

## RECOMMANDATION UIT-R SM.1751-0\*

**Méthode d'évaluation supplémentaire des effets des brouillages  
entre des réseaux de radiocommunication qui utilisent  
en partage la même bande de fréquences**

(2006)

**Domaine d'application**

On trouvera dans la présente Recommandation une méthode d'évaluation supplémentaire des effets des brouillages entre des réseaux de radiocommunication qui utilisent en partage la même bande de fréquences.

**Mots clés**

Bande de fréquences utilisée en partage, perte marginale d'énergie, méthode, évaluation des brouillages

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que le développement des dispositifs de radiocommunication risque d'entraîner une augmentation des brouillages mutuels entre des réseaux de radiocommunication qui utilisent en partage la même bande de fréquences;
- b) que la fixation de valeurs maximales acceptables des paramètres d'émission déterminant la valeur des brouillages causés à d'autres réseaux de radiocommunication est l'une des tâches les plus importantes qui incombent à l'UIT-R;
- c) que l'obtention de niveaux d'émission mutuellement acceptables résulte normalement d'un compromis;
- d) que l'UIT-R a pour but de fournir des services de radiocommunication en garantissant un accès équitable au spectre;
- e) que pour évaluer les effets des brouillages, on a utilisé différentes méthodes qui reposent sur l'évaluation de la qualité du signal à la sortie des canaux de radiocommunication, l'indisponibilité des canaux, l'augmentation du bruit de la liaison de réception, etc., d'où l'impossibilité de comparer ces évaluations,

*recommande*

**1** que, lorsqu'elles évaluent et comparent les effets des brouillages causés par d'autres réseaux ou systèmes de radiocommunication qui utilisent en partage la même bande de fréquences, les administrations puissent utiliser la méthode de calcul de la diminution de la marge d'énergie (EML, *energy margin loss*) comme méthode supplémentaire pour donner des orientations sur l'évaluation et la comparaison des effets de ces brouillages. Cette méthode revient à calculer la valeur relative de l'augmentation du bilan d'énergie qui serait nécessaire pour maintenir, dans la liaison brouillée, les

---

\* La Commission d'études 1 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à la présente Recommandation en 2019 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité qui existaient avant l'apparition des brouillages (voir l'Annexe 1);

**2** que la méthode EML ne remplace ou n'exclue en aucun cas l'utilisation d'autres méthodes figurant dans le Règlement des radiocommunications et dans les Recommandations UIT-R existantes sur le fonctionnement en partage des systèmes de radiocommunications;

**3** que le Bureau n'utilise pas cette méthode lorsqu'il examine d'un point de vue technique et/ou réglementaire les fiches de notification qui lui ont été soumises;

**4** que cette méthode ne soit pas utilisée pour évaluer les effets des brouillages sur des services passifs;

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

NOTE 1 – Si les valeurs de la puissance du signal utile et du brouillage varient dans le temps, il convient de déterminer la valeur EML qui permettrait de maintenir les objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité, tant à long terme qu'à court terme, ainsi que la valeur maximale EML qui doit être utilisée pour évaluer les effets des brouillages.

NOTE 2 – Si les valeurs de la puissance du signal utile et/ou du brouillage diffèrent pour divers emplacements de réseaux mutuellement brouilleurs (par exemple, lorsque ces valeurs dépendent de l'emplacement des stations des réseaux à la surface de la Terre ou dans l'espace), il faut déterminer et prendre en compte non seulement les valeurs EML maximales et moyennes, mais aussi la valeur EML qui permette d'atteindre l'objectif de qualité de fonctionnement nécessaire pour le pourcentage convenu de situations.

NOTE 3 – Lorsqu'on examine les effets des brouillages additionnels sur une liaison ou un système de radiocommunication dans lequel il existe déjà un certain niveau de brouillage interne ou externe, la puissance du bruit qui existait avant l'apparition des brouillages considérés devrait correspondre à la somme du bruit thermique et des brouillages existants, c'est-à-dire qu'il faudrait déterminer la valeur EML causée par l'effet des brouillages additionnels.

NOTE 4 – Il faudrait calculer la valeur EML dans chaque cas spécifique de partage de fréquences en tenant compte des propriétés (statistiques notamment) du signal utile et du signal brouilleur ainsi que des objectifs de qualité de fonctionnement correspondants.

