

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1245-3
(01/2019)

Modèle mathématique de diagrammes de rayonnement moyens et de diagrammes de rayonnement connexes pour antennes de systèmes hertziens fixes point à point, à utiliser pour l'évaluation du brouillage dans la gamme de fréquences comprise entre 1 GHz et 86 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 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, 2019

© UIT 2019

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.1245-3*

Modèle mathématique de diagrammes de rayonnement moyens et de diagrammes de rayonnement connexes pour antennes de systèmes hertziens fixes point à point, à utiliser pour l'évaluation du brouillage dans la gamme de fréquences comprise entre 1 GHz et 86 GHz

(Question UIT-R 110-3/5)

(1997-2000-2012-2019)

Domaine d'application

La présente Recommandation fournit des diagrammes de rayonnement moyens et des diagrammes connexes de référence pour les antennes de systèmes hertziens fixes (FWS) point à point exploités dans la gamme comprise entre 1 GHz et 86 GHz. L'analyse exposée dans la présente Recommandation peut être utilisée pour l'évaluation du brouillage lorsque des renseignements spécifiques relatifs à l'antenne d'un système FWS ne sont pas disponibles.

Mots-clés

Antenne, ouverture de faisceau en élévation et en azimut, polarisation croisée, service fixe, partage des fréquences, station hertzienne, diagramme de rayonnement de référence, enveloppe des lobes latéraux, analyses statistiques de brouillage

Abréviations/Glossaire

FWS système hertzien fixe (*fixed wireless system*)

Recommandations de l'UIT connexes

Recommandation UIT-R F.699 – Diagrammes de rayonnement de référence pour antennes de systèmes hertziens fixes à utiliser pour les études de coordination et l'évaluation du brouillage dans la gamme de fréquences comprise entre 100 MHz et 86 GHz

Recommandation UIT-R F.1336 – Diagrammes de rayonnement de référence des antennes équidirectives, sectorielles et autres antennes pour les services fixe et mobile, à utiliser pour les études de partage dans la gamme de fréquences comprise entre 400 MHz et environ 70 GHz

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que le diagramme de rayonnement de référence des antennes de systèmes hertziens fixes (FWS) 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;

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 4 et 7.

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 hertziennne par de nombreux satellites géostationnaires;
- pour prévoir le brouillage causé à une station hertziennne 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 des systèmes FWS dont il s'agit, le modèle mathématique de diagramme de rayonnement moyen décrit ci-après soit utilisé pour les applications visées au point c) du *considérant*;

2 que le modèle mathématique de diagramme de rayonnement moyen suivant, pour les fréquences comprises entre 1 et 86 GHz, soit utilisé;

2.1 que, dans les cas où le rapport entre le diamètre de l'antenne et la longueur d'onde est supérieur à 100 ($D/\lambda > 100$), les formules suivantes soient utilisées (voir Notes 1 et 7):

2.1.1 pour les fréquences comprises entre 1 GHz et 70 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

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

2.1.2 pour les fréquences comprises entre 70 GHz et 86 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

$$\begin{array}{ll}
 G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 & \text{pour } 0^\circ < \varphi < \varphi_m \\
 G(\varphi) = G_1 & \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < \max(\varphi_m, \varphi_r) \\
 G(\varphi) = 29 - 25 \log \varphi & \text{pour } \max(\varphi_m, \varphi_r) \leq \varphi < 120^\circ \\
 G(\varphi) = -23 & \text{pour } 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ
 \end{array}$$

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 } exprimés dans les mêmes unités
 λ : longueur d'onde }

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 ($D/\lambda \leq 100$) les formules suivantes soient utilisées (voir Notes 3 et 7):

2.2.1 pour les fréquences comprises entre 1 GHz et 70 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

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

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

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

2.2.2 pour les fréquences comprises entre 70 GHz et 86 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

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

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi \quad \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < 120^\circ$$

$$G(\varphi) = -13 - 5 \log (D/\lambda) \quad \text{pour } 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

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 systèmes FWS, qui peuvent 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: $20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{max} - 7,7$; voir la Recommandation UIT R F.699; § 3 du *recommande*.

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 copolarisation.

