

RECOMMANDATION UIT-R IS.849-1

**DÉTERMINATION DE LA ZONE DE COORDINATION POUR LES STATIONS TERRIENNES
OPÉRANT AVEC DES ENGINES SPATIAUX NON GÉOSTATIONNAIRES
DANS LES BANDES PARTAGÉES AVEC DES SERVICES DE TERRE***

(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, dans certains systèmes spatiaux faisant appel à des stations spatiales non géostationnaires, le gain d'antenne des stations terriennes, mesuré en direction de l'horizon, peut varier considérablement avec le temps, d'une manière cohérente et prévisible;
- b) que, lorsque le gain d'antenne de station terrienne en direction de l'horizon présente une variation considérable avec le temps, les occurrences d'un gain relativement élevé dans ce plan avec un affaiblissement de transmission de référence relativement faible au même azimut peuvent être traitées comme des événements statistiques indépendants qui ne se produiront simultanément qu'à de très faibles pourcentages du temps;
- c) que les limites inférieures de l'angle d'élévation d'un lobe principal d'antenne et les limites supérieures de la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) en direction de l'horizon, prescrites pour les stations terriennes à l'Article 28 du Règlement des radiocommunications (RR), contribuent à restreindre la portée maximale des distances de coordination;
- d) que la méthode de la Recommandation UIT-R IS.847 pour déterminer les distances de coordination prend pour hypothèse un gain d'antenne de station terrienne constant dans la direction de l'horizon,

recommande

1. que les stations terriennes utilisant des antennes qui poursuivent des stations spatiales non géostationnaires soient exploitées avec les valeurs les plus élevées d'angle d'élévation minimal d'antenne qui soient possibles pratiquement tout en étant compatibles avec leurs conditions de fonctionnement et avec les limites spécifiées dans l'Article 28 du RR pour l'angle d'élévation et la p.i.r.e.;
2. que les zones de coordination des stations terriennes opérant avec des stations spatiales non géostationnaires soient déterminées selon l'une des méthodes exposées ci-après, avec priorité à celle qui donne les distances de coordination les plus courtes (Note 1). Dans l'application de ces méthodes, on utilisera les paramètres de station terrienne de réception spécifiés au Tableau 1 en remplacement des paramètres spécifiés au Tableau 2 de la Recommandation UIT-R IS.847, dans les cas appropriés (Note 2).

2.1 Méthodes statistiques

La méthode 3% – Lorsque les statistiques de gain d'antenne en direction de l'horizon peuvent être déterminées conformément à l'Annexe 1, la valeur de gain d'antenne en direction de l'horizon (G_t' ou G_r selon le cas) dépassée pendant 3% du temps, déterminée pour chaque azimut selon la méthode définie à l'Annexe 1 doit être utilisée, conjointement à la méthode de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847 pour les distances du Mode de propagation 1.

La méthode composite – Lorsque, dans la zone de coordination définie par la méthode ci-dessus, une station de Terre relevant d'une autre administration est identifiée comme pouvant être affectée, on peut, par accord entre administrations, remplacer ce contour de coordination par le contour de coordination déterminé selon la Méthode composite de l'Annexe 2. Cette dernière tient compte des statistiques communes d'affaiblissement de propagation et de gain d'antenne en convoluant leurs fonctions de densité de probabilité (Note 3).

* La procédure décrite dans la présente Recommandation est applicable aux situations dans lesquelles la zone de coordination doit être déterminée d'après des seuils spécifiés de la puissance brouilleuse. Pour les cas dans lesquels les distances de coordination sont prédéterminées, voir la Recommandation UIT-R IS.850 qui, de toute façon, devra être consultée avant d'appliquer la présente Recommandation.

