

RECOMMANDATION UIT-R S.1556

Méthode permettant de déterminer le niveau d'epfd_↓ correspondant à la perte de synchronisation des réseaux à satellites géostationnaires du service fixe par satellite, due au brouillage causé par des systèmes non géostationnaires

(Questions UIT-R 231/4 et UIT-R 73/4)

(2002)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la perte de synchronisation d'une liaison par satellite géostationnaire (OSG) du service fixe par satellite (SFS) peut être extrêmement préjudiciable au service assuré avec cette liaison;
- b) que la perte de synchronisation aura une incidence directe sur la disponibilité du service assuré et que l'établissement d'un bilan de liaison par satellite sur la base d'hypothèses prudentes dépend de la connaissance des seuils de perte de synchronisation;
- c) que la mesure de l'indisponibilité des réseaux à satellite est déterminée par les effets combinés des seuils liés aux équipements, des brouillages et des effets de propagation;
- d) que le niveau du rapport porteuse/bruit auquel survient la perte de synchronisation peut être d'environ 1 à 4 dB inférieur au niveau requis du rapport C/N correspondant au seuil de disponibilité (c'est-à-dire à l'objectif de plus court terme);
- e) que, dans le cas de réseaux à satellites géostationnaires (OSG) intégrés aux réseaux de Terre, un réseau peut interrompre la liaison à un niveau plus élevé que celui qui provoquerait la perte de synchronisation du modem;
- f) que la Conférence mondiale des radiocommunications (Istanbul, 2000) (CMR-2000) a adopté les limites de puissance surfacique équivalente sur la liaison descendante (epfd_↓) y compris des limites opérationnelles, applicables aux systèmes non OSG dans certaines bandes de fréquences;
- g) que les opérateurs de systèmes OSG doivent être capables d'identifier les zones climatiques dans lesquelles le taux de précipitations est tel que les liaisons risquent de subir des pics de brouillage correspondant aux limites opérationnelles d'epfd_↓, et qu'ils doivent également pouvoir estimer la sensibilité à la perte de synchronisation du démodulateur,

recommande

- 1 de se fonder, pour déterminer les niveaux de puissance epfd correspondant à la perte de synchronisation du récepteur d'une station terrienne OSG du SFS, sur la méthode exposée dans l'Annexe 1. On trouvera des exemples de résultats dans l'Annexe 2;
- 2 de considérer que les Notes suivantes font partie de la présente Recommandation.

NOTE 1 – La durée et la fréquence d'occurrence des signaux brouilleurs peuvent contribuer à la détermination du niveau de brouillage maximal admissible. On observe que des événements de brouillage multiples de courte durée peuvent induire, du fait du temps de récupération de la synchronisation, une période d'indisponibilité plus grande que celle consécutive à des brouillages moins nombreux mais de plus longue durée.

NOTE 2 – En cas de brouillage inacceptable dû à des niveaux de puissance $epfd_{\downarrow}$ non supérieurs aux limites opérationnelles, l'opérateur de réseau OSG a la possibilité d'adapter la liaison de manière telle que le brouillage soit acceptable.

NOTE 3 – Dans le cas de réseaux OSG du SFS présentant des débits binaires peu élevés, le niveau du rapport C/N auquel survient la perte de synchronisation peut être inférieur à celui de réseaux présentant des débits binaires plus élevés, alors que le temps nécessaire à la récupération de la synchronisation peut être plus important. Des études complémentaires seront nécessaires pour déterminer les niveaux de seuil de synchronisation des systèmes dont les débits binaires sont supérieurs à 34 Mbit/s.

NOTE 4 – Des études complémentaires seront nécessaires pour déterminer les niveaux de seuil de perte de synchronisation dans des liaisons intégrées à des réseaux de Terre.

ANNEXE 1

La présente Annexe expose une méthode permettant aux opérateurs de systèmes OSG d'identifier les zones climatiques où les liaisons sont susceptibles de subir des pertes de synchronisation à des niveaux de brouillage correspondant aux limites opérationnelles d' $epfd_{\downarrow}$.

1 Calcul de la puissance $epfd$ théorique de perte de synchronisation

La sensibilité à la perte de synchronisation due à la pluie constitue un problème mondial affectant les réseaux OSG, et les brouillages d'origine non OSG sont de nature à augmenter la probabilité de perte de synchronisation dans toutes les zones de pluie. La perte de synchronisation peut être extrêmement préjudiciable à certains services qui, dans les circonstances actuelles, sont assurés de manière satisfaisante par des réseaux à satellite. Les réseaux OSG étant conçus pour réduire les pertes de synchronisation à près de zéro pour cent du temps, il faut également tenir compte des brouillages supplémentaires causés par des systèmes non OSG.

