

RECOMMANDATION UIT-R S.738*

Procédure permettant de déterminer s'il y a lieu de procéder à la coordination entre des réseaux à satellites géostationnaires partageant les mêmes bandes de fréquences

(1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les réseaux du service fixe par satellite (SFS) peuvent partager les mêmes bandes de fréquences;
- b) que ces réseaux peuvent causer et subir des brouillages mutuels;
- c) que ces brouillages mutuels peuvent être minimisés par le biais de la coordination;
- d) qu'il y a lieu de déterminer si la coordination est nécessaire,

reconnaissant

qu'en vertu de l'Article 11 du Règlement des radiocommunications (édition de 1994), le besoin de procéder à la coordination est déterminé dans l'Appendice S8,

recommande

- 1 que l'on utilise la méthode indiquée dans l'Annexe 1, appelée méthode du $\Delta T/T$, pour déterminer s'il y a lieu de procéder à la coordination entre des réseaux à satellites géostationnaires partageant les mêmes bandes de fréquences;
- 2 que l'on procède à la coordination lorsque la valeur calculée de $\Delta T/T$ du réseau susceptible d'être brouillé est supérieure à 6%;
- 3 que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation:

NOTE 1 – La méthode $\Delta T/T$ donne l'accroissement apparent de la température de bruit équivalente pour une liaison par satellite donnée et traite l'effet du brouillage en tant qu'accroissement du bruit thermique dans le réseau utile. On suppose que la puissance du signal brouilleur est répartie de manière uniforme sur la largeur de bande de fréquences, avec une densité de puissance égale à sa densité de puissance maximale. Le rapport $\Delta T/T$ est exprimé en pourcentage.

NOTE 2 – La méthode précitée est semblable à celle qui est décrite dans l'Appendice S8 du Règlement des radiocommunications et s'applique avec les données fournies dans l'Appendice S4 dudit Règlement. Elle contient également un supplément d'information pour faciliter l'application de l'Appendice S8.

NOTE 3 – La valeur seuil de 6% est compatible avec les valeurs de l'Appendice S8.

* La Commission d'études 4 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44 (AR-2000).

ANNEXE 1

**Méthode de calcul pour déterminer s'il y a lieu de procéder à la
coordination entre des réseaux à satellites géostationnaires
partageant les mêmes bandes de fréquences**

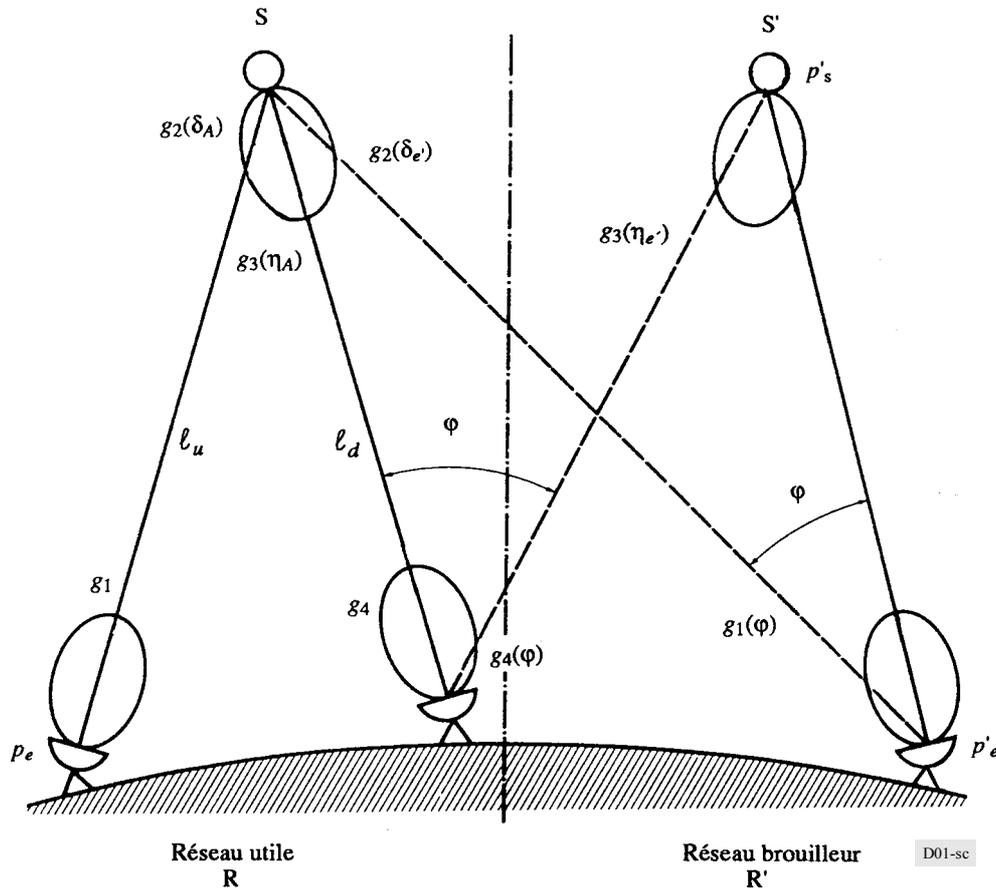
1 Caractéristiques des réseaux

Les satellites de radiocommunication nécessitent des assignations dans deux bandes de fréquences, une pour la liaison montante et l'autre pour la liaison descendante. Habituellement, ces bandes de fréquences sont associées par paires, une bande pour les liaisons montantes et l'autre pour les liaisons descendantes. Le cas I ci-dessous décrit les possibilités de brouillage entre deux systèmes qui ont de telles assignations. Cependant, il devrait être possible pour certains systèmes d'utiliser des bandes de fréquences interverties (usage bidirectionnel) par rapport au cas I; la bande de la liaison montante d'un réseau est alors la même que celle de la liaison descendante d'un réseau utilisant un satellite adjacent; ceci est le cas II. Ces deux cas couvrent toutes les positions relatives du satellite, de celles qui sont étroitement espacées à celles qui sont quasi antipodales.

