

RECOMMANDATION UIT-R F.699-5*

**DIAGRAMMES DE RAYONNEMENT DE RÉFÉRENCE POUR ANTENNES DE FAISCEAUX
HERTZIENS EN VISIBILITÉ DIRECTE À UTILISER POUR LES ÉTUDES DE
COORDINATION ET L'ÉVALUATION DU BROUILLAGE DANS LA GAMME
DE FRÉQUENCES COMPRISE ENTRE 1 GHz ET ENVIRON 70 GHz**

(Question UIT-R 110/9)

(1990-1992-1994-1995-1997-2000)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que, pour les études de coordination et pour l'évaluation de brouillages mutuels entre faisceaux hertziens en visibilité directe et entre stations appartenant à de tels systèmes et stations terriennes des services de radiocommunication spatiale partageant la même bande de fréquences, il peut être nécessaire d'utiliser des diagrammes de rayonnement de référence pour les antennes de faisceaux hertziens;
- b) que, pour les études susmentionnées, des diagrammes de rayonnement fondés sur le niveau dépassé par un faible pourcentage des crêtes des lobes latéraux peuvent être appropriés;
- c) que les diagrammes de lobes latéraux d'antenne de tailles différentes sont fortement influencés par le rapport entre le diamètre de l'antenne et la longueur d'onde utilisée;
- d) que des diagrammes de rayonnement de référence sont nécessaires dans le cas où l'on ne connaît pas le diamètre de l'antenne;
- e) que, pour de grands angles, la possibilité de réflexions locales par le sol doit être prise en considération;
- f) que l'utilisation d'antennes ayant les meilleurs diagrammes de rayonnement possibles permettra l'utilisation la plus efficace du spectre radioélectrique,

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 (voir la Note 1), le diagramme de rayonnement de référence décrit ci-après soit utilisé pour:

1.1 l'évaluation du brouillage entre faisceaux hertziens en visibilité directe;

1.2 les études de coordination et l'évaluation du brouillage entre stations de faisceaux hertziens en visibilité directe et stations des services de radiocommunication spatiale partageant la même bande de fréquences;

2 qu'il convient d'adopter le diagramme de rayonnement de référence suivant pour les fréquences comprises entre 1 GHz et environ 70 GHz:

2.1 que, dans les cas où le rapport entre le diamètre de l'antenne et la longueur d'onde est supérieur à 100, il convient d'utiliser la formule (voir la Note 6):

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

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r$$

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

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

où:

$G(\varphi)$: gain par rapport à une antenne isotrope

φ : angle hors axe (degrés)

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 4, 6, 7 et 8 des radiocommunications.

D : diamètre de l'antenne }
 λ : longueur d'onde } exprimés dans les mêmes unités

G_1 : gain du premier lobe latéral = $2 + 15 \log \frac{D}{\lambda}$

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

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

2.2 que, dans le cas où le rapport entre le diamètre de l'antenne et la longueur d'onde est inférieur ou égal à 100, il convient d'utiliser la formule (voir les Notes 6 et 7):

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

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{pour } \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D}$$

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi \quad \text{pour } 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{pour } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

3 que, dans les cas où seul le gain d'antenne maximal est connu, D/λ peut être évalué à partir de l'expression:

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{max} - 7,7$$

où G_{max} est le gain d'antenne dans le lobe principal (dBi);

4 que dans les cas où seules les ouvertures de faisceau sont connues:

4.1 de calculer la valeur du rapport D/λ (D et λ étant exprimés dans les mêmes unités) à partir de la formule suivante:

$$D/\lambda \approx 69,3 / \theta$$

où θ est l'ouverture (degrés) du faisceau à -3 dB;

4.2 étant donné θ , la valeur G_{max} peut être estimée à partir de la formule approchée suivante:

$$G_{max} \text{ (dBi)} \approx 44,5 - 20 \log \theta$$

5 que les administrations présentent des diagrammes de rayonnement mesurés ou des spécifications pour que l'on puisse élaborer et proposer des diagrammes de rayonnement de référence améliorés à utiliser dans les études de coordination et dans l'évaluation du brouillage (voir l'Appendice 1 de l'Annexe 1);

6 qu'il convient de se reporter à l'Annexe 1 pour tout renseignement complémentaire relatif aux diagrammes de rayonnement de référence pour les antennes de faisceaux hertziens;

7 que les Notes suivantes sont considérées comme faisant partie de la Recommandation.

