

RECOMMANDATION UIT-R P.620-4

DONNÉES SUR LA PROPAGATION NÉCESSAIRES AU CALCUL DES DISTANCES DE COORDINATION DANS LA GAMME DE FRÉQUENCES 100 MHz À 105 GHz

(Question UIT-R 208/3)

(1986-1992-1995-1997-1999)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) les termes de la Résolution 60 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) (CAMR-79);
- b) que la zone de coordination est la zone entourant une station terrienne, telle que tout brouillage entre cette station terrienne et les stations de Terre situées à l'extérieur de cette zone peut être considéré comme négligeable;
- c) que la détermination de la zone de coordination devrait être fondée sur les meilleures données de propagation disponibles et être effectuée avec prudence,

recommande

1 aux administrations d'utiliser, pour déterminer la zone de coordination, dans le cas des fréquences supérieures à 100 MHz, les méthodes de calcul de la propagation exposées dans l'Annexe 1.

ANNEXE 1

1 Introduction

La présente Annexe définit des données de propagation à utiliser dans le calcul de la distance de coordination, ainsi qu'une méthode simple pour évaluer les facteurs de propagation intervenant dans la détermination des distances de coordination.

La zone de coordination est la zone à l'extérieur de laquelle le brouillage, entre une station terrienne et des stations de Terre (ou entre des stations terriennes fonctionnant dans les deux sens de transmission) exploitées dans les conditions prudentes spécifiées ailleurs, peut être considéré comme négligeable. Dans la présente Recommandation, les mots stations de Terre peuvent également désigner des stations terriennes fonctionnant dans les deux sens de transmission. Pour déterminer la distance de coordination, il est donc indispensable de comparer l'affaiblissement de transmission requis (affaiblissement de propagation minimal admissible, $L_b(p)$ (dB), non dépassé pendant un pourcentage de temps annuel moyen p) que spécifient les modèles du système et du brouillage avec l'affaiblissement de transmission dû au milieu de propagation. La distance de coordination requise est celle pour laquelle ces deux affaiblissements deviennent égaux.

La présente Recommandation fournit plusieurs modèles de propagation pour différentes gammes de fréquences et différents mécanismes de propagation. Ces modèles permettent de prévoir l'affaiblissement de propagation en fonction de la distance. On détermine les distances de coordination en calculant par itération l'affaiblissement de propagation afin d'accroître la distance jusqu'à ce que l'on obtienne l'affaiblissement de transmission requis, ou une distance maximale (d_{max1} (km) ou d_{max2} (km)).

Avec la méthode itérative, on commence toujours à une valeur définie de la distance minimale (d_{min} (km)) et on poursuit l'itération à l'aide d'un même pas (s (km)) pour augmenter la distance; la valeur de pas recommandée est de 1 km. Dans tous les modèles de propagation, l'affaiblissement de propagation est une fonction monotone de la distance, de sorte qu'on peut employer des méthodes d'itération plus complexes.

Il est important de noter que la zone de coordination ne représente pas une zone à l'intérieur de laquelle le partage de fréquences est exclu entre la station terrienne et la station de Terre. Un tel partage s'avère souvent possible et la zone de coordination aide à le mettre en œuvre en indiquant où il faut évaluer, en procédant à une analyse détaillée sur la base des UIT-R Recommandations pertinentes, le brouillage potentiel entre la station terrienne et des stations de Terre.

En plus de la méthode de calcul du contour de coordination, la présente Recommandation fournit également des renseignements qui permettent de préparer des contours auxiliaires pour faciliter l'élimination rapide de la majorité des cas de brouillage potentiel au cours de l'analyse de la coordination concernant des stations de Terre situées à l'intérieur du contour de coordination.

2 Structure de la Recommandation

La structure de la Recommandation est la suivante:

Annexe 1:	Méthode générale de détermination de la zone de coordination
Appendice 1 à l'Annexe 1:	Définition des paramètres d'entrée
Appendices 2 et 3 à l'Annexe 1:	Formules nécessaires au calcul des contours de coordination
Appendice 4 à l'Annexe 1:	Diagramme de rayonnement de référence pour antennes de faisceaux hertziens en visibilité directe
Appendice 5 à l'Annexe 1:	Définition de tous les paramètres

3 Considérations générales

3.1 Hypothèses

Pour déterminer les caractéristiques de la propagation nécessaires à l'évaluation de la distance de coordination relative à une station terrienne, on part ici des hypothèses suivantes:

- les emplacements des stations de Terre avec lesquelles la coordination doit être faite ne sont pas connus;
- en ce qui concerne les relations géométriques du trajet de brouillage, on ne possède de renseignements que sur la station terrienne;
- en ce qui concerne les relations géométriques pour le reste du trajet de brouillage, il faut faire des hypothèses limitatives prudentes, comme indiqué dans le texte qui suit.

Dans la présente Annexe, les phénomènes de propagation sont classés en deux modes:

- *mode (1)*: phénomènes de propagation en atmosphère claire:
 - influencés par la présence de la surface de la Terre (diffraction, réfraction, propagation guidée et de la réflexion ou de la diffraction sur des couches) et
 - par la diffusion troposphérique. Ces phénomènes intéressent uniquement la propagation dans le plan du grand cercle;
- *mode (2)*: diffusion par les hydrométéores, qui n'est pas limitée au plan du grand cercle mais qui, dans le cadre de la présente Annexe, est limitée aux stations terriennes exploitées avec des satellites géostationnaires.

Pour chaque azimut à partir de la station terrienne et pour chacun de ces deux modes de propagation, il est nécessaire de déterminer une distance pour laquelle l'affaiblissement de transmission est égal à l'affaiblissement de transmission de base minimale admissible. Cette distance (distance de coordination) sera la plus grande des deux distances calculées.

3.2 Aperçu des modèles de propagation

Pour déterminer les distances de coordination en mode de propagation (1), on a subdivisé la gamme de fréquences applicable en trois parties:

- Pour les fréquences de la bande d'ondes métriques et décimétriques comprises entre 100 MHz et 850 MHz, le modèle est fondé sur un ajustement empirique à des données mesurées.
- Pour la gamme 850 MHz-60 GHz, on utilise un modèle de propagation tenant compte de la diffusion troposphérique, de la propagation guidée et de la réflexion/réfraction sur des couches.
- Pour la gamme 60-105 GHz, on utilise un modèle millimétrique fondé sur l'affaiblissement en espace libre et sur une estimation prudente de l'absorption par les gaz, avec une tolérance pour les renforcements des signaux pour de faibles pourcentages de temps.

En général, les gammes de paramètres d'entrée diffèrent selon les mécanismes du modèle en mode de propagation (1).

Pour déterminer les distances de coordination en mode de propagation (2), on modélise la diffusion isotrope par les hydrométéores à l'intérieur du volume commun formé par les faisceaux principaux des stations susceptibles de causer des brouillages. Pour la coordination des fréquences au-dessous de 4 GHz et au-dessus de 40 GHz, on peut faire abstraction des brouillages causés par la diffusion par les hydrométéores. Aux fréquences inférieures à 4 GHz, le niveau du signal diffusé est très faible et au-dessus de 40 GHz, le signal diffusé s'affaiblit fortement sur le trajet allant du volume de diffusion à la station de Terre, malgré des phénomènes de diffusion intenses.

Comme indiqué au § 1, le calcul par itération de la distance de coordination commence à une distance minimale déterminée, qui varie en fonction des facteurs de propagation propres à chaque bande de fréquences et qui correspond toujours à la valeur la plus faible de la distance de coordination dans toutes les conditions.

L'affaiblissement dû à l'effet d'écran du terrain autour d'une station terrienne doit être calculé à l'aide de la méthode décrite au § 1 de l'Appendice 2, en fonction des angles d'élévation de l'horizon le long de chaque trajet radial à partir de la station terrienne. Pour toutes les fréquences comprises entre 100 MHz et 105 GHz, il faut tenir compte de cet affaiblissement supplémentaire.

4 Renseignements radioclimatiques

4.1 Données radioclimatiques

Pour calculer la distance de coordination dans le cas du mode de propagation (1), on a divisé la Terre en zones radioclimatiques (voir le § 4.2) et en fonction d'un paramètre radiométéorologique, β_p , qui représente l'incidence relative des conditions anormales de propagation par temps clair.

La valeur de β_p dépend de la latitude. La latitude à utiliser pour déterminer la valeur correcte de β_p est donnée par la relation:

$$\zeta_r = \begin{cases} |\zeta| - 1,8 & \text{pour } |\zeta| > 1,8^\circ \\ 0 & \text{pour } |\zeta| \leq 1,8^\circ \end{cases} \quad (1a)$$

$$\zeta_r = \begin{cases} 0 & \text{pour } |\zeta| \leq 1,8^\circ \end{cases} \quad (1b)$$

où ζ est la latitude de la station terrienne (degrés).

β_p est alors déterminé par la relation:

$$\beta_p = \begin{cases} 10^{1,67-0,015 \zeta_r} & \text{pour } \zeta_r \leq 70^\circ \\ 4,17 & \text{pour } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (2a)$$

$$\beta_p = \begin{cases} 4,17 & \text{pour } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (2b)$$

Aux fréquences comprises entre 850 MHz et 60 GHz, on utilise le coïndice au niveau de la mer à mi-trajet (N_0) pour les calculs en mode de propagation (1), qui a pour expression:

$$N_0 = 330 + 62,6 e^{-\left(\frac{\zeta-2}{32,7}\right)^2} \quad (3)$$

4.2 Zones radioclimatiques

Pour calculer la distance de coordination en mode de propagation (1), on a divisé la Terre en quatre grandes zones radioclimatiques, qui se définissent comme suit:

- *Zone A1*: zones côtières et littorales, c'est-à-dire terres adjacentes à la Zone B ou à la Zone C (voir ci-dessous), jusqu'à une altitude de 100 m par rapport au niveau moyen de la mer ou des eaux, mais limitée à une distance maximale de 50 km à partir de la Zone B ou de la Zone C la plus proche, selon le cas. Lorsqu'on ne dispose pas de données précises sur le contour de 100 m, on pourra utiliser une valeur approchée (par exemple 300 pieds);
- *Zone A2*: toutes les terres, autres que les zones côtières et littorales visées dans la Zone A1 ci-dessus;
- *Zone B*: mers, océans et vastes étendues d'eau froide situés à des latitudes supérieures à 30°, à l'exception de la mer Méditerranée et de la mer Noire;
- *Zone C*: mers, océans et vastes étendues d'eau chaude situés à des latitudes inférieures à 30°, mer Méditerranée et mer Noire comprises.

Les paramètres de distance dans ces zones nécessaires dans les différents modèles de fréquence sont les suivants:

- d_t (km): distance terrestre composite courante, Zone A1 + Zone A2, comprise dans la distance courante du trajet;
- d_{lm} (km): distance à l'intérieur des terres continue la plus longue, Zone A2, comprise dans la distance courante du trajet;
- d_{im} (km): distance terrestre continue la plus longue (correspondant aux zones situées à l'intérieur des terres et aux zones côtières), Zone A1 + Zone A2, comprise dans la distance courante du trajet.

Si nécessaire, il faudra réévaluer ces distances pour chaque distance totale du trajet comprise dans les boucles d'itération des modèles de propagation.

Vastes étendues d'eau

Pour les besoins administratifs de la coordination, une vaste étendue d'eau s'étendant dans en Zone B ou C, selon le cas, est définie comme ayant une superficie d'au moins 7 800 km², fleuves exclus. Pour le calcul de cette zone, les îles situées dans ces étendues d'eau sont considérées comme de l'eau si elles ont des altitudes inférieures à 100 m au-dessus du niveau moyen des eaux sur plus de 90% de leur surface. Les îles qui ne remplissent pas cette condition seront considérées comme des étendues terrestres.

Vastes zones lacustres ou marécageuses

Les administrations doivent déclarer comme zone côtière A1 les vastes zones de terre (7 800 km²) comprenant un grand nombre de petits lacs ou un réseau de cours d'eau, si plus de la moitié de leur superficie est occupée par des étendues d'eau et si plus de 90% des terres ont une altitude inférieure à 100 m au-dessus du niveau moyen des eaux.

