

RECOMMANDATION UIT-R S.740*

**Méthodes de coordination technique de réseaux
du service fixe par satellite**

(1992)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il est nécessaire, pendant l'étape de planification d'un réseau à satellite, de calculer les niveaux de brouillage potentiel entre réseaux en projet et réseaux en service;
- b) que les méthodes permettant de déterminer la nécessité d'une coordination de réseaux à satellites sont indiquées dans l'Appendice S8 du Règlement des radiocommunications et dans les Recommandations UIT-R S.738 et UIT-R S.739;
- c) qu'une fois la nécessité d'une coordination établie, il sera nécessaire de procéder à une évaluation technique du brouillage potentiel entre réseaux à satellites;
- d) que l'UIT-R a examiné diverses approches applicables à la gestion de l'orbite des satellites géostationnaires;
- e) que le choix de l'approche à appliquer pour la coordination technique détaillée appartient aux administrations concernées;
- f) que, si le brouillage potentiel dépasse la limite admissible, les administrations concernées doivent convenir des conditions d'exploitation de leurs réseaux respectifs;
- g) que les Recommandations UIT-R S.466, UIT-R S.671, UIT-R S.483, UIT-R S.523 et UIT-R S.735 indiquent des niveaux admissibles de brouillage entre réseaux du service fixe par satellite;
- h) qu'une coordination multilatérale peut être nécessaire dans certains cas,

recommande

1 que, lorsque la coordination technique détaillée de réseaux du service fixe par satellite est entreprise, les techniques indiquées ci-après et décrites dans l'Annexe 1 peuvent être appliquées, d'entente entre les administrations concernées, en l'absence de toute autre approche convenue par accord mutuel:

- technique fondée sur la puissance de l'onde porteuse;
- technique du calcul de la densité de puissance moyenne sur une largeur de bande;
- technique de discrimination;

2 que la Note 1 soit considérée comme faisant partie de la Recommandation:

NOTE 1 – Les Annexes 2, 3 et 4 à la présente Recommandation donnent les méthodes de calcul détaillé relatives aux techniques ci-dessus.

* 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

Méthodes de coordination technique pour les systèmes de télécommunication par satellite**1 Méthode générale**

Dans la présente Annexe, le réseau qui souhaite accéder à l'orbite est appelé réseau A. On admet que les calculs de ΔT – effectués selon la méthode de l'Appendice S4 du Règlement des radiocommunications et publiés par le Bureau des radiocommunications pour des réseaux enregistrés (un réseau enregistré est un réseau dont les assignations ont été inscrites dans le Fichier de référence du Bureau des radiocommunications), pour des réseaux non encore enregistrés mais déjà coordonnés et pour des réseaux en cours de coordination – ont montré qu'il est nécessaire d'effectuer une coordination avec des réseaux B, C, D, etc., lesquels peuvent faire partie de l'une quelconque de ces catégories. Tous ces réseaux ont priorité par rapport au réseau A qui demande l'accès.

2 Le processus de coordination

Pour les besoins de l'exposé, on peut diviser le processus de coordination en trois phases.

La première consiste à examiner les transmissions (existantes ou projetées) des réseaux concernés et à faire une évaluation de leur interaction par référence à des critères de brouillage «normaux».

La deuxième phase du processus consiste à étudier les modifications éventuelles des éléments du plan de transmission (caractéristiques de transmission, plans de fréquences) ou des positions orbitales, qui pourraient conduire à une solution des problèmes de brouillage mis en lumière au cours de la phase 1. En règle générale, l'administration demanderesse pourra introduire ces modifications plus facilement que l'administration qui exploite déjà un réseau; toutefois, on ne peut pas s'attendre, au cours de la phase 2, que l'un ou l'autre des réseaux accepte d'imposer des contraintes importantes à son mode d'exploitation (existant ou projeté) et au type, à la distribution et à la qualité du service. Au cours de cette phase, il devrait être possible, moyennant une étude très approfondie de tous les paramètres techniques et d'exploitation, de résoudre des cas de brouillage spécifiques et, à première vue, relativement graves.

La troisième phase, si elle est nécessaire, consisterait à étudier et à négocier des modifications et des ajustements des systèmes, dans l'un des réseaux concernés ou dans les deux. Ces modifications peuvent influencer sur la qualité et le type du service, et sur les possibilités de croissance future de l'un des réseaux, ou des deux.

Lorsqu'on cherche à résoudre des cas de brouillage, il ne faut pas perdre de vue que toute solution particulière découverte pour les deux réseaux considérés est susceptible de créer des problèmes avec d'autres réseaux, ou d'aggraver des problèmes qui se posent déjà avec d'autres réseaux; ce point peut revêtir une importance particulière si l'on envisage un repositionnement des stations spatiales.

3 Considérations d'ordre technique

Fondamentalement, la coordination comporte deux étapes initiales:

- accord sur les critères de brouillage acceptable, et
- accord sur le calcul du brouillage.

Les Recommandations de l'UIT-R peuvent servir de base pour déterminer les critères de brouillage acceptable, mais d'autres critères peuvent être utilisés par accord mutuel. Les calculs nécessitent généralement la conversion des critères de sortie du récepteur en critères d'entrée aux fréquences radioélectriques, et la connaissance des paramètres du trajet de brouillage aux fréquences radioélectriques. Etant donné que de nombreux paramètres susceptibles d'être modifiés sont associés au domaine des fréquences radioélectriques, il peut être commode de classer les méthodes de coordination dans ce domaine, c'est-à-dire en fonction des critères applicables aux fréquences radioélectriques.

3.1 Domaines de brouillage

La première étape de la coordination consiste à identifier les domaines de brouillage. Chaque bande ou fraction de bande commune aux deux réseaux pour chaque faisceau d'antenne de satellite dans les deux secteurs spatiaux doit être identifiée. On identifie ensuite, dans chacune de ces bandes ou fraction de bande, les parties dans lesquelles les valeurs de sensibilité de réception (G/T) de la station spatiale et de la station terrienne et les valeurs de la p.i.r.e. de ces deux stations demeurent constantes pour les deux réseaux.

Cette méthode permet de déterminer tous les domaines de brouillage. Certaines parties du spectre, pouvant correspondre à une réutilisation des fréquences entre satellites, peuvent apparaître plusieurs fois. Lorsque les fréquences de la liaison montante et de la liaison descendante, ou les faisceaux d'antenne de satellite ou les deux à la fois, peuvent être associés par paires de diverses manières (commutation des faisceaux d'une station spatiale), il convient d'envisager toutes les configurations d'exploitation possibles. En outre, le nombre de domaines est habituellement limité, du moins dans les stations spatiales actuelles, par la disposition des répéteurs, et dans les stations spatiales simples, peut englober plusieurs ou tous les répéteurs. Lorsque deux stations spatiales utilisent chacune un seul faisceau d'antenne de satellite (c'est-à-dire des faisceaux d'émission et de réception à couverture commune) et que tous leurs répéteurs présentent des caractéristiques uniformes à l'intérieur de la bande de fréquences commune, il ne peut y avoir qu'un seul domaine de brouillage.

3.2 Méthodes de coordination

Le choix des méthodes à utiliser pour effectuer la coordination fait l'objet d'un accord entre les administrations participantes. Les caractéristiques des réseaux en cause et le niveau plus ou moins élevé du brouillage auront une influence sur le choix de la méthode à appliquer pour la coordination.

Dans la pratique, la coordination peut être réalisée au moyen de diverses techniques, entre autres:

- la comparaison de la *puissance totale de la porteuse* à l'émission et des critères de *puissance* de brouillage acceptable à la réception;
- la comparaison de la *densité de puissance* à l'émission et des critères de *densité de puissance* de brouillage acceptable à la réception;
- la comparaison de la *discrimination* disponible entre réseaux (affaiblissement de couplage normalisé entre réseaux) et de la *discrimination* nécessaire entre des émissions (rapport normalisé porteuse utile/porteuse brouilleuse).

Les critères RF sont exprimés, dans le premier cas, par les expressions I/N ou C/I et, dans le second cas, par les expressions I_0/N_0 ou C_0/I_0 , dans lesquelles I , N , C et 0 représentent respectivement: I , la puissance de brouillage; N , la puissance de bruit interne sur la liaison; C , la puissance désirée de la porteuse et l'indice «0» la valeur moyenne du rapport puissance/Hz calculée dans une largeur de bande de référence. Dans le troisième cas, les critères de brouillage sont exprimés en fonction du rapport C/I nécessaire entre deux émissions, normalisé par rapport aux rapports porteuse/densité de bruit C/N_0 qui caractérisent les normes de qualité de ces deux émissions.

3.2.1 Technique fondée sur la puissance de l'onde porteuse

Cette technique s'applique le mieux dans les cas suivants:

- dans les bandes de fréquences où fonctionnent des réseaux à satellites bien développés et dans lesquelles le nombre des satellites est relativement grand;
- pour les procédés de modulation bien définis, qui peuvent être d'un type quelconque, par exemple, monovoie (SCPC), analogique, numérique, télévision à modulation de fréquence, etc.;
- dans les bandes de fréquences où cette méthode a déjà été utilisée sur une vaste échelle.

Les informations demandées à titre obligatoire dans l'Appendice S4 du Règlement des radiocommunications ne constituent pas une base suffisante pour effectuer la coordination selon les méthodes *I/N* ou *C/I*. Il est nécessaire que l'administration demanderesse ainsi que d'autres administrations exploitant des réseaux pour lesquels on a reconnu qu'une coordination est nécessaire, fournissent des renseignements plus détaillés sur leurs réseaux respectifs. Une coordination effectuée selon les méthodes *I/N* ou *C/I* exige l'échange de toutes les informations demandées dans l'Appendice S4, y compris celles signalées par un renvoi indiquant le type de porteuse, le type de station terrienne, et le faisceau d'antenne de satellite dans toutes les bandes ou fractions de bandes communes aux deux réseaux, sans oublier, lorsque cela est possible, les plans de fréquences. Etant donné que cette information convient à l'application de la méthode *C/I*, il semble souhaitable de retenir cette méthode, étant donné qu'elle permet d'évaluer les brouillages avec une plus grande précision.

Les domaines de brouillages doivent d'abord être identifiés. Pour chacun de ces domaines, il est nécessaire de définir les types de porteuses d'émission qui sont utilisés ou dont l'utilisation est envisagée sur les deux réseaux. Si on ne connaît pas les plans de fréquences, il faut admettre, pour les porteuses des deux réseaux, la combinaison la plus défavorable au point de vue du brouillage. Dans la plupart des cas, cela correspondra à la coïncidence en fréquence des porteuses. Lorsque l'on connaît les plans de fréquences, ou lorsqu'une seule disposition des émissions est possible sur les deux réseaux pour un domaine de brouillage donné, les analyses des brouillages s'en trouvent simplifiées.

Pour chaque domaine, les brouillages causés par chaque type d'émission d'un réseau à chaque type d'émission d'un autre réseau sont calculés pour des assignations de fréquence coïncidentes (ou, lorsque cela est possible, pour les assignations de fréquence existantes ou envisagées) dans chaque sens (c'est-à-dire du réseau A vers le réseau B et vice versa). Chaque émission brouilleuse est supposée provenir de la station terrienne d'émission utilisant ou devant utiliser l'antenne de plus faible gain (ce qui correspond à la valeur la plus élevée de puissance isotrope rayonnée équivalente en dehors du faisceau principal). Lorsque la largeur de bande occupée par l'émission brouilleuse est nettement inférieure à la largeur de bande occupée par l'émission brouillée, il convient d'admettre que les émissions brouilleuses occupent entièrement, à des intervalles appropriés, la bande occupée par l'émission brouillée.

Il faut ensuite comparer les valeurs obtenues pour *C/I* aux valeurs mutuellement acceptables pour une source unique de brouillage. Si ces calculs indiquent que les valeurs obtenues pour *C/I* sont acceptables dans tous les cas, on peut conclure que la coordination a été effectuée avec succès.

Si les critères de brouillage ne sont pas satisfaits dans un ou plusieurs cas, chaque cas doit être examiné séparément. Si les critères ne sont que légèrement dépassés, il peut être convenu que ces niveaux de brouillage peuvent être tolérés par les deux réseaux. En particulier, l'administration qui recherche la coordination peut décider unilatéralement que les brouillages causés à son réseau, bien que dépassant légèrement la (les) valeur(s) des critères de brouillage, peuvent être acceptés et, s'il n'y a pas d'autre point de désaccord, peut déclarer que la coordination a d'ores et déjà abouti. Autrement, il pourra être nécessaire d'envisager les mesures suivantes pour satisfaire aux critères mutuellement acceptables.

La méthode de calcul du rapport *C/I* pour des réseaux à satellites géostationnaires est décrite dans l'Annexe 2 à la présente Recommandation.

3.2.2 Technique fondée sur la densité de puissance

Cette méthode peut être largement appliquée dans les cas suivants:

- dans les bandes de fréquences où des réseaux à satellites se trouvent au stade initial de développement et dans lesquelles fonctionnent peu de satellites;
- pour les procédés de modulation donnant une densité spectrale de puissance presque uniforme, par exemple, modulations numériques;
- dans les cas où les premiers calculs de $\Delta T/T$ ont donné des valeurs qui sont acceptables pour chaque administration. Cela peut être le cas pour certains domaines communs entre les réseaux;
- dans les cas où l'on a une très grande souplesse d'exploitation dans l'un des réseaux, ou dans les deux, c'est-à-dire que l'on peut modifier les valeurs de la densité de puissance.