2.2 Méthode du gain invariant dans le temps (TIG)

Lorsque les statistiques de gain d'antenne en direction de l'horizon ne peuvent pas être déterminées de façon fiable, les valeurs de gain d'antenne en direction de l'horizon définies ci-après pour chaque azimut, conjointement avec la méthode de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847 pour les distances du Mode de propagation 1 (Note 4) doivent être utilisées:

$$\begin{array}{ll}
 G_e = G_{max} & \text{pour } (G_{max} - G_{min}) \leq 20 \text{ dB} \\
 G_e = G_{min} + 20 & \text{pour } 20 \text{ dB} < (G_{max} - G_{min}) < 30 \text{ dB} \\
 G_e = G_{max} - 10 & \text{pour } (G_{max} - G_{min}) \geq 30 \text{ dB}
 \end{array}$$

où:

G_e : gain d'antenne de la station terrienne en direction de l'horizon (dBi) pour un azimut particulier, à utiliser pour G_T' ou G_T dans l'équation (2) de la Recommandation UIT-R IS.847

G_{max} et G_{min} : respectivement, valeurs maximale et minimale du gain d'antenne vers l'horizon (dBi), dans l'azimut examiné;

3. que, si une station terrienne est destinée tantôt à être exploitée avec des satellites en orbite géostationnaire et tantôt à l'être avec des satellites non géostationnaires, la distance de coordination dans chaque azimut est la plus grande distance de coordination déterminée pour chaque type de fonctionnement conformément à toutes les dispositions applicables de la présente Recommandation et de la Recommandation UIT-R IS.847 (Note 5);

4. que les contours de coordination publiés pour les stations terriennes opérant avec des stations spatiales non géostationnaires soient complétés par les données suivantes:

- l'indication de la méthode choisie, parmi celles figurant aux § 2 et 3, pour déterminer la zone de coordination;
- un diagramme ou un tableau montrant les angles d'élévation opérationnels minimaux pour chaque azimut; et
- une liste des valeurs de gain d'antenne en direction de l'horizon qui ont été utilisées pour calculer les distances de coordination;

5. que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation.

Note 1 – Il a été vérifié que la méthode statistique, ainsi que la méthode du gain invariant dans le temps (Time-Invariant gain – TIG), qui font l'objet du § 2, donnaient des distances de coordination compatibles avec l'objet des zones de coordination. Dans les cas pratiques étudiés lors de la mise au point de la présente Recommandation, la méthode statistique donnait en général des distances de coordination inférieures aux distances obtenues avec la méthode TIG. En conséquence, la distance de coordination sera la valeur déterminée selon la méthode statistique sauf lorsque les valeurs déterminées avec la méthode TIG seront inférieures pour tous les azimuts, auquel cas ces dernières valeurs seront adoptées. L'Annexe 3 fournit un exemple de calculs de distances de coordination selon l'une et l'autre méthodes.

Note 2 – Le Mode de propagation 2 (diffusion par des hydrométéores) n'est pas pris en considération au § 2 parce que la probabilité de non-dépassement du niveau requis d'affaiblissement de transmission est grandement réduite par le mouvement de l'antenne en cas de stations terriennes à gain d'antenne relativement élevé, ou à cause des affaiblissements de transmission relativement élevés qui sont associés aux stations terriennes à gain d'antenne relativement faible. En tous cas, les distances du Mode de propagation 2 seront inférieures aux distances du Mode de propagation 1 (grand cercle). Le mécanisme du Mode de propagation 2 pourra cependant donner lieu à des brouillages notables si la distance de séparation est inférieure à la distance de coordination du Mode de propagation 1; lors de la coordination, il sera donc nécessaire de tenir compte de la possibilité de brouillage par le Mode de propagation 2.

Note 3 – La méthode composite décrite à l'Annexe 2 est une nouvelle procédure que les administrations sont encouragées à utiliser. Les essais effectués jusqu'ici avec cette méthode indiquent qu'elle donne une zone de coordination suffisamment large, mais plus petite que celle obtenue avec la méthode statistique (3%) ou la méthode TIG dont il est question au § 2.

Note 4 – Les modalités de la méthode TIG permettent de tirer parti de la nature variable dans le temps du gain d'antenne par rapport à l'horizon pour des stations terriennes utilisant des antennes qui poursuivent des stations spatiales non géostationnaires. Aucun avantage ne peut cependant être tiré avec certitude de cette méthode dans le cas de stations terriennes utilisant des antennes à faible gain (c'est-à-dire que des antennes ayant un gain maximal inférieur à environ 23 dBi ne pourront en général pas produire des différences de 20 dB ou plus entre les valeurs minimale et maximale du gain d'antenne en direction de l'horizon).