Il est difficile de déterminer sans ambiguïté les régions climatiques relevant de la Zone A1, les vastes étendues d'eau à l'intérieur des terres et les vastes zones lacustres ou marécageuses. C'est pourquoi les administrations sont invitées à notifier au Bureau des radiocommunications de l'UIT (BR) les régions de leur territoire national qu'elles désirent faire entrer dans ces catégories. Faute d'informations contraires dûment notifiées et enregistrées, toutes les zones terrestres seront considérées comme faisant partie de la Zone climatique A2.

5 Limites de distance

5.1 Limites de distance minimales

La distance de coordination dans une direction donnée est déterminée à partir d'un certain nombre de paramètres (voir ci-dessus) fondés uniquement sur des paramètres de propagation, et les distances pourraient s'étendre d'une distance relativement voisine de la station terrienne à plusieurs centaines de kilomètres. Cependant, pour des raisons pratiques et pour tenir compte des hypothèses concernant le trajet radioélectrique, il est nécessaire de fixer des limites inférieures pour les distances de coordination (d_{min}), en faisant le calcul suivant:

Dans un premier temps, calculer la distance de coordination minimale en fonction de la fréquence, f (GHz), jusqu'à 40 GHz, d'après la formule:

$$d'_{min}(f) = 100 + \frac{(\beta_p - f)}{2} \quad \text{km} \quad (4)$$

Calculer ensuite la distance de coordination minimale à toute fréquence de la gamme 100 MHz-105 GHz, au moyen de la relation:

$$d_{min}(f) = \begin{cases} d'_{min}(f) & \text{km} & \text{pour} & f < 40 \text{ GHz} & (5a) \\ \frac{(54 - f)d'_{min}(40) + 10(f - 40)}{14} & \text{km} & \text{pour} & 40 \text{ GHz} \leq f < 54 \text{ GHz} & (5b) \\ 10 & \text{km} & \text{pour} & 54 \text{ GHz} \leq f < 66 \text{ GHz} & (5c) \\ \frac{10(75 - f) + 45(f - 66)}{9} & \text{km} & \text{pour} & 66 \text{ GHz} \leq f < 75 \text{ GHz} & (5d) \\ 45 & \text{km} & \text{pour} & 75 \text{ GHz} \leq f < 90 \text{ GHz} & (5e) \\ 45 - \frac{(f - 90)}{1,5} & \text{km} & \text{pour} & 90 \text{ GHz} \leq f \leq 105 \text{ GHz} & (5f) \end{cases}$$

A noter que dans la formule (5b), $d'_{min}(40)$ est évalué à l'aide de la formule (4), où $f=40$.

La distance à partir de laquelle tous les calculs itératifs doivent commencer (pour les modes de propagation (1) et (2)) est la distance de coordination minimale ($d_{min}(f)$) donnée par les formules (5a) à (5f).

5.2 Limites de distance maximales

Il faut également fixer des limites supérieures (d_{max1} et d_{max2}) pour la distance maximale utilisée dans les calculs itératifs en modes de propagation (1) et (2) respectivement. La limite de distance de calcul maximale en mode de propagation (1) (d_{max1}) est donnée par la relation:

$$d_{max1} = \begin{cases} 1\,200 & \text{km} & \text{pour } f \leq 60 \text{ GHz} & (6a) \\ 80 - 10 \log\left(\frac{p_1}{50}\right) & \text{km} & \text{pour } f > 60 \text{ GHz} & (6b) \end{cases}$$

Les limites de distance de calcul maximales en mode de propagation (2) (d_{max2}) sont indiquées dans le Tableau 2.

6 Détermination de la distance de coordination en mode de propagation (1) – Mécanismes de propagation le long du grand cercle

6.1 Distances de coordination fondées sur des pourcentages de temps pour le mois le plus défavorable

Les calculs de la distance de coordination sont fondés sur un niveau de brouillage qui ne doit pas être dépassé pendant plus d'un pourcentage de temps moyen annuel donné, p_1 . Dans les cas où il est nécessaire de fonder la coordination sur un pourcentage de temps pour le mois le plus défavorable, p_{w1} , on peut calculer le pourcentage de temps équivalent annuel, p_1 , exigé par la méthode en appliquant la formule suivante:

Soit la relation:

$$G_L = \begin{cases} \sqrt{1,1 + |\cos 2\zeta_r|^{0,7}} & \text{pour } \zeta_r \leq 45^\circ & (7a) \\ \sqrt{1,1 - |\cos 2\zeta_r|^{0,7}} & \text{pour } \zeta_r > 45^\circ & (7b) \end{cases}$$

alors:

$$p_1 = 10^{\frac{\log(p_{w1}) + \log(G_L) - 0,444}{0,816}} \quad (8)$$

où p_1 (%) est le pourcentage de temps moyen annuel en mode de propagation (1).

Si nécessaire, la valeur de p_1 doit être limitée de sorte que $12p_1 \geq p_{w1}$.

6.2 Calcul de la distance de coordination en mode de propagation (1)

Il convient d'appliquer les méthodes suivantes pour déterminer les distances de coordination en mode de propagation (1):

- pour les fréquences comprises entre 100 et 850 MHz, appliquer la méthode décrite dans le § 2 de l'Appendice 2;
- pour les fréquences comprises entre 850 MHz et 60 GHz, appliquer la méthode décrite dans le § 3 de l'Appendice 2;
- pour les fréquences comprises entre 60 et 105 GHz, appliquer la méthode décrite dans le § 4 de l'Appendice 2.

7 Détermination du contour de coordination en mode de propagation (2) – Diffusion par les hydrométéores

7.1 Généralités

En ce qui concerne la diffusion par les hydrométéores (diffusion par la pluie, par exemple), le contour de coordination est déterminé au moyen d'un trajet dont la configuration est sensiblement différente de celle qui intervient dans les

mécanismes de propagation sur l'arc de grand cercle. En première approximation, la pluie entraîne une diffusion isotrope de l'énergie, si bien que le brouillage peut se manifester dans de très grands angles de diffusion et dans des intersections de faisceaux éloignés de l'arc de grand cercle.

Pour ce mode de propagation, la classification de la surface de la Terre en zones situées à l'intérieur des terres, en zones côtières et en zones maritimes n'est plus utilisée.

7.2 Distances de coordination fondées sur des pourcentages de temps pour le mois le plus défavorable

Les calculs de la distance de coordination sont fondés sur un niveau de brouillage qui ne doit pas être dépassé pendant plus d'un pourcentage de temps moyen annuel donné, p_2 . Dans les cas où il est nécessaire de fonder la coordination sur un pourcentage de temps pour le mois le plus défavorable, p_{w2} , on peut calculer le pourcentage de temps équivalent annuel, p_2 , exigé par la méthode en appliquant la relation:

$$p_2 = 0,30(p_{w2})^{1,15} \quad (9)$$

où:

$$1,9 \times 10^{-4} < p_{w2} < 7,8$$

7.3 Calcul des contours pour le mode de propagation (2)

Dans le cas du mode de propagation (2), il convient de calculer les distances de coordination à l'aide de la méthode décrite dans l'Appendice 3. Ces calculs ne sont nécessaires que dans la gamme de fréquences 4-40 GHz. En dehors de cette gamme, les brouillages dus à la diffusion par la pluie sont négligeables et la distance de coordination en mode (2) est égale à la distance de coordination minimale donnée par la formule (5). Avec cette méthode, il faut aussi calculer par itération la distance, en commençant à la distance minimale définie pour le mode (1), jusqu'à ce que l'on obtienne l'affaiblissement de transmission minimal requis ou une distance maximale fonction de la latitude pour le mode de propagation (2).

8 Contours auxiliaires

8.1 Généralités

Les contours de coordination sont fondés sur les hypothèses les plus défavorables concernant les brouillages. Des hypothèses aussi défavorables ne se rencontrent pas forcément dans la pratique et dans certaines conditions, on peut tracer des contours auxiliaires afin de ne pas prendre en compte les stations de Terre auxquelles les hypothèses ne s'appliquent pas.

Pour le mode de propagation (1), le calcul des contours auxiliaires n'exige pas de données de propagation supplémentaires. Pour le mode de propagation (2), les contours auxiliaires sont tracés pour différentes valeurs de l'angle de dépointage, qui est l'angle d'azimut de décalage de l'axe du faisceau principal de la station de Terre avec la direction de la station terrienne. A cette fin, il faut tenir compte d'autres paramètres de propagation (voir le § 8.2 ci-dessous).

8.2 Diffusion par les hydrométéores (mode de propagation (2))

Dans le cas du mode de propagation (2), le contour de coordination autour d'une station terrienne est calculé pour la géométrie la plus défavorable, à savoir que les deux faisceaux principaux se coupent exactement dans le plan du grand cercle où sont situées les deux stations. Il en résulte une grande zone de coordination à l'intérieur de laquelle il faut calculer en détail les niveaux de brouillage imputables à la diffusion par les hydrométéores. Dans la pratique, il est beaucoup plus probable que la propagation en mode (2) s'effectuera en dehors du plan du grand cercle plutôt que dans ce plan et, en outre, il y a peu de chances que les lobes principaux des antennes se coupent exactement. Dans les deux cas, il est possible de tracer des contours auxiliaires qui détermineront des zones plus petites que la zone de coordination. Les contours auxiliaires pour le mode de propagation (2), qui tiennent compte du décalage de l'azimut, φ , du faisceau d'antenne d'une station de Terre avec la direction de la station terrienne, doivent être calculés à l'aide de la méthode décrite dans le § 4 de l'Appendice 3. Une station située à l'extérieur du contour correspondant à son angle de dépointage n'a pas à être considérée comme une source significative de brouillage.

Dans le cas du mode de propagation (2), la distance de coordination minimale est identique à celle correspondant au mode (1), c'est-à-dire d_{min} . Les contours auxiliaires pour le mode (2) seront préparés pour des angles de dépointage de 2°, 5°, 10°, 20° et 30° et pour des angles supplémentaires si nécessaire. Il est indispensable de tout mettre en œuvre pour utiliser le diagramme d'antenne réel lors de la détermination des contours auxiliaires. Si l'on ne dispose pas de ce diagramme, on pourra utiliser le diagramme de référence de l'Appendice 4.

APPENDICE 1
DE L'ANNEXE 1

TABLEAU 1
Paramètres d'entrée

Paramètre	Unités	Définition	Emplacement	Nature du paramètre
d_c	km	Distance entre la station terrienne et la côte, dans la direction considérée, utilisée pour le calcul de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (24)	Paramètre d'entrée
d_h	km	Distance de l'horizon radioélectrique, vu du centre de l'antenne de la station terrienne	§ 1 de l'Appendice 2	Paramètre d'entrée ou paramètre calculé
d_{im}	km	Distance à l'intérieur des terres continue la plus longue, Zone A2, à l'intérieur de la distance d_i , utilisée pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (33)	Paramètre d'entrée
d_t	km	Distance terrestre composite courante, Zone A1 + Zone A2, comprise dans la distance d_i , utilisée pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode (1)	Formule (32)	Paramètre d'entrée
d_{tm}	km	Distance terrestre continue la plus longue (zones situées à l'intérieur des terres et zones côtières), Zone A1 + Zone A2, comprise dans la distance d_i , utilisée pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode (1)	Formule (34)	Paramètre d'entrée
D	m	Diamètre d'antenne utilisé pour calculer le diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Appendice 4	Paramètre d'entrée
f	GHz	Fréquence, 100 MHz à 105 GHz	–	Paramètre d'entrée
G_{max}	dB	Gain d'antenne dans l'axe utilisé dans le diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Formule (98)	Paramètre d'entrée ou paramètre calculé
G_T	dB	Gain d'antenne de la station de Terre (fixé par hypothèse à 42 dB), utilisé pour calculer la distance de coordination en mode (2)	Formule (65)	Paramètre d'entrée
$L_b(p)$	dB	Affaiblissement de transmission de base minimal admissible requis pour $p_1\%$ (mode (1)) ou $p_2\%$ (mode (2)) du temps	§ 1	Paramètre d'entrée
p_1	%	Pourcentage de temps annuel moyen en mode de propagation (1), lorsque p_1 est compris entre: 1% et 50% et que f est situé dans la gamme 100-850 MHz 0,001% et 50% lorsque f est compris entre 850 MHz et 105 GHz	Formule (8), § 6.1	Paramètre d'entrée ou paramètre calculé
p_{w1}	%	Pourcentage de temps pour le mois le plus défavorable en mode de propagation (1)	§ 6.1	Paramètre d'entrée
p_2	%	Pourcentage de temps annuel moyen en mode de propagation (2) 0,001% à 10%	Formule (9), § 7.2	Paramètre d'entrée ou paramètre calculé
p_{w2}	%	Pourcentage de temps pour le mois le plus défavorable en mode de propagation (2)	§ 7.2	Paramètre d'entrée
s	km	Incrément de distance utilisé pour le calcul itératif de la distance de coordination (valeur recommandée: 1 km)	§ 1	Paramètre d'entrée
ϵ_s	degrés	Angle d'élévation du faisceau principal de l'antenne de la station terrienne	Formule (73)	Paramètre d'entrée