On peut effectuer un calcul I/N simple pour établir si une station terrienne OSG, dans des conditions de précipitations données, risque une perte de synchronisation (*sync loss*) due à l' $epfd$. Le calcul fait intervenir le rapport C/N en réception $(C/N)_{sync\ loss} = C/(N + I)$ correspondant à la perte de synchronisation. Le rapport $(C/N)_{sync\ loss}$ est généralement inférieur de 1 dB à environ 4 dB au rapport $(C/N)_{required}$ nécessaire pour satisfaire l'objectif minimal de caractéristique de taux d'erreur binaire (TEB) souhaitée pour la liaison (c'est-à-dire le seuil de disponibilité). Une liaison pour laquelle $\Delta(C/N) = ((C/N)_{required} - (C/N)_{sync\ loss}) = 1$ dB correspond à un codage de débit 1/2, alors qu'une valeur $\Delta(C/N) = 3$ dB correspond à un codage de débit 3/4.

On trouvera dans le Tableau 1 des données générales de modulation et de perte de synchronisation correspondant à des systèmes présentant un débit binaire inférieur à 34 Mbits/s¹.

¹ Ces informations, qui proviennent de la Recommandation UIT-R S.1522, ont été utilisées pour calculer et estimer l'incidence des limites d' $epfd$ sur les réseaux OSG du SFS exploités dans les bandes des 14/12 GHz et dont les disponibilités sont sensibles à la récupération du rythme de synchronisation et aux brouillages causés par des réseaux non OSG du SFS.

TABLEAU 1

Modulation et codage	$C/(N+I)$ (dB)
MDP-4 débit 7/8	6,0
MDP-4 débit 3/4	5,3
MDP-4 débit 1/2	3,5
MDP-8	8,1
MAQ-16	11,0

MDP-4: Modulation par quadrature de phase.

MDP-8: Modulation par déplacement de phase à 8 états.

MAQ-16: Modulation d'amplitude en quadrature à 16 états.

On connaît généralement, pour une liaison donnée, le niveau de dégradation du rapport C/N provoquant la perte de synchronisation. On peut de plus évaluer la marge nécessaire à la protection d'un réseau subissant un taux de précipitations donné dans une bande de fréquences particulière (voir un exemple dans le Tableau 2). Ces informations peuvent être utilisées pour calculer les niveaux de brouillage provoquant une perte de synchronisation dans le cas d'une liaison OSG. Dans le cas de certaines liaisons particulièrement sensibles, on peut atteindre de tels niveaux de brouillage dans certaines configurations d'alignement (c'est-à-dire lorsque la station terrienne OSG, le satellite non OSG et le satellite OSG sont alignés).

TABLEAU 2

**Marges représentatives de compensation de la puissance en fonction
du taux de précipitations dans la bande des 12 GHz**

Disponibilité sur la liaison descendante (%)	Taux de précipitations (mm/h)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
99,9	Marge nécessaire sur la liaison descendante pour compenser les évanouissements dus à la pluie (dB)	0,4	0,8	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
99,99		1,3	2,9	4,1	5,2	6,2	7,1	7,9	8,8	9,5	10,2	10,9	11,6

NOTE 1 – Marge pour la pluie calculée dans la Recommandation UIT-R P.618 pour une disponibilité de 99,9% ou de 99,99%. On suppose pour toutes les stations terriennes une altitude de 0,25 km, une polarisation verticale à une latitude de 40° et un angle d'élévation de 20°.

On peut exprimer la dégradation de la qualité de fonctionnement d'une liaison de communication par un accroissement équivalent de la température de bruit du système comparée à la température d'une liaison non dégradée. Cette liaison peut s'écrire de la façon suivante:

$$\text{Dégradation} = 10 \log((T + \Delta T_I)/T) \quad \text{dB}$$

On peut également montrer que dans des conditions de ciel clair, pour des liaisons conçues de manière telle que la marge de seuil de disponibilité soit à peu près égale à la marge pour la pluie, la perte de synchronisation se produira lorsque:

$$\text{Dégradation} = M_R + \Delta(C/N) \quad \text{dB}$$

où:

- T : température de bruit du système, comprenant toutes les sources de bruit connues (K)
- ΔT_I : accroissement de la température de bruit du système dû à une source de brouillage supplémentaire (K)
- M_R : marge pour la pluie sur la liaison descendante en conditions de ciel clair (dB)
- $\Delta(C/N)$: diminution du seuil C/N entre l'objectif de qualité de fonctionnement le plus faible et le niveau de perte de synchronisation (dB).