Soit A une liaison par satellite du réseau R associé au satellite S et A' une liaison par satellite du réseau R' associé au satellite S'. Les symboles tels que a, b, c se rapportent à la liaison par satellite A et les symboles tels que a', b', c' à la liaison par satellite A' (voir les Fig. 1a et 1b).

FIGURE 1a

Géométrie du Cas I – Réseaux utile et brouilleur partageant la même bande de fréquences dans le même sens de transmission

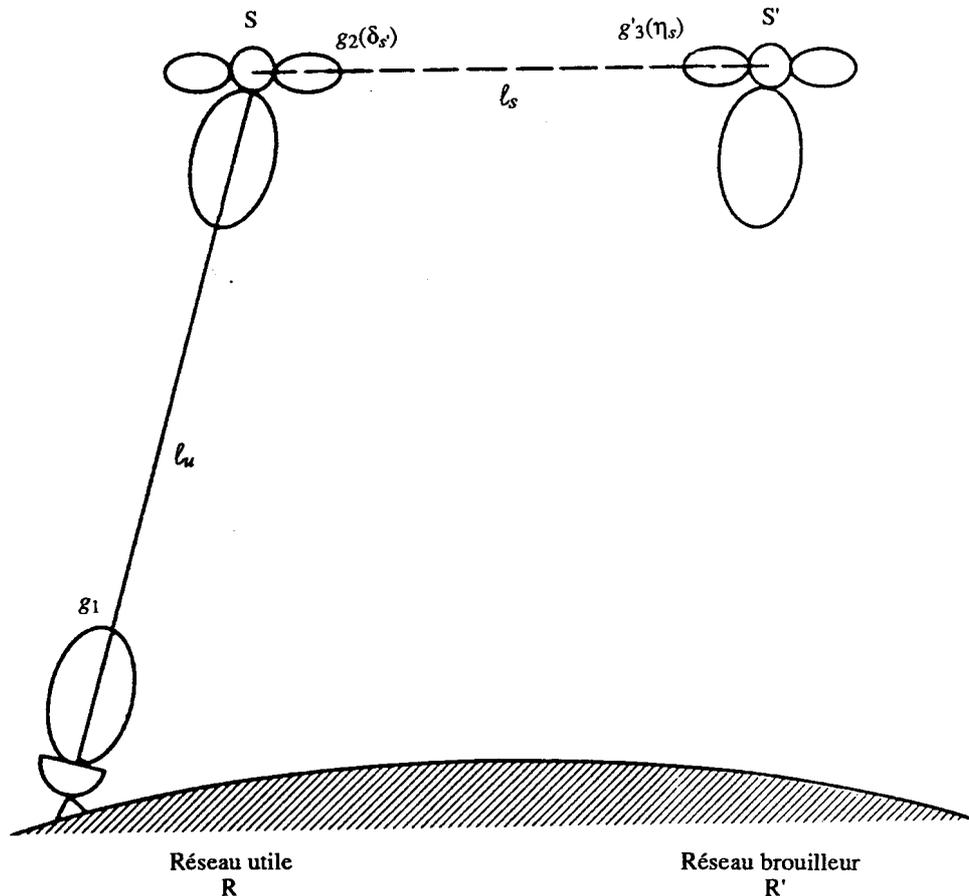


Les notations utilisées pour la liaison par satellite A sont les suivantes:

- T : température de bruit équivalente de la liaison par satellite, rapportée à la sortie de l'antenne de réception de la station terrienne (K);
- T_s : température de bruit du système de réception de la station spatiale, rapportée à la sortie de l'antenne de réception de la station spatiale (K);
- T_e : température de bruit du système de réception de la station terrienne, rapportée à la sortie de l'antenne de réception de la station terrienne (K);
- ΔT : accroissement apparent de la température de bruit équivalente de toute la liaison de satellite rapportée à la sortie de l'antenne de la station terrienne de réception, causé par des émissions brouilleuses provenant d'autres réseaux à satellite;

FIGURE 1b

Géométrie du Cas II – Réseaux utile et brouilleur partageant la même bande de fréquences dans des sens de transmission opposés (utilisation bidirectionnelle)



D02-sc

- ΔT_s : accroissement apparent de la température de bruit du système de réception du satellite S, causé par une émission brouilleuse, rapportée à la sortie de l'antenne de réception de ce satellite (K);
- ΔT_e : accroissement apparent de la température de bruit du système de réception de la station terrienne e_R , causé par une émission brouilleuse, rapportée à la sortie de l'antenne de réception de cette station (K);
- p_s : densité maximale de puissance par Hz fournie à l'antenne du satellite S (moyenne prise dans la bande de 4 kHz la plus défavorisée lorsque la fréquence de la porteuse est inférieure à 15 GHz, ou prise dans la bande de 1 MHz la plus défavorisée lorsque la fréquence de la porteuse est supérieure à 15 GHz) (en W/Hz);

