne pas se retrouver dans la situation où $F(\varphi)$ tombe au-dessous de 10 dB.

3 Antennes dont le rapport D/λ est égal ou inférieur à 100

Dans le cas des antennes dont le rapport D/λ est égal ou inférieur à 100, on supposera que les valeurs de crête des lobes latéraux sont supérieures de 3 dB à la valeur moyenne des lobes latéraux indiquée dans le corps de la présente Recommandation.

Ainsi, le diagramme ci-après est présenté, à titre provisoire, comme un diagramme de rayonnement généralisé d'une antenne dont le rapport D/λ est égal ou inférieur à 100:

$$G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{pour } 0 \leq \varphi < \varphi_r \quad (3a)$$

$$G(\varphi) = 42 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{pour } \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ \quad (3b)$$

$$G(\varphi) = -5 \log (D/\lambda) + F(\varphi) \quad \text{pour } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (3c)$$

où:

$$G_a(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad (3d)$$

$$G_b(\varphi) = G_1 + F(\varphi) \quad (3e)$$

$$G_1 = 2 + 15 \log (D/\lambda) \quad \text{dB} \quad (4a)$$

$$\varphi_r = 39,8 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0,8} \quad \text{degrés} \quad (4b)$$

$$F(\varphi) = 10 \log \left(0,9 \sin^2 \left(\frac{3 \pi \varphi}{2 \varphi_r} \right) + 0,1 \right) \quad \text{dB} \quad (4c)$$

A nouveau, il convient de noter que l'argument de la fonction sinus de l'équation (4c) est exprimé en radian et que la valeur de $F(\varphi)$ est proche de zéro ou négative et que l'équation $F(\varphi) = 0$ correspond aux crêtes des lobes latéraux. Le paramètre 0,1 est introduit dans l'équation (4c) pour la même raison que dans l'équation (2c).

4 Conclusion

Les équations (1a) à (1e) (ainsi que (2a) à (2c) et (3a) à (3e)) (ainsi que (4a) à (4c)) sont présentées, à titre provisoire, en tant que modèles mathématiques de diagrammes de rayonnement généralisés pour antennes point à point du service fixe ne devant être utilisés que pour l'évaluation statistique du brouillage intervenant dans l'espace.