Lorsqu'on applique cette méthode, on peut faire l'évaluation initiale du brouillage en utilisant les renseignements obligatoires demandés dans l'Appendice S4, pour chaque domaine de brouillage. Cette évaluation peut permettre d'identifier les domaines particuliers où le brouillage potentiel est le plus gênant; elle permet également de déterminer si le brouillage dominant est celui de la liaison montante ou celui de la liaison descendante. Chaque partie pourrait utiliser les valeurs de I_0/N_0 qui sont acceptables pour elle, compte tenu des types de modulation qu'elle utilise.

Il arrive que les valeurs obtenues pour I_0/N_0 selon ces calculs soient acceptables par les deux parties, auquel cas la coordination est considérée comme correcte. Si les valeurs obtenues pour I_0/N_0 ne sont pas acceptables, un certain nombre de mesures peuvent être prises. Si les brouillages de la liaison montante dominant, on peut réduire les brouillages mutuels en modifiant la densité de puissance et le gain à l'émission sur la liaison montante. De plus, on peut introduire un nouveau mode d'accès par fractions de bande, c'est-à-dire modifier le domaine de brouillage de manière à renforcer l'homogénéité entre les deux réseaux, réduisant ainsi les brouillages mutuels.

La densité de puissance moyenne d'un répéteur peut servir à déterminer l'espacement minimal possible des satellites qui peut constituer une mesure efficace de l'espacement réalisable pendant la coordination. Etant donné que la puissance d'un répéteur est limitée, la densité de puissance moyenne calculée dans la largeur de bande du répéteur est, elle aussi, limitée. Cette densité de puissance moyenne permet de déterminer un espacement des satellites correspondant à un critère de brouillage donné, en tenant compte des hétérogénéités prévues du trafic lors de la coordination détaillée entre les réseaux. Dans le processus de coordination, cet espacement peut servir de base de calcul pour les espacements réalisables. Si, sur une partie de la largeur de bande du répéteur, les densités de puissance sont supérieures à cette valeur moyenne, des densités de puissance inférieures à la moyenne doivent aussi exister dans d'autres parties de la largeur de bande considérée. Cette hypothèse peut être utilisée pour la coordination.

Il peut être souhaitable également d'utiliser des largeurs de bande de référence ou des largeurs de bande moyennes correspondant aux porteuses employées, au lieu des largeurs de bande de référence de 4 kHz et 1 MHz stipulées dans le Règlement des radiocommunications. Il en résultera généralement des valeurs inférieures de l'expression I_0/N_0 , ce qui peut faciliter la coordination, en particulier, lorsque les porteuses à bande étroite d'un satellite fonctionnent en opposition avec les porteuses à large bande d'un autre satellite. Dans ce cas, on peut adopter un espacement fondé sur les critères de brouillage de la porteuse à bande étroite pour obtenir un critère de brouillage acceptable pour les porteuses à large bande, ce qui évite d'avoir à établir un plan détaillé des fréquences porteuses. Le brouillage causé aux porteuses à bande étroite par des porteuses à large bande sera relativement uniforme si la densité de puissance de la porteuse à large bande est elle-même relativement uniforme.

Les techniques énumérées ci-dessus ont servi à élaborer une méthode de détermination des brouillages entre réseaux à satellites fondée sur la densité de puissance/largeur de bande moyenne.

La méthode repose sur un nombre suffisant de points de données concernant la densité de puissance/largeur de bande moyenne afin que les brouillages se produisant dans les largeurs de bande étudiées puissent faire l'objet d'approximation raisonnable à l'aide des méthodes décrites dans l'Appendice S8 du Règlement des radiocommunications. Cette méthode peut aussi servir à déterminer les besoins de coordination. On trouvera à l'Annexe 3 à la présente Recommandation les détails de cette méthode.

Si la densité de puissance des porteuses à large bande est plus élevée sur de petites sections d'un répéteur (TV-MF analogique ou MRF-MF à haute densité et faible indice), on peut réaliser un espacement minimal pour les porteuses à bande étroite en évitant les régions à forte densité de puissance. Dans ce cas, on réalise une meilleure utilisation du spectre en n'utilisant pas une fonction triangulaire pour la dispersion d'énergie sur les porteuses à large bande. Toutefois, d'autres facteurs peuvent justifier l'emploi d'une certaine dispersion d'énergie minimale, par exemple, la situation des systèmes en service et la protection des faisceaux hertziens de Terre.

La méthode C_0/I_0 de coordination est pour l'essentiel une extension de la méthode I_0/N_0 , mais comporte un paramètre supplémentaire: la densité de puissance minimale sur chaque réseau. Il peut se révéler que les valeurs obtenues pour C_0/I_0 sont mutuellement acceptables même si ce n'est pas le cas pour les valeurs obtenues pour I_0/N_0 . Cette méthode permet d'envisager une compensation de la puissance des répéteurs, c'est-à-dire d'augmenter leur puissance pour les émissions exposées à des brouillages importants et de réduire leur puissance pour les émissions exposées à des brouillages peu importants, ce qui permet d'éliminer ou d'atténuer la gêne apportée par un brouillage particulier. L'exploitation avec la compensation de puissance constituerait une mesure applicable dans la pratique. Cette méthode C_0/I_0 nécessite un complément d'étude et des éclaircissements.

3.2.3 Techniques de discrimination

Les notions de discrimination traditionnelle et de discrimination entre liaisons examinées dans l'Annexe 4 à la présente Recommandation offrent une autre méthode de coordination qui ne fait intervenir ni la puissance d'émission, ni la densité de puissance, ni la puissance de bruit.

3.2.3.1 Méthode de discrimination traditionnelle

Dans le cadre de cette méthode de discrimination traditionnelle, on compare la discrimination disponible entre réseaux – mesure du couplage électromagnétique entre deux réseaux – et la discrimination nécessaire entre deux émissions en situation de brouillage.

La discrimination nécessaire est une mesure assez précise de l'«incompatibilité» due au brouillage entre deux émissions, des valeurs plus élevées de la discrimination nécessaire indiquant une incompatibilité plus grande. Elle est exprimée en fonction du rapport de puissance admissible porteuse utile/porteuse brouilleuse entre deux émissions et leurs normes de qualité respectives (sous forme de rapport porteuse/densité de bruit nécessaire pour chaque émission, C/N_0 , et ceci pour l'ensemble de la liaison).

Pour appliquer le principe de la discrimination, on spécifie les domaines de discrimination et on détermine la discrimination disponible dans chacun d'eux. Un domaine de discrimination est caractérisé par les caractéristiques de rayonnement des antennes de stations terriennes et de stations spatiales de l'un quelconque des deux réseaux, leur température de bruit à la réception et leur gain d'émission sur la liaison.

Dans chaque domaine, on détermine les combinaisons de brouillage de porteuses. A partir de tableaux ou de graphiques, on obtient la discrimination requise entre deux porteuses données et on la compare à la discrimination disponible dans le domaine approprié. Une combinaison de porteuses dont la discrimination nécessaire dépasse la discrimination disponible dans le domaine pertinent doit faire l'objet d'une coordination.

La différence entre la discrimination nécessaire et la discrimination disponible est une mesure quantitative de la gravité de l'incompatibilité; sa valeur donne des indications utiles sur les mesures à prendre pour assurer la compatibilité.

3.2.3.2 Méthode de discrimination entre les liaisons

Dans le cadre de cette méthode, on compare aussi la discrimination disponible entre les liaisons et la discrimination nécessaire entre les porteuses pour déterminer les besoins de coordination. Lorsque la valeur de la discrimination disponible entre les liaisons est inférieure à la discrimination nécessaire entre les porteuses, il faut procéder à une coordination détaillée.

Avec cette méthode, on détermine la discrimination disponible entre les liaisons en se fondant sur les renseignements relatifs aux reculs d'entrée et de sortie du répéteur, à la p.i.r.e. du satellite et à la densité de flux de saturation ainsi qu'aux principaux paramètres de conception de la liaison. Il n'est pas nécessaire de recourir aux paramètres détaillés des porteuses comme c'est le cas dans la méthode traditionnelle de discrimination.

Les discriminations nécessaires entre les porteuses sont exprimées sous forme de valeurs applicables aux rapports de puissance porteuse utile/porteuse brouilleuse entre deux émissions en cas de brouillage par une source unique et sous forme de leurs rapports respectifs porteuse/densité de bruit sur la liaison descendante.

4 Coordination multilatérale

Bien que le processus de coordination ait été habituellement réalisé sur une base bilatérale, il est possible de le faire sur une base multilatérale. Cela pourrait être le moyen le plus commode pour réaliser la coordination lorsque les réseaux à satellites de plus de deux administrations sont concernés. Les méthodes et les techniques générales décrites dans la présente Recommandation, que l'on pourrait utiliser pendant la coordination, sont applicables au processus bilatéral comme au processus multilatéral. On a mis au point plusieurs autres concepts et méthodes spécifiques.

ANNEXE 2

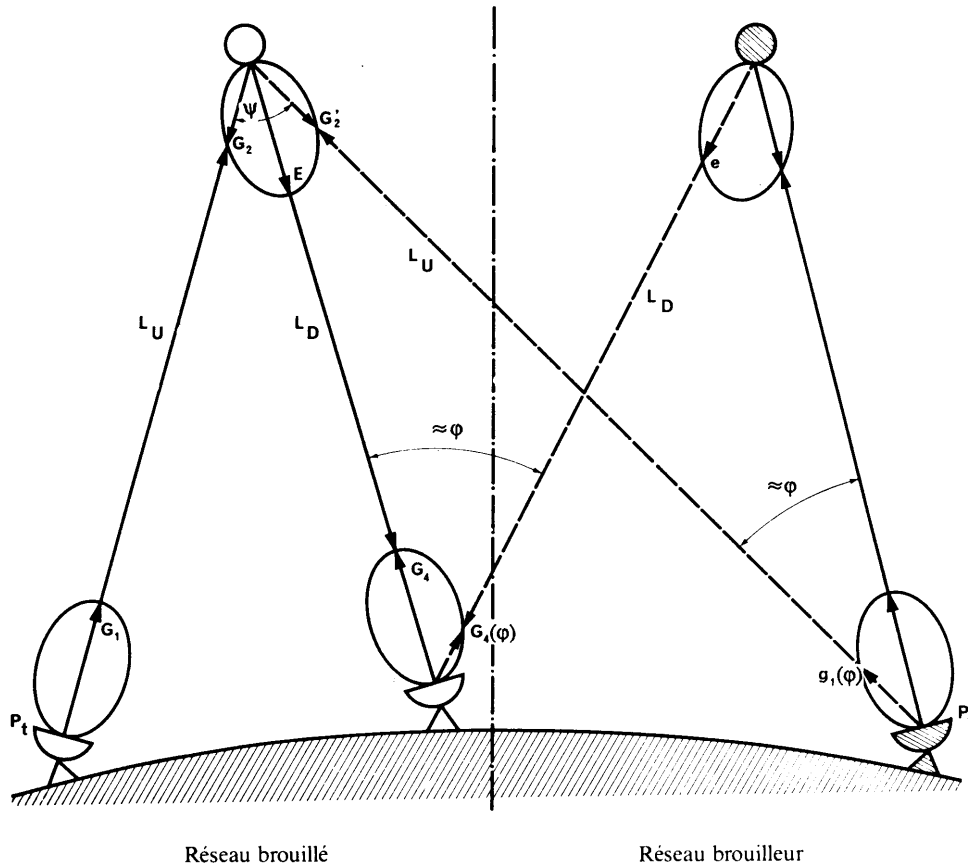
Méthode de calcul des rapports porteuse utile/porteuse brouilleuse dans les réseaux du service fixe par satellite

1 Méthode

Les Fig. 1a et 1b montrent des trajets de brouillage entre deux réseaux à satellites. Les valeurs des espacements angulaires topocentriques minimaux des satellites (vus d'un point de la Terre) doivent être déterminées en tenant compte de la valeur nominale de l'espacement angulaire géocentrique, des incertitudes sur la position des satellites (longitude des nœuds orbitaux et inclinaison des orbites) et des emplacements géographiques respectifs des stations terriennes. L'emploi de l'espacement angulaire géocentrique ϕ au lieu de celui de l'espacement angulaire topocentrique facilite le calcul; il est, de plus, justifié du fait que les deux angles sont presque égaux. En outre, l'espacement angulaire topocentrique étant toujours supérieur à l'espacement angulaire géocentrique, le calcul fondé sur ce dernier donne des résultats plus prudents.