- $g_3(\eta)$: gain de l'antenne d'émission du satellite S dans la direction η (rapport numérique de puissances);
- η_A : direction, à partir du satellite S, de la station terrienne de réception e_R pour la liaison par satellite A;
- $\eta_{e'}$: direction, à partir du satellite S, de la station terrienne de réception e'_R pour la liaison par satellite A';
- NOTE – Le produit de $p_s g_3(\eta_{e'})$ est la p.i.r.e. maximale par Hz du satellite S dans la direction de la station terrienne de réception e'_R pour la liaison par satellite A'.
- $\eta_{s'}$: direction, à partir du satellite S, du satellite S';
- p_e : densité maximale de puissance par Hz fournie à l'antenne de la station terrienne d'émission e_T (moyenne prise dans la bande de 4 kHz la plus défavorisée lorsque la fréquence de la porteuse est inférieure à 15 GHz, ou prise dans la bande de 1 MHz la plus défavorisée lorsque la fréquence de la porteuse est supérieure à 15 GHz) (en W/Hz);
- $g_2(\delta)$: gain de l'antenne de réception du satellite S, dans la direction δ (rapport numérique de puissances);
- δ_A : direction, à partir du satellite S, de la station terrienne d'émission e_T , pour la liaison par satellite A;
- $\delta_{e'}$: direction, à partir du satellite S, de la station terrienne d'émission e'_T , pour la liaison par satellite A';
- $\delta_{s'}$: direction, à partir du satellite S, du satellite S';
- $g_1(\varphi)$: gain de l'antenne d'émission de la station terrienne e_T dans la direction du satellite S' (rapport numérique de puissances);
- $g_4(\varphi)$: gain de l'antenne de réception de la station terrienne e_R dans la direction du satellite S' (rapport numérique de puissances);
- φ : espacement topocentrique angulaire entre les deux satellites, compte tenu des tolérances de maintien en position longitudinale;
- NOTE – Seul l'angle topocentrique φ doit être utilisé dans le cas I.
- φ_g : espacement géocentrique angulaire (degrés) entre les deux satellites, compte tenu des tolérances de maintien en position longitudinale;
- NOTE – Seul l'angle géocentrique φ_g doit être utilisé dans le cas II.
- k : constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K);
- ℓ_d : affaiblissement de transmission en espace libre sur la liaison descendante (rapport numérique de puissances); évalué depuis le satellite S jusqu'à la station terrienne de réception e_R pour la liaison par satellite A;
- ℓ_u : affaiblissement de transmission en espace libre sur la liaison montante (rapport numérique de puissances); évalué depuis la station terrienne e_T jusqu'au satellite S pour la liaison par satellite A;
- ℓ_s : affaiblissement de transmission en espace libre sur la liaison intersatellites (rapport numérique de puissances); évalué depuis le satellite S' jusqu'au satellite S;
- γ : gain de transmission d'une liaison par satellite spécifique subissant des brouillages, évalué depuis la sortie de l'antenne de réception de la station spatiale S jusqu'à la sortie de l'antenne de réception de la station terrienne e_R (rapport numérique de puissances, habituellement inférieur à 1).

Dans les formules qui précèdent, les gains $g'_1(\varphi)$ et $g_4(\varphi)$ sont ceux des stations terriennes considérées. Dans le cas où l'on ne dispose pas de données numériques précises concernant les antennes des stations terriennes, on doit se servir du diagramme de rayonnement de référence donné dans la Recommandation UIT-R S.465.

2 Calcul de la température de bruit équivalente et du gain de transmission de la liaison par satellite

2.1 Introduction

L'objet du présent paragraphe est de fournir quelques directives afin de déterminer, pour des récepteurs-changeurs de fréquence de conception simple, les valeurs de la température de bruit équivalente et du gain de transmission de la liaison par satellite et, en particulier, les jeux de valeurs pour:

- la plus faible température de bruit équivalente de la liaison et le gain de transmission associé;
- la valeur du gain de transmission et la valeur associée de la température de bruit équivalente de la liaison qui correspondent au rapport maximal gain de transmission/température de bruit équivalente de la liaison par satellite.

La température de bruit équivalente d'une liaison par satellite, T , rapportée à la sortie de l'antenne de réception de la station terrienne et le gain de transmission, γ , d'une liaison par satellite utilisant des répéteurs-changeurs de fréquence simples, peuvent être déterminés de plusieurs manières.

2.2 Formules générales

2.2.1 Méthode 1

Le gain de transmission s'exprime comme suit:

$$\gamma = \frac{p_s g_3(\eta_A) g_4 \ell_u}{p_e g_1 g_2(\delta_A) \ell_d} \quad (1)$$

où g_1 et g_4 sont les gains maximaux (dans l'axe) des antennes des stations terriennes d'émission et de réception, respectivement (voir la Fig. 1a).

2.2.2 Méthode 2

Le gain de transmission s'exprime comme suit:

$$\gamma = \frac{p.i.r.e.s \ g_4 \ BO_i \ 4 \ \pi}{W_s g_2(\delta_A) \ \ell_d \ BO_o \ \lambda^2} = \frac{(C/N_0)_d}{(C/N_0)_u} \frac{T_e}{T_s} \quad (2)$$

La température de bruit équivalente de la liaison s'exprime comme suit:

$$T = \frac{(C/N_0)_d}{(C/N_0)_t} T_e \quad (3)$$

où:

- $(C/N_0)_u$: rapport de la puissance de la porteuse à la densité de bruit, y compris seulement le bruit thermique et autres bruits de fond sur la liaison montante (rapport numérique)
- $(C/N_0)_d$: rapport de la puissance de la porteuse à la densité de bruit, y compris seulement le bruit thermique et autres bruits de fond sur la liaison descendante (rapport numérique)

- $(C/N_0)_t$: rapport de la puissance équivalente de la porteuse de la liaison complète à la densité totale de bruit, y compris la dégradation à l'intérieur du satellite (brouillage, intrasatellite, intermodulation), le bruit thermique et autres bruits de fond (rapport numérique)
- $p.i.r.e._s$: p.i.r.e. du satellite à la saturation (W)
- λ : longueur d'onde (m) correspondant à la fréquence utilisée sur la liaison montante
- BO_i : recul de puissance à l'entrée du répéteur (valeur numérique)
- BO_o : recul de puissance à la sortie du répéteur (valeur numérique)
- W_s : puissance surfacique à la saturation, au droit du satellite (W/m²).