NOTE 1 – Il est essentiel de tout mettre en œuvre pour utiliser le diagramme de rayonnement réel de l'antenne pour les études de coordination et l'évaluation du brouillage.

NOTE 2 – A noter que le diagramme de rayonnement d'une antenne réelle peut être moins bon que le diagramme de rayonnement de référence pour certaines gammes d'angles (voir la Note 3). En conséquence, le diagramme de rayonnement de référence de la présente Recommandation ne doit pas être interprété comme constituant la limite maximale pour les diagrammes de rayonnement d'antenne de faisceaux hertziens existants ou en projet.

NOTE 3 – Le diagramme de rayonnement de référence doit être utilisé avec prudence pour des angles dans lesquels le système d'alimentation visé risque de donner lieu à des niveaux relativement élevés dus au débordement de l'illumination.

NOTE 4 – Les diagrammes de référence visés dans le § 2 ne sont applicables qu'à une seule polarisation (horizontale ou verticale). Les diagrammes de référence applicables aux deux polarisations (horizontale et verticale) sont à l'étude.

NOTE 5 – Le diagramme de rayonnement de référence inclus dans la présente Recommandation n'est valable que pour les antennes à symétrie de révolution. Le diagramme de rayonnement de référence d'antenne à ouvertures asymétriques nécessite un complément d'étude. Pour de telles antennes, les diagrammes de rayonnement susmentionnés peuvent être considérés comme provisoirement valables.

NOTE 6 – Un modèle mathématique de diagrammes de rayonnement moyens à utiliser dans certaines études de coordination et dans l'évaluation du brouillage figure dans la Recommandation UIT-R F.1245.

NOTE 7 – Un complément d'étude est nécessaire si l'on veut que des diagrammes de rayonnement de référence continuent d'être élaborés pour tenir compte des progrès réalisés dans la conception des antennes.

NOTE 8 – Bien qu'il soit généralement applicable, le diagramme de référence indiqué au *recommande 2* ne constitue pas un modèle approprié de certaines antennes du service fixe utilisées dans la pratique et doit être traité avec prudence pour certaines gammes d'angles, entre 5° et 70° (voir aussi les Notes 2 et 3).

ANNEXE 1

Diagrammes de rayonnement de référence pour antennes de faisceaux hertziens

1 Introduction

Pour étudier les possibilités de partage de fréquences entre des faisceaux hertziens et le SFS ou la possibilité de réutilisation des fréquences dans un réseau de faisceaux hertziens, il est souvent nécessaire d'utiliser un diagramme de référence, parce que le diagramme de rayonnement réel des antennes n'est pas toujours connu avec précision, ou donne trop de détails. Le diagramme de référence doit donc représenter de façon simplifiée l'enveloppe des lobes latéraux.

Cependant, le diagramme de rayonnement de référence que l'on doit choisir peut varier suivant l'utilisation à laquelle il est destiné.

On utilisera en général les diagrammes de rayonnement de référence figurant dans le corps de la présente Recommandation.

2 Utilisation des diagrammes de rayonnement de référence

Les deux principales utilisations des diagrammes de référence sont les suivantes:

2.1 Etudes préliminaires d'élimination dans la zone de coordination

Dans la détermination de la zone de coordination autour d'une station terrienne, on suppose que les antennes de faisceaux hertziens sont pointées directement vers l'antenne de la station terrienne. Cependant, dans la plupart des cas, il existe une certaine discrimination angulaire. L'utilisation d'un diagramme de rayonnement de référence simple offre la possibilité d'exclure de toute considération ultérieure les stations de faisceaux hertziens qui sont situées dans la zone de coordination, mais qui ne sont pas susceptibles de produire des brouillages.

Ce diagramme de référence doit nécessairement être affecté d'une marge de sécurité suffisante pour éviter que des sources de brouillage importantes puissent être négligées. Evidemment, le calcul précis du niveau de brouillage nécessite une connaissance plus précise du diagramme des antennes.

2.2 Réutilisation des fréquences dans un réseau de faisceaux hertziens

Dans un réseau de faisceaux hertziens, on est amené à utiliser de nombreuses fois la même fréquence, soit sur des tronçons suffisamment éloignés l'un de l'autre, soit sur des tronçons partant de la même station dans des directions différentes, soit sur le même tronçon en polarisation croisée.

Dans les deux derniers cas, les performances de l'antenne ont une grande importance, et on doit utiliser, pour le projet du réseau, un diagramme de rayonnement de référence assez précis, qui peut être éventuellement moins simple que celui considéré au § 2.1.