FIGURE 1a

Géométrie des brouillages entre deux réseaux à satellites. Cas I – liaison montante du réseau utile partageant les fréquences avec la liaison montante du réseau brouilleur



$$G_2 - G_2' = \Delta G_2(\psi)$$

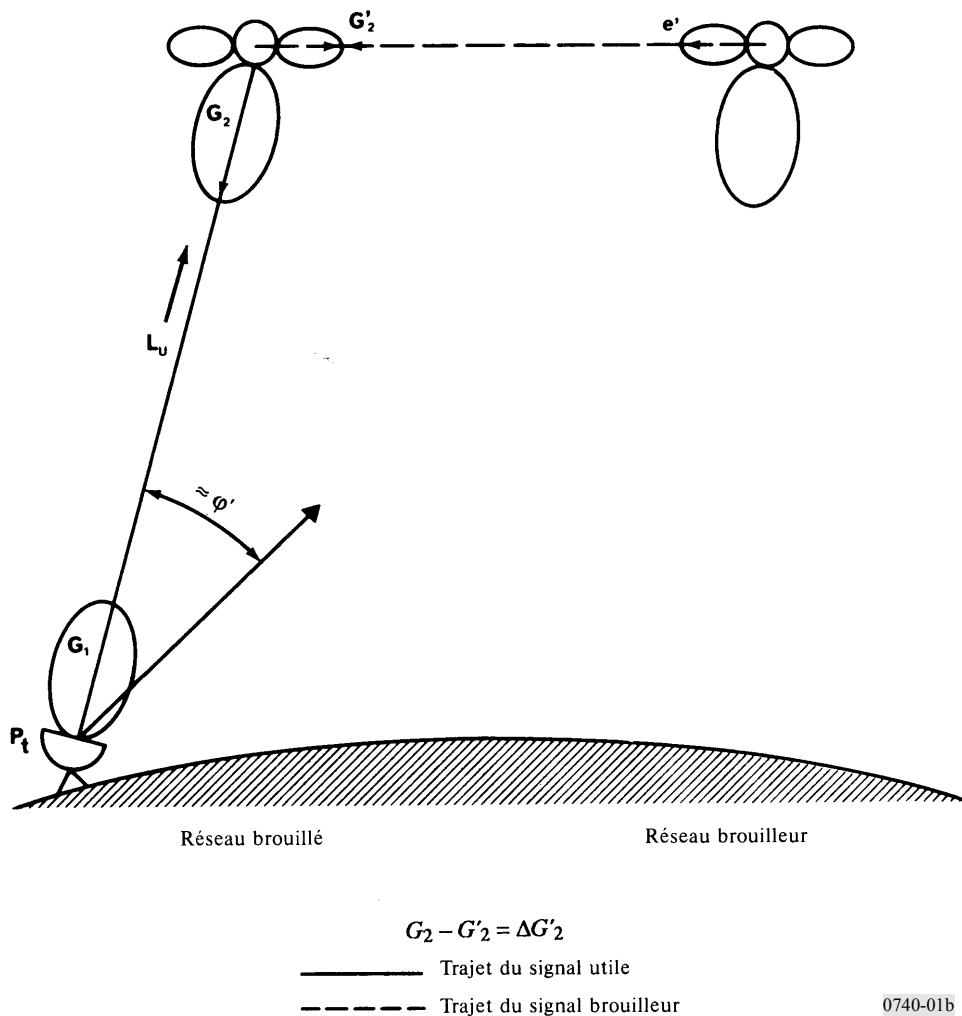
— Trajets des signaux utiles
 - - - Trajets des signaux brouilleurs

0740-01a

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 la liaison montante et l'autre pour la liaison descendante. Le cas I ci-dessous décrit les possibilités du brouillage entre deux réseaux qui ont de telles assignations; ainsi, le brouillage provenant d'une liaison montante affecte la liaison montante «utile» et un brouillage provenant d'une liaison descendante affecte la liaison descendante «utile». Cependant, certains réseaux pourraient utiliser des bandes de fréquences interverties, 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; dans ces conditions, le brouillage provenant d'une liaison montante affecte la liaison descendante «utile» et le brouillage provenant d'une liaison descendante affecte la liaison montante «utile»; ceci est le cas II.

FIGURE 1b

Géométrie des brouillages entre deux réseaux à satellites. Cas II – liaison montante du réseau utile partageant les fréquences avec la liaison descendante du réseau brouilleur



1.1 Cas I

On suppose les conditions de propagation suivantes lors du calcul des rapports porteuse utile/porteuse brouilleuse sur les liaisons montante et descendante:

- en raison des effets de la propagation et des précipitations locales, les signaux utiles et les signaux brouilleurs émis par des stations terriennes situées en différents points de la surface terrestre sont sujets à des fluctuations. A moins que la p.i.r.e. de la station terrienne ne soit réglée de telle sorte que les niveaux des signaux reçus par les satellites demeurent constants, il conviendra de prévoir une marge dans l'équation concernant la liaison montante, pour calculer la valeur moyenne du brouillage;
- le rapport entre les niveaux respectifs du signal utile et du signal brouilleur ne varie pas en fonction du temps sur la liaison descendante. Compte tenu de la discrimination insuffisante exercée par les antennes à effet directif des stations terriennes, tout brouillage assez intense pour avoir une influence appréciable ne saurait provenir que de satellites proches de celui du réseau utile. Les signaux utiles et brouilleurs subiront donc un affaiblissement égal lors des variations des caractéristiques de propagation, puisqu'ils traversent les mêmes régions

perturbées. En conséquence, les fluctuations observées sur le signal utile reçu n'auront aucun effet significatif sur le niveau de brouillage produit dans la bande de base, et l'on peut généralement ne pas prévoir de marge dans le cas de la liaison descendante.

Pour effectuer ce calcul, il faut résoudre les deux formules suivantes:

$$(C/I)_U = P_t + G_1 - \Delta L_U - M_U - p_t - g_1(\varphi) + \Delta G_2 + Y_U \quad \text{dB} \quad (1)$$

et

$$(C/I)_D = E + G_4 - \Delta L_D - e - G_4(\varphi) + Y_D \quad \text{dB} \quad (2)$$

où:

- $(C/I)_{U,D}$: rapports porteuse utile/porteuse brouilleuse respectivement sur la liaison montante et sur la liaison descendante (dB)
- P_t, p_t : puissances d'émission de la porteuse utile et de la porteuse brouilleuse, fournies aux antennes des stations terriennes correspondantes (dBW)
- G_1, G_4 : gains à l'émission et à la réception des antennes de la ou des stations terriennes «utiles» (dB)
- ΔL_U : différence d'affaiblissement sur les liaisons montantes vers le satellite utile, à partir des deux stations terriennes,
 $\Delta L = L_{\text{utile}} - L_{\text{brouilleur}} \quad \text{dB}$
- ΔL_D : différence d'affaiblissement sur les liaisons descendantes vers la station terrienne «utile» à partir des deux satellites; ΔL défini comme ci-dessus (dB)
- M_U : marge pour la liaison montante dans le réseau utile (dB)
- $g_1(\varphi)$: gain d'antenne dans la station terrienne brouilleuse dans la direction du satellite utile (dB)
- φ : valeur minimale de l'espacement angulaire géocentrique des satellites, vu de la station terrienne brouilleuse
- ΔG_2 : différence entre les gains d'antenne (réception) du satellite utile, dans la direction des deux stations terriennes,
 $\Delta G_2 = G_{2 \text{ utile}} - G_{2 \text{ brouilleur}} \quad \text{dB}$
- Y_U : discrimination de polarisation minimale entre l'onde porteuse brouilleuse sur la liaison montante et l'antenne de réception du satellite utile (dB)
- Y_D : discrimination de polarisation minimale entre l'onde porteuse brouilleuse sur la liaison descendante et l'antenne de réception de la station terrienne «utile» (dB)
- E, e : p.i.r.e. de la porteuse utile et de la porteuse brouilleuse dans la direction de la station terrienne «utile» (dBW)
- $G_4(\varphi)$: gain de l'antenne de la station terrienne «utile» dans la direction du satellite brouilleur (dB).

Notes relatives à certains facteurs utilisés dans les équations précédentes:

- Les puissances et les gains d'antenne correspondant au réseau utile sont désignés en lettres capitales; les puissances et les gains correspondant au réseau brouilleur sont désignés en lettres minuscules. Les indices associés aux gains des diverses antennes correspondent au trajet suivi par le signal: 1 = émission de la station terrienne; 2 = réception dans le satellite; 3 = émission du satellite; 4 = réception dans la station terrienne.
- Les gains d'antenne $g_1(\varphi)$ et $G_4(\varphi)$ doivent, autant que possible, être calculés à l'aide de diagrammes du rayonnement mesuré des antennes des stations terriennes. Pour les calculs préliminaires, on peut toutefois utiliser le diagramme de rayonnement généralisé d'une antenne de station terrienne dont traite la Recommandation UIT-R S.465.

- Pour des calculs très précis, on peut utiliser les angles topocentriques dans les expressions de g_1 et de G_4 .
- La valeur des termes ΔG_2 , E et e doit être calculée, si possible, d'après des diagrammes mesurés d'antenne de satellite. Ces termes peuvent être affectés par les variations de la géométrie des trajets en fonction du temps; toutefois, ces variations étant probablement assez faibles, on peut généralement les négliger.
- En l'absence de renseignements sur la polarisation des antennes de satellites, on adoptera pour les facteurs Y_U et Y_D une valeur de 0 dB. Le sujet de la discrimination due à la polarisation est examiné dans le Volume IV de l'ex-CCIR.

1.2 Cas II

Lorsque la fréquence assignée à la liaison montante d'un réseau «utile» est la même que la fréquence assignée à la liaison descendante d'un réseau brouilleur, le rapport porteuse utile/porteuse brouilleuse dans le réseau utile, sur la liaison montante, a pour expression approchée:

$$(C/I)'_U = P_t + G_1 - M_U + \Delta G'_2 - e' + Y' + 20 \log \phi' - 35,2 \quad \text{dB} \quad (3)$$

où (en plus des définitions existantes):

$\Delta G'_2$: différence entre le gain de l'antenne de réception du satellite utile dans la direction de la station terrienne utile d'émission et le gain de cette même antenne dans la direction du satellite brouilleur:

$$\Delta G'_2 = G_{2 \text{ utile}} - G_{2 \text{ brouilleur}} \quad \text{dB}$$

e' : p.i.r.e. de la porteuse brouilleuse du satellite dans la direction du satellite utile (dBW)

Y' : discrimination de polarisation minimale entre la porteuse du satellite brouilleur et l'antenne de réception du satellite utile (dB)

ϕ' : valeur minimale de l'espacement angulaire géocentrique des satellites, vu de la station terrienne utile (degrés).

Le calcul du brouillage d'une liaison montante à une liaison descendante «utile», c'est-à-dire le brouillage causé par un émetteur de station terrienne au récepteur de la station terrienne utile doit se faire sur la base des méthodes décrites dans le Volume IV/IX de l'ex-CCIR (Partie 2). Toutefois, il devrait être possible de réduire ce brouillage à une valeur négligeable, moyennant un choix judicieux des emplacements des stations terriennes.

1.3 Rapport porteuse utile/porteuse brouilleuse de la liaison

- Pour le cas I, la valeur finale du rapport porteuse utile/porteuse brouilleuse de la liaison dépend des mêmes rapports sur les trajets montant et descendant calculés à partir des relations (1) et (2), en utilisant l'équation suivante:

$$C/I = -10 \log \left[10^{\frac{-(C/I)_U}{10}} + 10^{\frac{-(C/I)_D}{10}} \right] \quad \text{dB} \quad (4)$$

- Pour le cas II, la valeur totale du rapport porteuse/brouillage* est calculée directement à partir de l'équation (3).

* Le brouillage entre stations terriennes devra être étudié séparément; les conditions de propagation à considérer sont en effet différentes, ainsi que les critères applicables.

2 Algorithme général

Une méthode progressive permettant de calculer les niveaux porteuse/brouillage entre deux systèmes à satellites du service fixe, pour un ensemble particulier de paramètres, comprend les opérations successives suivantes:

- 2.1 donner la désignation «utile» à l'un des satellites et la désignation «brouilleur» à l'autre satellite;
- 2.2 choisir les paramètres permettant de résoudre les équations (1), (2) ou (3) pour l'une des sources possibles de brouillage et donner les désignations correspondantes, conformément au § 2.1 ci-dessus;
- 2.3 résoudre, pour l'ensemble des paramètres choisis, les équations (1), (2) ou (3);
- 2.4 déterminer le rapport porteuse utile/porteuse brouilleuse du réseau comme indiqué au § 1.3 de cette Annexe, le cas échéant;
- 2.5 en se servant de la valeur ainsi obtenue par le § 2.4 et des données relatives à la modulation et à l'écart de fréquence concernant les porteuses étudiées, déterminer, à l'aide de la Recommandation UIT-R S.741, la puissance de bruit dû au brouillage dans la porteuse utile;
- 2.6 répéter les opérations mentionnées ci-dessus, mais en intervertissant les désignations «utile» et «brouilleur» des satellites, s'il y a lieu;
- 2.7 répéter les opérations mentionnées ci-dessus pour toutes les combinaisons d'ondes porteuses et de stations terriennes qui pourraient être à l'origine de brouillages mutuels dans les deux réseaux.

NOTE 1 – Dans certains cas, une onde porteuse donnée pourra être brouillée par plusieurs autres ondes porteuses. En pareil cas, on est en droit d'additionner en puissance les contributions de bruit dû aux brouillages.