Le produit de la puissance surfacique à la saturation par le gain de l'antenne de réception du satellite ($W_s \cdot g_2(\delta_A)$) est le même à la crête du faisceau de l'antenne et à la limite du faisceau. De ce fait, le gain de transmission, γ , est maximal en même temps que la p.i.r.e. du satellite. Cette condition est remplie en crête de faisceau de l'antenne d'émission du satellite.

2.3 Calcul de deux jeux de T et γ

2.3.1 Valeur minimale de T et valeur associée de γ

La valeur minimale de la température de bruit équivalente de la liaison T_{min} , peut s'exprimer comme suit:

$$T_{min} = T_e + \gamma_{min} \cdot T_s + T_a \quad (4)$$

où T_a est un autre bruit, d'origine interne et où γ_{min} , le gain de transmission qui lui est associé, est dérivé de la formule (2) en considérant la p.i.r.e. de saturation du satellite ($p.i.r.e._s$) à la limite du faisceau.

2.3.2 T et γ correspondant au rapport maximal γ/T

La valeur de γ et la valeur associée de T , qui correspondent au rapport maximal gain de transmission/température de bruit équivalente de la liaison, peuvent être déterminées en portant à son maximum la grandeur:

$$\frac{\gamma}{T} = \frac{\gamma}{T_e + \gamma T_s + T_a} \quad (5)$$

Cette grandeur atteint son maximum quand γ atteint aussi sa valeur maximale, c'est-à-dire quand elle est calculée en crête du faisceau de l'antenne du satellite et non à la limite du faisceau; en conséquence:

$$\gamma_{max} = \gamma_{min} \Delta g \quad (6)$$

Δg : différence de gain de l'antenne d'émission du satellite entre la crête et la limite du faisceau (rapport numérique de puissance).

En conséquence, la valeur associée de la température de bruit équivalente de la liaison est donnée par la formule:

$$T = T_e + \gamma_{min} T_s \Delta g + T_a \quad (7)$$

2.4 Résumé

On trouve dans ce qui précède des formules pour déterminer T et γ . Les calculs doivent être effectués pour toutes les liaisons du réseau à satellite afin de choisir les jeux appropriés de valeurs à utiliser pour le calcul de $\Delta T/T$.

Ces méthodes ne doivent pas être utilisées pour calculer des valeurs de T et de γ à partir des renseignements notifiés ou publiés par d'autres administrations. Il faut un complément d'étude concernant ces paramètres et leurs relations.

3 Calcul de l'accroissement apparent de la température de bruit équivalente de la liaison par satellite sous l'effet du brouillage

Pour simplifier les calculs, il faut admettre par hypothèse que les affaiblissements de transmission de référence sur les trajets espace-Terre sont identiques, quels que soient le satellite et la station terrienne considérés. De même, les affaiblissements de transmission de référence sur les trajets Terre-espace sont supposés être identiques. Pour chacun de ces deux types de trajet, les affaiblissements sont calculés pour la distance espace-Terre ou Terre-espace du réseau R' et pour la fréquence centrale de la bande commune aux deux réseaux. Ces hypothèses sont raisonnables dans le cas de l'orbite des satellites géostationnaires car, en espace libre, la différence d'affaiblissement entre le plus court trajet et le plus long trajet est seulement de 1,5 dB environ.

Cas I – Réseaux utile et brouilleur partageant la même bande de fréquences dans le même sens de transmission (voir la Fig. 1a)

ΔT_s et ΔT_e peuvent être calculés d'après les expressions suivantes:

$$\Delta T_s = \frac{p'_e g'_1(\varphi) g_2(\delta_{e'})}{k\ell_u} \quad (8)$$

$$\Delta T_e = \frac{p'_s g'_3(\eta_e) g_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (9)$$

L'accroissement de la température de bruit équivalente pour la liaison par satellite résulte des brouillages qui affectent à la fois le récepteur du satellite de la liaison A et celui de la station terrienne de cette liaison. Dans le cas où les satellites S et S' sont équipés de simples répéteurs-changeurs de fréquence ayant la même fréquence de transposition, les brouillages subis par la liaison A sont causés sur les liaisons montante et descendante par la même liaison A'.

On peut donc écrire:

$$\Delta T = \gamma \Delta T_s + \Delta T_e \quad (10)$$

$$\Delta T = \gamma \frac{p'_e g'_1(\varphi) g_2(\delta_{e'})}{k\ell_u} + \frac{p'_s g'_3(\eta_e) g_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (11)$$

d'où la formule (11) donne le résultat de l'effet des brouillages à la fois sur la liaison montante et sur la liaison descendante.

