

RECOMMANDATION UIT-R IS.848-1*

**DÉTERMINATION DE LA ZONE DE COORDINATION D'UNE STATION TERRIENNE
D'ÉMISSION UTILISANT LA MÊME BANDE DE FRÉQUENCES QUE DES STATIONS
TERRIENNES DE RÉCEPTION DANS DES BANDES DE FRÉQUENCES
ATTRIBUÉES DANS LES DEUX SENS**

(Questions UIT-R 3/12, UIT-R 4/12, UIT-R 5/12 et UIT-R 6/12)

(1992-1993)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que certaines bandes de fréquences sont attribuées à des services spatiaux à la fois dans le sens Terre-espace et dans le sens espace-Terre;
- b) qu'il est donc possible qu'une station terrienne d'émission cause des brouillages à une station terrienne de réception;
- c) que l'on peut réduire ou éviter ce brouillage potentiel par la coordination des deux types de station terrienne;
- d) qu'il est souhaitable de limiter le nombre de coordinations à effectuer;
- e) qu'il est possible de définir, autour d'une station terrienne d'émission, une zone à l'extérieur de laquelle une station terrienne de réception ne serait affectée que par des brouillages négligeables;
- f) que la méthode générale proposée dans la Recommandation UIT-R IS.847 se prête à la détermination d'une telle zone que l'on appellerait zone de coordination bidirectionnelle;
- g) qu'il conviendrait, pour pouvoir appliquer la méthode proposée dans la Recommandation UIT-R IS.847 à la détermination de la zone de coordination bidirectionnelle, de modifier certains éléments de cette dite méthode,

recommande

1. que l'on détermine, dans les bandes de fréquences attribuées à des services spatiaux à la fois dans le sens Terre-espace et dans le sens espace-Terre, une zone de coordination bidirectionnelle pour chaque station terrienne d'émission;
2. que l'on utilise, à cette fin, la méthode proposée dans la Recommandation UIT-R IS.847, à l'exception des modifications spécifiques de cette méthode présentées dans l'Annexe 1.

Note 1 – La fiabilité des calculs permettant de déterminer la zone de coordination bidirectionnelle sur la base de la méthode proposée dans la Recommandation UIT-R IS.847 nécessite que l'on révise simultanément la présente Recommandation et la Recommandation UIT-R IS.847 de façon à assurer la compatibilité de ces deux Recommandations.

ANNEXE 1

**Détermination de la zone de coordination bidirectionnelle d'une station terrienne
d'émission fonctionnant avec une station spatiale géostationnaire****1. Introduction**

Les paragraphes suivants contiennent la description d'une procédure de détermination de la zone de coordination bidirectionnelle pour une station terrienne émettant dans une bande de fréquences attribuée à des services spatiaux à la fois dans le sens Terre-espace et dans le sens espace-Terre; le contour de cette zone doit permettre d'établir si la coordination entre les stations terriennes d'émission et de réception est nécessaire.

* En attendant l'achèvement des études pertinentes, la présente Recommandation ne s'applique pas aux services de radiorepérage par satellite et de radionavigation par satellite fonctionnant dans la bande 1 610-1 626,5 MHz.

Cette procédure s'applique à toutes les stations terriennes fonctionnant avec des satellites géostationnaires; les principes de base appliqués sont les mêmes que ceux qui permettent de déterminer la zone de coordination, dans la Recommandation UIT-R IS.847. Toutefois, la présente méthode diffère en certains points, et ces différences sont expliquées dans les paragraphes ci-après.

La présente Annexe doit être utilisée conjointement avec l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847 dont elle modifie certaines parties.

2. Détermination du niveau de brouillage seuil $P_r(p)$

On calcule le niveau de brouillage seuil pour une station terrienne de réception de la même façon que dans l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847, sous réserve que soient utilisées les températures de bruit du système de réception de la station terrienne ci-après:

Gamme de fréquences (GHz)	T_e (K)
1-10	75
10-17	150
> 17	300

Cette hypothèse est nécessaire car la station terrienne de réception est considérée en lieu et place de la station de réception de Terre de la Recommandation UIT-R IS.847; dans les deux cas, l'emplacement et les caractéristiques précises de la station sont inconnus.