ANNEXE 3

Méthode de calcul de la densité de puissance moyenne sur une largeur de bande pour la détermination des brouillages entre réseaux à satellites*

1 Introduction

Pour calculer le brouillage entre réseaux à satellites, on peut se fonder sur les détails suivants répartis en trois niveaux:

- a) les calculs initiaux de $\Delta T/T$ effectués à l'aide des données de l'Appendice S8 et de l'Appendice S4 du Règlement des radiocommunications (RR);

* Il est possible d'appliquer cette méthode pour déterminer la nécessité d'une coordination et en poursuivre l'application dans le cas où la coordination est effectuée. Pour déterminer la nécessité d'une coordination, il convient de prendre pour valeur limite le rapport $\Delta T/T$, établi sur la base de la largeur de bande porteuse la moins brouillée présentant un intérêt plutôt que sur la base de la largeur de bande de référence. Il faudra obtenir quelques renseignements supplémentaires, en plus de ceux qui sont mentionnés dans l'Appendice S4 du RR. Voir le Tableau 1 de l'Appendice 1 de la présente Annexe.

- b) si la valeur seuil de $\Delta T/T$ est dépassée ou se fonde sur des calculs plus détaillés effectués en utilisant des renseignements supplémentaires (tels que ceux qui peuvent figurer dans l'Appendice S4 du RR), où sont évaluées les puissances des signaux brouilleurs présents dans les largeurs de bande de porteuses étudiées; et
- c) si le brouillage reste inacceptable après l'application du point b), il peut être nécessaire de planifier les fréquences porteuses.

Une méthode de calcul simple pour déterminer le brouillage entre réseaux à satellites, correspondant au niveau indiqué aux points a) et b) ci-dessus, est décrite dans les paragraphes qui suivent.

2 Description

Cette méthode d'évaluation des niveaux de brouillage mutuel entre réseaux à satellites repose sur des renseignements qui permettront de calculer la puissance de brouillage, I , dans toute largeur de bande de porteuse brouillée. La puissance du brouillage, I , est proportionnelle à la densité de puissance brouilleuse, p_0 , multipliée par la largeur de bande brouillée considérée, b_r . Dans le cas le plus défavorable, p_0 est déterminé pour toute largeur de bande de transmission b_t par la partie d'une bande ayant une largeur de bande b_t dans laquelle la puissance totale p atteint le maximum et donc $p_0(b_t) = p/b_t$.

Afin de déterminer I pour toute largeur de bande de porteuse b_r , il est nécessaire d'avoir une fonction quantitative de distribution spectrale de puissance sur les largeurs de bande étudiées. La bande totale sur laquelle cette fonction serait assurée est la bande sur laquelle pourraient se trouver des porteuses contiguës ou éventuellement contiguës. Il s'agira généralement d'une largeur de bande de répéteur pour le service fixe par satellite. On peut démontrer que seules quelques largeurs de bande moyennes avec les densités de puissance associées, suffisent pour décrire de façon suffisamment précise une fonction complète de distribution spectrale de puissance sur une largeur de bande de répéteur. Une sélection judicieuse des valeurs des largeurs de bande moyennes peut entraîner de petites erreurs de reconstitution pour les fonctions totales (voir l'Appendice 1 de la présente Annexe, § 1).

Ces valeurs de densité de puissance moyenne et de largeur de bande seront fournies pour le trajet montant (valeurs de P_e et des largeurs de bande associées) et pour le trajet descendant (valeurs de P_s et des largeurs de bande associées); les valeurs de P_e et P_s seront aussi indiquées pour les largeurs de bande utilisées pour le calcul des moyennes définies actuellement. Une administration ayant un réseau brouillé pourra alors établir une fonction totale.

En utilisant l'Appendice S8 du RR, ces fonctions reconstituées, ou les formules appropriées, on peut calculer les valeurs de $\gamma\Delta T_s$ et ΔT_e pour toutes les largeurs de bande de porteuses étudiées. A partir de ces valeurs, on peut calculer les $\Delta T/T$ et la puissance de brouillage pour toutes les porteuses, c'est-à-dire $I = \Delta T \times k \times b_r$ où k représente la constante de Boltzmann. L'administration dont le réseau subit un brouillage peut calculer pour chaque porteuse: $\Delta T/T$, I , I/N et (connaissant la puissance de la porteuse C), C/I . A partir de ces informations relatives au brouillage, l'administration peut décider s'il faut effectuer une coordination ou si des analyses plus détaillées sont nécessaires ou encore si les niveaux de brouillage sont acceptables.

Dans toute méthode de détermination du brouillage, il importe de pouvoir tenir compte des diverses sources de brouillage dans une porteuse de bande plus large, par exemple d'un certain nombre de porteuses monovoie (SCPC) transmises à partir de différentes stations terriennes et reçues par différentes stations terriennes d'un réseau, qui sont les sources communes du brouillage causé à une porteuse à large bande dans un réseau subissant le brouillage. La présente méthode tient compte de cette condition et du brouillage à plusieurs sources pour la détermination des densités de puissance.

Dans le cas de porteuses multiples, on doit considérer seulement ces valeurs de densité de puissance correspondant à quelques largeurs de bande. Il est important de noter que ces valeurs seront déterminées par l'administration pour son propre réseau.

Si les stations terriennes d'émission sont identiques, on peut obtenir les densités de puissance et les densités de la p.i.r.e. hors axe; elles auront la même fonction de distribution spectrale de puissance que celle du répéteur de satellite. Lorsqu'il y a des différences entre les gains d'antenne d'émission de stations terriennes, la fonction composite de distribution spectrale de puissance peut être différente de la fonction de densité de la p.i.r.e. Pour fournir des renseignements permettant d'évaluer le brouillage sur le trajet montant dans une largeur de bande donnée, on peut utiliser une méthode consistant à assigner une fonction de distribution spectrale de puissance pour chaque type de station terrienne (les porteuses dans toutes les stations terriennes d'un type sont supposées être dans une station terrienne de ce type). Le brouillage hors axe provenant de chaque type de station terrienne peut donc être calculé pour les largeurs de bande étudiées. Le brouillage le plus défavorable pour une largeur de bande donnée peut être évalué en comparant les valeurs obtenues à partir des différents types de stations terriennes.

Une application particulière de la présente méthode est décrite à l'Appendice 1 de la présente Annexe et des exemples sont donnés qui utilisent cette application particulière pour indiquer l'amélioration de la précision qu'on peut obtenir par rapport à la méthode de l'Appendice S8 du RR.

APPENDICE 1

À L'ANNEXE 3

Application de la méthode de calcul de la densité de puissance moyenne sur une largeur de bande

1 Formulation générale

Pour une bande donnée de porteuses contiguës ou pouvant être contiguës, la densité de puissance dans le cas le plus défavorable p_0 dans une largeur de bande b est déterminée par la partie de la bande ayant une largeur b dans laquelle la puissance totale p est au maximum:

$$p_0 = p/b \quad (5)$$

Pour des valeurs données de la densité de puissance p_{01} et p_{02} pour des largeurs de bandes b_1 et b_2 , la valeur maximale de p_0 entre b_1 et b_2 est limitée de la façon suivante:

$$p_0 = p_{01} \quad \text{pour} \quad b_1 \leq b \leq b_2 (p_{02}/p_{01}) \quad (6)$$

$$p_0 = \frac{p_{02} b_2}{b} \quad \text{pour} \quad b_2 (p_{02}/p_{01}) \leq b \leq b_2 \quad (7)$$

et la densité de puissance minimale p_0 entre b_1 et b_2 est la suivante:

$$p_0 = \frac{p_{01} b_1}{b} \quad \text{pour} \quad b_1 \leq b \leq b_2 (p_{01}/p_{02}) \quad (8)$$

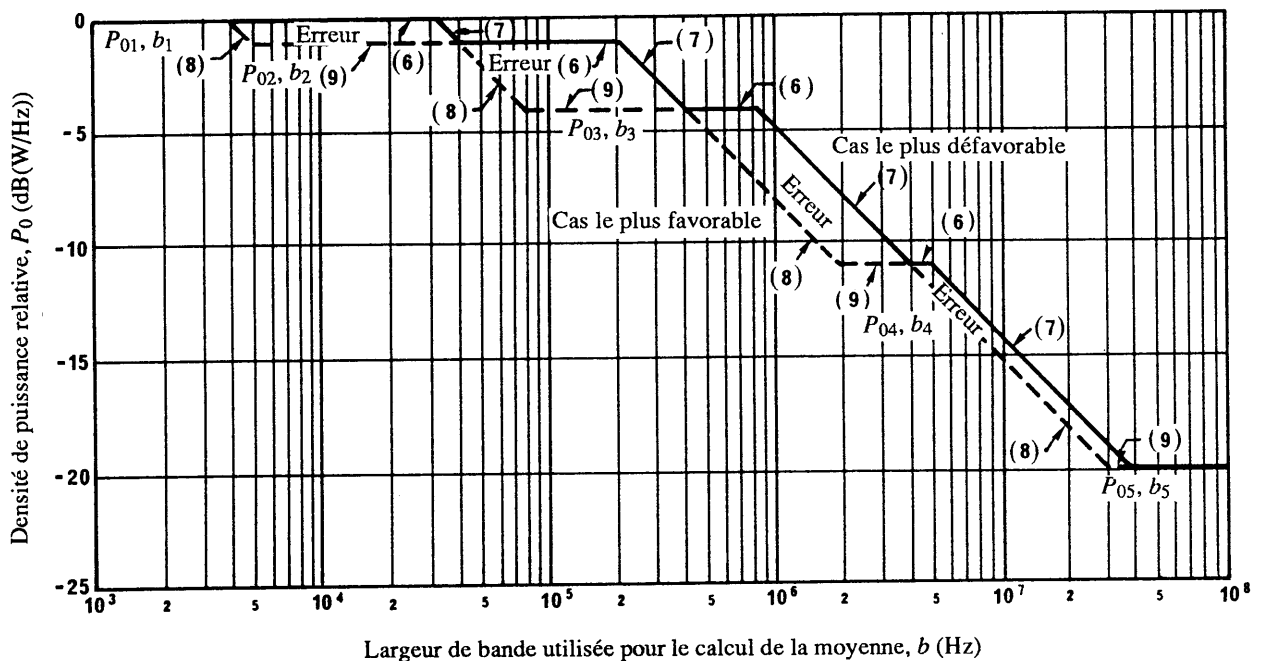
$$p_0 = p_{02} \quad \text{pour} \quad b_1 (p_{02}/p_{01}) \leq b \leq b_2 \quad (9)$$

La différence entre ces fonctions obtenues en reliant les points de données constitue l'erreur maximale possible.

Lorsque les densités de puissance sont exprimées en dB(W/Hz), et calculées par rapport à une largeur de bande sur une échelle logarithmique, un parallélogramme d'erreurs se forme comme le montre la Fig. 2. Le même processus est utilisé entre les points suivants (P_{02}, b_2 et P_{03}, b_3 , etc.). L'erreur est une fonction de b et ($P_{01} - P_{02}$).

Pour une même erreur entre les points (P_{01}, b_1), (P_{02}, b_2), (P_{03}, b_3), (P_{04}, b_4), etc., un espacement géométrique, c'est-à-dire $b_2/b_1 = b_3/b_2 = b_4/b_3$, etc., peut être utilisé.

FIGURE 2
Exemple d'établissement d'une fonction totale à partir de cinq espaces d'une décade



0740-02

2 Formulation particulière

La densité de puissance p , dont la moyenne est établie sur une largeur de bande b quelconque peut être calculée à l'aide des expressions suivantes, qui s'appliquent à la fois aux sens Terre-espace et espace-Terre:

$$\left. \begin{aligned}
 p(b)_{max} &= p_1 && \text{pour } b_1 \leq b \leq p_2 b_2 / p_1 && \text{W/Hz} \\
 &= p_2 b_2 / b && \text{pour } p_2 b_2 / p_1 \leq b \leq b_2 && \text{W/Hz} \\
 &= p_2 && \text{pour } b_2 \leq b \leq p_3 b_3 / p_2 && \text{W/Hz}
 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

et ainsi de suite jusqu'à $b = b_t$.

Cas de la porteuse unique

Le point de mesure (p_1, b_1) est la donnée actuellement requise. Le point de donnée suivant le plus important est (p_t, b_t). Dans le cas du SFS, b_t est le plus souvent une largeur de bande de répéteur et p_t , la limite de puissance du répéteur, p_t divisé par b_t pour le sens espace-Terre. Pour le sens Terre-espace, p_t serait limité à la puissance de l'émetteur de station terrienne qui est nécessaire pour obtenir le niveau de sortie maximal du répéteur.

Le point de mesure (p_t, b_t) limite la largeur de bande dans laquelle on peut trouver p_1 et partant, l'extrapolation de p_1 en des largeurs de bandes plus grandes ne donnera pas lieu à des puissances totales excessives. Par conséquent, avec ces deux points de mesure:

$$\left. \begin{aligned} p(b)_{max} &= p_1 && \text{pour } b_1 \leq b \leq p_t/p_1 && \text{W/Hz} \\ &= p_t/b && \text{pour } p_t/p_1 \leq b \leq b_t && \text{W/Hz} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Il s'agit là précisément du cas le plus défavorable d'une enveloppe densité de puissance/largeur de bande moyenne applicable à une porteuse unique de largeur de bande b_t .