TABLEAU 1

**Paramètres pour la détermination de la distance de coordination des stations terriennes de réception
fonctionnant avec des stations spatiales non géostationnaires**

Désignation du service de radiocommunications spatiales		Recherche spatiale			Exploitation spatiale		Exploration de la Terre par satellite		Météorologie par satellite		
		Au voisinage de la Terre		Espace lointain							
Bandes de fréquences (MHz) ⁽¹⁾		Habitée	Non habitée		2 290-2 300	1 525-1 530	2 200-2 290	8 025-8 400	1 670-1 710 ⁽¹⁴⁾	7 450-7 550	
		1 700-1 710 2 200-2 290									
Modulation à la station terrienne ⁽²⁾		–	–	–	–	–	N	N	N	N	N
Paramètres et critères de brouillage de la station terrienne	p_0 (%)	0,1	0,001	0,001	1,0	1,0	0,02	0,022	0,012	0,012	0,006
	n	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	p (%)	0,05	0,001	0,001	1,0	0,5	0,01	0,011	0,006	0,006	0,003
	N_L (dB) ⁽³⁾	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
	M_s (dB) ⁽⁴⁾	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24
	W (dB) ⁽⁵⁾	–	–	–	0	0	0	0	0	0	0
Paramètres de la station de Terre	E (dBW) A	62 ⁽⁶⁾	62 ⁽⁶⁾	62 ⁽⁶⁾	50	62 ⁽⁷⁾	55	55	92 ⁽⁷⁾	92 ⁽⁷⁾	55
	E (dBW) N	–	–	–	37	–	42	42	–	–	–
	P_t (dBW) A	10 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	13	10 ⁽⁷⁾	13	13	40 ⁽⁷⁾	40 ⁽⁷⁾	13
	P_t (dBW) N	–	–	–	0	–	0	0	–	–	–
	ΔG (dB)	10 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	10 ⁽⁶⁾	–5	10 ⁽⁷⁾	0	0	10 ⁽⁷⁾	10 ⁽⁷⁾	0
Largeur de bande de référence ⁽⁸⁾	B (Hz)	1	1	1	10^3	10^3	100×10^6 ⁽⁹⁾	40×10^6 ⁽⁹⁾	$5,33 \times 10^6$	$1,334 \times 10^6$	10^6
Niveau du seuil de brouillage	$P_r(p)$ (dBW) dans B	–216	–216	–222	–184	–184	–118 ⁽¹⁰⁾	–126 ⁽¹¹⁾	–124 ⁽¹²⁾	–144 ⁽¹³⁾	–142

Notes relatives au Tableau 1:

- (1) Les bandes de fréquences attribuées sont indiquées dans l'Article 8 du Règlement des radiocommunications.
- (2) A: modulation analogique; N: modulation numérique.
- (3), (4), (5) Voir les Notes 2, 3 et 4 au § 2.3.1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847.
- (6) Dans ces bandes, on a utilisé les paramètres des stations de Terre associées à des systèmes transhorizon.
 Pour le service de recherche spatiale uniquement, lorsque les systèmes transhorizon ne sont pas pris en compte, on peut appliquer les valeurs suivantes étant entendu que celles-ci sont estimées pour une largeur de bande de 1 Hz et inférieures de 30 dB à la puissance totale supposée pour chaque émission:
 $E = 20$ dBW, $P_t = -17$ dBW, $\Delta G = -5$ dB pour les stations de Terre analogiques
 $E = -23$ dBW, $P_t = -60$ dBW, $\Delta G = -5$ dB pour les stations de Terre numériques.
- (7) Dans ces bandes, on a utilisé les paramètres des stations de Terre associées à des systèmes transhorizon. Si une administration estime superflu de tenir compte des systèmes transhorizon, elle peut employer les paramètres des faisceaux hertziens en visibilité directe associés à la bande de fréquences 1 525-1 530 MHz pour déterminer la zone de coordination.
- (8) Dans certains systèmes, il peut être souhaitable de choisir une largeur de bande de référence B qui diffère de l'entrée du tableau si le cahier des charges du système indique que cela peut être fait. Mais comme les valeurs de E et de P_t ne doivent pas être modifiées, une bande plus large conduira à des distances de coordination plus courtes; et une décision ultérieure de réduire la largeur de bande de référence pourra nécessiter une recoordination de la station terrienne. Il pourra aussi être souhaitable de diminuer la valeur de la largeur de bande de référence; par exemple, pour des émissions en bande étroite, la largeur de bande de référence B pourra être supposée égale à la bande étroite occupée par les émissions utiles.
- (9) Dans certains cas, il est nécessaire d'envisager une largeur de bande de référence plus petite en raison des caractéristiques des systèmes. Il faut alors admettre que la largeur de bande de référence est égale à la largeur réellement occupée ou à 1 MHz (la valeur la plus grande étant applicable), les critères de seuil de brouillage étant adaptés en conséquence (par exemple, si $P_r(p) = -118$ dBW dans 100 MHz, dans 1 MHz, il vaudra -138 dBW).
- (10) Cette valeur est applicable à une station terrienne utilisée pour l'acquisition de données enregistrées dont le gain d'antenne est de 55,2 dBi (9 m de diamètre). Pour d'autres gains d'antenne, le niveau de brouillage total admissible varie en proportion directe de la variation du gain de l'antenne.
- (11) Cette valeur est applicable à une station terrienne utilisée pour l'extraction directe de données dont le gain d'antenne est de 36,4 dBi (1 m de diamètre).
- (12) Cette valeur est applicable aux stations terriennes dont le gain d'antenne est de 46,8 dBi (15,9 m de diamètre). Pour d'autres antennes, dans la gamme des 39 dBi (6,5 m de diamètre) $< \sigma < 46,8$, $P_r(p) = \sigma - 170,8$ dBW.
- (13) Cette valeur est applicable aux stations terriennes dont le gain d'antenne est de 29,8 dBi (2,2 m de diamètre). Pour les antennes ayant d'autres valeurs de gain σ ($\sigma \leq 38$ dBi), les valeurs appropriées de $P_r(p)$ seront les suivantes:
- | | | | |
|---------------------------------|-----|------|---|
| $P_r(p) = -144$ | dBW | pour | $\sigma \leq 30$ dBi (2,3 m de diamètre) |
| $P_r(p) = 2(\sigma - 30) - 144$ | dBW | pour | $30 \text{ dBi} < \sigma \leq 34$ dBi (3,6 m de diamètre) |
| $P_r(p) = \sigma - 170$ | dBW | pour | $34 \text{ dBi} < \sigma < 38$ dBi (5,8 m de diamètre) |
- (14) Dans la bande 1 670-1 700 MHz, un contour supplémentaire est nécessaire pour la coordination avec le service des auxiliaires de la météorologie. Voir le Tableau 2 de la Recommandation UIT-R IS.850 pour les détails des calculs.

Note 5 – Lorsque le § 3 est applicable, les distances du Mode de propagation 2 doivent normalement être déterminées et appliquées pour les opérations avec un satellite géostationnaire comme indiqué dans la Recommandation UIT-R IS.847. Dans ces cas, la distance de coordination dans tout azimut particulier sera la plus grande des distances déterminées pour les opérations avec un satellite géostationnaire (Modes de propagation 1 et 2) et pour les opérations avec une station spatiale non géostationnaire (Mode de propagation 1 uniquement).

ANNEXE 1

Statistiques applicables du gain d'antenne vers l'horizon

Les distributions cumulatives du gain d'antenne vers l'horizon sont nécessaires pour chaque azimut afin de déterminer:

- le gain d'antenne vers l'horizon qui est dépassé pendant 3% du temps et
- les densités de probabilité du gain d'antenne vers l'horizon dans les cas où on utilisera la méthode composite pour calculer le contour de coordination.