Dans le cas où les fréquences de transposition des deux satellites ne sont pas les mêmes, différentes liaisons du réseau R' peuvent brouiller la liaison A à l'entrée du récepteur du satellite et du récepteur de la station terrienne; si A' et A'' sont deux liaisons du réseau R' , on peut écrire (les paramètres tels que $\overline{a'}$, $\overline{b'}$ et $\overline{c'}$ se rapportent à la liaison A'):

$$\Delta T = \gamma \frac{\overline{p'_e} \overline{g'_1}(\varphi) g_2(\delta_{e'})}{k\ell_u} + \frac{\overline{p'_s} \overline{g'_3}(\eta_e) g_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (12)$$

On peut obtenir de la même façon la valeur $\Delta T'$ de l'accroissement de la température de bruit équivalente pour la liaison par satellite tout entière, rapporté à la sortie de l'antenne de réception de la station terrienne e'_R subissant les brouillages causés par le réseau R, en utilisant les formules:

$$\Delta T'_{s'} = \frac{p_e g_1(\varphi) g'_2(\delta_e)}{k\ell_u} \quad (13)$$

$$\Delta T'_{e'} = \frac{p_s g_3(\eta_{e'}) g'_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (14)$$

Lorsque les fréquences de transposition des deux satellites sont les mêmes:

$$\Delta T' = \gamma' \frac{p_e g_1(\varphi) g'_2(\delta_e)}{k\ell_u} + \frac{p_s g_3(\eta_{e'}) g'_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (15)$$

Lorsque les fréquences de transposition des deux satellites sont différentes (en appelant A et \bar{A} deux liaisons du réseau R et en notant \bar{a} , \bar{b} et \bar{c} les paramètres correspondants):

$$\Delta T' = \gamma' \frac{p_e g_1(\varphi) g'_2(\delta_e)}{k\ell_u} + \frac{\bar{p}_s \bar{g}_3(\eta_{e'}) \bar{g}'_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (16)$$

Dans le cas de deux satellites à accès multiple, on doit faire le calcul pour chacune des liaisons par satellite établies par l'intermédiaire de l'un d'eux par rapport à toutes les liaisons par satellite établies par l'intermédiaire de l'autre.

Si seule la liaison montante ou la liaison descendante du réseau à satellite utile partage une bande de fréquences avec le réseau à satellite brouilleur, on obtiendra la valeur de ΔT à l'aide de la formule (3), en donnant à ΔT_s ou $\Delta T_{e'}$, selon le cas, la valeur zéro.

Cas II – Réseaux utile et brouilleur partageant la même bande de fréquences dans des sens de transmission opposés (voir la Fig. 1b)

Les notations étant les mêmes, l'accroissement de la température de bruit ΔT_s rapporté à la sortie de l'antenne de réception du satellite de la liaison A est donné par:

$$\Delta T_s = \frac{p'_s g'_3(\eta_s) g_2(\delta_{s'})}{k\ell_s} \quad (17)$$

L'accroissement apparent de la température de bruit équivalente de la liaison est alors donné par:

$$\Delta T = \gamma \Delta T_s \quad (18)$$

La valeur $\Delta T'$ de l'accroissement de la température de bruit équivalente de la liaison A' causé par les émissions brouilleuses du satellite associé à la liaison A est donnée par:

$$\Delta T' = \gamma' \Delta T'_{s'} = \gamma' \frac{p_s g_3(\eta_{s'}) g'_2(\delta_s)}{k\ell'_s} \quad (19)$$

Si une bande seulement est partagée entre les liaisons A et A', il n'y aura de brouillage entre liaisons adjacentes par satellite que dans la liaison qui utilise la bande partagée pour sa liaison montante.

Les brouillages entre les stations terriennes associées aux liaisons dont les assignations de fréquence sont interverties doivent être traités selon des méthodes de coordination analogues à celles utilisées pour la coordination entre stations terriennes et stations de Terre.

4 Examen de la discrimination de polarisation

On peut aussi recourir à la discrimination de polarisation pour réduire la probabilité de brouillage entre réseaux à satellites lorsque différentes polarisations sont utilisées. Dans ce cas, l'accroissement apparent de la température de bruit équivalente de la liaison par satellite pourrait être déterminé au moyen des formules suivantes:

– Cas I

$$\Delta T = \frac{\gamma \Delta T_s}{Y_u} + \frac{\Delta T_e}{Y_d} \quad (20)$$

– Cas II

$$\Delta T = \frac{\gamma \Delta T_s}{Y_{ss}} \quad (21)$$

les notations de γ , ΔT_s et ΔT_e ayant été indiquées précédemment, Y_u , Y_d et Y_{ss} étant les facteurs de discrimination de polarisation (rapport numérique) relatifs respectivement à la liaison montante, à la liaison descendante et à la liaison intersatellites. L'Appendice S8 du Règlement des radiocommunications donne des valeurs du facteur de discrimination qui ont fait l'objet d'un complément d'étude (voir la Recommandation UIT-R S.736).

Etant donné que les facteurs de discrimination de polarisation dépendent du type de polarisation utilisé par chaque réseau et de la distribution statistique des niveaux de polarisation orthogonale, le facteur de discrimination de polarisation décrit ci-dessus ne sera pris en considération que si la polarisation a fait l'objet d'une notification ou d'une publication conformément à l'Article 11 du Règlement des radiocommunications (édition de 1994).