Cas des porteuses multiples

Lorsqu'il existe des porteuses multiples dans b_t , il est probable que les densités de puissance pour les largeurs de bandes moyennes comprises entre b_1 et b_t seront inférieures à celles qui sont données dans la formule (11). Un troisième point de mesure peut être déduit pour ce cas, à partir des renseignements suivants:

- puissance la plus grande de la porteuse unique p_a et
- puissance de la porteuse p_b et largeur de bande occupée b_b de la porteuse dans laquelle p_b/b_b a la valeur la plus grande.

Par conséquent, p_b/b_b est égal à p_2 et b_2 est égal à $b_b p_a/p_b$. Le cas le plus défavorable de densité de puissance pour n'importe quelle largeur de bande b est:

$$\left. \begin{aligned} p(b)_{max} &= p_1 && \text{pour } b_1 \leq b \leq p_a/p_1 && \text{W/Hz} \\ &= p_a/b && \text{pour } p_a/p_1 \leq b \leq p_a b_b/p_b && \text{W/Hz} \\ &= p_b/b_b && \text{pour } p_a b_b/p_b \leq b \leq p_t b_b/p_b && \text{W/Hz} \\ &= p_t/b && \text{pour } p_t b_b/p_b \leq b \leq b_t && \text{W/Hz} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

3 Exemples

Cas de la porteuse unique

L'accès commun par porteuse unique serait une porteuse TV-MF. A titre d'exemple, on prend un répéteur de 36 MHz fonctionnant dans la bande 6/4 GHz avec une puissance maximale de sortie de 4 W et cette porteuse utilise un étalement à fréquence de trame de 1 MHz. Par conséquent, pour le sens espace-Terre:

$$P_t = 6 \text{ dBW}(4 \text{ W}) \text{ (puissance maximale du répéteur)}$$

$$b_t = 36 \text{ MHz (largeur de bande du répéteur)}$$

$$b_1 = 4 \text{ kHz (largeur de bande utilisée pour le calcul de la moyenne conformément à l'Appendice S8 du RR)}$$

$$P_1 = 6 - 10 \log(1 \text{ MHz}) = -54 \text{ dB(W/Hz)} \text{ (densité de puissance maximale dans 4 kHz due à la dispersion d'énergie de la fréquence de trame).}$$

Dans ce cas, la formule (11) définit le cas le plus défavorable de la densité de puissance moyenne en fonction de la largeur de bande:

$$\begin{aligned} p(b)_{max} &= -54 && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour } 4 \text{ kHz} \leq b \leq 1 \text{ MHz} \\ &= 6 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour } 1 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz} \end{aligned}$$

La fonction Terre-espace pour une station terrienne donnée aurait la même forme avec des valeurs différentes pour P_t et P_1 . Les paramètres permettant de déterminer la fonction densité de puissance moyenne/largeur de bande pour le sens Terre-espace sont, par exemple, les suivants:

Gain de l'antenne d'émission de la station terrienne = 55 dB

Gain de réception de l'antenne de la station terrienne = 51 dB

Gain de l'antenne d'émission du satellite = 22 dB

Gain de l'antenne de réception du satellite = 22 dB

Gain d'émission = -13 dB

Température de bruit équivalente de la liaison = 275 K.

Il faut que la station terrienne ait une puissance d'émission de 19 dBW pour produire une puissance de sortie égale à 6 dBW dans le répéteur. Le trait horizontal placé au-dessus des symboles désigne les paramètres du trajet montant:

$$\overline{P_t} = 19 \text{ dBW (puissance maximale de l'émetteur de la station terrienne)}$$

$$\overline{b_t} = 36 \text{ MHz (largeur de bande correspondant à } \overline{P_t} \text{)}$$

$$\overline{b_1} = 4 \text{ kHz (largeur de bande utilisée pour le calcul de la moyenne conformément à l'Appendice S8 du RR)}$$

$$\overline{P_1} = 19 - 10 \log (1 \text{ MHz}) = -41 \text{ dB(W/Hz) (densité maximale de puissance dans la bande de 4 kHz).}$$

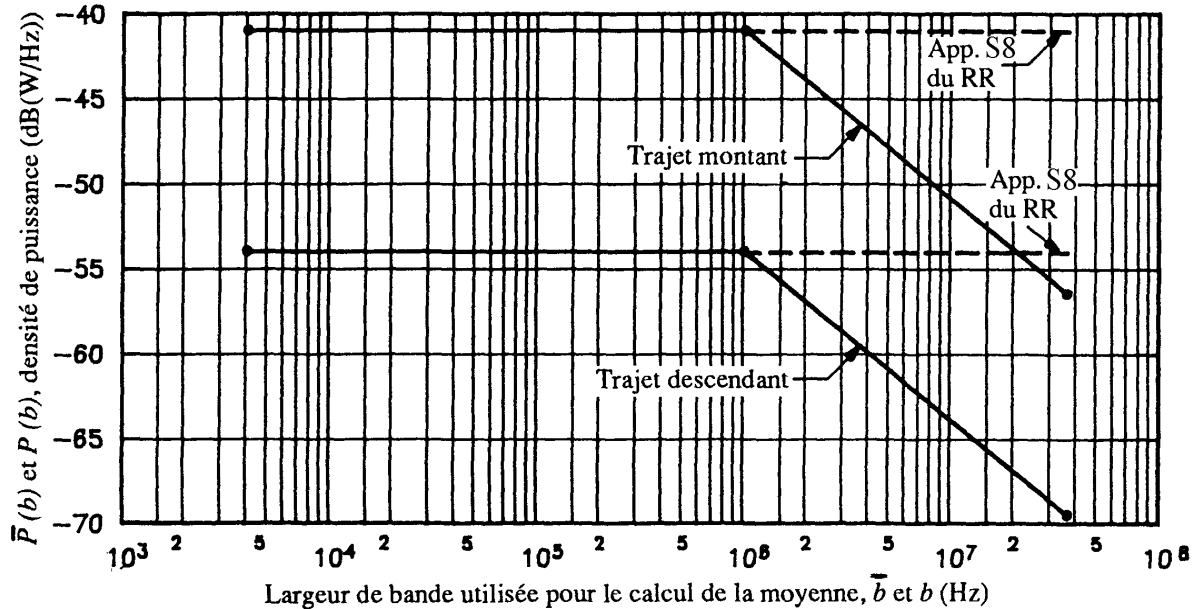
Il s'ensuit que le cas le plus défavorable de densité de puissance moyenne en fonction de la largeur de bande est le suivant:

$$\begin{aligned} (\overline{P}(b)_{max}) &= -41 && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour } 4 \text{ kHz} \leq b \leq 1 \text{ MHz} \\ &= 19 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour } 1 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Ces fonctions pour le trajet montant et pour le trajet descendant sont représentées à la Fig. 3.

FIGURE 3

**Densité de puissance moyenne/largeur de bande
Cas d'une porteuse unique**



0740-03

Cas des porteuses multiples

A titre d'exemple d'un répéteur dont l'accès se fait par porteuses multiples, les paramètres du répéteur sont, par hypothèse, les mêmes que pour le cas de la porteuse unique. On suppose que la porteuse unique affectée de la puissance la plus forte P_a est une porteuse MRF-MF qui a besoin d'une puissance de répéteur de -3 dBW et qui comporte une largeur de bande b_a de 2 MHz. La largeur de bande de cette porteuse doit être plus grande que la largeur de bande moyenne de référence, 4 kHz dans ce cas. La valeur de P_a/b_a est -66 dB(W/Hz). On adopte également, par hypothèse, des porteuses SCPC-MF, chacune d'elles ayant besoin d'une puissance de répéteur de -18 dBW, P_b et ayant une largeur de bande de 25 kHz, b_b . La valeur de P_b/b_b est égale à -62 dB(W/Hz), valeur plus élevée que celle de la porteuse affectée de la puissance la plus forte. Pour ce type de porteuse SCPC, P_b peut exister dans une largeur de bande de 4 kHz, de sorte que P_1 est égal à -54 dB(W/Hz), ce qui correspond à la densité de puissance moyenne la plus forte mesurée dans la bande de 4 kHz du répéteur. La formule (12) est applicable et les paramètres pertinents pour le sens espace-Terre sont les suivants:

$$P_t = 6 \text{ dBW (4 W) (puissance maximale du répéteur)}$$

$$b_t = 36 \text{ MHz (largeur de bande du répéteur)}$$

$$P_a = -3 \text{ dBW (puissance la plus forte d'une porteuse unique)}$$

$$b_a = 2 \text{ MHz (largeur de bande de } P_a)$$

$$P_b = -18 \text{ dBW (puissance de la porteuse avec la valeur } P_b/b_b \text{ la plus élevée)}$$

$$b_b = 25 \text{ kHz (largeur de bande de } P_b)$$

$$P_1 = -54 \text{ dB(W/Hz) (densité maximale de puissance dans la bande de 4 kHz)}$$

$$b_1 = 4 \text{ kHz (largeur de bande utilisée pour le calcul de la moyenne conformément à l'Appendice S8 du RR).}$$

Par conséquent, le cas le plus défavorable de densité de puissance moyenne pour n'importe quelle largeur de bande comprise entre 4 kHz et 36 MHz est:

$$\begin{array}{llll}
 P(b)_{max} = -54 & \text{dB(W/Hz)} & \text{pour} & 4 \text{ kHz} \leq b \leq 126 \text{ kHz} \\
 = -3 - 10 \log b & \text{dB(W/Hz)} & \text{pour} & 126 \text{ kHz} \leq b \leq 791 \text{ kHz} \\
 = -62 & \text{dB(W/Hz)} & \text{pour} & 791 \text{ kHz} \leq b \leq 6,30 \text{ MHz} \\
 = 6 - 10 \log b & \text{dB(W/Hz)} & \text{pour} & 6,30 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz}
 \end{array}$$

Les exemples de paramètres permettant de déterminer les fonctions de densité de puissance moyenne/largeur de bande pour le sens Terre-espace sont ceux qui sont indiqués dans l'exemple ci-dessus d'accès par porteuse unique; il convient toutefois d'y ajouter les paramètres ci-après de la station terrienne:

Gain d'antenne d'émission de la station terrienne = 47 dB

Gain d'antenne de réception de la station terrienne = 43 dB

Gain d'émission = -21 dB

Température de bruit équivalente de la liaison = 212 K.

Ces gains d'antenne de la station terrienne correspondent à une antenne ayant un diamètre d'environ 4,5 m, alors que les gains indiqués précédemment correspondent à un diamètre d'environ 11 m. Les porteuses de 2 MHz ne sont pas utilisées avec les antennes de station terrienne de 4,5 m. Les porteuses SCPC sont utilisées entre n'importe quelle combinaison d'antennes de station terrienne ayant des diamètres de 4,5 et 11 m. Cela étant, il est possible de définir un ensemble de paramètres pour chaque type de station terrienne. A titre d'exemple, on choisit un cas très défavorable pour P_t , pour chaque type de station terrienne; autrement dit, P_t produirait une puissance de sortie maximale dans le répéteur. Le trait horizontal placé au-dessus des symboles désigne, ici aussi, les paramètres du trajet montant, pour chaque type de station terrienne.