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètre	Unités	Définition	Emplacement	Nature du paramètre
ϕ	degrés	Décalage angulaire par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne, utilisé dans le diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Appendice 4	Paramètre d'entrée
Φ	degrés	Angle de dépointage utilisé pour déterminer les contours auxiliaires applicables au mode de propagation (2)	§ 4.1 de l'Appendice 3	Paramètre d'entrée
λ	m	Longueur d'onde utilisée pour déterminer le diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Appendice 4	Paramètre d'entrée
θ_h	degrés	Angle d'élévation de l'horizon de la station terrienne	§ 1 de l'Appendice 2	Paramètre d'entrée
θ_{bw}	degrés	Ouverture du faisceau de l'antenne à 3 dB utilisée dans le diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Formules (97) et (98)	Paramètre d'entrée
ρ	g/m ³	Concentration en vapeur d'eau dans l'atmosphère	Formule (21)	Paramètre d'entrée
ω	degrés	Angle polaire de la station de Terre par rapport au centre du volume commun, utilisé pour calculer les contours auxiliaires en mode de propagation (2)	§ 4.1 y 4.2 de l'Appendice 3	Paramètre d'entrée
ψ	degrés	Angle sous-tendu par b , à la station de Terre (angle de vue), utilisé pour calculer les contours auxiliaires en mode de propagation (2)	§ 4.1 de l'Appendice 3, Formules (76), (77) et (78)	Paramètre d'entrée
ζ	degrés	Latitude de la station terrienne (positive pour le nord, négative pour le sud)	Formules (1a) et (1b)	Paramètre d'entrée

APPENDICE 2

DE L'ANNEXE 1

Calcul de la distance de coordination pour le mode de propagation (1)**1 Effet d'écran du terrain**

En mode de propagation (1), il arrive que la station terrienne subisse un effet d'écran (effet d'écran du terrain) imputable au terrain entourant cette station. Pour tenir compte de ce phénomène, on utilise un terme A_h dans le modèle du mode de propagation (1). On calcule l'affaiblissement supplémentaire résultant de l'effet d'écran du terrain au voisinage de la station terrienne, le long de chaque trajet radial, de la façon suivante.

La distance de l'horizon radioélectrique, d_h , vu du centre de l'antenne de la station terrienne, est donnée par l'expression:

$$d_h = \begin{cases} 0,5 \text{ km} & \text{si on ne dispose d'aucun renseignement sur la distance de l'horizon, ou si la distance est inférieure à } 0,5 \text{ km} \\ \text{distance de l'horizon (km)} & \text{si cette valeur est comprise entre } 0,5 \text{ km} \leq \text{distance de l'horizon} \leq 5,0 \text{ km} \\ 5,0 \text{ km} & \text{si la distance de l'horizon est supérieure à } 5,0 \text{ km} \end{cases}$$

On calcule ensuite l'angle de l'horizon, θ_h (degrés), défini ici comme l'angle vu du centre de l'antenne de la station terrienne, formé par le plan horizontal et un rayon qui passe sous incidence rasante à l'horizon physique visible dans la direction considérée. La valeur de θ_h est positive quand l'horizon physique est au-dessus du plan horizontal. Il est nécessaire de déterminer l'angle d'élévation de l'horizon pour tous les azimuts autour d'une station terrienne. Dans la pratique, il suffit généralement de le faire par pas d'azimut de 5°. Toutefois, on s'efforcera de définir et de prendre en considération les angles d'élévation de l'horizon minimaux qui peuvent s'intercaler entre les azimuts examinés par pas de 5°.

La correction pour tenir compte de la distance de l'horizon, A_d (dB) le long de chaque azimut vu depuis une station terrienne s'obtient comme suit:

$$A_d = 15 \left[1 - \exp\left(\frac{0,5 - d_h}{5}\right) \right] \left[1 - \exp\left(-\theta_h f^{1/3}\right) \right] \quad \text{dB} \quad (10)$$

L'affaiblissement total imputable à l'effet d'écran du terrain le long de chaque azimut vu depuis la station terrienne est donné par:

$$A_h = \begin{cases} 20 \log(1 + 4,5\theta_h f^{1/2}) + \theta_h f^{1/3} + A_d & \text{dB} & \text{pour } \theta_h \geq 0^\circ & (11a) \\ 3 \left[(f + 1)^{1/2} - 0,0001 f - 1,0487 \right] \theta_h & \text{dB} & \text{pour } 0^\circ > \theta_h \geq -0,5^\circ & (11b) \\ -1,5 \left[(f + 1)^{1/2} - 0,0001 f - 1,0487 \right] & \text{dB} & \text{pour } \theta_h < -0,5^\circ & (11c) \end{cases}$$

La valeur de A_h est assujettie aux limites suivantes:

$$A_h \leq (30 + \theta_h) \quad (12)$$

et

$$A_h \geq -10$$

Dans les formules (10), (11) et (12), la valeur de θ_h doit toujours être exprimée en degrés. A noter également que si des limites sont définies dans la formule (12), c'est parce que, dans la pratique, la protection n'est pas nécessairement garantie en dehors de ces limites.

2 Fréquences comprises entre 100 MHz et 850 MHz

Le modèle de propagation présenté ci-dessous est limité à un pourcentage de temps annuel moyen, (p_1), compris entre 1% et 50%.

Il faut procéder à un calcul par itération comme indiqué au § 1 de l'Annexe 1. On évalue la formule (14) et, en commençant à la distance de coordination minimale, d_{min} , qui s'obtient à l'aide de la méthode décrite au § 5.1, on applique par itération les formules (15) à (18), pour des distances d_i , où $i = 0, 1, 2 \dots$ etc., qui sont incrémentées du pas correspondant. Pour chaque itération, d_i désigne la distance courante. On poursuit cette opération jusqu'à ce que l'une des deux expressions suivantes se vérifie:

$$L_2(p_1) \geq L_1(p_1) \quad (13a)$$

ou

$$d_i \geq d_{max1} \quad (13b)$$

La distance de coordination requise d_1 est alors donnée par la distance courante de la dernière itération.

L'incrément de distance recommandé, s (km), est de 1 km. Les formules (16), (17a) et (17b) ne s'appliquent qu'aux trajets relevant exclusivement d'une catégorie de trajet. Lorsqu'un trajet comprend des tronçons dans plusieurs zones (terres et/ou mers froides et/ou mers chaudes, voir le § 4.2), on calcule la distance de coordination par interpolation des résultats calculés, dans l'hypothèse où le trajet est en totalité terrestre ou en totalité maritime. Lorsque des parties d'un trajet maritime sont situées dans des zones maritimes chaudes, on suppose que la totalité de la zone maritime située le long de ce trajet est une mer chaude.

$$L_1(p_1) = L_b(p_1) - A_h \quad (14)$$

où $L_b(p_1)$ (dB) est l'affaiblissement de transmission de base minimale admissible requis pendant $p_1\%$ du temps.

Calculs itératifs

Au début de chaque itération, calculer la distance courante pour $i = 0, 1, 2 \dots$ etc.:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad (15)$$

Les affaiblissements, $L_{bl}(p_1)$ et $L_{bs}(p_1)$, dans l'hypothèse d'un trajet en totalité terrestre (Zone A1 ou A2) ou situé entièrement dans une zone maritime froide (Zone B) ou dans une zone maritime chaude (Zone C) respectivement, sont calculés successivement à l'aide des formules suivantes:

$$L_{bl}(p_1) = 142,8 + 20 \log f + 10 \log p_1 + 0,1 d_i \quad \text{pour des trajets situés entièrement en Zone A1 ou A2} \quad (16)$$

$$L_{bs}(p_1) = \begin{cases} \left. \begin{aligned} &49,91 \log(d_i + 1840f^{1,76}) + 1,195f^{0,393} (\log p_1)^{1,38} d_i^{0,597} \\ &+ (0,01 d_i - 70) (f - 0,1581) + (0,02 - 2 \times 10^{-5} p_1^2) d_i + 9,72 \times 10^{-9} d_i^2 p_1^2 \\ &+ 20,2 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{pour des} \\ \text{trajets situés} \\ \text{entièrement} \\ \text{en Zone B} \end{array} & (17a) \\ \left. \begin{aligned} &49,343 \log(d_i + 1840f^{1,58}) + 1,266(\log p_1)^{(0,468 + 2,598f)} d_i^{0,453} \\ &+ (0,037 d_i - 70) (f - 0,1581) + 1,95 \times 10^{-10} d_i^2 p_1^3 + 20,2 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{pour des} \\ \text{trajets situés} \\ \text{entièrement} \\ \text{en Zone C} \end{array} & (17b) \end{cases}$$

L'affaiblissement de transmission de base à la distance courante s'obtient de la façon suivante:

$$L_2(p_1) = L_{bs}(p_1) + \left[1 - \exp\left(-5,5 \left(\frac{d_{tm}}{d_i}\right)^{1,1}\right) \right] (L_{bl}(p_1) - L_{bs}(p_1)) \quad (18)$$

où d_{tm} est défini au § 4.2 de l'Annexe 1.

3 Fréquences comprises entre 850 MHz et 60 GHz

Le modèle de propagation présenté ci-dessous est limité à un pourcentage de temps annuel moyen (p_1) compris entre 0,001% et 50%.

Il faut procéder à un calcul par itération comme indiqué au § 1 de l'Annexe 1. On évalue les formules (20) à (30) et, en commençant à la distance de coordination minimale, d_{min} , qui s'obtient à l'aide de la méthode décrite au § 5.1, on applique par itération les formules (31) à (41), pour des distances d_i , où $i = 0, 1, 2 \dots$ etc., qui sont incrémentés du pas correspondant. Pour chaque itération, d_i désigne la distance courante. On poursuit cette opération jusqu'à ce que l'une des deux formules suivantes se vérifie:

$$(L_5(p_1) \geq L_3(p_1))$$

$$\text{et} \quad (L_6(p_1) \geq L_4(p_1)) \quad (19a)$$

$$\text{ou} \quad d_i \geq d_{max1} \quad (19b)$$

La distance de coordination requise d_1 , est alors donnée par la distance courante de la dernière itération.

L'incrément de distance recommandé, s (km), est de 1 km.

Calculer l'affaiblissement linéique (dB/km) dû à l'air sec:

$$\gamma_o = \begin{cases} \left[7,19 \times 10^{-3} + \frac{6,09}{f^2 + 0,227} + \frac{4,81}{(f - 57)^2 + 1,50} \right] f^2 \times 10^{-3} & \text{pour } f \leq 56,77 & (20a) \\ 10 & \text{pour } f > 56,77 & (20b) \end{cases}$$

L'affaiblissement linéique dû à la vapeur d'eau est fonction de ρ , à savoir la concentration en vapeur d'eau en unités de g/m^3 , et a pour expression:

$$\gamma_w(\rho) = \left(0,050 + 0,0021\rho + \frac{3,6}{(f - 22,2)^2 + 8,5} \right) f^2 \rho \times 10^{-4} \quad (21)$$

Calculer l'affaiblissement linéique (dB/km) dû à la vapeur d'eau pour le modèle de propagation troposphérique en supposant une concentration en vapeur d'eau de $3,0 \text{ g/m}^3$:

$$\gamma_{wt} = \gamma_w(3,0) \quad (22a)$$

Calculer l'affaiblissement linéique (dB/km) dû à la vapeur d'eau pour le modèle de propagation guidée en supposant une concentration en vapeur d'eau de $7,5 \text{ g/m}^3$ pour les trajets terrestres (Zones A1 et A2), à l'aide de la formule suivante:

$$\gamma_{wdl} = \gamma_w(7,5) \quad (22b)$$

Calculer l'affaiblissement linéique (dB/km) dû à la vapeur d'eau pour le modèle de propagation guidée en supposant une concentration en vapeur d'eau de $10,0 \text{ g/m}^3$ pour les trajets maritimes (Zones B et C), à l'aide de la formule suivante:

$$\gamma_{wds} = \gamma_w(10,0) \quad (22c)$$

A noter qu'on utilise la valeur de 10 g/m^3 pour les Zones B et C, faute de données mondiales notamment de valeurs minimales, sur la variabilité de la concentration en vapeur d'eau.