3 Résultats des mesures sur les antennes de faisceaux hertziens

Les mesures effectuées sur de nombreuses antennes confirment de façon satisfaisante les calculs des diagrammes de rayonnement de référence présentés dans le corps du texte de la présente Recommandation, tout au moins jusqu'à une valeur de D/λ d'environ 130. Il faut cependant tenir compte des points suivants:

3.1 Certaines antennes, de construction relativement ancienne, ont des performances moins bonnes que des antennes plus récentes. Il faut tenir compte de l'existence de ces antennes à performances moyennes pour le partage des fréquences.

3.2 Le calcul précédent est fait dans l'hypothèse du fonctionnement des antennes dans les conditions de l'espace libre. Or, les caractéristiques des antennes en service effectif peuvent être un peu moins bonnes, par suite des réflexions sur des obstacles voisins ou sur d'autres antennes installées sur le même pylône.

4 Diagrammes de rayonnement des antennes à haute performance

Les antennes à haute performance augmentent considérablement la capacité des noeuds des faisceaux hertziens. Pour les antennes à cornets-rélecteurs, qui ont été mises au point essentiellement pour répondre aux besoins des faisceaux hertziens de Terre dans des réseaux de grande densité, le diagramme de référence ci-dessus est valable seulement dans le plan horizontal. Dans des plans s'écartant de l'horizontale, on observe en effet d'importantes variations de sensibilité.

La Fig. 1 représente un exemple de diagramme de rayonnement d'une antenne à cornet-rélecteur pyramidal; cette antenne, de type particulier, est très souvent utilisée. Les contours de l'enveloppe de rayonnement sont indiqués (en dB par rapport au faisceau principal) dans un système de coordonnées utilisant les angles φ et θ (le centre de ce système de coordonnées sphériques étant le centre de l'ouverture de l'antenne). L'écart important par rapport à la symétrie de révolution admise dans les diagrammes de rayonnement de référence indiqués au § 2 du *recommande* est dû:

- au lobe de débordement autour de $\varphi = +90^\circ$ et de $60^\circ < \theta < 80^\circ$,
- au lobe du couvercle contre les précipitations atmosphériques autour de $\varphi = -90^\circ$ et de $50^\circ < \theta < 90^\circ$.

Le lobe de débordement résulte de la diffraction de l'onde au bord supérieur de l'ouverture, diffraction causée par les rayons directs émanant de la section cornet pyramidal. Cet effet n'est prononcé que dans le cas de la polarisation verticale. Le lobe du couvercle contre les précipitations atmosphériques est dû à la réflexion de l'énergie sur le couvercle incliné de protection en matière plastique qui le renvoie sur la surface parabolique, laquelle réfléchit à son tour la plupart de l'énergie vers le bas, au-dessus du bord inférieur de l'ouverture. Ce phénomène est insensible à la polarisation et à la fréquence.

Une antenne à réflecteur décalé présente un grand effet directif, notamment dans le plan horizontal. La Fig. 2 donne des exemples de diagrammes de rayonnement de l'antenne à réflecteur décalé ainsi qu'un exemple pour une antenne à cornet-rélecteur pyramidal, déduit de la Fig. 1.

Pour les antennes à cornet-rélecteur et les antennes à illumination décalée dont l'illumination est très faible en bordure du réflecteur, on peut utiliser provisoirement comme diagramme de rayonnement de référence dans le plan horizontal la formule suivante:

$$G = 88 - 30 \log \frac{D}{\lambda} - 40 \log \varphi \quad (1)$$

Cette formule est valable à l'extérieur du lobe principal pour une valeur du φ pouvant atteindre 90° environ. Toutefois, lorsque l'illumination en bordure du réflecteur n'est pas très faible, le niveau des lobes latéraux dans certaines directions peut être plus élevé que celui indiqué dans l'équation (1).

