

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

## Recommandation UIT-R M.1474-1 (01/2010)

**Méthodologie d'évaluation, sur la base de statistiques de brouillage dû aux radiofréquences, de l'impact du brouillage causé par des systèmes à accès multiple par répartition dans le temps/accès multiples par répartition en fréquence (AMRT/AMRF) du service mobile par satellite (SMS) fonctionnant dans la gamme de fréquences 1-3 GHz sur la qualité de fonctionnement en bande de base des récepteurs numériques du service fixe en visibilité directe**

**Série M**

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés**



## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	<b>Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés</b>
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2011

© UIT 2011

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R M.1474-1\*

**Méthodologie d'évaluation, sur la base de statistiques de brouillage dû aux radiofréquences, de l'impact du brouillage causé par des systèmes à accès multiple par répartition dans le temps/accès multiple par répartition en fréquence (AMRT/AMRF) du service mobile par satellite (SMS) fonctionnant dans la gamme de fréquences 1-3 GHz sur la qualité de fonctionnement en bande de base des récepteurs numériques du service fixe en visibilité directe**

(Questions UIT-R 201/4 et UIT-R 118/5)

(2000-2010)

**Champ d'application**

La présente Recommandation décrit une méthodologie d'évaluation de l'impact du brouillage causé par les émissions espace vers Terre et Terre vers espace des systèmes AMRT/AMRF du service mobile par satellite (SMS) fonctionnant dans la gamme de fréquences 1-3 GHz sur la qualité de fonctionnement des récepteurs numériques du service fixe en visibilité directe. Cette méthodologie peut aussi être utilisée dans la coordination détaillée du SMS et du service fixe.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la bande 1 518-1 525 MHz est attribuée au SMS (espace vers Terre) et au service fixe à titre primaire avec égalité des droits dans toutes les Régions;
- b) que les bandes 1 525-1 559 MHz et 1 626,5-1 660,5 MHz sont aussi attribuées au SMS (espace vers Terre et Terre vers espace, respectivement) à titre primaire dans toutes les Régions;
- c) que la bande 1 525-1 530 MHz est également attribuée au service fixe à titre primaire dans les Régions 1 et 3, et que les bandes 1 550-1 559 MHz, 1 626,5-1 645,5 MHz et 1 646,5-1 660 MHz sont aussi attribuées au service fixe à titre primaire dans certains pays;
- d) que la bande 1 668,4-1 675 MHz est attribuée au SMS (Terre vers espace) et au service fixe à titre primaire avec égalité des droits dans toutes les Régions;
- e) que les bandes 1 980-2 010 MHz et 2 170-2 200 MHz dans toutes les Régions, ainsi que les bandes 2 010-2 025 MHz et 2 160-2 170 MHz dans la Région 2 sont attribuées à titre primaire avec égalité des droits au SMS (Terre vers espace et espace vers Terre) et au service fixe;
- f) que les émissions de satellites du service mobile pourraient brouiller des récepteurs du service fixe en visibilité directe fonctionnant dans ces bandes;
- g) que les émissions de satellites du service mobile et celles des stations terriennes mobiles associées peuvent brouiller des récepteurs du service fixe en visibilité directe fonctionnant dans ces bandes;

---

\* La présente Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études 4 et 5 des radiocommunications qui se chargeront également de toute révision éventuelle.

- h) qu'un tel brouillage fait intervenir des phénomènes variant en fonction du temps, tels que la géométrie du brouillage, les conditions de propagation et le trafic du SMS;
- j) que la simulation est généralement la seule façon d'évaluer avec précision un tel brouillage;
- k) que le résultat de ces simulations se présente en principe sous la forme de statistiques des rapports  $C/I$ ,  $C/N$  et  $C/(N + I)$ ;
- l) que l'impact d'un tel brouillage peut souvent être évalué par l'étude des seules statistiques relatives aux radio-fréquences;
- m) que, dans les cas critiques, il est nécessaire d'évaluer l'impact du brouillage sur les objectifs de qualité de fonctionnement en bande de base dans le service fixe,

*recommande*

**1** d'utiliser la méthodologie reproduite dans l'Annexe 1 comme orientation dans la coordination bilatérale détaillée pour l'évaluation initiale des effets du brouillage causé par des satellites AMRT/AMRF du SMS et les stations mobiles terriennes associées, fonctionnant dans le cadre des attributions au SMS entre 1 et 3 GHz, sur la qualité de fonctionnement en bande de base des récepteurs numériques du service fixe en visibilité directe, sur la base des statistiques de brouillage radiofréquence.