3. Détermination de G_r pour le Mode de propagation 1

Etant donné que non seulement les caractéristiques précises mais aussi l'emplacement exact de la station terrienne de réception ne sont pas connus, on se fonde sur l'hypothèse que la station terrienne de réception se situe à un emplacement quelconque de la limite de la zone de coordination bidirectionnelle, autrement dit relativement près, en termes géométriques, de la station terrienne d'émission. On suppose donc pour simplifier qu'on peut utiliser la géométrie plane et non la géométrie sphérique entre les deux stations terriennes, et que le site de la station terrienne de réception est à la même latitude que la station terrienne d'émission autour de laquelle il y a lieu de déterminer la zone de coordination.

Conformément aux équations (2) et (6) de la Recommandation UIT-R IS.847, il convient d'additionner pour chaque azimut les gains à l'horizon des antennes d'émission et de réception sur un tracé azimutal commun par référence à l'antenne d'émission. Cela permet de tracer directement le gain de l'antenne d'émission en fonction de son azimut; toutefois un azimut donné à l'emplacement de l'antenne d'émission est l'azimut opposé à celui donné à l'emplacement de l'antenne de réception. Pour cette raison, il convient d'ajouter à la valeur G'_r déterminée pour chaque azimut α à la station terrienne d'émission une valeur G_r qui a été établie pour l'azimut $\alpha' = (\alpha + 180^\circ)$.

Pour déterminer le gain d'antenne, G_r , de la station terrienne de réception, laquelle, dans la présente Annexe remplace la station de réception de Terre de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847, on tient compte de ce que:

- le faisceau principal n'est pas dirigé vers l'horizon physique mais vers un satellite sous un angle d'élévation peut-être plus grand;
- son orientation est limitée par la présence éventuelle de satellites géostationnaires.

En conséquence, pour déterminer la valeur de G_r sans connaître l'emplacement d'une station terrienne de réception, il convient d'utiliser la procédure énoncée dans l'Appendice 1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847, en notant que, dans l'équation (6), $G_e = 42 + \Delta G$.

Comme on ne connaît pas à l'avance l'emplacement orbital vers lequel est dirigé le faisceau de l'antenne d'une station terrienne de réception, il faut déterminer le gain de l'antenne en direction de l'horizon pour tous les emplacements orbitaux géostationnaires. Par ailleurs, comme l'angle d'élévation de l'horizon n'est pas connu, on prend 0° pour tous les azimuts. Enfin, l'hypothèse que la latitude de la station terrienne de réception est la même que celle de la station terrienne d'émission pour laquelle se fait la détermination de la zone de coordination est une hypothèse simplificatrice qui n'entraîne généralement que des erreurs négligeables et qui en aucun cas ne dépasseront 2 dB.

Aussi la procédure énoncée au cas 2 de l'Appendice 1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847 pour le calcul du gain de l'antenne dans la direction de l'horizon de la station terrienne doit être effectuée pour chaque contre-azimut α' :

- pour tous les emplacements orbitaux ayant des angles d'élévation supérieurs à 3° , en utilisant la latitude de la station terrienne d'émission comme latitude approximative de la station terrienne de réception;
- avec un angle d'élévation de l'horizon de 0° .

La Fig. 1 est un exemple de courbes de la distance angulaire minimale entre des points de l'orbite des satellites géostationnaires et le plan horizontal en fonction de l'azimut α et du contre-azimut α' avec la latitude de la station ζ comme paramètre. En utilisant le diagramme de référence de l'antenne de station terrienne de l'Appendice 1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847, on peut tracer le gain de l'antenne en direction de l'horizon en fonction de α et de α' . La Fig. 2 est un exemple d'un tel tracé.

L'hypothèse d'un angle d'élévation de l'horizon de 0° est acceptable car, dans la pratique, l'augmentation du gain d'antenne due à un plus grand angle de l'horizon serait largement compensée par tout effet d'écran du terrain, or on admet que celui-ci est inexistant pour l'emplacement de l'antenne de réception. Il convient de noter que, si l'on ne peut admettre un effet d'écran du terrain pour la station terrienne de réception, tout effet d'écran de ce type dont peut bénéficier la station terrienne d'émission est traité de la manière normale.

