

RECOMMANDATION UIT-R M.1474* **

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 bande des 2 GHz sur la qualité de fonctionnement en bande de base des récepteurs numériques du service fixe en visibilité directe

(Questions UIT-R 201/8 et UIT-R 118/9)

(2000)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les bandes de fréquences 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, sous réserve des dates d'entrée en vigueur mentionnées aux numéros 5.389A et 5.389C du RR, sont attribuées à titre coprimaire au SMS (Terre-espace) et au service fixe;
- b) que les émissions de satellites du service mobile pourraient brouiller des récepteurs du service fixe en visibilité directe fonctionnant dans ces bandes;
- c) 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;
- d) 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;
- e) que la simulation est généralement la seule façon d'évaluer avec précision un tel brouillage;
- f) que le résultat de ces simulations se présente en principe sous la forme de statistiques des rapports C/I , C/N et $C/(N + I)$;
- g) que l'impact d'un tel brouillage peut souvent être évalué par l'étude des seules statistiques relatives aux radiofréquences;
- h) 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,

* La présente Recommandation a été élaborée conjointement par les Commissions d'études 8 et 9 des radiocommunications qui se chargeront également de toute révision ultérieure éventuelle.

** En accord avec la Résolution UIT-R 44, la Commission d'études 8 des radiocommunications a apporté des modifications éditoriales à la présente Recommandation en 2004.

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 la bande de fréquences des 2 GHz attribuée au SMS, 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 à 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 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 erronées (ESR, *errored second ratio*);
- le taux de secondes gravement erronées (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 1×10^{-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 1×10^{-3} .

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

3.2 Seconde erronée

La Recommandation UIT-T G.826 définit une seconde erronée (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 erronées pendant le temps disponible.

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

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

où:

- b : valeur $C/(N+I)$ la plus élevée représentée dans la distribution
- $BlockE_s(i)$: 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 étant erronées

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

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 gravement erronée

La Recommandation UIT-T G.826 définit une seconde gravement erronée (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 gravement erronées pendant le temps disponible:

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

où:

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

3.4 Bloc erroné résiduel

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

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

où:

BBE: nombre de blocs erronés survenant pendant le temps disponible:

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

où:

$$CHECK2_i = 1 \quad \text{si } BlockE_s(i) < 0,3 N_{Block/s}, \quad \text{sinon } CHECK2_i = 0.$$

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.