NOTE 5 – Il faudrait calculer la valeur EML pour les réseaux de référence approuvés de la structure convenue qui se brouillent mutuellement, avec les paramètres (ou un ensemble de paramètres) types pour ces réseaux.

NOTE 6 – La valeur EML est une valeur calculée qui indique directement les effets des brouillages pour que l'on puisse comparer ces effets dans différents cas, mais elle n'implique pas qu'il soit nécessaire d'augmenter le bilan d'énergie de la liaison brouillée dans tous les cas.

## Annexe 1

### Dispositions générales concernant la méthode de calcul de la valeur EML pour l'évaluation des effets des brouillages entre des réseaux de radiocommunication qui utilisent en partage la même bande de fréquences

Pour calculer la valeur EML en ce qui concerne la liaison brouillée, on doit connaître les objectifs de disponibilité ou de qualité de fonctionnement  $PO_n$  (s'ils sont établis par des réglementations appropriées) ou les fixer (s'ils sont en cours d'examen) pour une valeur  $F_n$  de probabilité correspondante (pourcentage de temps) lorsque ces objectifs risquent d'être dépassés.

Compte tenu des méthodes de transmission (modulation, codage, etc.) et de démodulation du signal, les formules existantes ou les données expérimentales permettent de déterminer les valeurs  $r_n$  du rapport signal/bruit  $r = C/N_\Sigma$  qui donnent les valeurs  $PO_n$  prescrites.

Dans cette Recommandation,  $N_\Sigma$  représente la somme du bruit thermique et des brouillages affectant la liaison brouillée avant l'apparition du brouillage étudié,  $N_\Sigma = N + \Sigma I_0$ , convertie dans le récepteur du terminal de la dernière liaison.

#### Solution générale

Il faudrait déterminer les fonctions de distribution cumulative dans le temps  $F(C)$ ,  $F(I)$  du signal  $C(t)$  et du brouillage  $I(t)$  (dont on examine actuellement les effets). On ne tient généralement pas compte de la variation du bruit thermique dans le temps.

On sait que la variation dans le temps du signal et du brouillage est causée par un changement des conditions de propagation du signal (précipitations atmosphériques, propagation par trajets multiples), une modification de la distance depuis le signal et les émetteurs brouilleurs (mouvement du satellite, mobilité de la station), etc.

En se fondant sur les fonctions de distribution  $F(C)$ ,  $F(I)$  du signal  $C(t)$  et du brouillage  $I(t)$ , il est nécessaire de représenter à la fois la fonction de distribution  $F(r_0)$  du rapport signal/bruit  $r_0 = C(t)/N_\Sigma$  qui diffère de la fonction  $F(C)$  du point de vue de l'argument uniquement, et la fonction de distribution  $F(r_i)$  pour le rapport signal/somme du bruit plus brouillage évalué  $r_i = C(t)/(N_\Sigma + I(t))$ . On calcule la fonction de distribution  $F(r_i)$  à l'aide des équations connues de la théorie des probabilités pour une fonction de distribution du rapport de deux valeurs aléatoires ayant des fonctions de distribution connues.

A noter qu'il existe une correspondance biunivoque entre les objectifs de qualité de fonctionnement  $PO$  et le rapport signal/bruit  $r$ . La condition pour fournir la valeur nécessaire de  $PO$  avec la probabilité (pourcentage de temps)  $(1 - F_n)$  coïncide donc exactement avec la condition  $r \geq r_n$  avec la même probabilité (pour le même pourcentage de temps). Par conséquent, on peut évaluer la valeur EML à l'aide des fonctions de distribution  $F(r_0)$  et  $F(r_i)$  sans calculer les fonctions de distribution de l'objectif de qualité de fonctionnement. Pour préciser ce point important, on notera que, lorsqu'il existe un risque de violation de la valeur d'un objectif de qualité de fonctionnement avec la probabilité  $F_n$ , il est nécessaire et suffisant de maintenir le rapport signal/bruit plus brouillage à un niveau inférieur à la valeur correspondante  $r_n$  avec la même probabilité  $F_n$ . (Dans la présente Recommandation, les fonctions de distribution cumulative  $F(r_0)$  et  $F(r_i)$  signifient  $F(r \leq r_0)$  et  $F(r \leq r_i)$ .)