Stations terriennes dont l'antenne a un diamètre de 11 m

$$\begin{array}{ll}
 \overline{P_t} = 19 \text{ dBW} & \overline{b_t} = 36 \text{ MHz} \\
 \overline{P_a} = 10 \text{ dBW} & \overline{b_a} = 2 \text{ MHz} \\
 \overline{P_b} = -5 \text{ dBW} & \overline{b_b} = 25 \text{ kHz} \\
 \overline{P_1} = -41 \text{ dB(W/Hz)} & \overline{b_1} = 4 \text{ kHz}
 \end{array}$$

Stations terriennes dont l'antenne a un diamètre de 4,5 m

$$\begin{array}{ll}
 \overline{P_t} = 27 \text{ dBW} & \overline{b} = 36 \text{ MHz} \\
 \overline{P_a} = P_b = 3 \text{ dBW} & \overline{b_a} = \overline{b_b} = 25 \text{ kHz} \\
 \overline{P_1} = -33 \text{ dB(W/Hz)} & \overline{b_1} = 4 \text{ kHz}
 \end{array}$$

En appliquant la formule (12), on obtient ce qui suit:

Stations terriennes dont l'antenne a un diamètre de 11 m

$$\begin{aligned} \bar{P}(b)_{max} &= -41 && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour} && 4 \text{ kHz} \leq b \leq 126 \text{ kHz} \\ &= 10 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour} && 126 \text{ kHz} \leq b \leq 791 \text{ kHz} \\ &= -49 && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour} && 791 \text{ kHz} \leq b \leq 6,30 \text{ MHz} \\ &= 19 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour} && 6,30 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz} \end{aligned}$$

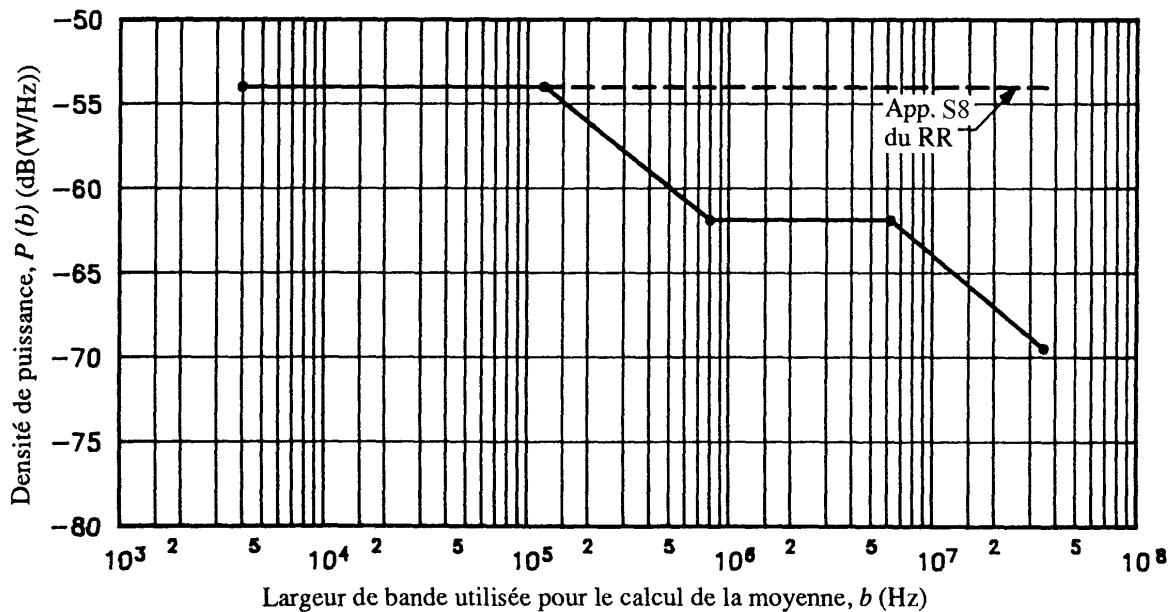
Stations terriennes dont l'antenne a un diamètre de 4,5 m

$$\begin{aligned} \bar{P}(b)_{max} &= 3 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour} && 4 \text{ kHz} \leq b \leq 25 \text{ kHz} \\ &= -41 && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour} && 25 \text{ kHz} \leq b \leq 6,30 \text{ MHz} \\ &= 27 - 10 \log b && \text{dB(W/Hz)} && \text{pour} && 6,30 \text{ MHz} \leq b \leq 36 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Ces fonctions sont représentées sur les Fig. 4 et 5.

FIGURE 4

**Densité de puissance moyenne/largeur de bande
Cas du trajet descendant, porteuses multiples**



0740-04

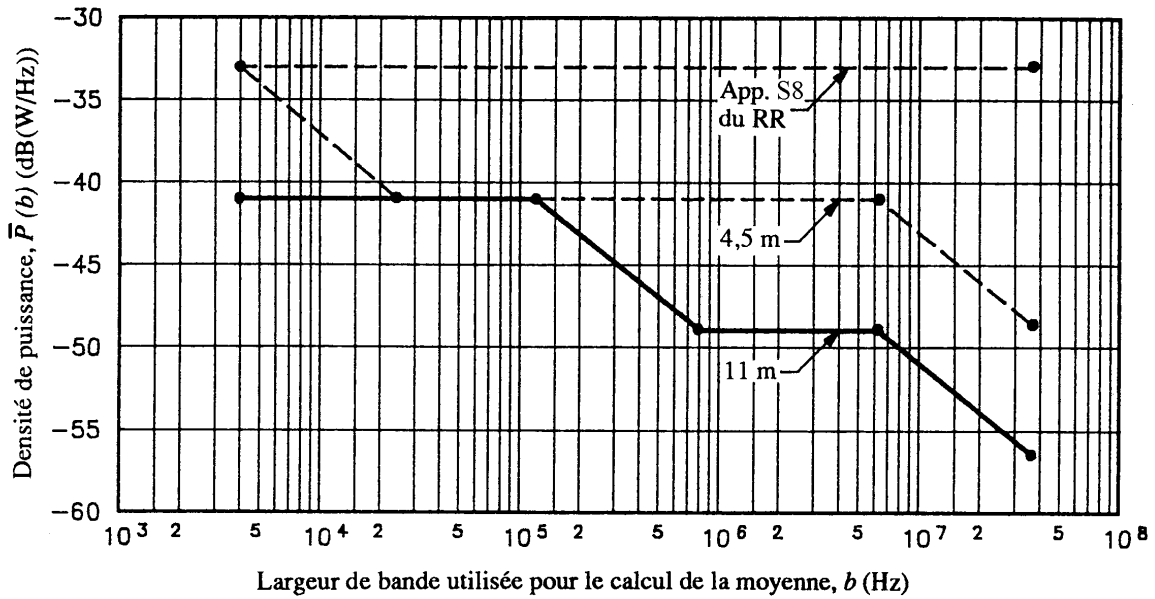
Le brouillage du trajet montant est également fonction des gains hors axe de l'antenne d'émission de la station terrienne et des densités de puissance. Si ces gains hors axe sont les mêmes dans les exemples précités, l'enveloppe des deux fonctions est alors le cas le plus défavorable de densité de puissance moyenne pour n'importe quelle largeur de bande. Si les gains hors axe sont différents, on peut alors établir le cas le plus défavorable de la fonction de densité de p.i.r.e. hors axe.

D'après le cas des porteuses multiples qui précède, on peut calculer $\Delta T/T$ lorsque $p(b)_{max}$ est utilisé à la place de p_s et $\bar{p}(b)_{max}$ à la place de p_e dans l'Appendice S8 du RR. On suppose un angle topocentrique de 4° , une enveloppe des lobes latéraux de la station terrienne donnée par

29 – 25 log ϕ et des conditions de couverture commune. Le réseau brouillé a les mêmes caractéristiques que le réseau brouilleur, sauf en ce qui concerne les porteuses. Les résultats de ces calculs sont montrés à la Fig. 6. Les calculs de l'actuel Appendice S8 du RR donnent un rapport $\Delta T/T$ égal à 36% pour toutes les largeurs de bande brouillées. En utilisant la présente méthode, la valeur de $\Delta T/T$ est de 14%; pour des largeurs de bande des porteuses brouillées comprises entre 25 et 126 kHz, cette valeur est inférieure à 6% pour des largeurs de bande des porteuses brouillées supérieures à 600 kHz. Avec la présente méthode, la valeur numérique du rapport $\Delta T/T$ est égale au rapport I/N dans la largeur de bande de la porteuse brouillée.

FIGURE 5

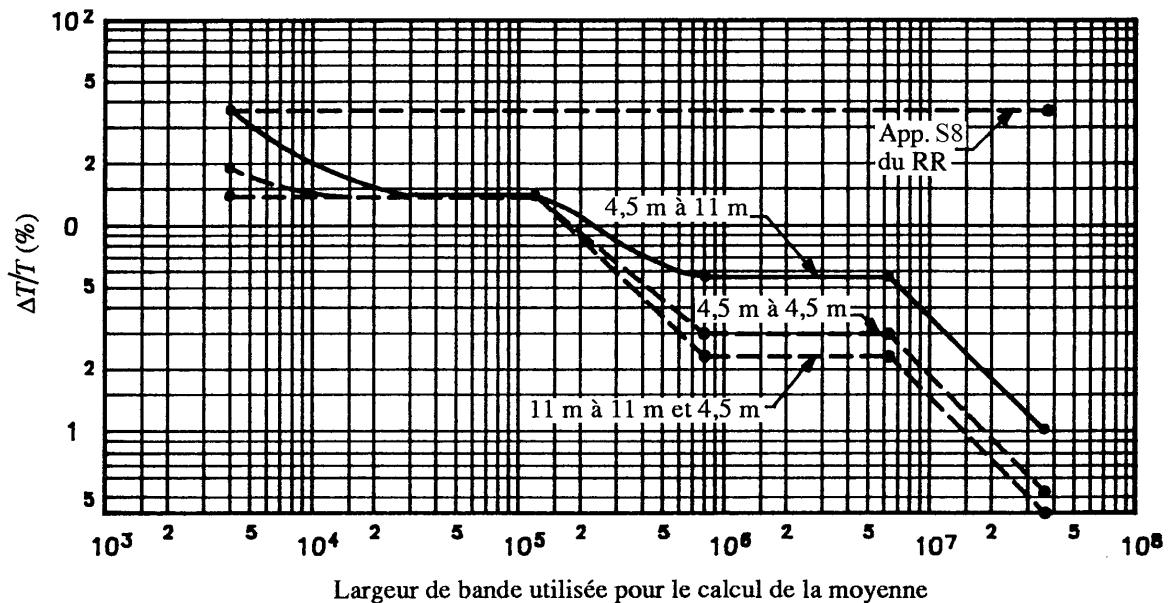
Densité de puissance moyenne/largeur de bande
Cas du trajet montant, porteuses multiples



0740-05

FIGURE 6

$\Delta T/T$ en fonction de la largeur de bande utilisée pour le calcul de la moyenne
Cas de porteuses multiples



0740-06

4 Données nécessaires

La présente méthode densité de puissance moyenne/largeur de bande a été mise au point dans le but de minimiser le volume de données supplémentaires nécessaires ainsi que les données disponibles tout en permettant d'améliorer très sensiblement les évaluations des brouillages.

Les données demandées pour une utilisation particulière peuvent être tirées des spécifications contenues dans l'Appendice S4 du RR.

TABLEAU 1

Données nécessaires

Satellite		Stations terriennes	
Symbole	Référence	Symbole	Référence
P_t	2.C.8 d)	$\overline{P_t}$	2.B.12 e)*
b_t	2.C.8 d)	$\overline{b_t}$	2.B.12 e)*
P_a	2.C.8 a)*	$\overline{P_a}$	2.B.12 a)*
b_a	2.C.7 c)*	$\overline{b_a}$	2.B.11 c)*
P_b	2.C.8 a)*	$\overline{P_b}$	2.B.12 a)*
b_b	2.C.7 c)*	$\overline{b_b}$	2.B.11 c)*
P_1	2.C.8 b)	$\overline{P_1}$	2.B.12 b)
b_1	2.C.8 b)	$\overline{b_1}$	2.B.12 b)

* Points facultatifs: les données supplémentaires à ajouter dans l'Appendice S4 du RR sont celles qui sont signalées par un astérisque, à savoir:

- la puissance et la largeur de bande de deux porteuses données pour le trajet montant et le trajet descendant, et
- la puissance totale des émetteurs de la station terrienne pour chaque type de station terrienne.

5 Exemple fondé sur les données supplémentaires disponibles au cours de la coordination

Les exemples qui précèdent étaient fondés sur les données qui pouvaient être obtenues au moment de la présentation des données énumérées dans l'Appendice S4 du RR. L'exemple qui suit sert à montrer comment la méthode décrite peut être appliquée pendant la coordination, alors que l'on connaît plus précisément les paramètres du réseau.

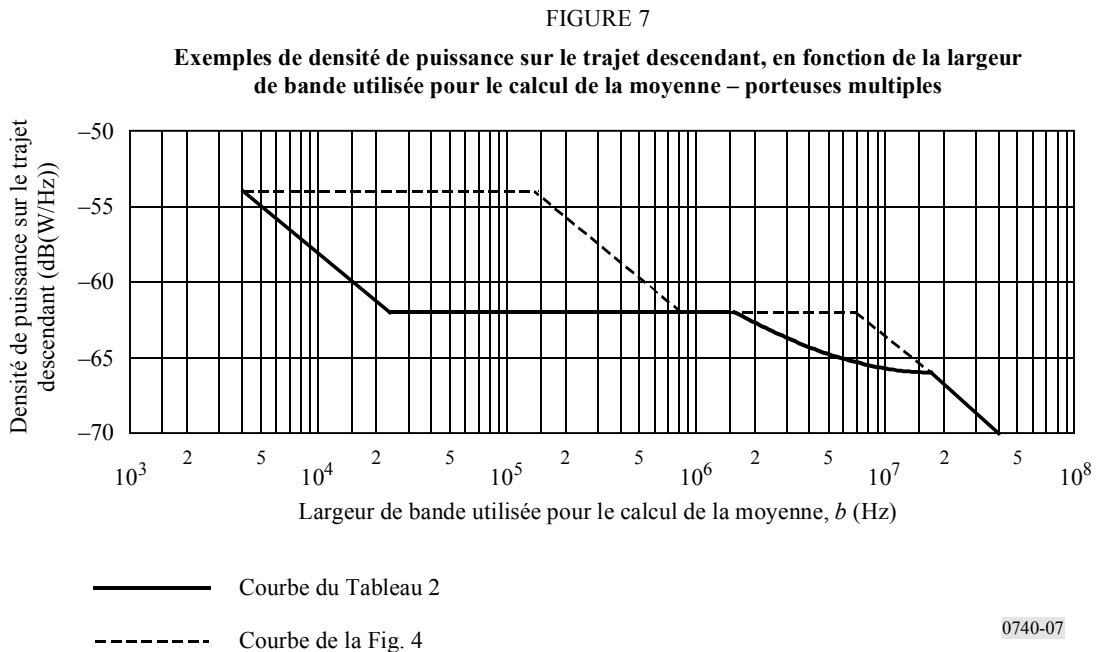
Les paramètres donnés à titre d'exemple dans le cas de la porteuse multiple seront utilisés dans l'examen qui suit. Etant donné que cet exemple prend en considération deux types différents de porteuses et de stations terriennes, il suffit de décrire le processus qui peut être utilisé pour de plus nombreux types de porteuses et de stations terriennes. Les données supplémentaires ont trait à la puissance des répéteurs, par type de porteuse, entre les deux types de station terrienne, c'est-à-dire le nombre de porteuses par type pour chaque relation entre deux stations terriennes. Le Tableau 2 donne un exemple des types de porteuse pour différentes relations.