NOTE 1 – Les méthodologies exposées dans l'Annexe 1 sont considérées comme étant provisoires, et les administrations sont invitées à présenter des contributions pour cette Annexe en vue de développer plus avant ces méthodologies.

## Annexe 1

### 1 Introduction

Le partage entre le SMS et le service fixe fait intervenir des phénomènes variant en fonction du temps, tels que la géométrie du brouillage, les conditions de propagation, etc. La simulation est généralement la seule façon d'évaluer avec précision le brouillage entre systèmes du SMS et du service fixe. Le résultat de ces simulations revêt en principe la forme de statistiques des rapports  $C/I$ ,  $C/N$  et  $C/(N + I)$  en radiofréquence, présentées habituellement sous la forme d'une distribution cumulative.

La Recommandation UIT-R M.1319 propose une méthodologie permettant notamment de traduire les objectifs de TEB pour systèmes numériques du service fixe en exigences équivalentes concernant le rapport  $C/(N + I)$  en radiofréquence pendant un pourcentage de temps donné. Ces objectifs équivalents de qualité de fonctionnement en radiofréquence sont représentés graphiquement par des courbes de distribution cumulative du rapport  $C/(N + I)$  afin d'évaluer le caractère acceptable du brouillage produit par les satellites du SMS.

La méthode proposée dans la Recommandation UIT-R M.1319, bien qu'elle repose sur un travail important de simulation par ordinateur, s'avère relativement simple à traduire sous forme de programme informatique, puisque tous les calculs et toutes les comparaisons sont effectuées aux fréquences radioélectriques. Cette méthodologie devrait être utilisée au cours de la phase de

coordination détaillée entre administrations, exigée et déclenchée par l'application de l'Article 9 du Règlement des radiocommunications (RR) et de l'Appendice 5 du RR, afin de déterminer si le brouillage est ou non acceptable compte tenu des données réelles dont on dispose sur les systèmes du service fixe et des objectifs correspondants de qualité de fonctionnement et de disponibilité fixés par l'UIT-R.

Dans certains cas, au cours de la phase de coordination bilatérale, il peut être nécessaire que les parties concernées examinent plus avant l'effet du brouillage produit par le SMS sur les objectifs de qualité de fonctionnement des systèmes numériques du service fixe. Cela peut se produire lorsque les résultats de la méthode de simulation décrite dans la Recommandation UIT-R M.1319 dont il est question ci-dessus ne sont pas suffisamment probants pour mener à bien la coordination des fréquences.

La présente Annexe a pour objectif de présenter des méthodologies permettant de convertir les statistiques de  $C/(N + I)$  en radiofréquence en mesures de la qualité de fonctionnement en bande de base pour les porteuses numériques du service fixe.

## 2 Conversion du rapport $C/(N + I)$ en TEB

Une valeur  $C/(N + I)$  peut être convertie en taux d'erreur sur les symboles (SER, *symbol error ratio*) équivalent au moyen des formules et des courbes indiquées dans la Recommandation UIT-R SF.766. Par exemple, pour une porteuse à modulation MDP- $M$ :

$$SER = \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\log_2(M)} \gamma_b \sin \frac{\pi}{M} \right) \quad (1)$$

où:

$$\gamma_b = E_b/(N_0 + I_0) = [C/(N + I)](B/R) \text{ (rapport numérique)}$$

$B$ : largeur de bande du bruit dans le récepteur du service fixe

$R$ : débit binaire

$M$ : nombre d'états.