Calculer l'affaiblissement linéique en propagation guidée fonction de la fréquence (dB/km):

$$\gamma_d = 0,05 f^{1/3} \quad (23)$$

Pour le modèle de propagation guidée

Calculer la correction pour tenir compte du couplage direct dans des conduits maritimes (dB):

$$A_c = \frac{-6}{(1 + d_c)} \quad (24)$$

où d_c (km) est la distance entre la station terrienne et la côte, dans la direction considérée.

d_c est nul dans d'autres cas.

Calculer la partie des affaiblissements indépendante de la distance (dB):

$$A_1 = 122,43 + 16,5 \log f + A_h + A_c \quad (25)$$

Calculer la valeur minimale requise des affaiblissements fonction de la distance (dB):

$$L_3(p_1) = L_b(p_1) - A_1 \quad (26)$$

Définir un facteur prévoyant une tolérance pour les affaiblissements additionnels fonction du trajet et de toutes autres causes, y compris celles associées à la hauteur du terrain:

$$\varepsilon = 8,5 \quad (27)$$

Pour le modèle de diffusion troposphérique

Calculer la partie des affaiblissements fonction de la fréquence (dB):

$$L_f = 25 \log(f) - 2,5 \left[\log\left(\frac{f}{2}\right) \right]^2 \quad (28)$$

Calculer la partie des affaiblissements indépendante de la distance (dB):

$$A_2 = 187,36 + 10 \theta_h + L_f - 0,15 N_0 - 10,1 \left(-\log \left(\frac{p_1}{50} \right) \right)^{0,7} \quad (29)$$

où:

θ_h : angle d'élévation de l'horizon de la station terrienne (degrés)

N_0 : réfractivité au sol ramené au niveau de la mer, à mi-trajet.

Calculer la valeur minimale requise pour les affaiblissements fonction de la distance (dB):

$$L_4(p_1) = L_b(p_1) - A_2 \quad (30)$$

Calculs itératifs

Au début de chaque itération, calculer la distance courante pour $i = 0, 1, 2 \dots$ etc.:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad (31)$$

Calculer l'affaiblissement linéique dû à l'absorption par les gaz (dB/km):

$$\gamma_g = \gamma_o + \gamma_{wdl} \left(\frac{d_t}{d_i} \right) + \gamma_{wds} \left(1 - \frac{d_t}{d_i} \right) \quad (32)$$

où d_t est défini au § 4.2 de l'Annexe 1.

Calculer les paramètres suivants fonction de la zone:

$$\tau = 1 - \exp \left[- \left(4,12 \times 10^{-4} d_{lm}^{2,41} \right) \right] \quad (33)$$

où d_{lm} est défini au § 4.2 de l'Annexe 1.

$$\mu_1 = \left[10^{\frac{-d_{lm}}{16 - 6,6 \tau}} + \left[10^{-(0,496 + 0,354 \tau)} \right]^5 \right]^{0,2} \quad (34)$$

où d_{lm} est défini au § 4.2 de l'Annexe 1.

La valeur de μ_1 doit être inférieure ou égale à 1.

$$\sigma = -0,6 - \varepsilon \times 10^{-9} d_i^{3,1} \tau \quad (35)$$

La valeur de σ doit être supérieure ou égale à -3,4.

$$\mu_2 = \left(2,48 \times 10^{-4} d_i^2 \right)^\sigma \quad (36)$$

La valeur de μ_2 doit être inférieure ou égale à 1.

$$\mu_4 = \begin{cases} 10^{(-0,935 + 0,0176 \zeta_r) \log \mu_1} & \text{pour } \zeta_r \leq 70^\circ \\ 10^{0,3 \log \mu_1} & \text{pour } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (37a)$$

$$\mu_4 = \begin{cases} 10^{(-0,935 + 0,0176 \zeta_r) \log \mu_1} & \text{pour } \zeta_r \leq 70^\circ \\ 10^{0,3 \log \mu_1} & \text{pour } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (37b)$$

Calculer l'incidence de la propagation guidée, β , en fonction du trajet et un paramètre connexe, Γ_1 , pour calculer l'affaiblissement de transmission de base en fonction du temps:

$$\beta = \beta_p \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_4 \quad (38)$$

$$\Gamma_1 = \frac{1,076}{(2,0058 - \log \beta)^{1,012}} \exp \left[- \left(9,51 - 4,8 \log \beta + 0,198 (\log \beta)^2 \right) \times 10^{-6} d_i^{1,13} \right] \quad (39)$$

Calculer la partie des affaiblissements en fonction de la distance (dB) en propagation guidée:

$$L_5(p_1) = (\gamma_d + \gamma_g) d_i + (1,2 + 3,7 \times 10^{-3} d_i) \log \left(\frac{p_1}{\beta} \right) + 12 \left(\frac{p_1}{\beta} \right)^{\Gamma_1} \quad (40)$$

et pour la diffusion troposphérique:

$$L_6(p_1) = 20 \log (d_i) + 5,73 \times 10^{-4} (112 - 15 \cos (2\zeta)) d_i + (\gamma_o + \gamma_{wt}) d_i \quad (41)$$

4 Fréquences comprises entre 60 GHz et 105 GHz

Dans les bandes de fréquences en ondes millimétriques comprises entre 60 GHz et 105 GHz, le modèle de propagation est fondé sur l'affaiblissement en espace libre et sur une estimation prudente de l'absorption par les gaz, auxquels s'ajoute une tolérance pour les renforcements des signaux pour de faibles pourcentages de temps. Ce modèle de propagation est valable pour des pourcentages de temps annuels, p_1 , compris entre 0,001% et 50%.

Il faut procéder à un calcul par itération comme indiqué au § 1 de l'Annexe 1. On évalue les formules (43) à (47) et, en commençant à la distance de coordination minimale, d_{min} , qui s'obtient à l'aide de la méthode décrite au § 5.1, on applique par itération les formules (48) et (49), pour des distances d_i , où $i = 0, 1, 2 \dots$ etc., qui sont incrémentés du pas correspondant. Pour chaque itération, d_i désigne la distance courante.

On poursuit cette opération jusqu'à ce que l'une des deux expressions suivantes se vérifie:

$$L_9(p_1) \geq L_8(p_1) \quad (42a)$$

ou

$$d_i \geq d_{max1} \quad (42b)$$

La distance de coordination requise, d_1 , est alors donnée par la distance courante de la dernière itération.

L'incrément de distance recommandé, s (km), est de 1 km.

Calculer l'affaiblissement linéique (dB/km) dû à l'air sec dans la gamme de fréquences 60-105 GHz, à l'aide de la relation suivante:

$$\gamma_{om} = \begin{cases} \left[2 \times 10^{-4} (1 - 1,2 \times 10^{-5} f^{1,5}) + \frac{4}{(f - 63)^2 + 0,936} + \frac{0,28}{(f - 118,75)^2 + 1,771} \right] f^2 6,24 \times 10^{-4} & \text{pour } f > 63,26 \text{ GHz} \\ 10 \text{ dB/km} & \text{pour } f \leq 63,26 \text{ GHz} \end{cases} \quad (43a)$$

$$\quad (43b)$$

Calculer l'affaiblissement linéique (dB/km) dû à la vapeur d'eau, pour une concentration en vapeur d'eau dans l'atmosphère de 3 g/m^3 , à l'aide de la formule suivante:

$$\gamma_{wm} = (0,039 + 7,7 \times 10^{-4} f^{0,5}) f^2 2,369 \times 10^{-4} \quad (44)$$

On obtient une estimation prudente de l'affaiblissement linéique dû à l'absorption par les gaz à partir de la relation:

$$\gamma_{gm} = \gamma_{om} + \gamma_{wm} \quad \text{dB/km} \quad (45)$$

Pour la fréquence considérée et compte tenu de la valeur de l'effet d'écran du terrain pour la station terrienne, A_h (dB), calculée à l'aide de la méthode décrite au § 1 du présent Appendice, calculer la partie de l'affaiblissement de transmission de base qui n'est pas fonction de la distance à l'aide de la formule suivante:

$$L_7 = 92,5 + 20 \log(f) + A_h \quad \text{dB} \quad (46)$$

Calculer la valeur minimale requise des affaiblissements fonction de la distance (dB):

$$L_8(p_1) = L_b(p_1) - L_7 \quad \text{dB} \quad (47)$$

Calculs itératifs

Au début de chaque itération, calculer la distance courante pour $i = 0, 1, 2 \dots$ etc.:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad (48)$$

Calculer les affaiblissements fonction de la distance pour la distance courante:

$$L_9(p_1) = \gamma_{gm} d_i + 20 \log(d_i) + 2,6 \left[1 - \exp\left(\frac{-d_i}{10}\right) \right] \log\left(\frac{p_1}{50}\right) \quad (49)$$

APPENDICE 3

DE L'ANNEXE 1

Calcul de la distance de coordination pour le mode de propagation (2)

1 Aperçu

L'algorithme présenté ci-dessous permet d'obtenir l'affaiblissement de transmission $L_r(p_2)$ (dB) en tant que fonction monotone de l'intensité de pluie, $R(p_2)$ (mm/h), avec la distance de diffusion par les hydrométéores, r_i (km), comme paramètre. La procédure permettant de déterminer le contour de diffusion par les hydrométéores est la suivante:

- Déterminer la valeur de $R(p_2)$ pour le pourcentage de temps annuel moyen requis, p_2 (0,001%-10%) et la zone hydroclimatique appropriée de A à Q.
- Calculer alors les valeurs de $L_r(p_2)$ en incrémentant r_i à partir de la distance de coordination minimale d_{min} . L'incrément de distance recommandé, s (km), est de 1 km. La valeur correcte de r_i est celle pour laquelle la valeur de $L_r(p_2)$ correspondante égale ou dépasse l'affaiblissement de transmission requis $L(p_2)$. Cette valeur de r_i est notée d_r .
- Si, lors du calcul itératif, r_i égale ou dépasse la distance de calcul maximale appropriée (d_{max2}) donnée au Tableau 2, arrêter le calcul et prendre pour d_r cette valeur maximale, ce qui signifie que l'itération prend fin lorsque l'une des deux expressions suivantes se vérifie:

$$L_r(p_2) \geq L(p_2) \quad (50a)$$

ou

$$r_i \geq d_{max2} \quad (50b)$$

- En mode de propagation (2), le contour de coordination est délimité par un cercle de rayon d_r (km) centré sur un point le long de l'azimut du faisceau principal de l'antenne de la station terrienne, à une distance horizontale de Δd (km) de la station terrienne.

2 Distance de calcul maximale

Comme indiqué au § 5.2 de l'Annexe 1, il faut fixer des limites supérieures pour la distance maximale utilisée dans le calcul itératif de la distance de coordination. La distance de calcul maximale à utiliser en mode de propagation (2) (d_{max2}) est fonction de la latitude et est indiquée dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

Distances de calcul maximales en mode de propagation (2) (d_{max2}) (km)

Latitude (degrés)	0-30	30-40	40-50	50-60	> 60
Distance (km)	350	360	340	310	280

3 Calcul du contour de coordination en mode de propagation (2)

Calculer $R(p_2)$ de la façon suivante:

$R(p_2)$ est l'intensité de pluie au sol (mm/h) dépassée en moyenne pendant $p_2\%$ d'une année, $p_2\%$ étant le pourcentage de temps annuel moyen applicable au mode de propagation (2).