FIGURE 1
**Diagramme de rayonnement à trois dimensions pour une antenne
à cornet-réfecteur pyramidal à polarisation verticale 3,9 GHz**
(noter le changement d'échelle à $\theta = 10^\circ$)

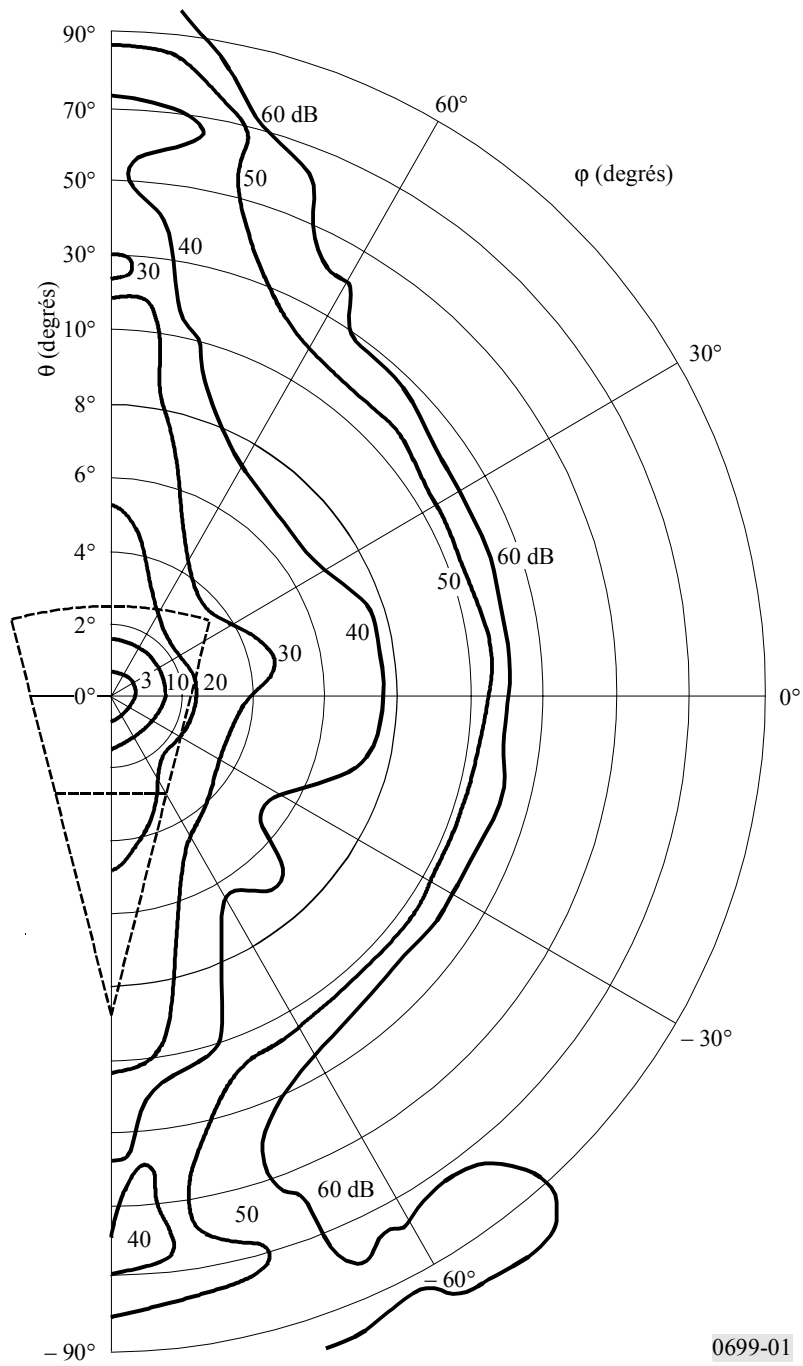
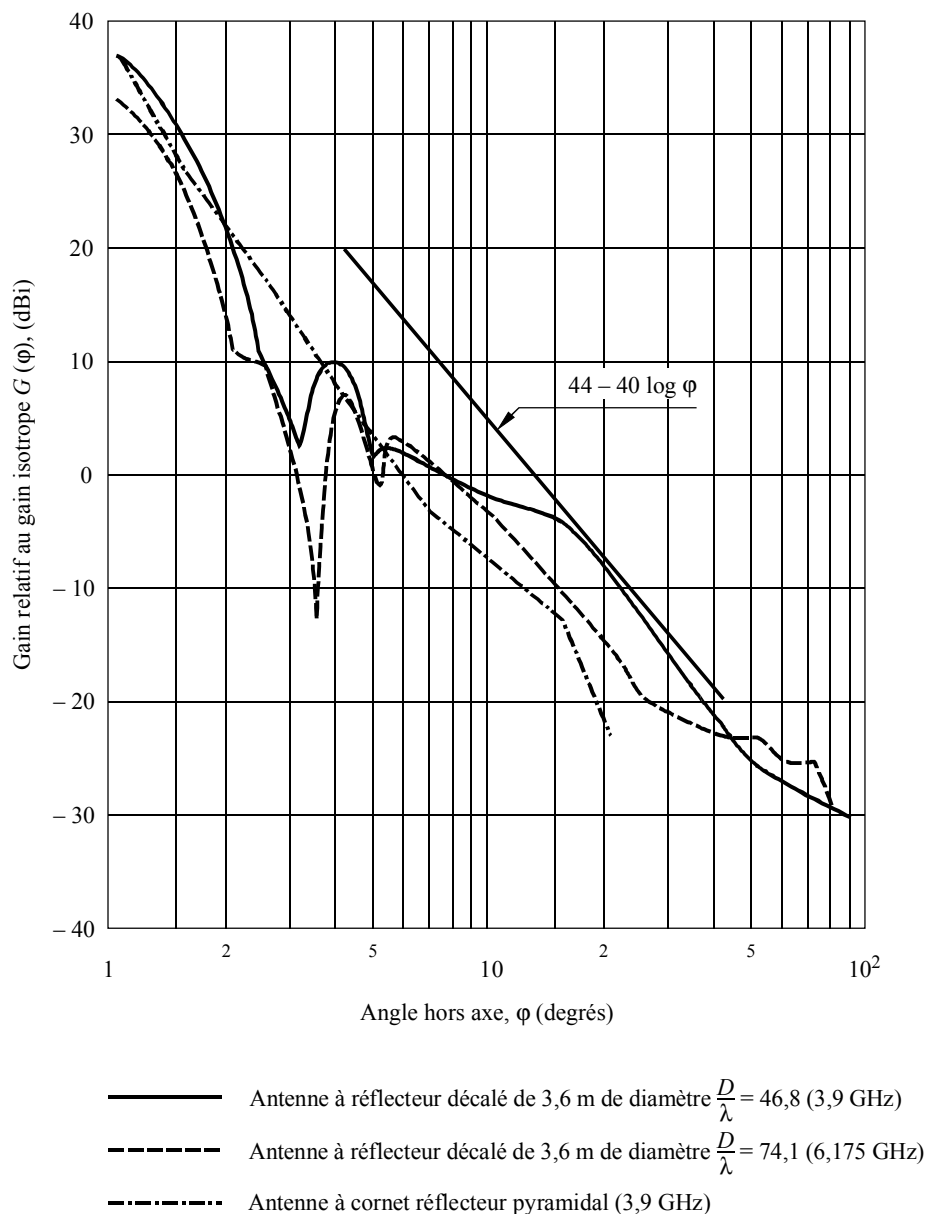