5 Comparaison entre l'accroissement relatif calculé et l'accroissement relatif prédéterminé de la température de bruit équivalente de la liaison par satellite

Afin de déterminer la plus grande valeur de $\Delta T/T$, il est nécessaire de s'assurer que toutes les situations possibles ont été prises en compte. Les brouillages entre réseaux à satellite peuvent être maxima sur la liaison montante ou sur la liaison descendante; il importe donc de disposer d'un nombre suffisant de données pour effectuer les calculs nécessaires dans les deux situations pour chaque zone de service espace-Terre et pour chaque utilisation prévue conformément à l'Appendice S4 du Règlement des radiocommunications. Le paramètre $\Delta T/T$ a pour formule:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta T_e}{T} + \frac{\gamma \Delta T_s}{T} \quad (22)$$

lorsque $\gamma \Delta T_s/T \gg \Delta T_e/T$, la plus grande valeur de $\Delta T/T$ est obtenue pour la valeur maximale de γ/T . Pour $\Delta T_e/T \gg \gamma \Delta T_s/T$, la plus grande valeur de $\Delta T/T$ est obtenue pour la valeur minimale de T . Pour déterminer cette valeur, il faut donc utiliser les valeurs de γ et T correspondant à la valeur maximale de γ/T ainsi que la valeur minimale de T et la valeur correspondante de γ . La plus grande des valeurs calculées de $\Delta T/T$ et $\Delta T'/T'$, exprimée en pourcentage, doit être comparée à des valeurs

prédéterminées, prises égales à 6% des températures de bruit équivalentes correspondantes de la liaison (voir l'Appendice S8 du Règlement des radiocommunications):

- si la valeur calculée de $\Delta T/T$ est inférieure ou égale à la valeur prédéterminée, le niveau de brouillage causé par la liaison par satellite A' à la liaison par satellite A est admissible, quelles que soient les caractéristiques de modulation des deux liaisons par satellite et les fréquences exactes qu'elles utilisent;
- si la valeur calculée de $\Delta T/T$ est supérieure à la valeur prédéterminée, il convient d'effectuer un calcul détaillé en appliquant les méthodes et techniques définies dans les Rapports 388 et 455 de l'ex-CCIR au cours de la procédure de coordination entre administrations.

La comparaison entre la valeur calculée et la valeur prédéterminée de $\Delta T'/T'$ doit être faite de la même façon.

A titre d'exemple, on peut dire que, dans le cas d'une liaison par satellite dont les caractéristiques de fonctionnement sont conformes aux Recommandations en vigueur de l'UIT-R, qui utilise la téléphonie à modulation de fréquence et dans laquelle le bruit total dans une voie téléphonique est de 10 000 pW0p, dont 1 000 pW0p sont dus aux faisceaux hertziens de Terre et 2 000 pW0p sont causés par d'autres liaisons par satellite, une augmentation de 6% de la température de bruit équivalente correspondrait à un niveau de bruit dû au brouillage pouvant atteindre 420 pW0p.

Etant donné que, pour les nouveaux réseaux ayant fait l'objet d'une publication anticipée après 1987, le critère de brouillage par source unique spécifié dans la Recommandation UIT-R S.466 a été porté de 600 pW0p à 800 pW0p, et la puissance de bruit de brouillage dans une voie téléphonique produite par tous les autres réseaux à satellites de 2 000 pW0p à 2 500 pW0p sans réutilisation des fréquences (de 1 500 pW0p à 2 000 pW0p avec réutilisation des fréquences), la valeur correspondante de l'accroissement relatif de la température de bruit équivalente de la liaison par satellite serait de 6% (avec réutilisation des fréquences) et de 6,5% (sans réutilisation des fréquences) pour les nouveaux réseaux. Pour une puissance de bruit totale, dans une voie téléphonique, de 10 000 pW0p, dont un bruit de 1 000 pW0p imputable au brouillage causé par des réseaux de faisceaux hertziens de Terre et un bruit de 2 500 pW0p imputable au brouillage causé par des réseaux à satellites, des accroissements de 6 et 6,5% de la température de bruit équivalente de la liaison à satellite correspondront à un bruit dû au brouillage pouvant atteindre 390 et 420 pW0p dans une voie téléphonique, respectivement, si la largeur de bande de la porteuse brouilleuse est supérieure à celle de la porteuse brouillée. Si le brouilleur a une largeur de bande plus étroite, il en résultera des accroissements de bruit plus faibles.

6 Méthode à appliquer pour des répéteurs fonctionnant avec traitement du signal

Dans les cas où une modification de la modulation ou de la régénération du signal se produit dans le satellite, le calcul des effets du brouillage de la liaison montante sur la qualité globale de la liaison nécessitera l'application de méthodes spéciales. Dans certains cas, tels que ceux des répéteurs analogiques fonctionnant avec traitement du signal (avec démodulation et remodulation du signal), on devrait pouvoir calculer pour γ une valeur appropriée qui tienne compte de ce traitement et permette d'établir une relation entre la liaison descendante et la contribution de la liaison montante au brouillage. Pour ces cas, le calcul serait possible en utilisant la formule (10) et le facteur γ modifié.

Dans d'autres cas, il peut être impossible de calculer une valeur de γ qui tienne raisonnablement compte du traitement du signal dans le satellite, par exemple avec des répéteurs-régénérateurs numériques. Il faudra alors traiter séparément les liaisons montantes et les liaisons descendantes et déterminer séparément les températures de bruit équivalentes sur ces deux types de liaisons. T_{seq} et T_{eeq} seraient les valeurs indiquées séparément pour les liaisons montantes et les liaisons descendantes, T_{seq} étant la température totale équivalente du système sur la liaison montante, rapportée à la sortie de l'antenne de réception du satellite et T_{eeq} la température totale équivalente du système sur la liaison descendante, rapportée à la sortie de l'antenne de réception de la station terrienne. $\Delta T_s/T_{seq}$ et $\Delta T_e/T_{eeq}$ seront alors calculés et comparés avec une valeur prédéterminée. En attendant le résultat d'autres études, il conviendrait de fixer cette valeur à 6%, tant pour la liaison montante que pour la liaison descendante.

7 Détermination des liaisons par satellite à prendre en considération pour le calcul de l'accroissement de la température équivalente de bruit à partir des données fournies pour la publication préalable de données d'un réseau à satellite

Il faut déterminer le plus grand accroissement de température de bruit équivalente causé à n'importe quelle liaison de tout réseau à satellite existant ou en projet, sous l'effet des brouillages produits par le réseau à satellite considéré.