Ces distributions sont déterminées conformément aux indications ci-après. Un logiciel de simulation de vol de station spatiale, ou d'autres moyens, permettront d'obtenir les statistiques de pointage de l'antenne de la station spatiale et donc celles du gain d'antenne pour des azimuts particuliers du plan de visée de l'horizon. Des diagrammes de rayonnement d'antenne, de référence ou de mesure, pourront être utilisés comme indiqué dans l'Appendice 1 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847. Conformément à l'objet de la présente Recommandation, il est essentiel que les statistiques appliquées du gain d'antenne vers l'horizon ne sous-estiment pas les valeurs statistiques réelles.

Lorsque la station terrienne est en réception, le seuil de brouillage applicable $P_r(p)$ est spécifié par rapport au pourcentage du temps écoulé pendant la réception. Il y a donc lieu de spécifier les statistiques de gain d'antenne vers l'horizon en fonction de la durée totale de fonctionnement du récepteur, plutôt que du temps total écoulé. Ces statistiques se rapportent à toutes les réceptions des stations terriennes, à l'exception de celles qui mettent en œuvre des satellites géostationnaires. Si l'on considère les opérations de station terrienne avec des stations spatiales placées sur diverses orbites ou trajectoires, le pourcentage du temps pendant lequel un gain d'antenne vers l'horizon donné est dépassé est la valeur maximale des pourcentages du temps pendant lequel ce niveau de gain sera dépassé lors de l'exploitation de chaque station spatiale. Étant donné que les temps probables sont normalisés par la durée de réception totale pour chaque type d'opération, il y a une certaine tolérance qui permet de ne pas tenir compte de certaines opérations de station terrienne qui peuvent produire des valeurs très élevées du dépassement de gain d'antenne vers l'horizon pendant un pourcentage de temps donné. Ces omissions conduisent, dans la plupart des cas, à une légère sous-estimation du gain d'antenne vers l'horizon qui est dépassé pendant 3% du temps (par exemple à une erreur de 1 dB), et par conséquent le contour de coordination reste fiable. De plus, lorsqu'un contour de coordination est calculé selon la méthode composite, l'erreur effective – en termes de distance de coordination résultante – sera réduite en vertu du processus de convolution (qui applique des valeurs inférieures au seuil de probabilité d'affaiblissement de la transmission de référence).

Dans le cas d'une station terrienne émettrice, les statistiques de gain d'antenne seront spécifiées par rapport au temps écoulé total, même si la station ne fonctionne pas pendant tout ce temps. Cette condition est nécessaire par souci de compatibilité avec les seuils de brouillage spécifiés pour les services de Terre.

Il est donc essentiel que toutes les opérations de station terrienne envisagées, correspondant au cahier d'exploitation le plus chargé qui ait été prévu, fassent l'objet d'une étude approfondie de manière à obtenir les statistiques du mois le moins favorable pour le gain d'antenne vers l'horizon. (Les statistiques du mois le moins favorable du gain d'antenne vers l'horizon sont celles qui sont associées aux 30 jours consécutifs de fonctionnement de la station terrienne qui produisent le niveau le plus élevé de gain d'antenne vers l'horizon dépassé pendant 3% du temps. On pourra très souvent définir le cahier d'exploitation de la station terrienne le plus intensif possible, avec les types d'orbites/trajectoires de station spatiale associés, afin de disposer d'une base de calcul des statistiques du mois le moins favorable.)

Détermination de la zone de coordination pour stations terriennes à antenne de poursuite selon la méthode composite

1. Introduction

La présente Annexe modifie la méthodologie de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847 afin d'obtenir des distances de coordination qui soient compatibles avec les niveaux relativement faibles du gain d'antenne vers l'horizon qui apparaissent pendant de grands pourcentages du temps dans certaines stations terriennes opérant avec des stations spatiales non géostationnaires.

Selon la méthode composite, le contour de coordination est déterminé au moyen de calculs qui s'appliquent expressément aux statistiques chronologiques associées à l'affaiblissement de transmission de référence et au gain d'antenne vers l'horizon de la station terrienne. Par conséquent, les distances déterminées par cette méthode sont plus courtes que les distances déterminées par la méthode statistique (3%) qui, par souci de simplification, fait nécessairement des hypothèses limitatives. Si les paramètres de gain d'antenne en direction de l'horizon peuvent être prédits avec un niveau de confiance élevé, le contour de coordination, calculé selon la méthode composite, garantira qu'aucune station de Terre située en dehors de ce contour ne provoquera ni ne subira de brouillage inacceptable par rapport à la station terrienne.