FIGURE 2

Diagramme de rayonnement d'antennes à haute performance



0699-02

APPENDICE 1

DE L'ANNEXE 1

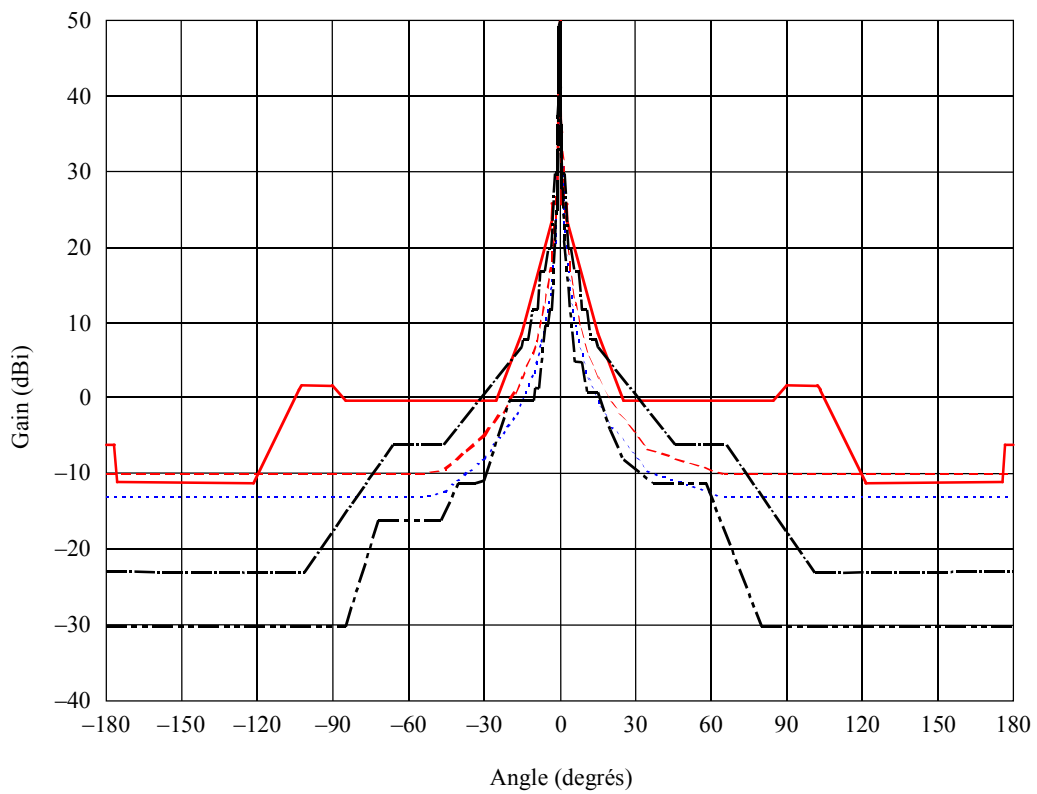
**Diagrammes mesurés à utiliser dans le cadre de développements
futurs de la présente Recommandation**