On trouvera ci-après un exemple de la façon dont les gains d'antenne $G_{t'}$ et G_r sont ajoutés sur un tracé commun en azimut:

$$\begin{aligned}\alpha &= 192^\circ \\ \alpha + 180^\circ &= 372^\circ (= 360^\circ + 12^\circ) \\ \alpha' &= 12^\circ\end{aligned}$$

On obtient $G_{t'} + G_r$ à l'aide de la formule:

$$G_{t'} + G_r = G_{t'}(\alpha) + G_r(\alpha') \quad \text{dB} \quad (1)$$

pour chaque azimut α à une station terrienne d'émission que l'on utilisera dans les équations (2) et (6) de la Recommandation UIT-R IS.847. Lorsqu'on détermine $G_r(\alpha')$ en utilisant l'équation (33) de la Recommandation UIT-R IS.847 et les équations suivantes, G_{max} doit être pris comme égal à 42 dBi. (Sur la base des informations provenant de l'UIT, cette valeur est le gain d'antenne 1σ (écart type 1) obtenu à partir d'un grand échantillon statistique d'antennes de stations terriennes notifiées. La moyenne de ce gain dans le lobe principal est de 50 dBi.)

La Fig. 3 donne un exemple plus élaboré de zone de coordination déterminée par cette méthode. La Fig. 4 donne la somme des gains d'antenne $G_{t'} + G_r$ utilisés dans l'exemple de la Fig. 3 pour un tracé en azimut d'une station terrienne d'émission.

FIGURE 1
 Distance angulaire minimale entre points sur l'orbite des satellites géostationnaires (OSG) et le plan horizontal