NOTE 5 – Le diagramme de rayonnement figurant dans la présente Recommandation ne concerne que les antennes à symétrie de révolution. Il peut également être appliqué aux réflecteurs carrés/polygonaux et aux antennes à panneau plat, à la condition que leur rapport D/λ équivalent soit calculé à partir du gain d'antenne maximum, au moyen de la formule reproduite au § 3 du *recommande* de la Recommandation UIT-R F.699.

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 point c) du *considérant*.

NOTE 7 – Les antennes hertziennes utilisent généralement une polarisation linéaire. Par conséquent, lorsqu'on évalue le brouillage causé par un système à polarisation circulaire unique, 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, en utilisant la formule ci-après dans les limites de 3 dB par rapport à l'axe de visée dans la région du lobe principal ($0 < \varphi < \varphi_{3\text{ dB}}$), au lieu de la première formule donnée aux §§ 2.1 ou 2.2 (voir l'Annexe 2):

$$G_{eff}(\varphi) = G(\varphi) - 1,7 \quad \text{dBi}$$

où $G(\varphi)$ est le gain selon la première formule des §§ 2.1 et 2.2.

La formule susmentionnée repose sur l'hypothèse que le gain d'antenne contrapolaire pour $0^\circ < \varphi < \varphi_{3\text{ dB}}$ est inférieur de 20 dB à G_{max} . Il ne faut pas s'attendre à un avantage de polarisation pour $\varphi > \varphi_{3\text{ dB}}$ ou lorsque la station hertziennne est en dehors du faisceau principal de l'antenne de l'autre service.

On peut calculer l'angle $\varphi_{3\text{ dB}}$ (c'est-à-dire la moitié de l'ouverture de faisceau à 3 dB) auquel le gain copolaire est inférieur de 3 dB au gain maximal G_{max} , en remplaçant $G(\varphi)$ par $G_{max} - 3$ dB dans la formule correspondant à $G(\varphi)$ pour $0^\circ < \varphi < \varphi_m$:

$$\varphi_{3\text{ dB}} \approx \frac{35}{\left(\frac{D}{\lambda}\right)}$$

NOTE 8 – Les 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 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 Recommandation UIT-R F.699, 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:

Pour les fréquences comprises entre 1 GHz et 70 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

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

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

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

Pour les fréquences comprises entre 70 GHz et 86 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

$$G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < \varphi_r \quad (1a1)$$

$$G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{pour} \quad \varphi_r \leq \varphi < 120^\circ \quad (1b1)$$

$$G(\varphi) = -20 + F(\varphi) \quad \text{pour} \quad 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (1c1)$$

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 de nouveau 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 comme un diagramme de rayonnement généralisé d'une antenne dont le rapport D/λ est égal ou inférieur à 100:

Pour les fréquences comprises entre 1 GHz et 70 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

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

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

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

Pour les fréquences comprises entre 70 GHz et 86 GHz, le gain d'antenne, G (dBi), est donné par:

$$G(\varphi) = \max [G_a(\varphi), G_b(\varphi)] \quad \text{pour } 0 \leq \varphi < \varphi_r \quad (3a1)$$

$$G(\varphi) = 42 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi + F(\varphi) \quad \text{pour } \varphi_r \leq \varphi < 120^\circ \quad (3b1)$$

$$G(\varphi) = -10 - 5 \log (D/\lambda) + F(\varphi) \quad \text{pour } 120^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (3c1)$$

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 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.

Annexe 2

Calcul de $G_{eff}(\varphi)$ selon la Note 7 concernant l'avantage de polarisation entre les systèmes à polarisation linéaire et les systèmes à polarisation circulaire

1 Introduction

Les antennes hertziennes utilisent généralement une polarisation linéaire. Par conséquent, lorsqu'une antenne hertzienne subit un brouillage causé par un système à polarisation circulaire unique, il est important d'évaluer l'affaiblissement dû à la polarisation circulaire/linéaire, ou l'avantage de polarisation entre les systèmes à polarisation linéaire et les systèmes à polarisation circulaire. Dans l'idéal, l'affaiblissement dû à la polarisation circulaire/linéaire sera de 3 dB. Dans la pratique, les systèmes atteindront une discrimination de polarisation légèrement inférieure à celle prévue dans le scénario idéal.