Le taux SER peut ensuite être converti en TEB, en partant du principe que  $TEB = SER/\log_2(M)$ .

## 3 Autres objectifs de qualité de fonctionnement

Les autres objectifs de qualité de fonctionnement numérique du service fixe (en plus du TEB) sont:

- l'indisponibilité;
- le taux de secondes avec erreurs (ESR, *errored second ratio*);
- le taux de secondes avec beaucoup d'erreurs (SESR, *severely errored second ratio*);
- le taux de blocs erronés résiduels (BBER, *background block error ratio*).

Pour évaluer ces mesures avec précision, il faut assurer un suivi continu de la qualité de fonctionnement du système du service fixe. Dans le cas d'une simulation, cela signifierait dans l'absolu que l'intervalle de temps devrait être très petit, par exemple, de l'ordre de la milliseconde. Cela peut s'avérer impossible dans un logiciel qui simule le brouillage causé par un système du SMS non OSG aux récepteurs du service fixe car il faut modéliser également les variations à plus long terme, sachant que le temps d'exploitation peut être prohibitif.

Cela étant, il est proposé d'évaluer les mesures de qualité de fonctionnement ci-dessus sur la base d'une méthode des valeurs moyennes, c'est-à-dire en partant du principe que le TEB est constant entre deux échantillons de temps. De plus, on suppose que les erreurs sur les bits sont uniformément réparties dans le temps. Une telle méthode produit généralement des estimations prudentes étant donné que les erreurs sur les bits seront étalées sur un nombre maximal de blocs (voir la définition du bloc au § 3.2); une variation plus grande du regroupement des erreurs sur les bits se traduirait par un nombre moins grand de blocs affectés (à supposer que le nombre total d'erreurs sur les bits soit connu). Les paragraphes qui suivent proposent des méthodes pouvant être utilisées pour une telle évaluation.

### 3.1 Indisponibilité

La Recommandation UIT-R F.557 définit de la manière suivante l'indisponibilité pour les liaisons numériques du service fixe:

«La période de temps d'indisponibilité commence au début de 10 secondes avec beaucoup d'erreurs, consécutives, dans un sens de transmission au moins. Ces 10 s font partie du temps d'indisponibilité. Pour la définition des secondes avec beaucoup d'erreurs, il convient de se reporter aux Recommandations UIT-T G.821 et UIT-T G.826 sur le sujet.

Une nouvelle période de disponibilité commence au début de 10 s consécutives ne comportant pas de seconde avec beaucoup d'erreurs pour les deux sens de transmission. Ces 10 s font partie du temps de disponibilité. Pour la définition des secondes avec beaucoup d'erreurs, il convient de se reporter aux Recommandations UIT-T G.821 et UIT-T G.826 sur le sujet.»

Etant donné que l'on part de l'hypothèse que la seule information disponible est la fonction de densité de probabilité de  $C/(N+I)$ , il convient d'utiliser ici une méthode simplifiée. Pour cette raison, l'indisponibilité sera évaluée en pourcentage de temps pendant lequel le TEB dépasse  $1 \times 10^{-3}$ . Le temps d'indisponibilité  $T_U$  (s) est alors:

$$T_U = N_s \sum_{i=a}^x pdf_i \quad (2)$$

où:

$N_s$ : temps de simulation total (s)

$pdf_i$ : fonction de densité de probabilité calculée de  $C/(N+I)$

$a$ : valeur  $C/(N+I)$  la plus petite représentée dans la distribution

$x$ : valeur  $C/(N+I)$  correspondant à un TEB de  $1 \times 10^{-3}$ .

L'indisponibilité exprimée en pourcentage est donc de  $100 T_U/N_s$ .

### 3.2 Seconde avec erreurs

La Recommandation UIT-T G.826 définit une seconde avec erreurs (*ES, errored second*) comme étant une «période d'une seconde comportant un ou plusieurs blocs erronés ou au moins un défaut», un bloc erroné étant un bloc dont un ou plusieurs bits sont erronés. Dans le calcul du ESR, il faut tenir compte uniquement du temps disponible:

$$ESR = \frac{ES}{N_s - T_U} \quad (3)$$

où *ES* est le nombre de secondes avec erreurs pendant le temps disponible.