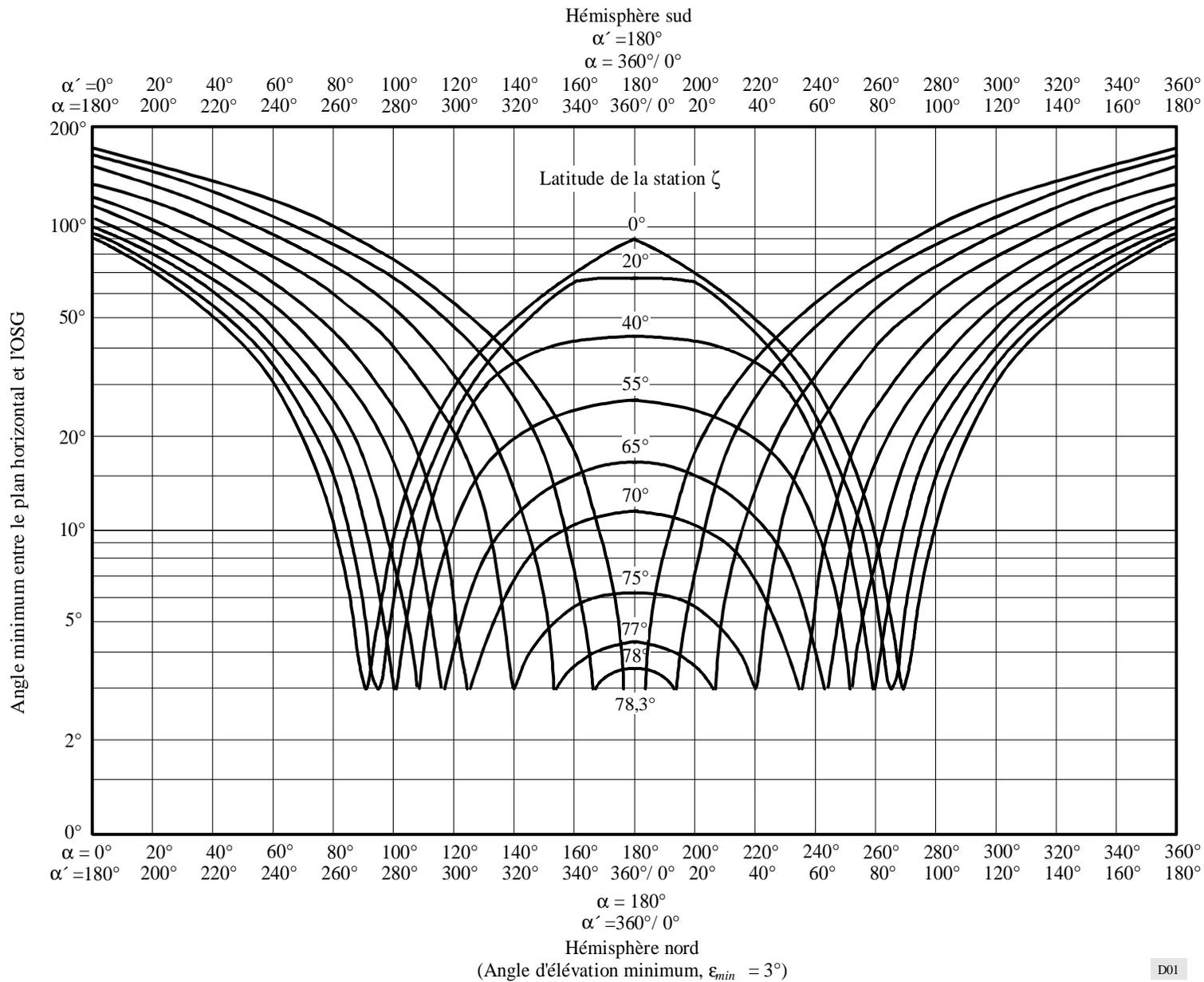
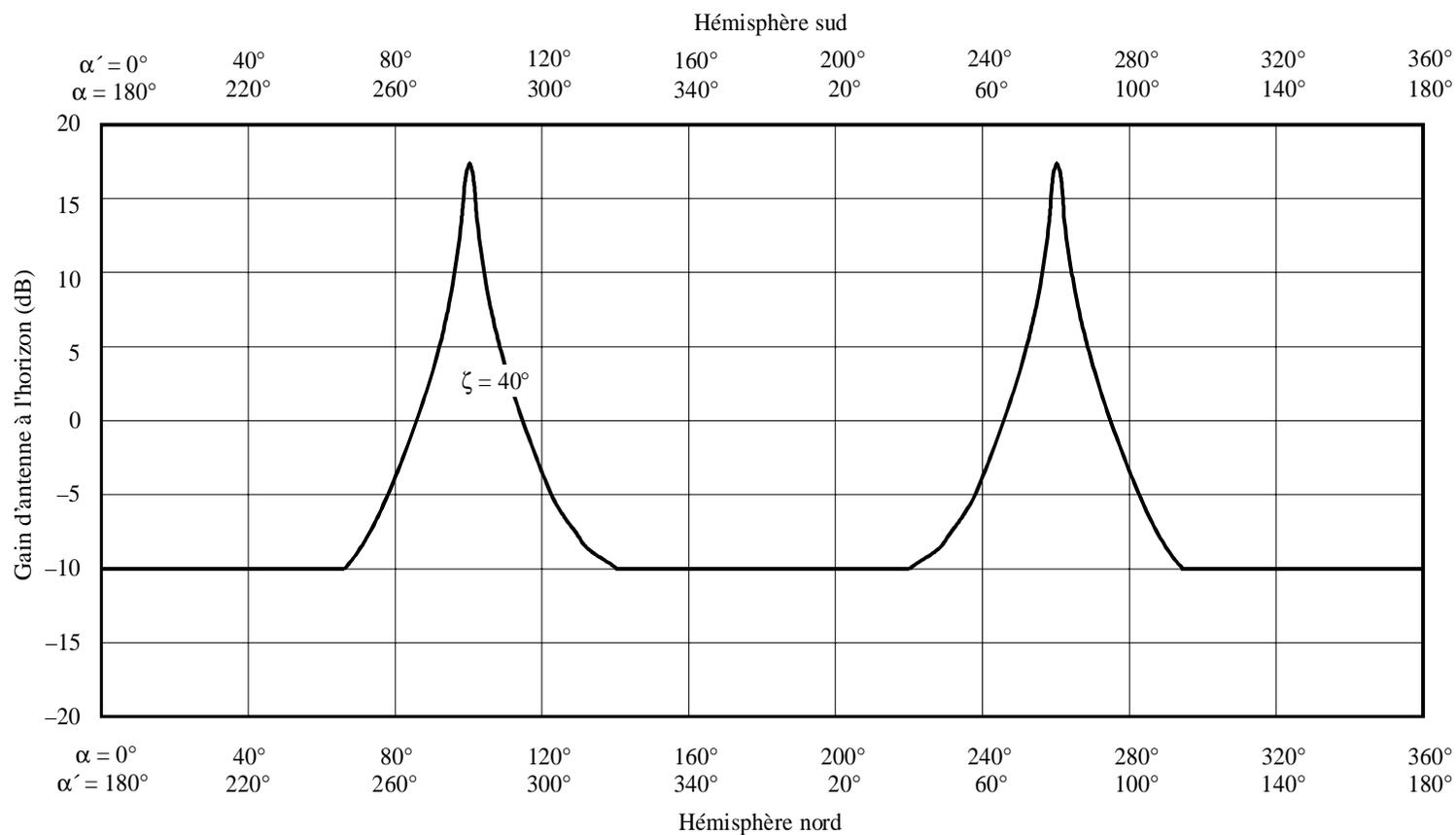