Le monde a été divisé en plusieurs zones hydrométéorologiques (voir les Fig. 1, 2 et 3) qui diffèrent les unes des autres du point de vue des caractéristiques des précipitations. Les courbes de la Fig. 4 indiquent la distribution composite de l'intensité de pluie; chacune de ces courbes est applicable à plusieurs climats hydrométéorologiques.

Déterminer le climat hydrométéorologique correspondant à l'emplacement de la station terrienne:

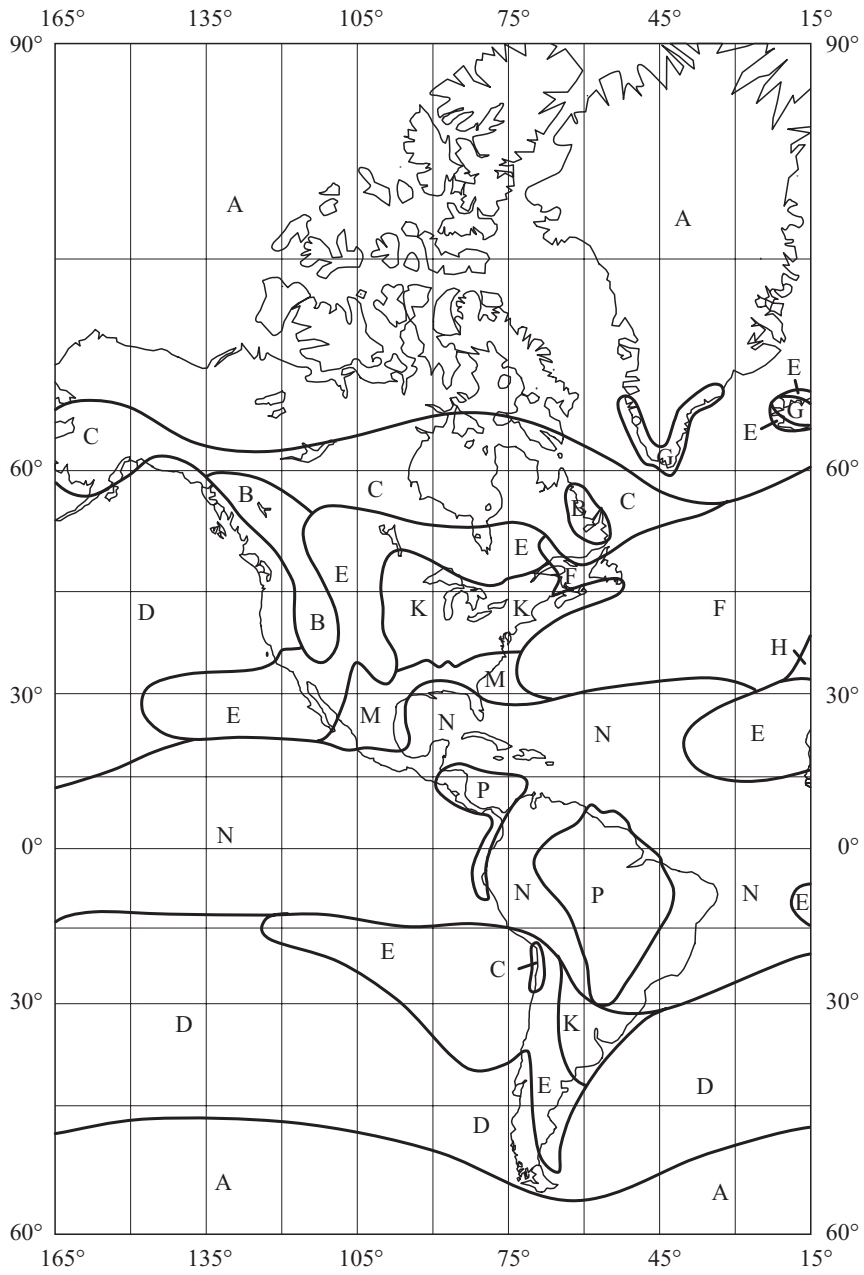
- Pour $0,001\% < p_2 < 0,3\%$ et le climat hydrométéorologique approprié:

Calculer $R(p_2)$ à l'aide de la Fig. 4 ou des formules (51), (52), (53), (54) et (55).

- Pour $p_2 \geq 0,3\%$:

Appliquer la formule (56) en prenant les valeurs de $R(0,3\%)$ et p_c indiquées dans le Tableau 3.

FIGURE 1



0620-01

FIGURE 2

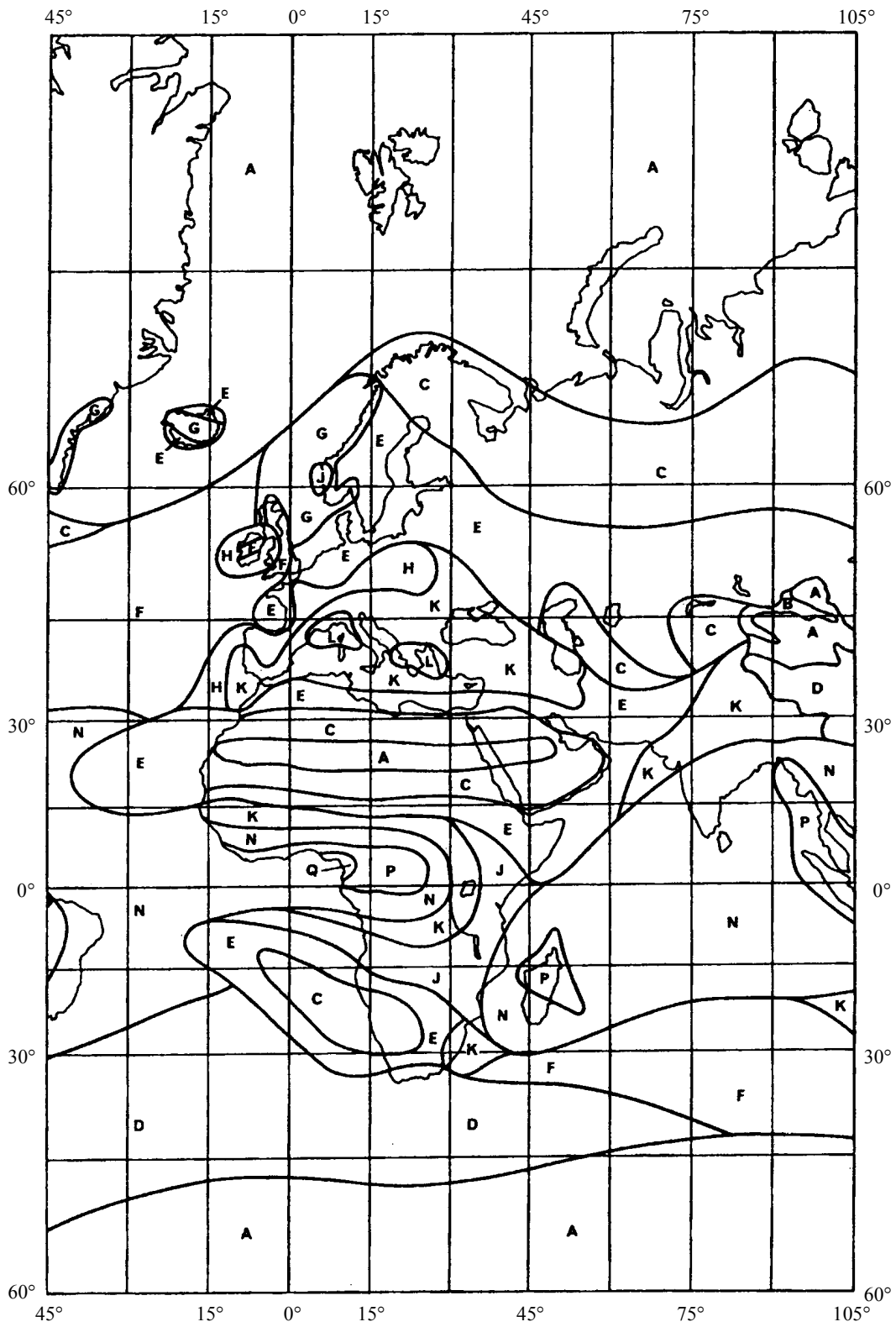


FIGURE 3

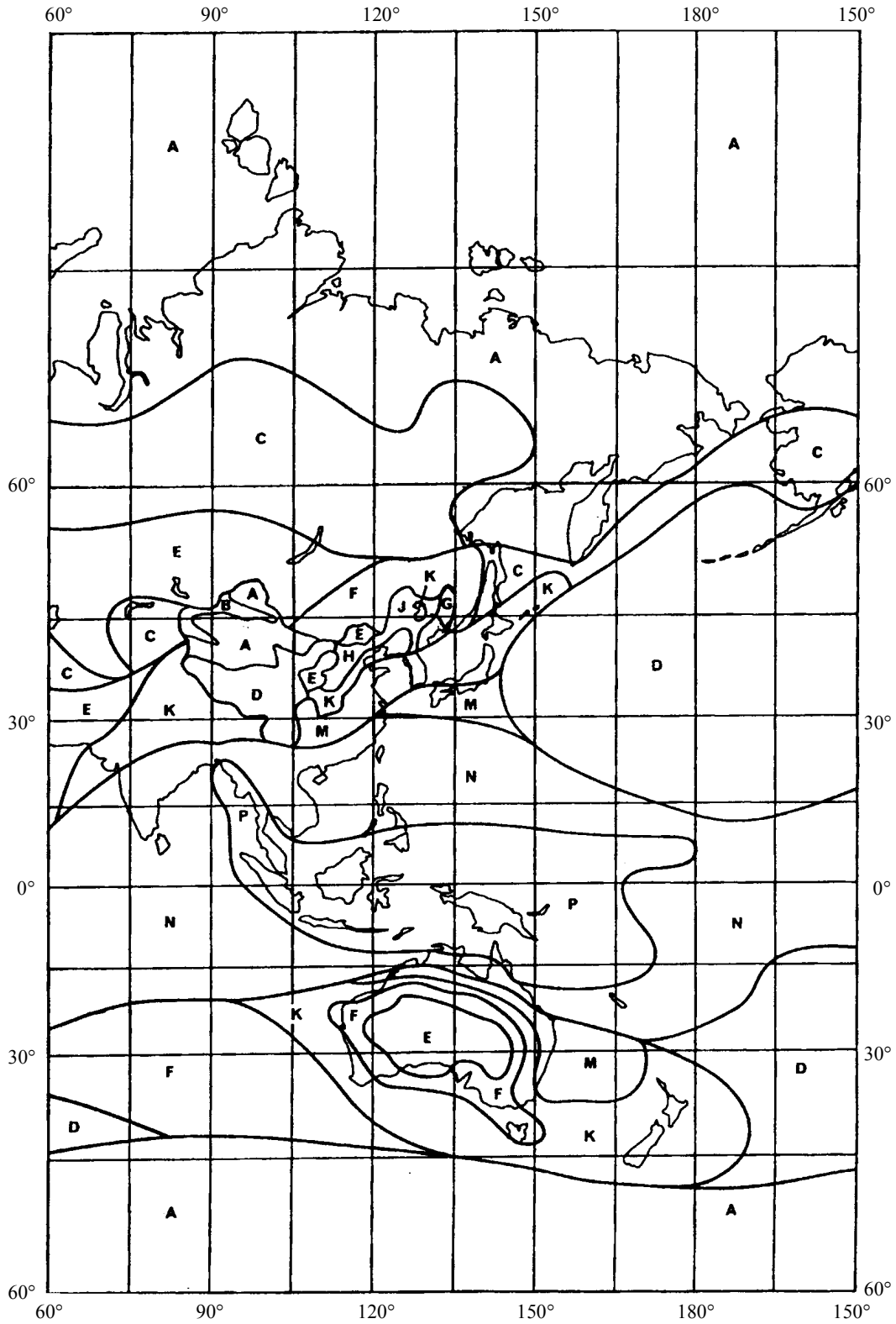
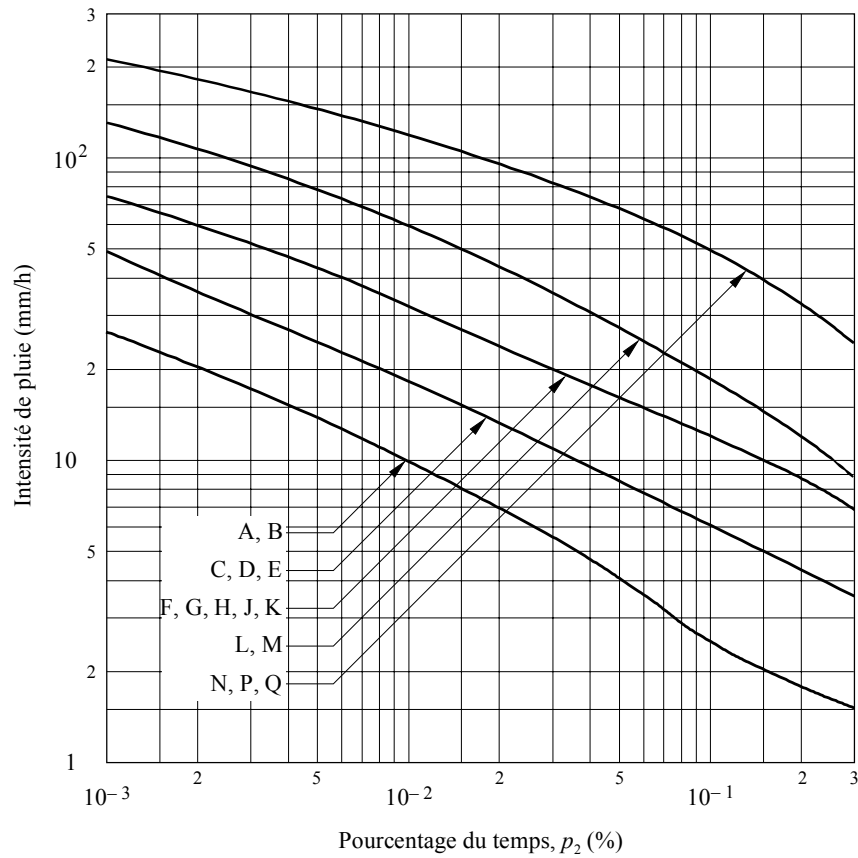