Le nombre de secondes avec erreurs pendant le temps disponible peut être calculé de la manière suivante:

$$ES = N_s \sum_{i=x}^b pdf_i \min[1, BlockE_s(i)] \quad (4)$$

où:

$b$ : valeur  $C/(N+I)$  la plus élevée représentée dans la distribution

$Block_s(i)$ : nombre moyen d'erreurs dans les blocs par seconde pour un rapport  $C/(N+I) = i$ .

On notera que si ce nombre est supérieur à 1, toutes les secondes correspondant à un rapport  $C/(N+I) = i$ , sont considérées comme ayant des erreurs

$$BlockE_s(i) = N_{Blocks/s} \min[1, BE_{Block}(i)] \quad (5)$$

où:

$N_{Blocks/s}$ : nombre de blocs par seconde

$BE_{Block}(i)$ : nombre moyen d'erreurs sur les bits par bloc pour un rapport  $C/(N+I) = i$ . Comme ci-dessus, si ce nombre est supérieur à 1, tous les blocs correspondant au rapport  $C/(N+I) = i$  sont considérés comme étant erronés

$$BE_{Block}(i) = BER_i \cdot N_{B/block} \quad (6)$$

où:

$TEB_i$ : TEB pour un rapport  $C/(N+I) = i$

$N_{B/block}$ : nombre de bits par bloc.

### 3.3 Seconde avec beaucoup d'erreurs

La Recommandation UIT-T G.826 définit une seconde avec beaucoup d'erreurs (SES, *severely errored second*) comme étant une «période d'une seconde comportant un taux de blocs erronés égal ou supérieur à 30% ou au moins un défaut». Dans ce qui suit, la notion de défaut a été ignorée. Dans le calcul du taux SESR, il faut tenir compte uniquement du temps disponible.

$$SESR = \frac{SES}{N_s - T_U} \quad (7)$$

où:

$SES$ : nombre de secondes avec beaucoup d'erreurs pendant le temps disponible:

$$SES = N_s \sum_{i=x}^b pdf_i \cdot CHECK1_i \quad (8)$$

où:

$CHECK1_i = 1$  is  $Blocked_s(i) > 0,3 N_{Blocks/s}$ , sinon  $CHECK1_i = 0$ .

### 3.4 Bloc erroné résiduel

La Recommandation UIT-T G.826 définit le bloc erroné résiduel (BBER, *background block error*) comme étant un «bloc erroné survenant en dehors d'une seconde avec beaucoup d'erreurs».

$$BBER = \frac{BBE}{N_s - T_U} \quad (9)$$

où:

*BBER*: nombre de blocs erronés survenant pendant le temps disponible:

$$BBE = N_s \cdot N_{Block/s} \sum_{i=x}^b pdf_i \min[1, BE_{Block}(i)] CHECK2_i \quad (10)$$

où:

$$CHECK2_I = 1 \text{ is } Blocked_s(I) < 0,3 N_{Block/s}, \text{ sinon } CHECK2_I = 0.$$

## 4 Conclusion

La présente Annexe propose des formules qui permettent de calculer des estimations de l'impact du brouillage sur la qualité de fonctionnement en bande de base des systèmes numériques du service fixe, d'après des statistiques du rapport  $C/(N+I)$  en radiofréquence. Les méthodes se fondent sur les valeurs moyennes; elles donneront des estimations prudentes étant donné que les erreurs sur les bits seront étalées sur un nombre maximal de blocs; une plus grande variation du regroupement des erreurs sur les bits se traduirait par un nombre moins important de blocs affectés (en supposant que le nombre total d'erreurs sur les bits soit connu).

Il convient d'utiliser les méthodes de la présente Annexe dans les cas critiques seulement, quand l'examen des statistiques de brouillage radiofréquence ne donne pas de résultats suffisamment probants pour mener à bien la coordination des fréquences.