Compte tenu de ce qui précède, la valeur EML permettant de déterminer l'objectif de qualité de fonctionnement  $PO_n$  avec la probabilité  $F_n$  de violation de cette valeur est la suivante:

$$EML_n = 10 \log[(C_0 + \Delta C)/C_0] = r_0(F_n) - r_i(F_n) \quad \text{dB} \quad (1)$$

où  $r_0(F_n)$  et  $r_i(F_n)$  sont les valeurs du rapport signal/bruit et du rapport signal/bruit plus brouillage avec la probabilité  $F_n$  établie pour l'objectif de qualité de fonctionnement (également exprimées en dB), et  $C_0$  est la valeur nominale de la puissance du signal utile. La formule (1) est illustrée par le graphique de la Fig. 1, où  $r_n$  est la valeur seuil du rapport signal/bruit correspondant à la valeur nécessaire de l'objectif de qualité de fonctionnement avec la probabilité  $F_n$ ,  $M_0$  est la marge d'énergie en l'absence du brouillage évalué,  $M_i$  est la marge d'énergie en présence de brouillage et  $F(r_i^1)$  est la fonction de  $F(r_i)$  avec la puissance du signal augmentée de la valeur EML.

De toute évidence, cette équation est valable pour toute valeur  $F$  de probabilité donnée, c'est-à-dire pour les objectifs de qualité de fonctionnement à court terme comme à long terme. Si l'on fixe plusieurs valeurs d'objectifs de qualité de fonctionnement pour différentes probabilités  $F_n$ , il faudrait faire des calculs pour chacune d'entre elles et sélectionner la valeur EML la plus grande.

Si la valeur du signal et/ou des brouillages varie non seulement dans le temps, mais aussi en fonction d'autres facteurs, comme l'emplacement de la station dans la zone de service, il faudrait déterminer la distribution de la valeur EML pour un ensemble de situations ou se limiter à déterminer les valeurs EML dépassées dans un certain pourcentage de situations et évaluer les dommages causés par les brouillages en fonction de ces valeurs. Une méthode plus générale consiste à représenter des fonctions de distribution généralisée  $F(r_0, L)$  et  $F(r_i, L)$  en tenant compte de la variation du rapport signal/bruit plus brouillage dans le temps et des situations ( $L$ ). Dans ce cas, les calculs à l'aide de la formule (1) permettraient d'obtenir la valeur EML pour une probabilité donnée compte tenu de deux facteurs – le temps et l'emplacement de la station.

### Analyse de situations simples

1 Prenons la situation la plus simple dans laquelle le signal  $C$  et le brouillage  $I$  ne varient pas dans le temps, c'est-à-dire  $C = const$ ,  $I = const$ ,  $N = const$ , comme dans le calcul habituel des brouillages mutuels entre des réseaux à satellite géostationnaire.

Dans ce cas,  $F(r_0)$  et  $F(r_i)$  deviennent des fonctions delta en  $r_0 = C/N_\Sigma$  et en  $r_i = C/(N_\Sigma + I)$  et pour toute probabilité  $F$ :

$$EML = 10 \log \left[ \frac{C / N_\Sigma}{C / (N_\Sigma + I)} \right] = 10 \log (1 + I / N_\Sigma) \quad (2)$$