FIGURE 2

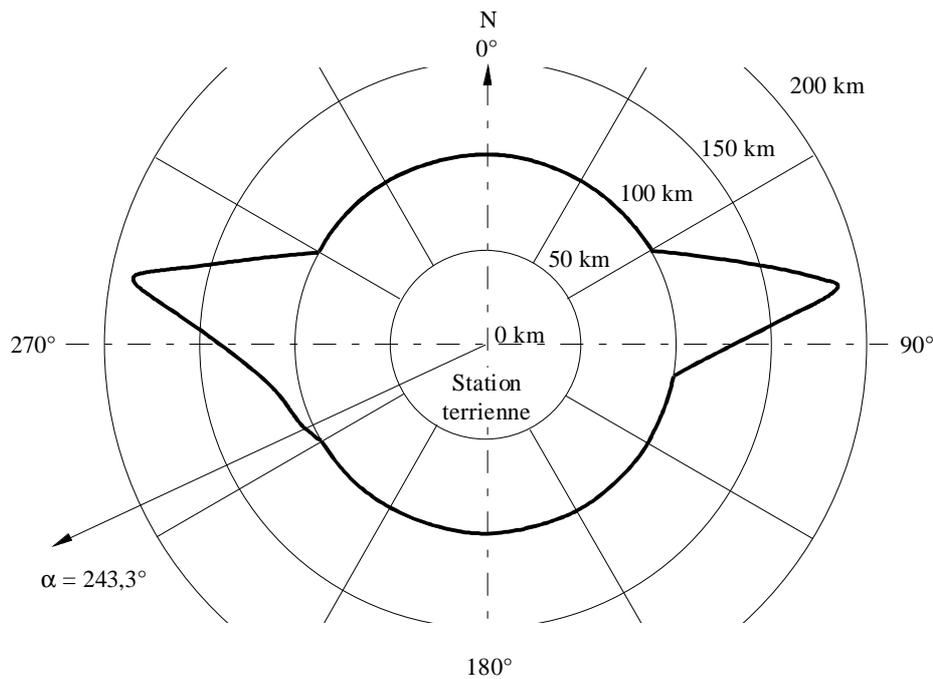
Gain d'antenne à l'horizon pour l'arc complet sous un angle d'élévation de l'horizon de 0° à une latitude de 40°



(Angle d'élévation minimal du faisceau principal: 3°)
 Diagramme de référence d'antenne de station terrestre supposé $G(\theta) = 29 - 25 \log \theta$ (dB)
 $\alpha' = (\alpha + 180^\circ) \text{ modulo } (360^\circ)$