La présente Annexe explique le calcul de l'affaiblissement dû à la polarisation circulaire/linéaire dans des cas pratiques.

2 Formule de l'affaiblissement dû à la polarisation dans le cas d'une antenne non idéale

En règle générale, on calcule l'affaiblissement dû à la polarisation (en dB) pour des antennes non idéales avec la formule suivante:

$$L_p = -10 \log \left(\frac{1}{2} + \frac{4R_w R_a + (R_w^2 - 1)(R_a^2 - 1) \cos 2\Delta\tau}{2(R_w^2 + 1)(R_a^2 + 1)} \right)$$

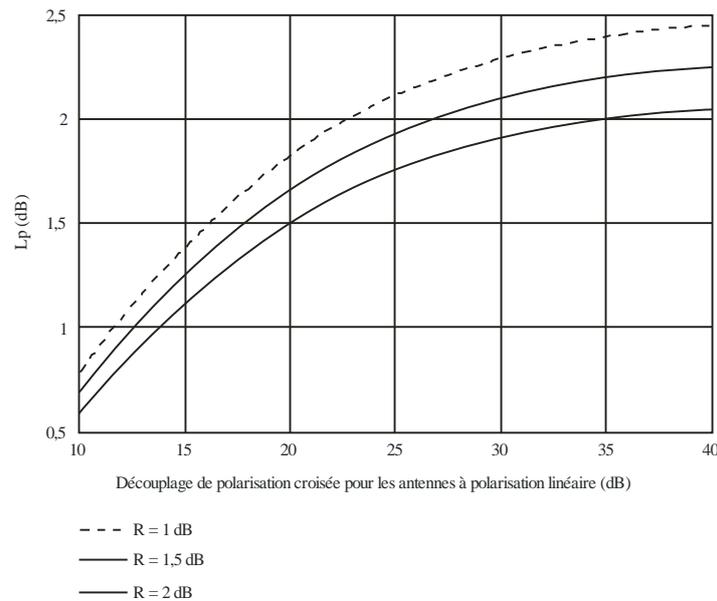
où:

- L_p : affaiblissement dû à la polarisation
- R_w : taux d'ellipticité (tension) de l'onde radioélectrique
- R_a : taux d'ellipticité (tension) de l'antenne
- $\Delta\tau$: angle formé par l'angle d'inclinaison de l'ellipse de polarisation de l'antenne et l'angle d'inclinaison de l'ellipse de polarisation de l'onde incidente, dans les deux cas par rapport au plan horizontal à la surface de la Terre. Aux fins de la présente analyse, on présume que $\Delta\tau = 0$, ce qui correspond au cas le plus prudent.

Dans le cas d'une antenne à polarisation circulaire, le taux d'ellipticité (tension) est habituellement spécifié en décibels. La relation entre ces termes est la suivante: $R(\text{dB}) = 20 \log(|R_w|)$. Dans le cas d'une antenne à polarisation linéaire, le taux d'ellipticité en décibels est équivalent en amplitude au découplage de polarisation croisée de l'antenne, comme indiqué dans la relation suivante: $XPI(\text{dB}) = 20 \log(|R_a|)$.

La Figure 1 ci-après représente l'affaiblissement dû à la polarisation, L_p , en fonction du découplage de polarisation croisée (XPI) pour trois valeurs du taux d'ellipticité de polarisation circulaire, R . Les courbes ne dépendent pas de la fréquence.

FIGURE 1
Affaiblissement dû à la polarisation en fonction du découplage de polarisation croisée pour différentes valeurs de R



F.1245-01

La valeur appropriée de L_p dépendra des caractéristiques des antennes à polarisation circulaire et à polarisation linéaire dans la gamme de fréquences comprises entre 1 et 86 GHz.

3 Exemples de données XPI

On trouvera dans les Tableaux 1 et 2 des exemples de données XPI pour des antennes du service fixe, fournies par deux administrations. Le Tableau 1 contient un récapitulatif des informations contenues dans la base de données sur les octrois de licences d'une administration concernant différentes bandes de fréquences comprises entre 1 GHz environ et 40 GHz, tandis que le Tableau 2 donne d'autres données XPI pour différents types d'antennes utilisées sur le territoire d'une autre administration dans des bandes de fréquences entre 6 GHz environ et 22 GHz.