FIGURE 4

Distributions cumulatives composites de l'intensité de pluie pour les zones hydrométéorologiques indiquées aux Fig. 1, 2 et 3



0620-04

Zones hydrométéorologiques A, B

$$R(p_2) = 1,1 p_2^{-0,465} + 0,25 \left[\log(p_2/0,001) \log^3(0,3/p_2) \right] - \left[|\log(p_2/0,1)| + 1,1 \right]^{-2} \text{ mm/h} \quad (51)$$

Zones hydrométéorologiques C, D, E

$$R(p_2) = 2 p_2^{-0,466} + 0,5 \left[\log(p_2/0,001) \log^3(0,3/p_2) \right] \text{ mm/h} \quad (52)$$

Zones hydrométéorologiques F, G, H, J, K

$$R(p_2) = 4,17 p_2^{-0,418} + 1,6 \left[\log(p_2/0,001) \log^3(0,3/p_2) \right] \text{ mm/h} \quad (53)$$

Zones hydrométéorologiques L, M

$$R(p_2) = 4,9 p_2^{-0,48} + 6,5 \left[\log(p_2/0,001) \log^2(0,3/p_2) \right] \text{ mm/h} \quad (54)$$

Zones hydrométéorologiques N, P, Q

$$R(p_2) = 15,6 \left(p_2^{-0,383} + \left[\log(p_2/0,001) \log^{1,5}(0,3/p_2) \right] \right) \text{ mm/h} \quad (55)$$

TABLEAU 3

Zone hydrométéorologique	$R(0,3\%)$ (mm/h)	p_c (%)
A, B	1,5	2
C, D, E	3,5	3
F, G, H, J, K	7,0	5
L, M	9,0	7,5
N, P, Q	25,0	10

où $p_c\%$ est le pourcentage de temps auquel l'intensité de pluie $R(p_2)$ est censée approcher de zéro.

$$R(p_2) = R(0,3\%) \left[\frac{\log(p_c / p_2)}{\log(p_c / 0,3)} \right]^2 \quad \text{mm/h} \quad (56)$$

Calculer l'affaiblissement linéique (dB/km) dû à la pluie en utilisant pour k et α les valeurs du Tableau 4 (formule (58)). On peut obtenir par interpolation des valeurs de k et de α à de fréquences autres que celles qui figurent dans le Tableau 4, en utilisant une échelle logarithmique pour la fréquence, une échelle logarithmique pour k , et une échelle linéaire pour α .

TABLEAU 4

**Valeurs de k et α pour la polarisation verticale
en fonction de la fréquence**

Fréquence (GHz)	k	α
4	0,000591	1,075
6	0,00155	1,265
8	0,00395	1,31
10	0,00887	1,264
12	0,0168	1,20
14	0,029	1,15
18	0,055	1,09
20	0,0691	1,065
22,4	0,090	1,05
25	0,113	1,03
28	0,150	1,01
30	0,167	1,00
35	0,233	0,963
40	0,310	0,929

Soit:

$$R = R(p_2) \quad (57)$$

L'affaiblissement linéique (dB/km) dû à la pluie a pour expression:

$$\gamma_R = k R^\alpha \quad (58)$$

Soit:

$$d_s = 3,5 R^{-0,08} \quad (59)$$

$$C = \frac{2,17}{\gamma_R d_s} \left(1 - 10^{\frac{-\gamma_R d_s}{5}} \right) \quad (60)$$

$$\Gamma_2 = 631 k R^{(\alpha - 0,5)} \times 10^{-(R + 1)^{0,19}} \quad (61)$$

Calculer l'altitude moyenne de pluie au-dessus du sol, h_R (km):

En Amérique du Nord et dans l'ouest de l'Europe de l'Ouest à une longitude de 60° E:

$$h_R = 3,2 - 0,075 (\zeta - 35) \quad \text{pour} \quad 35 \leq \zeta \leq 70 \quad (62)$$

Dans les autres régions du monde:

$$h_R = \begin{cases} 5 - 0,075 (\zeta - 23) & \text{pour} \quad \zeta > 23 \text{ hémisphère Nord} & (63a) \\ 5 & \text{pour} \quad 0 \leq \zeta \leq 23 \text{ hémisphère Nord} & (63b) \\ 5 & \text{pour} \quad 0 \geq \zeta \geq -21 \text{ hémisphère Sud} & (63c) \\ 5 + 0,1 (\zeta + 21) & \text{pour} \quad -71 \leq \zeta < -21 \text{ hémisphère Sud} & (63d) \\ 0 & \text{pour} \quad \zeta < -71 \text{ hémisphère Sud} & (63e) \end{cases}$$

Calculer l'affaiblissement linéique dû à l'absorption par la vapeur d'eau (en supposant une concentration en vapeur d'eau de 7,5 g/m³):

$$\gamma_{wr} = \left[0,06575 + \frac{3,6}{(f - 22,2)^2 + 8,5} \right] f^2 7,5 \times 10^{-4} \quad (64)$$

Définir le gain d'antenne de la station de Terre (supposé égal à 42 dBi):

$$G_T = 42 \quad (65)$$

Calculs itératifs

Procéder au calcul itératif pour augmenter les valeurs de r_i , où r_i est la distance courante (km) entre la région de diffusion maximale et l'emplacement supposé de la station de Terre et $i = 0, 1, 2 \dots$ etc.:

$$r_i = d_{min} + i \cdot s \quad (66)$$

Calculer la perte en couplage par diffusion R pour les hauteurs supérieures à la couche de fusion, E (dB), donnée par:

$$E = \begin{cases} 6,5 \left[6 (r_i - 50)^2 \times 10^{-5} - h_R \right] & \text{pour } 6 (r_i - 50)^2 \times 10^{-5} > h_R \\ 0 & \text{pour } 6 (r_i - 50)^2 \times 10^{-5} \leq h_R \end{cases} \quad (67a)$$

Soit:

$$10 \log A_b = \begin{cases} 0,005 (f - 10)^{1,7} R^{0,4} & \text{pour } 10 \text{ GHz} < f < 40 \text{ GHz} \\ 0 & \text{pour } f \leq 10 \text{ GHz ou quand } E \neq 0 \end{cases} \quad (68a)$$

$$\text{et } d_o = \begin{cases} 0,7 r_i + 32 & \text{pour } r_i < 340 \text{ km} \\ 270 & \text{pour } r_i \geq 340 \text{ km} \end{cases} \quad (69a)$$

$$\text{et } d_v = \begin{cases} 0,7 r_i + 32 & \text{pour } r_i < 240 \text{ km} \\ 200 & \text{pour } r_i \geq 240 \text{ km} \end{cases} \quad (70a)$$

Calculer l'affaiblissement sur le trajet en mode de propagation (2) L_r (dB):

$$L_r = 168 + 20 \log r_i - 20 \log f - 13,2 \log R - G_T + \\ + 10 \log A_b - 10 \log C + \Gamma_2 + E + \gamma_o d_o + \gamma_{wr} d_v \quad (71)$$

où γ_o est donné par la formule (20).

Pour déterminer le centre du contour de coordination en mode de propagation circulaire (2), il faut calculer la distance horizontale entre ce point et la station terrienne le long de l'azimut du faisceau principal de l'antenne de la station terrienne. Cette distance horizontale, Δd (km), est donnée par la formule:

$$\Delta d = \frac{h_R}{2 \operatorname{tg} \varepsilon_s} \quad (72)$$

où ε_s est l'angle d'élévation du faisceau principal de l'antenne de la station terrienne (degrés) et Δd doit être limité à la distance $(d_r - 50)$ pour faire en sorte que la station terrienne ne soit pas située en dehors du contour de coordination en mode de propagation circulaire (2) pour de faibles valeurs de ε_s .

Tracer un cercle de rayon d_r (km) autour du point déterminé ci-dessus. Le contour de coordination en cas de diffusion par les hydrométéores (contour de propagation pour le mode de propagation (2)) est le lieu géométrique des points de ce cercle délimité par les distances de coordination maximale et minimale.

Comme la diffusion par les hydrométéores ne se manifeste notablement que dans la région proche de la station terrienne, le problème de l'affaiblissement sur des trajets mixtes ne se pose pas.

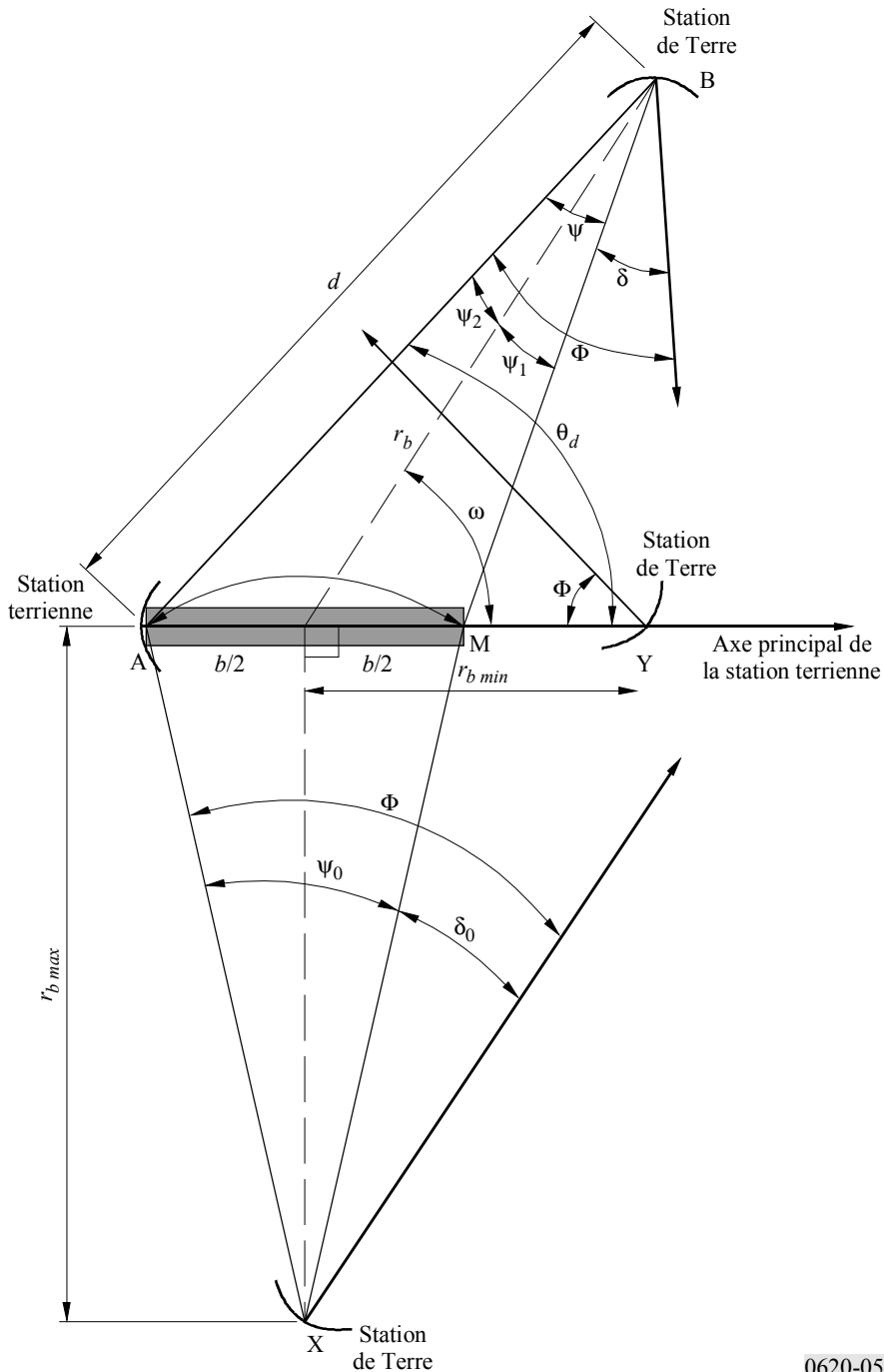
4 Calcul des contours auxiliaires pour le mode de propagation (2)