D02

FIGURE 3
Exemple de zone de coordination bidirectionnelle sur le grand cercle



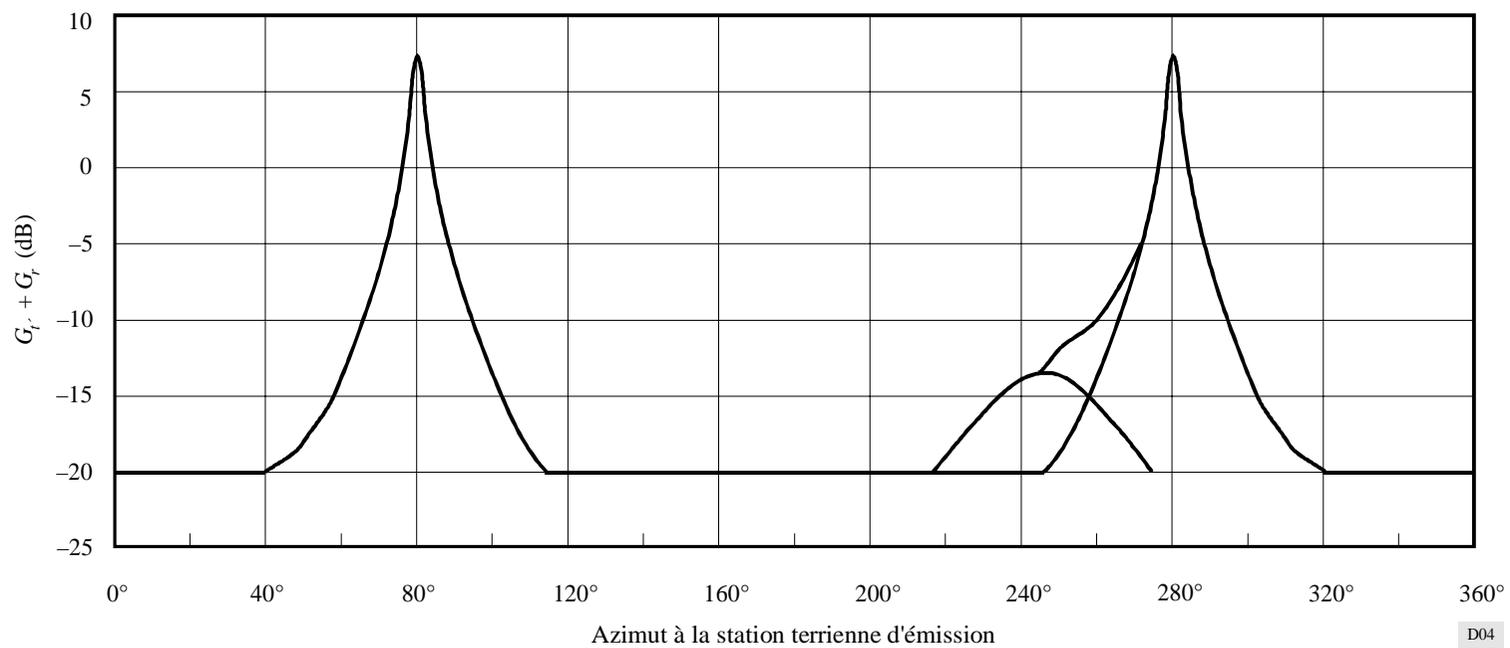
Hypothèses pour la station terrienne:

$f = 17 \text{ GHz}$
 $P_t = 40 \text{ dB(W/MHz)}$
 $\zeta = 40^\circ \text{ N}$
 Angle d'élévation dans la direction du satellite: 20°
 Azimut dans la direction du satellite: $243,3^\circ$
 Zone radioclimatique A2
 Angle d'élévation de l'horizon: 0°

Résultats:

$P_r(p)$	$= -141,1 \text{ dB(W/MHz)}$	Equation (3) de la Recommandation UIT-R IS.847
p	$= 0,003\%$	Tableau 2 de la Recommandation UIT-R IS.847
L_1	$= 38,7 = G_t + G_r$	Equations (6) et (7) de la Recommandation UIT-R IS.847
$G_t + G_r$	$= \text{voir la Fig. 4}$	Au lieu de $G_e = 42 + \Delta G$ de l'équation (6) de la Recommandation UIT-R IS.847
β_{dz}	$= 0,19102 \text{ dB/km}$	Equation (12) de la Recommandation UIT-R IS.847
β_o	$= 0,00903 \text{ dB/km}$	Equation (13) de la Recommandation UIT-R IS.847
β_{vz}	$= 0,03631 \text{ dB/km}$	Equation (14) de la Recommandation UIT-R IS.847
d_1	$= L_1 / 0,24636$	Equation (10) de la Recommandation UIT-R IS.847