1 Introduction

Les diagrammes de rayonnement de référence contenus dans la présente Recommandation doivent être continuellement revus et actualisés. Les bandes de fréquences utilisées pour les systèmes du service fixe s'étendant au-delà de 40 GHz, il faut élargir le champ d'application de ces diagrammes de rayonnement de référence au-delà de 40 GHz. Dans cette optique, le présent Appendice compare des enveloppes de diagrammes et des diagrammes de rayonnement d'antennes réels aux diagrammes de référence correspondants tirés de la présente Recommandation et de la Recommandation de l'UIT R F.1245.

FIGURE 3

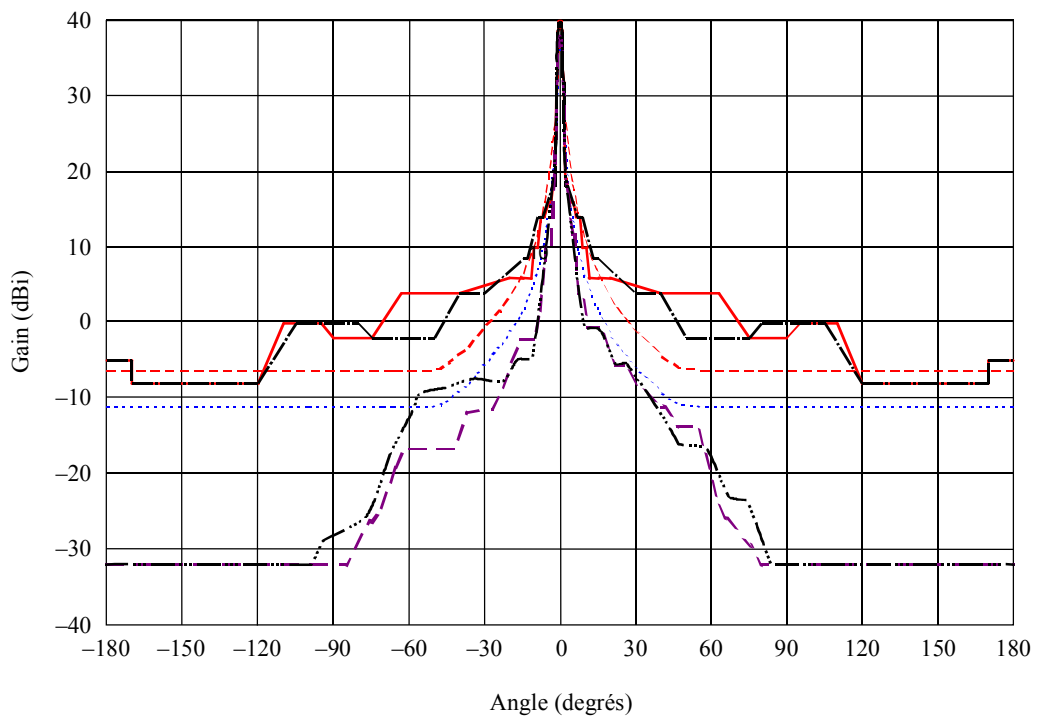
**Diagramme de rayonnement pour une antenne point à point de 3 m de diamètre
utilisée dans la bande de 10,7 GHz ($D/\lambda = 114$; gain = 49,8 dBi)
(H: polarisation horizontale, V: polarisation verticale)**



- Recommandation UIT-R F.699
- ... Recommandation UIT-R F.1245
- Performance médiocre V
- - - Performance moyenne V
- - - - Performance élevée V