4.1 Aperçu

La Fig. 5 représente la projection sur le plan horizontal de la diffusion par les hydrométéores. A est la station terrienne, B, la station de Terre en une position arbitraire, X et Y représentent les emplacements de la station de Terre qui correspondent aux distances maximale et minimale respectivement par rapport au centre du contour, définies par la formule (72), et M est la dimension horizontale maximale du volume potentiel commun. La partie ombrée de la Fig. 5 représente la région critique le long du faisceau de la station terrienne qui, s'il est intersecté par le faisceau de la station de Terre produira un brouillage significatif dû à la diffusion par les hydrométéores par suite du couplage lobe principal à lobe principal. Cette région critique, dont la dimension est représentée par b sur la Figure, est limitée d'un côté par la station terrienne et de l'autre par la hauteur de pluie, h_R . Pour un point donné à l'intérieur de la zone de coordination,

l'angle sous-tendu par cette région est appelé l'angle de vue, ψ . L'angle de protection, δ , est l'angle du faisceau de la station de Terre en dehors de la région critique. L'angle de dépointage, Φ , est la somme des deux angles ψ et δ et c'est cette quantité Φ qui reste fixe le long de son contour auxiliaire propre.

FIGURE 5
Géométrie de la propagation dans le plan horizontal



0620-05

Le point de référence du contour est au centre du volume commun (à une distance $b/2$ de la station terrienne). Chaque contour est engendré en faisant varier l'angle polaire, ω , et en tirant les valeurs correspondantes de r_b . Lorsque ω varie de 0° à 360° , les angles ψ et δ augmentent et diminuent mais leur somme reste la même. Une station de Terre est dans sa position la plus favorable lorsque $\omega = 0$ (position Y), l'angle de protection atteint alors son maximum. La distance entre le centre du volume commun et la station de Terre atteint alors une valeur minimale, dénotée $r_{b\ min}$ sur la Figure. A l'opposé, lorsque $\omega = 90^\circ$ (position X), l'angle de vue atteint sa valeur maximale, l'angle de protection sera à son minimum et r_b atteindra sa valeur la plus grande $r_{b\ max}$ pour le contour.

4.2 Les différentes étapes de l'algorithme

L'algorithme suivant peut être utilisé pour le calcul du contour de coordination auxiliaire pour le mode (2), pour une valeur donnée de l'angle de dépointage Φ :

- Les limites de l'angle de protection minimum, δ_0 , sont:

$$\delta_{0\ min} = 1,0^\circ$$

$$\delta_{0\ max} = 48,0^\circ$$

- Calculer la distance horizontale, b (km), entre la station terrienne et le volume commun le plus éloigné possible:

$$b = h_R \cotg \varepsilon_s \quad (73)$$

où ε_s est l'angle d'élévation du faisceau principal de l'antenne de la station terrienne.

- Calculer comme suit la valeur de δ_0 qui correspond à la valeur Φ choisie:

- a) Prendre $\delta_0 = \delta_{0\ min}$.
- b) Calculer le gain de lobe latéral de l'émetteur pour cet angle, δ_0 , par rapport à l'angle de visée à l'aide du diagramme d'antenne de référence de l'Appendice 4.
- c) Utiliser le gain ainsi obtenu à la place du paramètre G_T dans l'équation (71) pour calculer la distance maximale, $r_{b\ max}$, pour le contour auxiliaire, pour le seuil de l'affaiblissement de transmission requis.
- d) Calculer ψ_0 en utilisant la relation:

$$\psi_0 = 2 \operatorname{arc\,tg} \left(\frac{b/2}{r_{b\ max}} \right) \quad (74)$$

- e) Calculer l'angle de dépointage, Φ' , pour la valeur de δ_0 choisie en utilisant la relation:

$$\Phi' = \psi_0 + \delta_0 \quad (75)$$

- f) Si $|\Phi' - \Phi| > 0,01 \Phi$, utiliser la technique de dichotomie classique pour déterminer une nouvelle valeur pour δ_0 et répéter l'opération depuis l'étape b) jusqu'à ce que la convergence définie par $|\Phi' - \Phi| \leq 0,01 \Phi$ soit obtenue.
- g) Utiliser désormais la valeur finale de δ_0 et de $r_{b\ max}$.

- Déduire $r_{b\ min}$ de la façon suivante:

- a) calculer le gain du lobe latéral de l'antenne pour la valeur de Φ ci-dessus à l'aide du diagramme d'antenne de référence de l'Appendice 4;
- b) utiliser ce gain du lobe latéral à la place du paramètre G_T dans l'équation (71) pour calculer la distance pour le contour auxiliaire, pour le seuil de l'affaiblissement de transmission requis. Cette distance est $r_{b\ min}$.

- Construire comme suit le contour pour des valeurs de ω variant de 0° à 180° par pas de 1° :

- a) Prendre $r_b = 0,5 (r_{b\ min} + r_{b\ max})$.

- b) Calculer ψ d'après la relation:

$$\psi_1 = \operatorname{arc\,tg} \left(\frac{b \sin \omega}{2r_b - b \cos \omega} \right) \quad (76)$$

$$\psi_2 = \operatorname{arc\,tg} \left(\frac{b \sin \omega}{2r_b - b \cos \omega} \right) \quad (77)$$

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 \quad (78)$$

- c) Calculer $\delta = \Phi - \psi$.
- d) Calculer $G(\delta)$ à l'aide du diagramme d'antenne de référence de l'Appendice 4.

- e) Utiliser le gain de lobe latéral ainsi obtenu, $G(\delta)$, à la place du paramètre G_T dans l'équation (71), pour calculer la distance r'_b pour le seuil de l'affaiblissement de transmission requis.
- f) Si $|r'_b - r_b| < 0,5$ km, on a trouvé la valeur cherchée.
Sinon, on donne une nouvelle valeur à r_b :

$$r_b = 0,5 (r_b + r_{b \max}) \quad \text{pour} \quad r'_b > r_b \quad (79)$$

$$r_b = 0,5 (r_b + r_{b \min}) \quad \text{pour} \quad r'_b \leq r_b \quad (80)$$

et on répète l'opération depuis l'étape b) jusqu'à f).

- Lorsque la valeur de r_b a été déterminée, calculer la distance, d , et l'azimut, θ_d , à partir de l'emplacement de la station terrienne vis à un point du contour, en utilisant les relations:

$$d = 0,5 b \sin \omega / \sin \psi_2 \quad (81)$$

$$\theta_d = \arcsin (r_b \sin \psi_2 / 0,5 b) \quad \text{pour} \quad (d^2 - r_b^2 + 0,25 b^2) / (b d) > 0 \quad (82)$$

$$\theta_d = \pi - \arcsin (r_b \sin \psi_2 / 0,5 b) \quad \text{pour} \quad (d^2 - r_b^2 + 0,25 b^2) / (b d) \leq 0 \quad (83)$$

- On trouvera les valeurs de r_b pour ω comprises entre 181° et 359° en utilisant la relation symétrique:

$$r_b(\omega) = r_b(-\omega) = r_b(360^\circ - \omega) \quad (84)$$

APPENDICE 4

DE L'ANNEXE 1

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 et 1 et environ 40 GHz

Le présent Appendice décrit un diagramme de rayonnement de référence pour antennes de faisceaux hertziens en visibilité directe à utiliser pour les calculs de la coordination en mode de propagation (2) lorsqu'on ne dispose pas du diagramme d'antenne réel.

Il est essentiel de tout mettre en œuvre pour utiliser le diagramme d'antenne réel pour les études de coordination et l'évaluation du brouillage; toutefois, si l'on ne dispose pas de ce diagramme, on utilisera le diagramme de rayonnement de référence décrit ci-après pour les fréquences comprises entre 1 et 40 GHz:

- a) Dans le 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:

$$G(\varphi) = G_{\max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{pour} \quad 0 < \varphi < \varphi_m \quad (85)$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{pour} \quad \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r \quad (86)$$

$$G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi \quad \text{pour} \quad \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ \quad (87)$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{pour} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (88)$$

$$G_1 = 2 + 15 \log \left(\frac{D}{\lambda} \right) \quad (89)$$

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1} \quad (90)$$

$$\varphi_r = 15,85 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0,6} \quad (91)$$

- b) 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):

$$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{pour} \quad 0 < \varphi < \varphi_m \quad (92)$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{pour} \quad \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D} \quad (93)$$

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi \quad \text{pour} \quad 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ \quad (94)$$

$$G(\varphi) = 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{pour} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (95)$$

- c) Dans le cas où seul le gain d'antenne maximal est connu, D/λ peut être évalué à partir de l'expression:

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{max} - 7,7 \quad (96)$$

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

- d) Dans les cas où seules les ouvertures de faisceau sont connues:

On calculera la valeur du rapport D/λ (D et λ étant exprimés dans la même unité) à partir de la formule suivante:

$$D/\lambda \approx 69,3 / \theta_{bw} \quad (97)$$

où θ_{bw} est l'ouverture (degrés) du faisceau à -3 dB.

La valeur G_{max} peut être estimée à partir de la formule approchée suivante:

$$G_{max} \text{ (dBi)} \approx 44,5 - 20 \log \theta_{bw} \quad (98)$$

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 du présent Appendice 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 aux points a) et b) 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 le présent Appendice 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 – Pour plus d'informations, on trouvera dans la Recommandation UIT-R F.1245 un modèle mathématique de diagrammes de rayonnement moyens à utiliser dans certaines études de coordination et dans l'évaluation du brouillage.

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 aux points a) et b) 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).

APPENDICE 5

DE L'ANNEXE 1

Paramètres d'entrée et paramètres calculés

Dans certains cas, un paramètre peut être soit un paramètre d'entrée, soit un paramètre calculé dans la présente Recommandation. La nature des paramètres (d'entrée ou calculés) est indiquée dans le Tableau 5 ci-dessous. On entend par:

- *Paramètre d'entrée*: un paramètre dont la valeur n'est pas indiquée ou qui ne peut pas être obtenue sur la base de cette Recommandation (par exemple fréquence, latitude de la station terrienne, etc.).
- *Paramètre calculé*: paramètre dont la valeur est déterminée, définie (une constante par exemple) ou calculée sur la base de la Recommandation UIT-R P.620, il peut s'agir par exemple de l'intensité de pluie au sol, $R(p)$ (mm/h) (obtenue au moyen de cartes et de graphiques), de d_{max2} (paramètre obtenu à l'aide du Tableau 5) de la distance de coordination en mode de propagation (1) d_1 (km) (paramètre calculé) etc.