FIGURE 4
 Gain d'antenne composite à l'horizon $G_t + G_r$ pour l'exemple de la Fig. 3



D04

4. Détermination de la zone de coordination bidirectionnelle pour la diffusion par la pluie

Dans le cas d'une station terrienne d'émission, il faut procéder comme suit:

Etape 1: Déterminer l'angle d'élévation ε_s et l'azimut α_s par rapport au satellite avec lequel la station terrienne doit fonctionner. Pour une station terrienne fonctionnant avec un satellite placé sur une orbite inclinée, on utilisera l'angle d'élévation de l'antenne le plus faible escompté et l'azimut associé.

Etape 2: Déterminer la «distance d'intersection du faisceau» d_s (km), de la station terrienne au point auquel l'axe du faisceau atteint l'altitude de l'isotherme 0° h_{FR} en utilisant les formules:

$$d_s = 8\,500 \left(\sqrt{\text{tg}^2 \varepsilon_s + h_{FR}/4\,250} - \text{tg} \varepsilon_s \right) \quad \text{km} \quad (2)$$

$$h_{FR} = \begin{cases} 5 - 0,075(\zeta - 23) & \text{km} & \text{pour} & \zeta > 23^\circ \\ 5 & \text{km} & \text{pour} & 0^\circ \leq \zeta \leq 23^\circ \\ 5 & \text{km} & \text{pour} & 0^\circ \geq \zeta \geq -21^\circ \\ 5 + 0,1(\zeta + 21) & \text{km} & \text{pour} & -71^\circ < \zeta \leq -21^\circ \\ 0 & \text{km} & \text{pour} & \zeta \leq -71^\circ \end{cases} \begin{matrix} \text{Hémisphère nord} \\ \text{Hémisphère sud} \end{matrix} \quad (3)$$

Etape 3: Marquer la distance d_s sur l'azimut α_s , à partir de l'emplacement de la station terrienne sur une carte ayant une échelle appropriée. Ce point est l'emplacement géographique du point d'intersection du faisceau; c'est le point de référence autour duquel est construit le contour de coordination bidirectionnelle pour la diffusion par la pluie.

Etape 4: Déterminer la distance de visibilité maximale d_{max} pour le point d'intersection du faisceau en utilisant la formule:

$$d_{max} = 130,4 \sqrt{h_{FR}} \text{ km ou } 100 \text{ km} \quad (4)$$

en adoptant la plus élevée de ces deux valeurs,

et l'azimut de référence α_r à l'aide de la formule:

$$\alpha_r = \cos^{-1} (0,2069 \text{ tg } \zeta) \quad (5)$$

où ζ est la latitude du point d'intersection du faisceau (supposée égale à celle de la station terrienne d'émission).

Pour les latitudes nord supérieures à $78,3^\circ$ et les latitudes sud inférieures à -71° , le contour de diffusion due à la pluie est un cercle de 100 km de rayon ($d_{max} = 100$ km).

Etape 5: A partir du point d'intersection du faisceau, marquer sur la carte la distance d_{max} sur les deux azimuts α_r et $360^\circ - \alpha_r$.