FIGURE 4

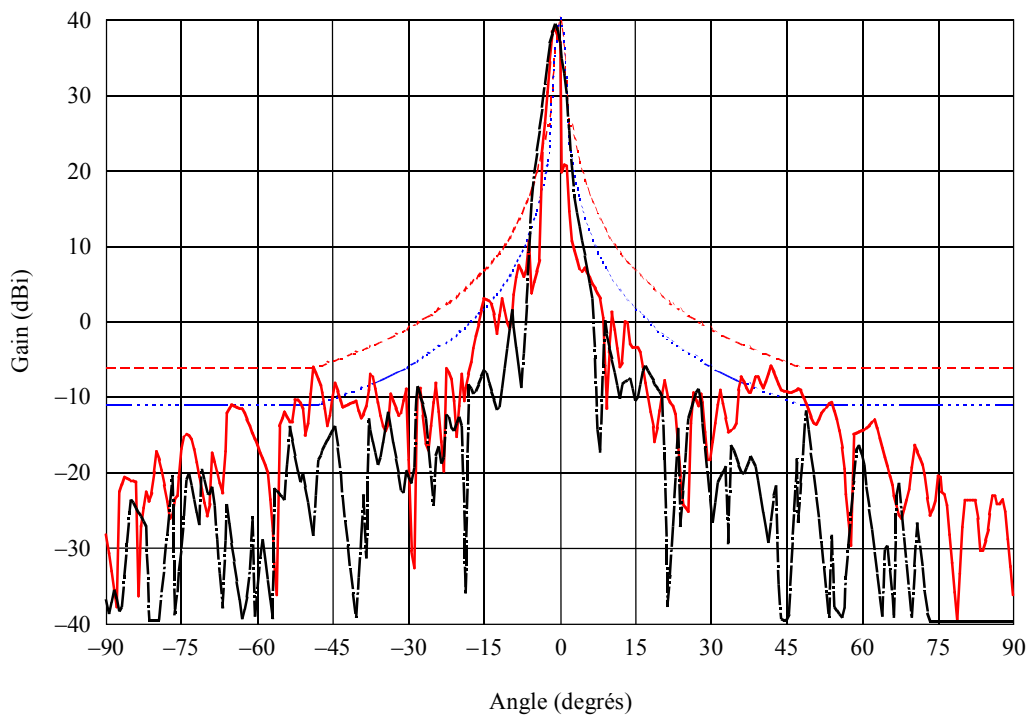
Diagramme de rayonnement pour une antenne point à point de 1,2 m de diamètre
utilisée dans la bande de 10,5 GHz ($D/\lambda = 43$; gain = 39,9 dBi)
(H: polarisation horizontale, V: polarisation verticale)



- Recommandation UIT-R F.699
- ... Recommandation UIT-R F.1245
- Performance médiocre H
- - - Performance médiocre V
- Performance élevée H
- - - Performance élevée V

FIGURE 5

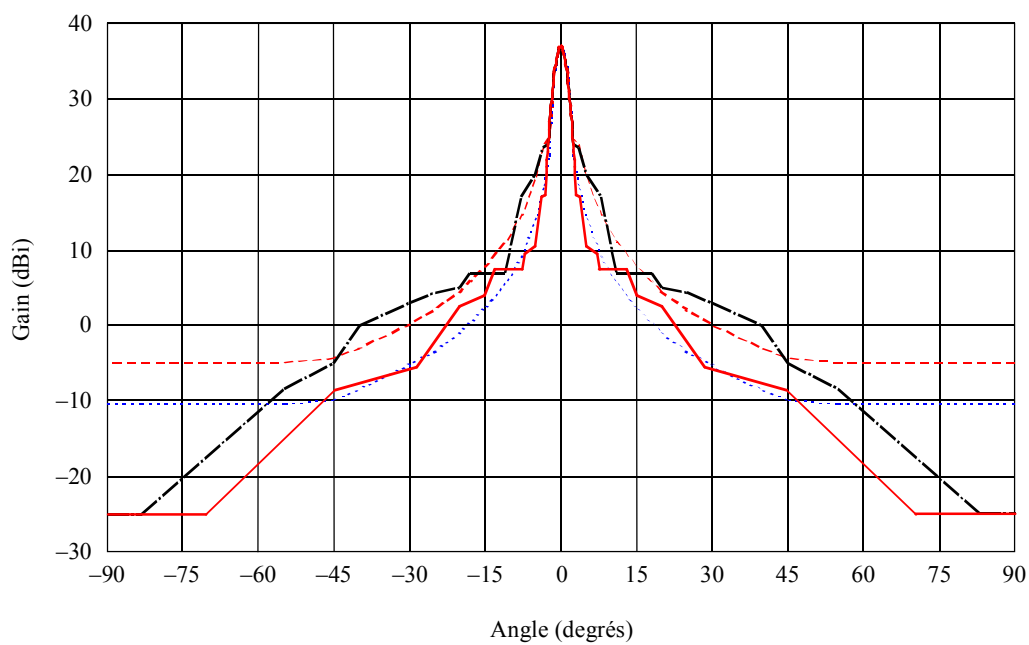
Diagramme de rayonnement pour une antenne point à point, à cornet ou à lentille de 50 cm de diamètre, utilisée dans la bande de 21 GHz ($D/\lambda = 37$; gain = 40 dBi)