Pour chaque antenne de réception du satellite du réseau brouillé, il convient de déterminer l'emplacement potentiel le plus défavorable de station terrienne d'émission du réseau brouilleur en superposant, sur une carte de la surface terrestre, les zones de service Terre-espace du réseau brouilleur aux contours de gain de l'antenne de réception de la station spatiale. L'emplacement potentiel le plus défavorable de station terrienne d'émission est celui en direction duquel le gain de l'antenne de réception du satellite du réseau brouillé est le plus élevé.

De même, pour chaque zone de service espace-Terre du réseau brouillé, il convient de déterminer de façon analogue l'emplacement potentiel le plus défavorable de station terrienne de réception de ce réseau. L'emplacement potentiel le plus défavorable de station terrienne de réception est celui en direction duquel le gain de l'antenne d'émission du satellite du réseau brouilleur est le plus élevé.

A titre de variante, on peut utiliser la méthode décrite dans l'Appendice 1 pour tenir compte des emplacements de stations terriennes les plus défavorables permettant de déterminer la valeur de $\Delta T/T$.

Les gains des antennes de réception et d'émission cités dans les deux alinéas qui précèdent sont calculés sur la base des contours de gain de ces antennes, ainsi que le stipule l'Article 11 du Règlement des radiocommunications (édition de 1994), dans le cadre de la procédure pour la publication anticipée. Si l'un des systèmes à satellites géostationnaires considérés, ou les deux, sont en service, il est préférable d'utiliser les diagrammes mesurés du rayonnement réel des antennes de satellite. Ces diagrammes mesurés permettraient une évaluation plus réaliste de la probabilité de brouillage dans les calculs ultérieurs.

Dans le cas où le satellite du réseau brouillé est équipé de simples répéteurs-changeurs de fréquence, ces déterminations d'emplacement se font par couple, d'une part, pour l'antenne de réception du satellite associée à un répéteur particulier et, d'autre part, pour la zone de service espace-Terre associée à l'antenne d'émission de ce répéteur.

La méthode de calcul ci-dessus permet de la même façon de déterminer le plus grand accroissement de température de bruit équivalente subi par une liaison quelconque d'un réseau à satellite en projet sous l'effet des brouillages produits par n'importe quel autre réseau à satellite.

8 Données à prendre en considération

Il est nécessaire, en vue de la détermination de l'accroissement de température de bruit équivalente de liaison, de connaître la correspondance entre les bandes des liaisons montantes et les bandes des liaisons descendantes. De plus, il serait utile de connaître pour chaque bande de fréquences, le numéro du répéteur utilisé et la désignation du faisceau utilisé.

Par ailleurs, le gain des antennes de la station spatiale pourrait être donné sous la forme d'un diagramme de rayonnement, tracé sur une représentation de la Terre vue du satellite. Il devrait mentionner le gain maximal au centre du faisceau et les gains relatifs pour chaque contour (2, 4, 6, 10, 20, 30 dB, ...). On indiquerait également le contour correspondant à la zone de service par un trait différent des contours de gain.

Tous ces renseignements donneraient une idée plus concrète de la liaison complète et, par là-même, faciliteraient le calcul de l'accroissement apparent de la température de bruit équivalente de cette liaison.

9 Examen des porteuses à bande étroite

La méthode de calcul décrite dans la présente Annexe 1 sous-estime peut-être le brouillage que causent certaines porteuses de télévision à balayage lent à certaines porteuses à bande étroite (une seule voie par porteuse-SCPC). Les études se poursuivent au sein de l'UIT-R, le but étant de réaliser une estimation précise des brouillages mutuels entre réseaux à satellites dans ces circonstances (voir la Recommandation UIT-R S.671).

10 Autres considérations

10.1 Affaiblissement par temps clair

L'affaiblissement par temps clair ou absorption gazeuse devient un facteur important pour la détermination des paramètres d'exploitation lorsqu'on utilise des fréquences plus élevées. Comme il influe également sur les trajets de brouillage, on pourrait l'inclure dans les calculs de $\Delta T/T$. La méthode qui permet de tenir compte de l'affaiblissement par temps clair doit faire l'objet d'une définition plus poussée.

10.2 Température de bruit de la liaison dans un système à porteuses multiples

Chaque fois qu'un réseau utilise des répéteurs en mode d'exploitation avec porteuses multiples, il convient, pour déterminer la température de bruit de la liaison, de prendre en compte l'effet du fonctionnement avec porteuses multiples, y compris l'intermodulation. L'absence du bruit d'intermodulation suppose un mode d'exploitation à une seule ou à deux porteuses, et donc l'utilisation de porteuses à capacité relativement grande. Or, les porteuses de grande capacité bénéficient d'une protection suffisante, avec des valeurs ΔT légèrement supérieures.

APPENDICE 1

À L'ANNEXE 1

**Calcul de $\Delta T/T$ pour les satellites géostationnaires avec
emplacements de stations terriennes non spécifiés**

Une méthode qui permet de calculer la valeur de $\Delta T/T$ lorsque les emplacements des stations terriennes ne sont pas spécifiquement connus est présentée ci-après.

L'angle topocentrique φ_t entre deux satellites est fonction de la latitude et de la longitude des stations terriennes par rapport au point de projection du satellite. La latitude et la longitude déterminent l'angle géocentrique ayant son sommet au centre de la Terre entre le point de projection du satellite et la station terrienne ψ . A mesure que ψ augmente, φ_t diminue et les distances aux deux satellites d_1 et d_2 augmentent. Un rapport de l'angle topocentrique φ_t à l'angle géocentrique φ_g peut être formé φ_t/φ_g , de même que les rapports (d_1/d_0) et (d_2/d_0) , (d_0) étant la distance du satellite à son point de projection.