TABLEAU 1

Exemple de données XPI fournies par une administration

Bande (GHz)	Nombre d'antennes inscrites	XPI au 5ème centile (dB)	XPI au 10ème centile (dB)	XPI médian (dB)
0,953-1,525	484	12	20	30
1,7-2,7	698	20	20	30
3,4-5,0	280	15	20	30
5,85-7,125	532	20	28	30
7,125-7,725	403	24	28	30
7,725-8,5	213	30	30	30
10,5-10,68	151	28	30	30
10,7-11,7	202	20	25	30
12,7-13,25	209	25	25	30
14,5-15,35	172	28	30	30
17,7-19,7	181	27	30	30
21,2-23,6	164	25	28	30
24,25-25,25	8	30	30	32
24,35-28,35	4	30	30	32
28,6-40,0	30	23	26	30

TABLEAU 2

Exemple de données XPI fournies par une autre administration

Bande (GHz)	Nombre de types d'antenne	Nombre d'antennes déployées	XPI au 10ème centile (dB)	XPI moyen (dB)
5,925-7,75	11	600	25	29
10,7-15,23	27	5 700	32	35
17,85-23,2	13	2 806	26	28

Selon ces données, il semblerait adapté de partir d'une hypothèse d'une valeur minimale de XPI de 20 dB aux fréquences jusqu'à 40 GHz.

Au-dessus de 40 GHz, on attend une performance en termes de polarisation croisée supérieure à mesure que la fréquence et le gain d'antenne augmentent. Par conséquent, conformément au point 2 du *recommande*, on peut conclure provisoirement qu'une valeur minimale de XPI de plus de 20 dB peut également être utilisée entre 40 GHz et 86 GHz.

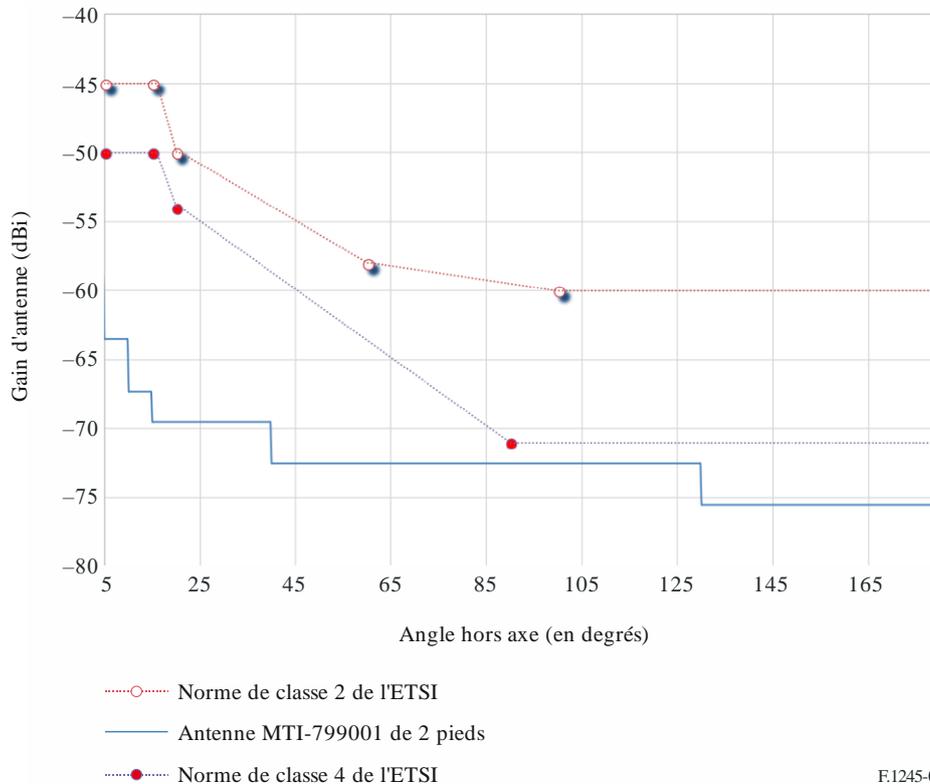
4 Copolarisation et XPI - comparaison entre les équations et les mesures

La Figure 2 établit une comparaison de la valeur XPI (dB) à 72 GHz:

- 1) pour les normes de classes 2 et 4 de l'ETSI;
- 2) pour les mesures prises au niveau d'une antenne parabolique de 2 pieds, modèle MT-799001 71-76 GHz, 50 dBi, 0,45°, verticale/horizontale.