La méthode composite fait appel à des calculs relativement complexes qui ne doivent être appliqués qu'après accord entre administrations concernées. Tous les termes et les symboles des paramètres utilisés dans cette méthode sont définis dans la Recommandation UIT-R IS.847, à l'exception de ceux définis dans la présente Annexe.

Le contour de coordination déterminé selon la méthode composite, utilise une variante de l'équation (2) de la Recommandation UIT-R IS.847 qui fait intervenir un calcul itératif qui converge vers la distance de coordination supplémentaire. L'équation sur laquelle ces itérations sont fondées est exprimée comme suit:

$$I(p) = P_{t'} + G_{terr} + [G_{es} - L_b(d')] (p) \quad (1a)$$

$$e = P_r(p) - I(p) \quad (1b)$$

$$d_{m1} = d', \text{ quand } 0 < e < 0,5 \text{ dB} \quad (1c)$$

où:

- $I(p)$: niveau de puissance brouilleuse (dBW) dont l'apparition dans la largeur de bande de référence est prédite pendant au plus $p\%$ du temps à l'accès d'antenne de réception
- $P_{t'}$: puissance émise (dBW) dans la largeur de bande de référence à l'entrée d'antenne de la station éventuellement brouilleuse (pour une définition plus complète de ce paramètre, voir la Recommandation UIT-R IS.847)
- G_{terr} : gain d'antenne (dBi) de la station de Terre
- G_{es} : gain d'antenne (dBi) de la station terrienne en direction de l'horizon physique (gain d'antenne vers l'horizon)
- $L_b(d')$: affaiblissement de transmission de référence (dB) sur un trajet de longueur d'
- d' : distance de coordination estimée (km)
- e : quantité (dB) par laquelle le seuil de coordination de la puissance du signal brouilleur dépasse le niveau du signal brouilleur dont l'apparition a été prédite à la distance de coordination estimée
- $P_r(p)$: seuil de coordination (dBW) de la puissance du signal brouilleur dans la largeur de bande de référence
- d_{m1} : distance de coordination (km) qui résulte d'une application itérative des équations (1a) et (1b) ci-dessus.

2. Détermination des valeurs de la fonction $[G_{es} - L_b(d')](p)$

Une valeur de la fonction $[G_{es} - L_b(d')](p)$ est déterminée d'après une distribution cumulative qui est calculée sur la base de la convolution des densités de probabilité chronologique de G_{es} et de $L_b(d')$. Ces densités de probabilité sont à leur tour déterminées d'après les distributions cumulatives de G_{es} et $L_b(d')$. La distribution cumulative du gain d'antenne d'une station terrienne est déterminée conformément à l'Annexe 1.

La distribution cumulative de $L_b(d')$ est construite au moyen des statistiques calculées par la méthode du § 3 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847, telle que complétée au § 4 de la présente Annexe. On utilise une interpolation logarithmique afin de mettre au point une distribution cumulative continue d'après les statistiques calculées comme suit:

$$\begin{array}{ll}
 p \leq 0,0001: & L_b(d') = L_b(0,001) - 10 \text{ dB} \\
 \\
 \left. \begin{array}{l}
 p = 0,001 \\
 p = 0,01 \\
 p = 0,1 \\
 p = 1,0 \\
 p = 10,0
 \end{array} \right\} & \text{Valeurs calculées conformément au § 3 de l'Annexe 1} \\
 & \text{à la Recommandation UIT-R IS.847} \\
 \\
 p = 50,0: & L_b(d') = \text{calculé conformément au § 4} \\
 p = 90,0: & L_b(d') = (2 \times L_b(50)) - L_b(10,0) \\
 p = 99,0: & L_b(d') = (2 \times L_b(50)) - L_b(1,0) \\
 p = 99,9: & L_b(d') = (2 \times L_b(50)) - L_b(0,1) \\
 p \geq 99,99 & L_b(d') = L_b(99,9) + 20 \text{ dB}
 \end{array}$$