On peut calculer les valeurs de ΔT_s et de ΔT_e en utilisant $G(\varphi_g)$ et d_0 pour ℓ_u et ℓ_d et en ajoutant un affaiblissement $\Delta \ell$ qui est:

$$\Delta \ell = 25 \log (\varphi_t/\varphi_g) + 20 \log (d_1/d_0 \text{ ou } d_2/d_0) \quad \text{dB}$$

en supposant que l'on applique la pente de référence de l'enveloppe des lobes latéraux de la station terrienne: $25 \log \varphi$. On a les valeurs les plus petites du rapport (φ_t/φ_g) lorsque les stations terriennes sont situées sur l'équateur E-O. On a un cas orthogonal lorsque les stations terriennes sont situées sur une longitude à mi-chemin entre les satellites N-S. Pour le cas E-O, on a calculé (φ_t/φ_g) , d_1 et d_2 à l'aide des équations de l'Annexe III de l'Appendice S8 du Règlement des radiocommunications. Lorsque (φ_g) tend vers 0,

$$(\varphi_t / \varphi_g)_{E-O} \approx \frac{42166}{d} \cos T \quad \text{pour } d_1 = d_2 = d$$

pour les stations terriennes situées à l'équateur, où T est l'angle entre les stations terriennes vues du satellite. Dans le cas N-S,

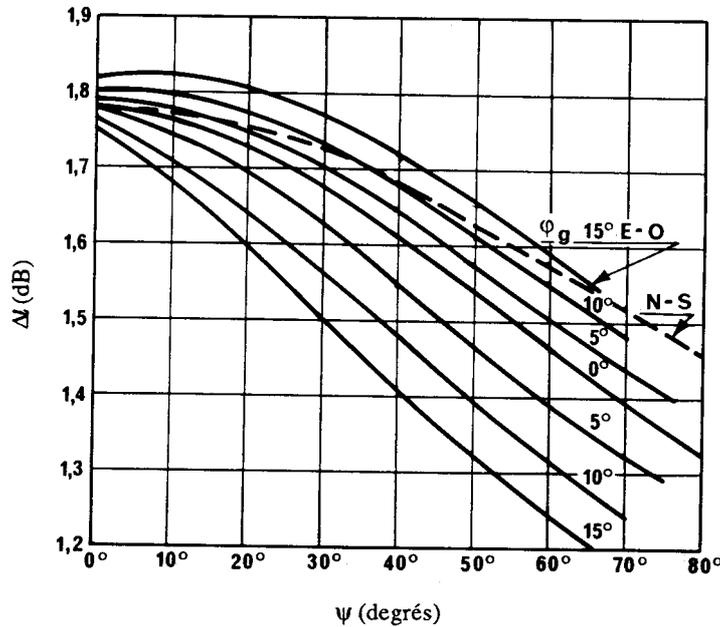
$$(\varphi_t / \varphi_g)_{N-S} \approx \frac{42166}{d} \quad \text{pour } d_1 = d_2 = d$$

pour φ_g jusqu'à au moins $15-20^\circ$ et pour les stations terriennes situées le long de la ligne de longitude moyenne des satellites.

Avec ces fonctions, on calcule $\Delta \ell$ en fonction de ψ pour φ_g jusqu'à 15° (voir la Fig. 2). L'angle ψ est formé avec le satellite le plus proche et l'angle $(\psi + \varphi_g)$ avec le satellite le plus éloigné dans le plan E-O.

FIGURE 2

Affaiblissement supplémentaire $\Delta\ell$ de brouillage pour le trajet montant ou le trajet descendant en fonction de l'angle géocentrique ψ entre le point de projection du satellite et la station terrienne



- ϕ_g : écart angulaire géocentrique entre satellites
- ψ : angle géocentrique, ayant son sommet au centre de la Terre, entre le point de projection du satellite et la station terrienne
- $\Delta\ell$: calculs relatifs à l'affaiblissement supplémentaire de brouillage lorsque l'on utilise 35 796 km pour l'affaiblissement en espace libre et lorsque le gain hors axe de l'antenne de la station terrienne est proportionnel à $-25 \log \phi_g$

D03-sc

Si l'on associe le brouillage sur la liaison montante avec d_1 , le brouillage sur la liaison descendante est alors associé avec d_2 , et vice versa, et $\Delta\ell_u$ et $\Delta\ell_d$ sont associés de la même manière. Si l'angle de site de la station terrienne, H , est limité, l'angle ψ l'est aussi. Les fonctions approximatives de $\Delta\ell$ sont les suivantes:

Cas E-O:

$$\Delta\ell_d \approx A \pm 0,011 \phi_g \text{ et } \Delta\ell_u \approx A \pm 0,011 \phi_g \quad \text{dB}$$

où:

$$A \approx 1,32 + 0,0065 H + 0,006 \phi_g \quad \text{dB}$$

avec H et ϕ_g (degrés).

Cas N-S:

$$\Delta\ell_d = \Delta\ell_u \approx 1,45 + 0,00056 H + 0,006 \phi_g \quad \text{dB}$$

On peut déterminer les valeurs de ψ en situant les valeurs de gain les plus élevées des antennes de satellite comme indiqué au § 4. La valeur $\Delta\ell$ pour les stations terriennes situées sur une autre ligne que l'équateur ou la longitude moyenne des satellites, peut être estimée par extrapolation.