FIGURE 2

Affaiblissement dû à la polarisation en fonction du découplage de polarisation croisée:
comparaison entre les normes et les mesures

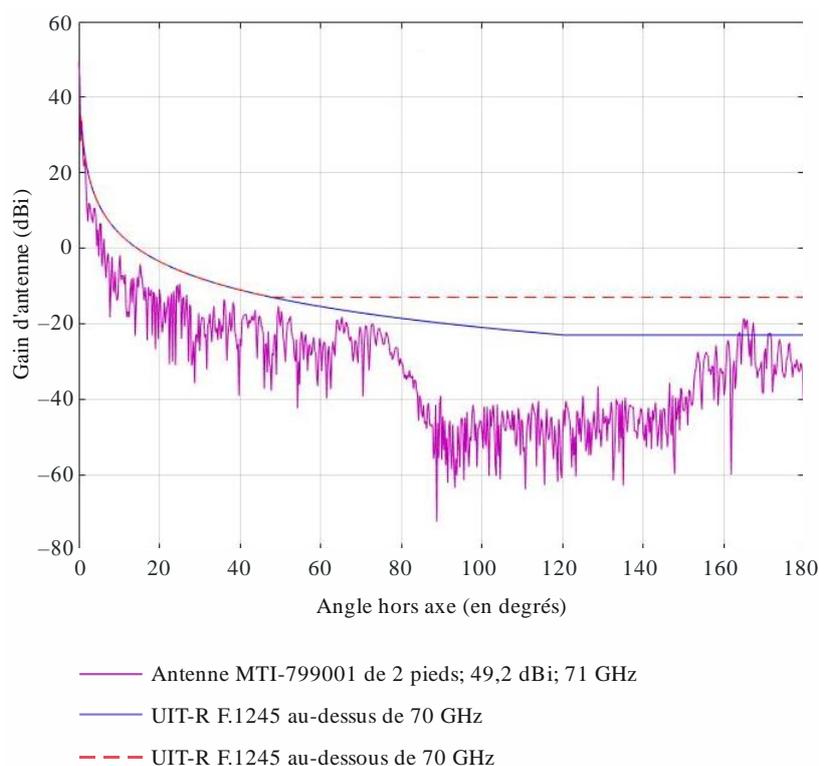


F.1245-0 2

La Figure 3 représente le diagramme d'antenne mesuré à 71 GHz pour une antenne dont le rapport $D/\lambda = 140$, comparé à l'équation figurant au § 2.1.1 du *recommande*, pour les fréquences au-dessous de 70 GHz, et à celle figurant au § 2.1.2, pour les fréquences au-dessus de 70 GHz.

FIGURE 3

Diagramme d'antenne mesuré à 71 GHz, comparé aux équations pour les fréquences au-dessous/au-dessus de 70 GHz



5 Conclusion

Compte tenu des Tableaux 1 et 2, il paraît judicieux d'utiliser une valeur de XPI de 20 dB pour les antennes hertziennes au-dessous de 40 GHz. Toutefois, les antennes modernes présentent une XPI plus élevée. Compte tenu de la Fig. 1, pour une XPI de 20 dB et un taux d'ellipticité maximal provisoire de polarisation circulaire pour une antenne brouilleuse (R) de 1,5 dB, qui est applicable à proximité de l'axe de visée de l'antenne de stations spatiales ne réutilisant pas les fréquences par polarisation orthogonale exploitée dans des bandes entre 2 GHz environ et 30 GHz, l'affaiblissement dû à la polarisation serait de 1,7 dB. Cette valeur ne serait applicable qu'à l'intérieur de l'ouverture du faisceau à 3 dB de l'antenne hertzienne et à proximité de l'axe de visée de l'antenne de stations spatiales, et devrait en outre être appliquée entre 1 et 86 GHz.