On trouvera dans le Tableau 1 la définition et l'emplacement des paramètres faisant l'objet d'un renvoi par astérisque.

TABLEAU 5

Définition des termes

Paramètre	Unités	Définition	Emplacement	Nature du paramètre
A_c	dB	Correction pour tenir compte du couplage direct dans les conduits maritimes	Formule (24)	Paramètre calculé
A_d	dB	Correction pour tenir compte de la distance de l'horizon le long de chaque azimut vu depuis la station terrienne	Formule (10)	Paramètre calculé
A_h	dB	Affaiblissement total imputable à l'effet d'écran du terrain le long de chaque azimut vu depuis la station terrienne	Formules (11a) à (11c) § 1 de l'Appendice 2	Paramètre calculé
b	km	Distance horizontale entre la station terrienne et le volume commun le plus éloigné possible, utilisée pour calculer les contours auxiliaires en mode de propagation (2)	Formule (73)	Paramètre calculé
C	–	Transformée de diffusion effective utilisée en mode de propagation (2)	Formule (60)	Paramètre calculé
d	km	Distance entre la station terrienne et un point du contour auxiliaires, utilisée pour calculer les contours auxiliaires en mode de propagation (2)	Formule (81) § 4.1 et 4.2 de l'Appendice 3	Paramètre calculé
d_1	km	Distance de coordination en mode de propagation (1)	§ 2, 3 et 4 de l'Appendice 2	Paramètre calculé

TABLEAU 5 (suite)

Paramètre	Unités	Définition	Emplacement	Nature du paramètre
d_c	km	*	*	Paramètre d'entrée
d_h	km	*	*	Paramètre d'entrée
d_i	km	Distance courante à partir de la station terrienne utilisée pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode (1)	Formules (15), (31) et (48)	Paramètre calculé
d_{lm}	km	*	*	Paramètre d'entrée
d_{max1}	km	Distance de calcul maximale en mode de propagation (1)	§ 5.2	Paramètre calculé
d_{max2}	km	Distance de calcul maximale en mode de propagation (2)	Tableau 2	Paramètre calculé
d_{min}	km	Distance de coordination minimale en modes de propagation (1) et (2)	Formules (5a) à (5f)	Paramètre calculé
d'_{min}	km	Distance de coordination minimale aux basses fréquences	Formule (4)	Paramètre calculé
d_0, d_v	km	Distances utilisées pour calculer la distance de coordination en mode (2)	Formules (69a), (69b) (70a) et (70b)	Paramètre calculé
d_r	km	Distance depuis la station terrienne à laquelle l'affaiblissement égale ou dépasse l'affaiblissement de transmission requis en mode de propagation (2)	§ 1 de l'Appendice 3	Paramètre calculé
d_s	km	Longueur du trajet oblique à l'intérieur de la cellule de pluie	Formule (59)	Paramètre calculé
d_t	km	*	*	Paramètre d'entrée
d_{tm}	km	*	*	Paramètre d'entrée
D	m	*	*	Paramètre d'entrée
E	dB	Perte en couplage par diffusion pour les hauteurs supérieures à la couche de fusion	Formules (67a) et (67b)	Paramètre calculé
f	GHz	*	*	Paramètre d'entrée
$G(\varphi)$	dB	Gain d'antenne à l'angle hors axe de φ déterminé à l'aide du diagramme de rayonnement de l'antenne de référence (Appendice 4).	Formules (85) à (88), (92) à (95)	Paramètre calculé
G_L		Terme utilisé pour convertir le pourcentage moyen pour le mois le plus défavorable en pourcentage de temps annuel	Formules (7a) et (7b)	Paramètre calculé
G_1	dB	Gain d'antenne dans le premier lobe latéral de l'antenne calculé à l'aide du diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Formule (89)	Paramètre calculé
G_{max}	dB	*	*	Paramètre d'entrée
G_T	dB	*	*	Paramètre d'entrée
h_R	km	Hauteur de pluie équivalente au-dessus du sol	Formules (62) et (63a) à (63e)	Paramètre calculé
$L_b(p_1)$	dB	*	*	Paramètre d'entrée
$L_b(p_2)$	dB	*	*	Paramètre d'entrée

TABLEAU 5 (suite)

Paramètre	Unités	Définition	Emplacement	Nature du paramètre
$L_{bt}(p_1)$	dB	Affaiblissement dans l'hypothèse d'un trajet en totalité terrestre (Zone A1 ou A2), utilisé pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (16)	Paramètre calculé
$L_{bs}(p_1)$	dB	Affaiblissement dans l'hypothèse d'un trajet situé entièrement dans une zone maritime froide (Zone B) ou une zone maritime chaude (Zone C), utilisé pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formules (17a) et (17b)	Paramètre calculé
$L_1(p_1)$ $L_2(p_1)$ $L_3(p_1)$ $L_4(p_1)$ $L_5(p_1)$ $L_6(p_1)$ $L_7(p_1)$ $L_8(p_1)$ $L_9(p_1)$	dB dB dB dB dB dB dB dB dB	Affaiblissements utilisés pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formules (14), (18), (26), (30), (40), (41), (46), (47) et (49)	Paramètre calculé
L_f	dB	Affaiblissement en fonction de la fréquence utilisé pour calculer la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (28)	Paramètre calculé
L_r	dB	Affaiblissement de transmission, obtenu en tant que fonction monotone de l'intensité de pluie (R), utilisé pour calculer la distance de coordination en mode de propagation (2)	Formule (71)	Paramètre calculé
N_0	–	Réfractivité au sol ramené au niveau de la mer à mi-trajet	Formule (3)	Paramètre calculé
p_c	%	Pourcentage de temps auquel l'intensité de pluie $R(p)$ est censée approcher de zéro	Formule (56) Tableau 3	Paramètre calculé
p_1	%	*	*	Paramètre d'entrée
p_{w1}	%	*	*	Paramètre d'entrée
p_2	%	*	*	Paramètre d'entrée
p_{w2}	%	*	*	Paramètre d'entrée
$R(p_2)$	mm/h	Intensité de pluie au sol dépassée pendant un pourcentage de temps annuel moyen, $p_2\%$, utilisée pour les calculs en mode de propagation (2)	Formules (51) à (56)	Paramètre calculé
r_b	km	Distance entre le centre du volume commun et le contour auxiliaire, utilisée pour calculer les contours auxiliaires en mode de propagation (2)	Formules (79), (80) et (84) § 4.1 et 4.2 de l'Appendice 3	Paramètre calculé
$r_{b \max}$	km	Valeur maximale de r_b lorsque $\omega = 90^\circ$	§ 4.1 de l'Appendice 3	Paramètre calculé
$r_{b \min}$	km	Valeur minimale de r_b lorsque $\omega = 0^\circ$	§ 4.1 de l'Appendice 3	Paramètre calculé
r_i	km	Distance courante entre la région de diffusion maximale et l'emplacement supposé d'une station de Terre, utilisée pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (2)	Formules (66) et (67)	Paramètre calculé
s	km	*	*	Paramètre d'entrée

TABLEAU 5 (suite)

Paramètre	Unités	Définition	Emplacement	Nature du paramètre
α	–	Indice utilisé dans la relation $\gamma_R = k R^\alpha$ en cas d'affaiblissement linéique dû à la pluie	Tableau 4	Paramètre calculé
β_p	%	Incidence relative des conditions anormales de propagation par temps clair	Formules (2a) et (2b)	Paramètre calculé
Δd	km	Distance d'un point situé le long de l'azimut du faisceau de la station terrienne à utiliser comme le centre du contour de coordination en mode de propagation (circulaire) (2)	Formule (72)	Paramètre calculé
δ	degrés	Angle de protection minimal requis utilisé pour calculer les contours auxiliaires en mode de propagation (2) (voir le § 4.2 de l'Appendice 3)	§ 4.1 et 4.2 de l'Appendice 3	Paramètre calculé
ε	–	ε est une tolérance pour les affaiblissements additionnels fonction de la distance et de toutes autres causes, y compris celles associées à la hauteur du terrain	Formule (27)	Paramètre calculé
ε_s	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
φ	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
φ_r	degrés	Décalage angulaire par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne, utilisé dans le diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Formule (91)	Paramètre calculé
φ_m	degrés	Décalage angulaire par rapport à l'axe du faisceau principal de l'antenne, utilisé dans le diagramme de rayonnement de référence de l'antenne (Appendice 4)	Formule (90)	Paramètre calculé
Γ_1	–	Terme utilisé dans le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (39)	Paramètre calculé
Γ_2	dB	Terme utilisé dans le calcul de la distance de coordination en mode de propagation (2)	Formule (61)	Paramètre calculé
γ_d	dB/km	Terme d'affaiblissement linéique utilisé dans le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (23)	Paramètre calculé
γ_g	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'absorption par les gaz	Formule (32)	Paramètre calculé
γ_{gm}	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'absorption par les gaz, utilisé dans la gamme de fréquences 60 GHz-105 GHz	Formule (45)	Paramètre calculé
γ_o	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'air sec	Formule (20)	Paramètre calculé
γ_{om}	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'air sec utilisé dans la gamme de fréquences 60 GHz-105 GHz	Formules (43a) et (43b)	Paramètre calculé
γ_R	dB/km	Affaiblissement linéique dû à la pluie	Formule (58)	Paramètre calculé
γ_w	dB/km	Affaiblissement linéique dû à la vapeur d'eau	Formule (21)	Paramètre calculé
γ_{wdl}	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'absorption par la vapeur d'eau, utilisé dans le modèle de propagation guidée pour les trajets terrestres (Zone A1 et Zone A2) (en supposant une concentration en vapeur d'eau de 7,5 g/m ³)	Formule (22b)	Paramètre calculé
γ_{wds}	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'absorption par la valeur d'eau, utilisé dans le modèle de propagation guidée pour les trajets maritimes (Zone B et Zone C) (en supposant une concentration en vapeur d'eau de 10,0 g/m ³)	Formule (22c)	Paramètre calculé

TABLEAU 5 (*fin*)

Paramètre	Unités	Définition	Emplacement	Nature du paramètre
γ_{wr}	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'absorption par la vapeur d'eau, utilisé dans le modèle de diffusion par les hydrométéores (en supposant une concentration en vapeur d'eau de $7,5 \text{ g/m}^3$)	Formule (64)	Paramètre calculé
γ_{wt}	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'absorption par la vapeur d'eau, utilisé dans le modèle de propagation troposphérique (en supposant une concentration en vapeur d'eau de 3 g/m^3)	Formule (22a)	Paramètre calculé
γ_{wm}	dB/km	Affaiblissement linéique dû à l'absorption par la vapeur d'eau, utilisé dans la gamme de fréquences 60 GHz-105 GHz (en supposant une concentration en vapeur d'eau de 3 g/m^3)	Formule (44)	Paramètre calculé
φ	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
k	dB/km	Coefficient utilisé dans la relation $\gamma_R = k R^\alpha$ pour l'affaiblissement linéique dû à la pluie	Tableau 4	Paramètre calculé
λ	m	*	*	Paramètre d'entrée
μ_1	–	Paramètre dépendant de la proportion du trajet qui est terrestre (zones à l'intérieur des terres ou côtière) ou maritime, utilisé pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (34)	Paramètre calculé
μ_2	–	Paramètre utilisé pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (36)	Paramètre calculé
μ_4	–	Paramètre utilisé pour le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formules (37a) et (37b)	Paramètre calculé
θ_d	degrés	Azimut de la direction du faisceau principal de la station terrienne par rapport à un point du contour auxiliaire, utilisé pour calculer les contours auxiliaires en mode de propagation (2)	Formules (82) et (83) § 4.1 et 4.2 de l'Appendice 3	Paramètre calculé
θ_h	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
θ_{bw}	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
ρ	g/m^3	*	*	Paramètre d'entrée
τ	–	Paramètre utilisé dans le calcul itératif de la distance de coordination en mode de propagation (1)	Formule (33)	Paramètre calculé
ω	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
ψ	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
ζ	degrés	*	*	Paramètre d'entrée
ζ_r	degrés	Latitude, relative à la latitude de la station terrienne, utilisée pour déterminer une valeur appropriée de l'incidence relative des conditions anormales de propagation par temps clair, β_p	Formules (1a) et (1b)	Paramètre calculé