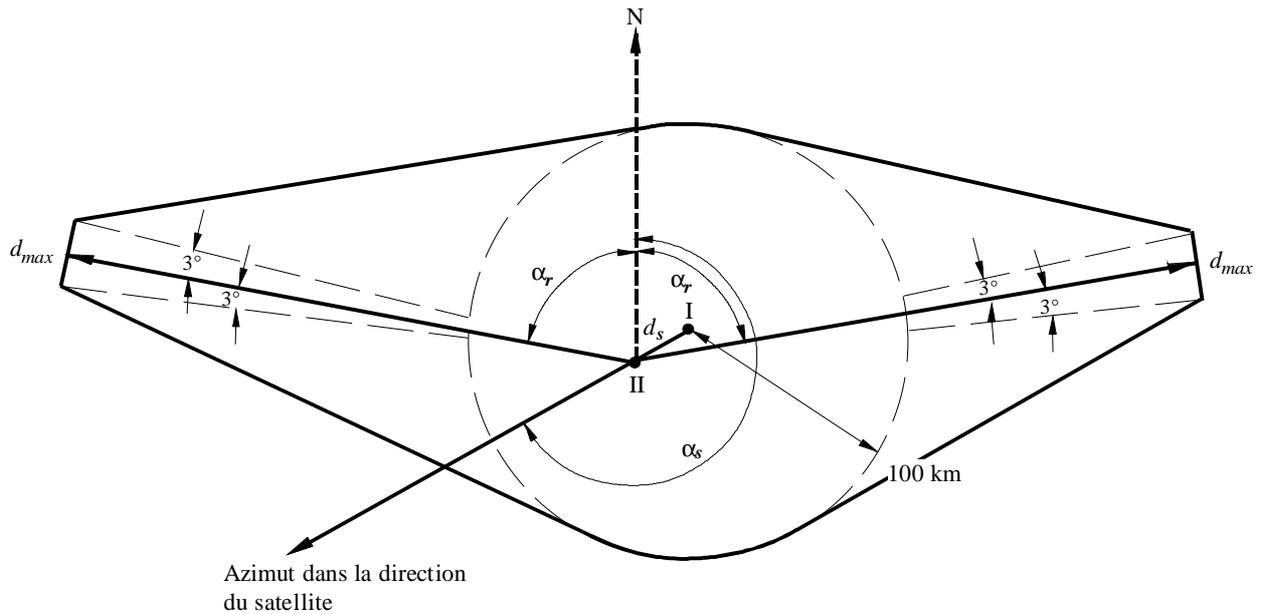
Etape 6: Tracer sur la carte, à partir des deux repères de distance maximale de l'étape 5, des arcs de distance égale d'ouverture angulaire de 3° , dextrorsum et senestrorsum, l'emplacement du point de pénétration du faisceau étant au centre. Ces deux arcs, qui ont ensemble une ouverture angulaire de 6° , sont les premiers éléments limites de la zone de coordination bidirectionnelle pour la diffusion par la pluie.

Etape 7: Tracer un cercle de 100 km de rayon autour de l'emplacement du point de pénétration du faisceau et tracer des droites à partir des deux extrémités nord des deux arcs, tangentiellement au nord du cercle de 100 km de rayon, et à partir des deux extrémités sud des deux segments d'arc, tangentiellement au bord sud du cercle précité.

Toute la zone délimitée par les deux arcs de 6° , les quatre droites et les sections (il y en a toujours au moins une) du cercle de 100 km de rayon comprises entre les deux points tangents au nord et au sud avec les droites, constitue la zone de coordination bidirectionnelle pour la diffusion par la pluie.

La Fig. 5 illustre l'établissement de la zone de coordination bidirectionnelle pour la diffusion par la pluie. (La zone de diffusion par la pluie qui en résulte contient les lieux de tous les emplacements de stations terriennes réceptrices pour lesquelles les directions vers l'orbite des satellites géostationnaires coupent l'axe du faisceau de l'antenne de station terrienne émettrice. Les limites de la zone sont établies en supposant un angle d'évitement minimum de 3° à l'intersection du faisceau.)

FIGURE 5
Exemple de zone de coordination bidirectionnelle de diffusion par la pluie
(La figure n'est pas à l'échelle)



- I: emplacement de la station terrienne d'émission
- II: point duquel l'axe du faisceau de l'antenne de la station terrienne atteint l'altitude h_{FR}

Hypothèses:

$$\begin{aligned} \zeta &= 40^\circ \text{ N} \\ \varepsilon_s &= 8^\circ \\ \alpha_s &= 253,6 \end{aligned}$$

Résultats:

$$\begin{aligned} d_s &= 26,2 \text{ km en utilisant l'équation (2)} \\ h_{FR} &= 3,725 \text{ km en utilisant l'équation (3)} \\ d_{max} &= 251,7 \text{ km en utilisant l'équation (4)} \\ \alpha_r &= 80,0^\circ \text{ en utilisant l'équation (5)} \end{aligned}$$