- Recommendation UIT-R F.699
- Recommendation UIT-R F.1245
- Valeurs mesurées
- Valeurs mesurées

FIGURE 6

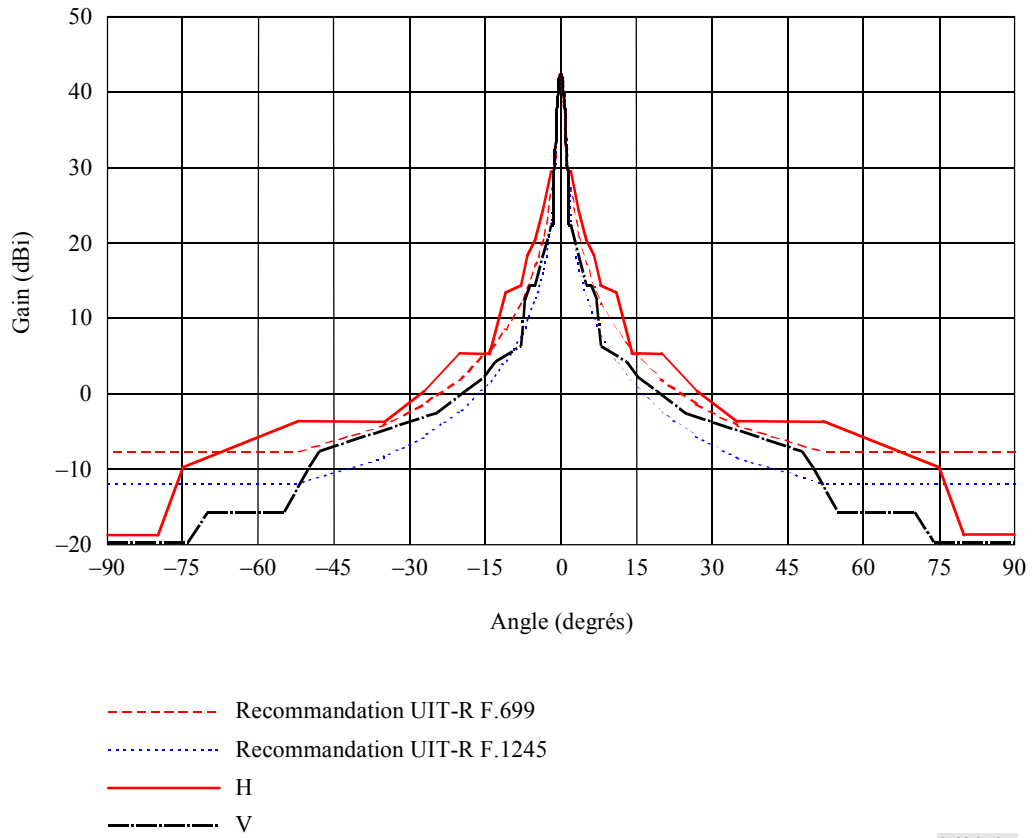
Diagramme de rayonnement pour une antenne de point à point de 0,3 m de diamètre utilisée dans la bande de 31 GHz ($D/\lambda = 32$; gain = 36,9 dBi)
(H: polarisation horizontale, V: polarisation verticale)



- Recommandation UIT-R F.699
- Recommandation UIT-R F.1245
- H
- V

FIGURE 7

Diagramme de rayonnement pour une antenne point à point de 0,3 m de diamètre
 utilisée dans la bande de 55 GHz ($D/\lambda = 57$; gain = 42,4 dBi)
 (H: polarisation horizontale, V: polarisation verticale)



0699-07