TABLEAU 2

De-Vers antenne (m)	Largeur de bande de la porteuse b_c	Puissance de l'onde porteuse du satellite P_c (dBW)	Densité de puissance du satellite P_c/b_c (dB(W/Hz))	Puissance de l'onde porteuse de la station terrienne $\overline{P_c}$ (dBW)	Densité de puissance de la station terrienne $\overline{P_c}/b_c$ (dB(W/Hz))	Nombre de porteuses N_c	Largeur de bande totale $N_c \cdot b_c$
11 11	2 MHz	-3	-66	10	-53	6	12 MHz
11 11	25 kHz	-26	-70	-13	-57	15	375 kHz
11 4,5	25 kHz	-18	-62	-5	-49	40	1 MHz
4,5 11	25 kHz	-26	-70	-5	-49	40	1 MHz
4,5 4,5	25 kHz	-18	-62	+3	-41	15	375 kHz

Pour le trajet descendant, on obtient la fonction de la densité de puissance moyenne pour une largeur de bande dans le cas le plus défavorable en ordonnant les relations par valeur décroissante de densité de puissance, c'est-à-dire que l'on détermine la fréquence porteuse qui se trouve dans le cas le plus défavorable. La fonction de la densité de puissance moyenne est déterminée par la puissance cumulative dans la largeur de bande cumulative associée.

Cette fonction est représentée dans la Fig. 7, de même que la fonction établie pour le cas de porteuses multiples de la Fig. 4. On voit apparaître une réduction importante de la densité de puissance pour certaines gammes de largeurs de bande.



Pour le trajet montant, le gain d'antenne hors axe de la station terrienne est l'un des facteurs déterminants du brouillage causé à un autre réseau à satellite. Si la fonction de gain hors axe est la même pour toutes les stations terriennes, on peut calculer une fonction de densité de puissance moyenne pour une largeur de bande sur le trajet montant de la même manière que la fonction établie pour la liaison descendante. Si tel n'est pas le cas, il faut établir une fonction de densité de p.i.r.e. hors axe moyenne pour une largeur de bande. A titre d'illustration, on admet que l'antenne de 11 m a un gain hors axe de $29 - 25 \log \phi$ tandis que l'antenne de 4,5 m a un gain hors axe de $32 - 25 \log \phi$. Les densités de puissance des stations terriennes indiquées dans le Tableau 2 sont multipliées par la constante de la fonction de gain hors axe et les relations sont disposées par ordre décroissant de

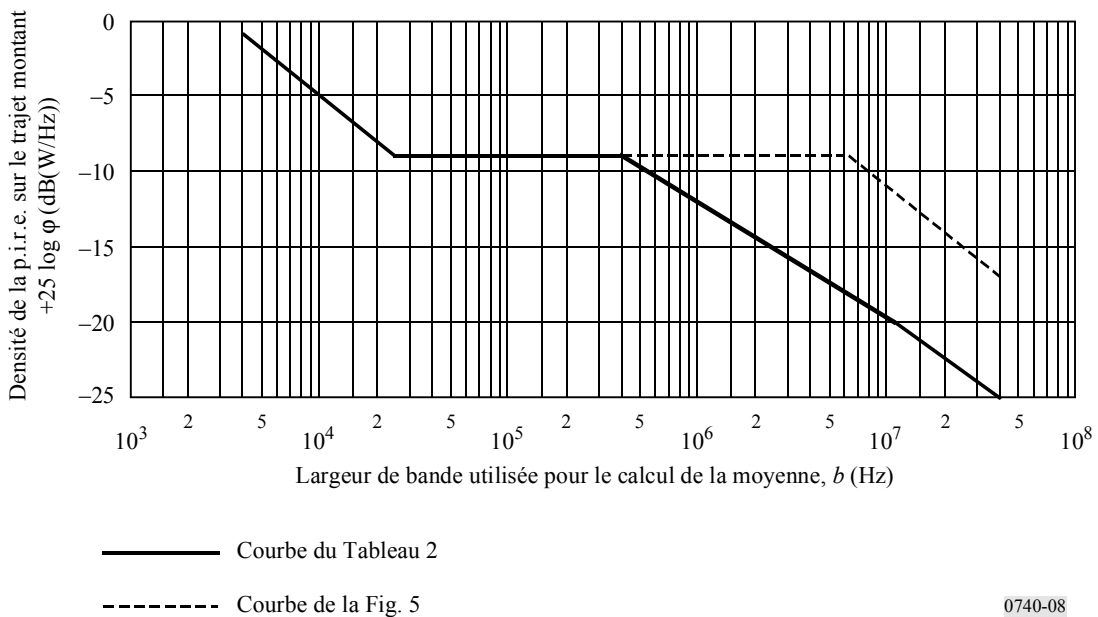
valeur de la constante de densité de p.i.r.e. hors axe. La Fig. 8 représente la fonction de densité de puissance moyenne correspondante pour une largeur de bande donnée, de même que la fonction pour le cas le plus défavorable pour le cas d'accès multiple de la Fig. 5. On voit apparaître une réduction importante de la densité de puissance pour des largeurs de bande supérieures à 500 kHz.

Sur la base de ces fonctions de densité de puissance pour les trajets montants et descendants, on peut calculer la puissance de brouillage d'un autre réseau pour toute largeur de bande porteuse subissant un brouillage.

Toutefois, il convient de relever qu'il existe une différence dans l'ordre des relations sur le trajet montant et le trajet descendant, c'est-à-dire que le rang donné aux porteuses de station terrestre se trouvant dans le cas le plus défavorable n'est pas le même que pour les porteuses de satellite. Ainsi, en utilisant les deux fonctions des Fig. 7 et 8, on pourrait surévaluer la somme des brouillages sur les trajets montants et descendants. Si c'est le brouillage sur le trajet descendant qui est dominant, on peut alors utiliser une fonction du trajet montant établie d'après la relation pour le trajet descendant; l'inverse est possible si le brouillage sur le trajet montant est dominant. Si les brouillages sur les trajets montants et descendants sont comparables, on peut utiliser le niveau de brouillage le plus élevé de la configuration des trajets montants et descendants.

FIGURE 8

Exemples de densité de p.i.r.e. hors axe sur le trajet montant, en fonction de la largeur de bande utilisée pour le calcul de la moyenne – porteuses multiples



ANNEXE 4

Méthode de discrimination**1 Concept de discrimination****1.1 Méthode de la discrimination classique**

La discrimination entre deux réseaux peut être calculée de la façon suivante: dans l'équation c/i de base (voir le Tableau 3 de cette Annexe pour la définition des symboles):

$$c/i = \left[\frac{p'_1 g'_1 (\varphi) g_2 (\psi')}{p_1 g_1 g_2} + \frac{p'_3 g'_3 (\psi) g_4 (\varphi')}{p_3 g_3 g_4} \right]^{-1} \quad (13)$$

Les rapports $p'_1/(p_1 g_1 g_2)$ et $p'_3/(p_3 g_3 g_4)$ peuvent être remplacés par des équations où figurent les bilans de puissance interne des liaisons montantes et descendantes des réseaux brouilleur et brouillé comme suit:

$$p'_1/(p_1 g_1 g_2) = \frac{(c/n)'_u b' T'_2}{(c/n)_u b T_2 g'_1 g'_2} \quad (14)$$

$$p'_3/(p_3 g_3 g_4) = \frac{(c/n)' T'_1 b'}{(c/n) T_1 b g'_3 g'_4} \quad (15)$$

en définissant

$$(c/n)'/(c/n)'_u = n'_1 \quad (16)$$

$$(c/n)/(c/n)_u = n_1 \quad (17)$$

et en transférant dans la partie gauche b , b' , (c/n) et $(c/n)'$, on obtient «l'équation de discrimination»:

$$(c/i) \frac{(c/n)' b'}{(c/n) b} = \left[\frac{n_1 (g_2/T_2) g'_1 (\varphi)}{n'_1 (g'_2/T'_2) g'_1 \Delta g_2 (\psi')} + \frac{(g_4/T_1) g_4 (\varphi')}{(g'_4/T'_1) g_4 \Delta g'_3 (\psi)} \right]^{-1} \quad (18)$$

La partie gauche de l'équation (18) ne contient que des paramètres décrivant les émissions brouilleuses et leur interaction; sa grandeur est appelée la discrimination spécifiée. La partie droite contient essentiellement les principales caractéristiques de conception du réseau: elle est égale à la perte par couplage entre réseaux; on la nomme discrimination disponible. Etant donné que les deux paramètres φ et φ' sont des espacements intersatellites topocentriques, la discrimination disponible est fonction de l'espacement intersatellites.

TABLEAU 3

Définition des symboles utilisés

c/i	Rapport numérique de puissance de la porteuse/brouillage
p_i, g_i, T_i	Puissance de la porteuse (p), gain d'antenne nominal (g) et température de bruit du système de réception (T) des quatre antennes qui couvrent le trajet de transmission dans son ensemble: $i = 1$: antenne de la station terrienne d'émission; $i = 2$: antenne de réception du satellite; $i = 3$: antenne d'émission du satellite; $i = 4$: antenne de la station terrienne de réception
p'_i, g'_i, T'_i , etc.	Les paramètres suivis du signe ' sont les paramètres associés à la transmission ou au réseau brouilleur
T_b, T'_i	Température de bruit de la liaison aux stations terriennes de réception brouillée et brouilleuse respectivement
$\Delta g_2(\Psi') = g_2/g_2(\Psi')$	Discrimination ⁽¹⁾ de l'antenne de réception du satellite du réseau brouillé dans la direction Ψ' de la zone de service du réseau brouilleur
$\Delta g_3(\Psi) = g'_3/g_3(\Psi)$	Discrimination ⁽¹⁾ de l'antenne d'émission du satellite du réseau brouilleur dans la direction Ψ de la zone de service du réseau brouillé
$g'_1(\varphi)$	Gain de l'antenne d'émission de la station terrienne du réseau brouilleur dans la direction φ du satellite du réseau brouillé ⁽²⁾
$g_4(\varphi')$	Gain de l'antenne de réception de la station terrienne du réseau brouillé dans la direction φ' du satellite du réseau brouilleur ⁽³⁾ . En général, $\varphi = \varphi'$ de sorte que $(A + B \log \varphi), g'_1(\varphi) = g_4(\varphi')$ quand un diagramme d'antenne de référence commun est utilisé
$(c/n)_{tr}, (c/n)$	Rapports porteuse/bruit spécifiés respectivement pour les liaisons montantes et les liaisons totales (suivis du signe ' pour le réseau brouilleur)
b, b'	Largeurs de bande nécessaires de la transmission brouillée et de la transmission brouilleuse respectivement
l_d	Affaiblissement sur la liaison descendante

(1) Discrimination spatiale seulement, en fonction des gains g_2, g'_3 au bord du faisceau.

(2) Copolarisation avec une valeur supposée pour g'_1 .

(3) Copolarisation avec une valeur supposée pour g_4 .

On peut définir comme suit la discrimination spécifiée et la discrimination disponible à partir de l'équation (14):

On définit la discrimination spécifiée comme le rapport puissance de la porteuse/brouillage c/i nécessaire pour protéger une transmission contre les brouillages inacceptables émis par une autre transmission, normalisé du point de vue des rapports «porteuse/densité de bruit» c/n_0 nécessaires des deux transmissions.

et

On nomme discrimination disponible (perte par couplage entre réseaux) d'un réseau A par rapport à un réseau B le rapport entre les niveaux de puissance reçue en deux points d'une émission provenant du réseau B, normalisé du point de vue des températures de bruit effectives aux points de réception. Les deux points de réception sont respectivement le récepteur du réseau B et celui du réseau A.

On peut préciser comme suit l'équation de discrimination de base:

- Quand la largeur de bande nécessaire d'une transmission brouilleuse est plus petite que celle de la transmission utile, il convient de prévoir une marge pour des apports de brouillage supplémentaires dans le terme c/i . Il serait utile de supposer dans un tel cas que le brouillage serait engendré par un faisceau de porteuses brouilleuses du même type, régulièrement espacées en fréquence. Dans le cas d'un brouillage avec des émissions MF, si $(c/i)_{spec j}$ désigne le rapport c/i spécifié pour la j ème porteuse brouilleuse, et si l'on suppose qu'il produit le brouillage total autorisé, le rapport c/i effectif qu'il faudrait utiliser pour le terme c/i de la partie gauche de l'équation (18) est:

$$(c/i)_{spec\ eff} = \sum_{\text{tous les } j} (c/i)_{spec\ j} \quad (19)$$

où sont additionnées les contributions de toutes les porteuses dont les largeurs de bande nécessaires chevauchent celle de la porteuse brouillée. Une expression équivalente peut être obtenue pour le cas où la transmission susceptible d'être brouillée est numérique.