3. Convergence itérative vers la distance de coordination selon la méthode composite

L'estimation initiale de la distance de coordination d' doit être prise comme étant égale à 95% de la distance de coordination résultant de la méthode statistique (3%) du § 2 du *recommande*. L'estimation initiale et toutes les estimations successives d' de la distance de coordination sont utilisées dans les équations (1a) et (1b) pour déterminer des valeurs du paramètre e ; ces valeurs servent à leur tour à déterminer la quantité qu'il y a lieu d'ajouter à d' . Comme toutes les variables et équations de ces itérations ont une application monotone, diverses méthodes peuvent être utilisées pour déterminer des estimations successives de d' afin de converger vers la distance de coordination conformément à l'équation (1c). Pour ce qui est des paramètres d_n , distance et β_n , atténuation spécifique, définis au § 3 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847, équations (15) et (16), une telle méthode d'estimations successives de la distance se présentera comme suit:

$$L_n = d_n \beta_n \quad (2a)$$

$$d' = \frac{L_1 - 0,8 e}{\beta_1} \quad \text{pour } n = 1 \quad (2b)$$

$$d' = \frac{L_n \text{ (calculé d'après la valeur précédente } d')}{\beta_n \text{ (calculé d'après la valeur précédente } d')} + \sum_{i=1}^{n-1} D_i \quad \text{km pour } n > 1 \quad (2c)$$

où:

- L_n : composante d'affaiblissement de transmission de référence (dB) mesurée sur la n ème section du trajet du signal brouilleur
- d' : plus proche valeur de distance de coordination estimée (km) à appliquer dans les équations (1a) à (1c).

4. Affaiblissement de transmission de référence dépassé pendant 50% du temps

L'affaiblissement de transmission de référence dépassé pendant 50% du temps est calculé comme suit:

$$L_b(50) = 137 + k(f) + 20 \log d' + 0,09 d' + 0,075 |\zeta| + A_g \quad (3)$$

où:

$L_b(50)$: affaiblissement de transmission de référence (dB) dépassé pendant 50% du temps

$$k(f) = \begin{cases} 30 \log (f) & \text{pour } f \leq 2 \text{ GHz} \\ 3 + 20 \log (f) & \text{pour } f > 2 \text{ GHz} \end{cases}$$

f : fréquence (GHz)

d' : distance de coordination estimée (km)

ζ : latitude de la station terrienne (degrés)

A_g : affaiblissement dû aux gaz (dB)

$$A_g = (\beta_o + \beta_v)d'$$

β_o, β_v : tels que définis dans la Recommandation UIT-R IS.847.

ANNEXE 3

Exemple de calcul de distance de coordination pour une station terrienne opérant avec des satellites sur orbite terrestre basse

1. Introduction

La présente Annexe donne un exemple de calcul de distance de coordination pour un même azimut, au moyen des méthodes du § 2 du *recommande*. Les paramètres utilisés dans cet exemple sont énumérés dans le Tableau 2.

La distribution cumulative du gain d'antenne en direction de l'horizon mesuré dans l'azimut en question dans cet exemple comme exigé par la méthode statistique est indiquée au Tableau 3.

2. Méthode du gain invariant dans le temps

D'après le diagramme de directivité de l'antenne, l'angle d'élévation minimal de l'antenne et l'angle par rapport au plan de l'horizon physique spécifiés pour la station terrienne au Tableau 2, la différence entre les valeurs maximales et minimales du gain d'antenne en direction de l'horizon est relevée à $30,6 - (-1,4)$ dB soit 32 dB. Le gain d'antenne en direction de l'horizon à utiliser dans l'équation (2) de la Recommandation UIT-R IS.847 sera donc de 20,6 dBi ($30,6 \text{ dBi} - 10 \text{ dB}$).