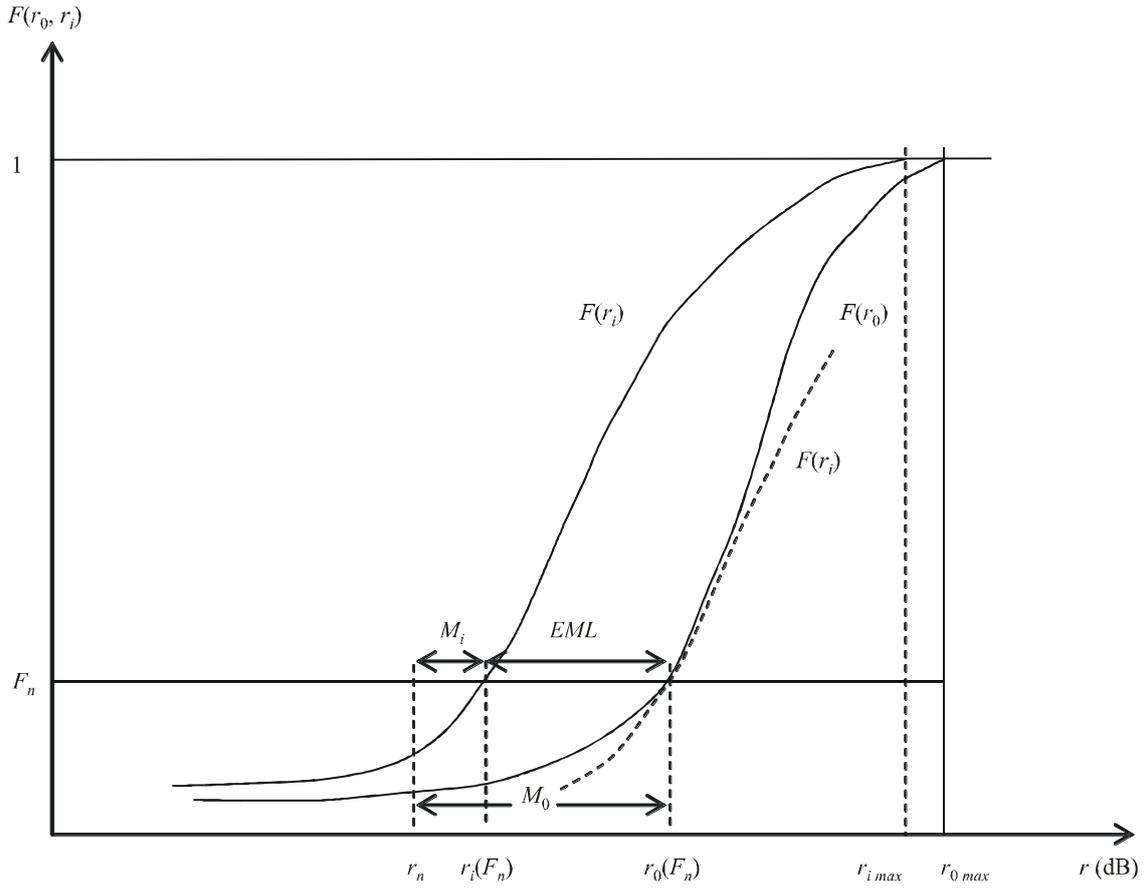
2 Une autre situation simple est celle des brouillages constants ( $I = const$ ) avec un signal qui varie dans le temps ( $C(t) = var$ ), s'agissant par exemple de brouillages causés à une liaison hyperfréquence de Terre par un satellite géostationnaire.

Dans ce cas,  $F(r_i)$  a la même forme que  $F(r_0)$ , mais ce qui diffère, c'est que l'argument est remplacé par la valeur de  $(N_\Sigma + I)/N_\Sigma$  (c'est-à-dire avec un décalage vers la gauche de cette valeur, comme indiqué dans la Fig. 1). Cela signifie que la valeur EML est la même pour toute probabilité  $F$ , c'est-à-dire qu'elle est identique pour les critères de calcul à long terme et à court terme et qu'elle peut être évaluée par la formule simple (2).

3 Dans le cas d'un signal constant ( $C = const$ ) et de brouillages variables ( $I(t) = var$ ) (par exemple, brouillages causés à une station terrienne d'un réseau à satellite géostationnaire par une liaison hyperfréquence),  $F(r_0)$  est une fonction  $\delta$  en  $r_0$  et  $F(r_i)$  est déterminée uniquement par la distribution des brouillages. Il faudrait donc utiliser la formule générale (1).

NOTE 1 – Comme c'est souvent le cas, en ce qui concerne la différence entre le spectre du signal et le spectre du brouillage, il convient de tenir compte du fait qu'une partie de la puissance de brouillage tombe dans la largeur de bande du récepteur. Si nécessaire, on peut additionner le bruit gaussien et le brouillage qui module une porteuse compte tenu de la différence entre leurs caractéristiques statistiques et donc de l'effet de cette différence sur les résultats de la démodulation (par exemple, sur la probabilité d'erreur); on ignore généralement cette différence dans les calculs liés à la compatibilité électromagnétique.

FIGURE 1



1751-01