- Dans certains cas, il peut y avoir une discrimination de polarisation pour les liaisons montantes et pour les liaisons descendantes. Une telle discrimination augmenterait la discrimination disponible ou réduirait l'espacement intersatellites spécifié. Il existe de bonnes estimations de la discrimination de polarisation pour les cas où des satellites occupent la même position ou assurent la même couverture ($\psi, \psi', \phi, \phi' = 0^\circ$). Pour les autres situations, des données supplémentaires sont nécessaires.
- Les termes n_1/n'_1 , T_ℓ et T'_ℓ ne sont pas indépendants des paramètres de transmission supposés. On peut contrôler le terme n_1/n'_1 en incorporant dans le satellite des échelons de gain appropriés et en choisissant des réglages appropriés, ce qui influe sur les besoins en puissance des liaisons montantes. On pourrait fractionner les températures de bruit des liaisons T_ℓ et T'_ℓ en composantes dépendantes et en composantes indépendantes de la transmission; les premières pourraient être intégrées à la discrimination spécifiée.
- La notion d'isolation devra être adaptée en vue de son application à des réseaux dans lesquels le brouillage concerne seulement les liaisons montantes ou seulement les liaisons descendantes, ou à des réseaux utilisant des répéteurs de satellites autres que du type à transposition de fréquence.
- Il conviendra de tenir compte de la situation ψ et/ou $\psi' < 0^\circ$, cas où les zones de service se chevauchent.

Un certain type d'homogénéité suppose l'égalité de tous les principaux paramètres nominaux et d'exploitation dans les deux réseaux (ou dans tous les réseaux). Un autre type d'homogénéité suppose que l'espacement réciproque requis entre les satellites est identique pour les deux réseaux. En général, l'égalité de la discrimination disponible pour les deux réseaux, l'un par rapport à l'autre, n'entraîne pas l'égalité de l'espacement intersatellites requis correspondant, c'est-à-dire qu'une discrimination disponible réciproque égale n'assure pas l'homogénéité de l'espacement entre les satellites. Il en va de même des paramètres généralisés C/I et $\Delta T/T$. Deux systèmes sont homogènes si, lors du calcul du brouillage réel, on obtient une valeur admissible dans une direction pour une séparation angulaire du satellite ϕ_{1-2} et inversement pour ϕ_{2-1} , et que $\phi_{1-2} = \phi_{2-1}$. Ces systèmes homogènes peuvent changer leurs paramètres et conserver la même discrimination requise.

Exemples d'application

On trouvera au Tableau 4 une matrice des types de porteuses, avec indication de la discrimination nécessaire entre les réseaux pour limiter le brouillage à une seule source à 600 pW0p et à 4% du bruit en bande de base pour la télévision.

TABLEAU 4*

Discrimination nécessaire entre émissions (dB)**

Utile \ Brouilleur		MRF-MF indice élevé				MRF-MF indice moyen				TV-MF	
		12 V	60 V	252 V	792 V	60 V	132 V	432 V	792 V	600 ⁽¹⁾	2 000 ⁽¹⁾
SCPC	MDP	30,2	29,4	30,5	33,4	38,4	38,0	38,7	39,8	47,8	44,7
	MF avec compression-extension	29,2	28,4	29,5	32,4	37,4	37,0	37,7	38,8	44,7	40,5
MRF-MF Indice élevé	12 V	27,6	28,4	29,7	32,6	36,8	37,0	37,9	39,0	40,5	35,9
	60 V	24,5	26,7	29,4	32,5	33,4	35,2	37,6	38,9	37,4	35,2
	252 V	24,5	23,6	27,4	32,0	32,0	31,4	35,3	37,7	32,4	32,1
	792 V	24,5	23,6	24,4	29,9	32,0	31,6	31,9	34,6	27,9	27,9
MRF-MF Indice moyen	60 V	24,5	27,5	29,6	32,6	34,6	36,0	37,7	38,9	38,5	35,5
	132 V	24,6	25,5	29,1	32,5	32,0	34,0	37,2	38,7	35,9	34,5
	432 V	24,6	24,1	26,4	31,6	32,1	32,3	34,3	37,0	31,5	31,0
	792 V	24,6	23,9	24,5	30,3	32,2	31,8	32,3	35,2	29,1	28,9
TV	TV-MF	27,4	28,0	28,8	31,8	32,0	34,0	36,6	37,5	33,0	33,0
Indice de modulation en valeur efficace		2,65	2,17	1,55	1,24	1,10	0,96	0,82	0,76		

* Les données de ce tableau devront encore être révisées sur la base de la Recommandation UIT-R S.466.

** Pour répondre aux critères actuels de l'UIT-R en matière de brouillage à une seule source.

(1) Excursion crête-à-crête (kHz) de la dispersion d'énergie à la fréquence de trame.

V : voies.

1.2 Méthode de discrimination des liaisons

Dans la méthode de discrimination des liaisons, l'équation (18) est à nouveau modifiée en remplaçant l'ensemble c/n dans le terme entre crochets de droite par des termes de remplacement appropriés. D'après l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R S.738 (après légère modification de l'équation (14)):

$$\frac{(c/n)}{(c/n)_u} = \frac{4\pi b_i e_{sat} g_4 T_2}{\lambda_u^2 b_0 f_{sat} \ell_d g_2 T_\ell} \tag{20}$$

où:

- λ_u : longueur d'onde de la porteuse de la liaison montante
- b_i, b_0 : réduction de puissance à l'entrée et à la sortie du répéteur, respectivement
- e_{sat} : p.i.r.e. saturée du répéteur
- f_{sat} : puissance surfacique de saturation.

En combinant les paramètres de (20) pour les réseaux utile et brouilleur et en portant le résultat dans (18), on obtient:

$$(c/i) \frac{(c/n)' b'}{(c/n) b} = g'_4 \frac{T_\ell}{T'_\ell} \left[\frac{e_{sat} b_i}{e'_{sat} b'_i} \cdot \frac{f_{sat} b'_0}{f_{sat} b_0} \cdot \frac{g_4 g'_1(\varphi)}{g'_1 \Delta g_2(\psi')} + \frac{g_4(\varphi')}{\Delta g'_3(\psi)} \right]^{-1} \quad (21)$$

Il convient d'observer que si les termes entre crochets de l'équation (21) sont fondamentalement indépendants de la combinaison des porteuses, par contre T_ℓ et T'_ℓ sont particuliers aux porteuses.

La dépendance de la discrimination disponible à l'égard des paramètres de la porteuse est traitée comme suit:

La température de bruit de la liaison T_ℓ s'exprime de la façon suivante:

$$T_\ell = \frac{(c/n)_d}{(c/n)} T_4 \quad (22)$$

où T_4 est la température de bruit de la station terrienne à la réception. Si l'on introduit l'équation (22) dans l'équation (21), les termes (c/n) et $(c/n)'$ apparaissent dans les deux membres de cette dernière équation, et peuvent donc être supprimés. De plus, le transfert des termes $(c/n)_d$ et $(c/n)'_d$ dans le membre de gauche fournit l'équation de discrimination de liaison suivante:

$$(c/i) \frac{(c/n)'_d b'}{(c/n)_d b} = \frac{g'_4 / T'_4}{g_4 / T_4} \left[\frac{e_{sat} f_{sat} h}{e'_{sat} f_{sat} h'} \cdot \frac{g'_1(\varphi)}{g'_1 \Delta g_2(\psi')} + \frac{g_4(\varphi')}{\Delta g'_3(\psi) g_4} \right]^{-1} \quad (23)$$

dans laquelle $h = b_1/b_0$ et $h' = b'_1/b'_0$. Les termes h et h' étant les paramètres de fonctionnement du répéteur, ce sont des constantes pour toutes les porteuses qui interviennent dans les liaisons en cause* (des fonctionnements linéaire et non linéaire du répéteur donneraient des valeurs constantes différentes pour h et h').

Par analogie avec la méthode de discrimination classique, le membre de gauche de l'équation (23) est appelé discrimination de porteuse requise et le membre de droite discrimination de liaison disponible.

La discrimination de liaison disponible est une information donnée déterminée de façon univoque à partir du réglage du gain du répéteur et du recul de puissance d'exploitation en même temps que les caractéristiques les plus importantes du réseau, par exemple les types de stations terriennes d'émission et de réception. La discrimination de liaison disponible pour un couple de liaisons est donc constante, quelles que soient les porteuses utilisées sur chaque liaison.

Les discriminations de porteuse requises sont propres aux liaisons, mais on peut déterminer des valeurs représentatives par analyse théorique et/ou statistique de données disponibles pour des réseaux à satellites existants.

Des exemples de valeurs requises pour certaines combinaisons de porteuses sont donnés au Tableau 5. Ces valeurs ont été obtenues par analyse des paramètres d'exploitation des porteuses et au moyen des critères appropriés de l'UIT-R pour les brouillages à source unique.

Si le brouillage n'affecte que la liaison montante ou que la liaison descendante, il n'en résulte qu'une faible différence dans l'équation (23). Cependant, les principales caractéristiques de la méthode de discrimination de liaison décrite ci-dessus restent inchangées.

* Une liaison par satellite comprend des stations terriennes d'émission et de réception et le trajet correspondant passant par un satellite à paramètres (réglage de gain, recul de puissance) spécifiés.

TABLEAU 5

**Ecart moyen et écart type de la discrimination de porteuse requise
d'après la méthode de discrimination de porteuse (dB)**

Porteuse brouilleuse		MRF-MF						SCPC		Numérique à large bande		TV-MF
		36 V	72 V	132 V	192 V	312 V	972 V	MF	MDP	60 Mbit/s	120 Mbit/s	$2M_{c-c}$ Dispersion d'énergie
Porteuse utile		2,5 MHz	5,0 MHz	7,5 MHz	10,0 MHz	15,0 MHz	36,0 MHz			30,0 MHz	60,0 MHz	
MRF-MF	36 V/2,5 MHz	31,6/2,4 ⁽¹⁾	31,2/2,2	32,9/2,2	32,9/2,5	34,1/2,3	36,4/2,6	28,9/2,6	35,3/2,4	39,5/2,2	35,5/1,0	48,5/1,7
	72 V/5,0 MHz	32,3/2,1	29,5/1,9	31,6/1,9	31,9/2,2	33,4/2,1	36,1/2,1	27,6/2,5	34,1/2,3	38,3/2,1	34,7/0,7	47,1/1,5
	132 V/7,5 MHz	33,1/2,2	31,4/1,5	31,6/2,1	32,3/2,2	34,0/2,1	37,2/2,2	27,8/2,6	34,3/2,4	38,7/2,2	35,8/1,3	46,5/1,6
	192 V/10,0 MHz	32,9/2,7	32,7/1,8	33,7/1,9	31,2/2,6	34,8/2,3	37,3/2,3	28,7/2,6	35,1/2,5	39,6/2,4	36,1/1,3	46,4/1,8
	312 V/15,0 MHz	32,9/3,0	32,3/2,1	33,5/2,2	32,8/2,6	33,3/2,9	36,6/2,6	28,0/3,0	34,4/2,8	39,1/2,6	37,3/2,3	44,0/2,1
	972 V/36,0 MHz	31,3/2,6	29,3/2,1	34,4/1,7	31,8/2,2	32,2/2,1	33,4/2,3	27,0/2,6	33,5/2,4	38,5/2,2	34,4/1,3	38,0/2,8
SCPC	MF	32,8/2,9	31,9/3,0	33,3/3,1	32,5/3,0	33,1/2,8	34,5/2,9	32,4/1,9	30,9/2,0	35,1/3,0	32,3/2,5	51,5/3,2
	MDP	30,3/3,0	30,4/2,9	31,7/2,9	30,6/3,0	32,1/3,2	33,1/2,7	31,6/2,4	28,8/2,0	33,6/2,9	30,8/2,4	51,8/2,6
Numérique à large bande	60 Mbit/s/30 MHz	23,6/3,0	23,0/2,3	24,3/2,3	23,3/2,8	24,4/2,7	26,8/2,9	18,7/2,8	27,9/2,7	30,8/2,2	28,4/1,6	30,5/2,1
	120 Mbit/s/60 MHz	29,9/2,4	29,3/1,4	30,5/1,5	29,6/2,2	30,7/2,0	33,1/2,2	25,0/2,1	34,2/2,0	32,7/2,4	31,1/1,8	34,8/2,0
TV-MF		25,5/3,2	24,8/2,6	25,0/3,0	25,2/3,0	26,0/3,0	26,7/2,3	19,6/3,4	27,1/2,8	31,0/2,7	31,4/2,6	32,6/2,6

(1) X/Y X : valeur moyenne de la discrimination de porteuse requise (dB).

Y : écart type supérieur de la discrimination de porteuse (dB).