De l'équation (2) de la Recommandation UIT-R IS.847 et des paramètres du Tableau 2 ci-après, on peut tirer:

$$\begin{aligned} L_b(0,006) &= 37 + 20,6 - (-144) \\ &= 201,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

D'après le § 3.2 de l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R IS.847, on a:

$$L_1 = 201,6 - 120 - 20 \log 1,7 - \log 0,006 - 5(0,006)^{0,5} - \left(20 \log \left[1 + (4,5) (3) (1,72)^{0,5} \right] + 3(1,7)^{0,33} \right)$$

$$= 49,9 \text{ dB}$$

$$\beta_i(0,006) = 0,01 + \left[0,04 + 0,05 \log 1,7 + 0,16(0,006)^{0,1} \right] + 0,0 + 0,0$$

$$= 0,157 \text{ dB/km}$$

$$d_1 = 318 \text{ km.}$$

TABLEAU 2

Paramètres de station terrienne réceptrice et d'orbite de satellite utilisés pour déterminer la distance de coordination par rapport à une station de Terre numérique

Type de station terrienne	Météorologie, réception
Latitude (degrés)	37,5
Fréquence (GHz)	1,70
Diamètre d'antenne (m)	2,46
Angle d'élévation minimal d'exploitation (degrés)	3
Caractéristique de gain (dBi):	
$G(\varphi) = \begin{cases} 30,6 - (2,5 \times 10^{-3}) (14 \varphi)^2 & \text{pour } \varphi < 5,4^\circ \\ 16,2 & \text{pour } 5,4^\circ \leq \varphi < 9,4^\circ \\ 40,5 - 25 \log \varphi & \text{pour } 9,4^\circ \leq \varphi < 48^\circ \\ -1,4 & \text{pour } \varphi \geq 48^\circ \end{cases}$	
Paramètres d'orbite	
Satellites multiples avec éphémérides similaires	
Inclinaison (degrés)	98,89
Altitude (km)	825
Paramètres du récepteur	
$P_r(p)$ (dBW)	-144
Pourcentage du temps, p	0,006
Station de Terre	
Puissance d'émission, P_t' (dBW)	0
Gain dans le lobe principal, G_{terr} (dBi)	37
Plage de réglage du gain, G (dB)	-5
Paramètres d'analyse	
Azimut du brouilleur (degrés)	90
Zone radioclimatique	A2
Horizon physique (degrés)	3

TABLEAU 3

**Statistiques du gain d'antenne vers l'horizon pour la station terrienne
de réception prise comme exemple**

Gain d'antenne de la station réceptrice en direction de l'horizon (dBi)	Pourcentage du dépassement du gain dans le temps de réception (quatre chiffres significatifs)
30,6	0,0000
24,0	0,0195
23,0	0,0585
22,0	0,0975
21,0	0,0976
20,0	0,1365
19,0	0,6632
18,0	0,8192
17,0	1,1313
16,0	1,3068
15,0	1,6189
14,0	2,0285
13,0	2,4966
12,0	2,9647
11,0	3,5303
10,0	4,1935
9,0	5,0322
8,0	5,9294
7,0	6,8851
6,0	8,0164
5,0	9,3037
4,0	10,8250
3,0	12,4144
2,0	14,2383
1,0	16,2863
0,0	18,4708
-1,0	20,9674
-1,4	22,2157

3. Méthode statistique

Conformément à l'interpolation des statistiques de gain d'antenne vers l'horizon indiquées dans le Tableau 3, le gain d'antenne vers l'horizon, dépassé pendant 3% du temps, sera de 11,9 dBi; ce qui donne:

$$L_b(0,006) = 192,9 \text{ dB}$$

$$L_1 = 41,1 \text{ dB}$$

$$\beta_i(0,006) = 0,157 \text{ dB/km (tel que déterminé au § 2 ci-dessus)}$$

$$d_1 = 262 \text{ km}$$

4. Distance de coordination résultante pour le problème pris en exemple

Comme les 262 km de distance de coordination déterminés selon la méthode statistique sont inférieurs aux 318 km déterminés par la méthode gain invariant dans le temps, la distance de coordination dans l'azimut considéré sera de 262 km et la méthode statistique sera utilisée pour déterminer les distances de coordination dans tous les azimuts.