Ainsi, dans des conditions de ciel clair et pour des liaisons conçues de manière telle que la marge de seuil de disponibilité soit à peu près égale à la marge pour la pluie, la relation entre la température de bruit du système dans des conditions normales d'exploitation, la marge supplémentaire pour la pluie et l'accroissement de la température de bruit dû au brouillage et susceptible de provoquer une perte de synchronisation, est donnée par l'équation (1):

$$10 \log((T + \Delta T_I)/T) = M_R + \Delta(C/N) \quad \text{dB} \quad (1)$$

On peut déterminer la puissance du brouillage reçu provoquant la perte de synchronisation en résolvant l'équation (1) pour la variable ΔT_I . Le niveau de brouillage obtenu permet de déterminer le niveau d'epfd qui provoquerait la perte de synchronisation. Ainsi, l'accroissement de la température de bruit dû au brouillage d'origine non OSG occasionnant la perte de synchronisation est donné par l'équation (2):

$$\Delta T_I = (10^{(M_R + \Delta(C/N))/10} - 1) T \quad \text{K} \quad (2)$$

On peut alors, grâce à l'équation (3), utiliser l'accroissement de la température de bruit, ΔT_I , dû au brouillage d'origine non OSG pour calculer l'accroissement résultant de la puissance du brouillage reçu, I_T :

$$I_T = 10 \log(k \Delta T_I B) \quad \text{dBW} \quad (3)$$

où :

- B : largeur de bande de référence (40 Hz)
- $10 \log k$: $10 \log$ (constante de Boltzmann) = -228,6 dB(W/(Hz · K)).

L'epfd d'un signal brouilleur d'origine non OSG, I_T , causant une perte de synchronisation dans une réception suivant l'axe de l'antenne peut être déterminée en soustrayant à l'équation (3) la surface d'antenne équivalente, comme l'indique l'équation (4):

$$\text{epfd}_{\text{sync loss}} = I_T - 10 \log(\eta \pi D^2/4) \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot 40 \text{ kHz))} \quad (4)$$

où :

- D : diamètre d'antenne de la station terrienne
- η : rendement de l'antenne.

ANNEXE 2

On trouvera dans la présente Annexe quelques exemples de l'application des équations (2), (3) et (4) de l'Annexe 1. Le Tableau 3 rassemble quelques combinaisons d'antenne de station terrienne/ température de bruit du système prises pour hypothèses dans l'application de la présente Recommandation. Ces combinaisons sont réalisables dans la pratique. Les Fig. 1 à 4 indiquent les niveaux d' $epfd_{\downarrow}$ provoquant la perte de synchronisation de ces liaisons OSG du SFS en l'absence de marge supplémentaire. On peut comparer ces valeurs à celles du Tableau 22-4A du Règlement des radio-communications.

TABLEAU 3
Tailles d'antenne de station terrienne et températures de bruit du système

Diamètre d'antenne de la station terrienne (m)	Température de bruit du système (K)
3	350
4,5	450
6	600
10	800

FIGURE 1

Niveaux d' $epfd_{\downarrow}$ provoquant la perte de synchronisation dans le cas d'une antenne de station terrienne de 3 m de diamètre

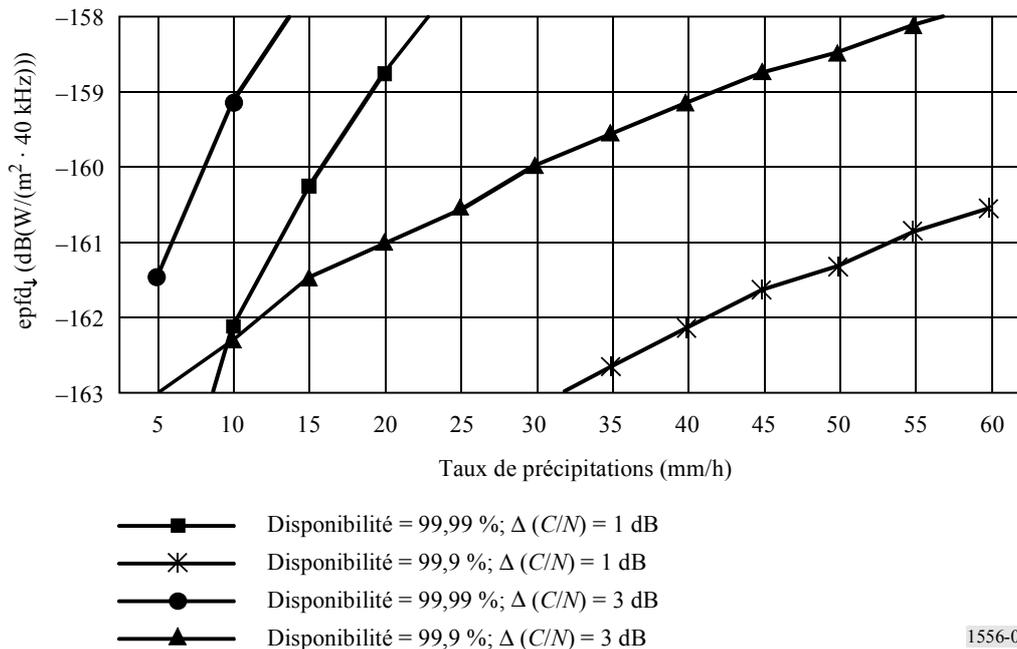
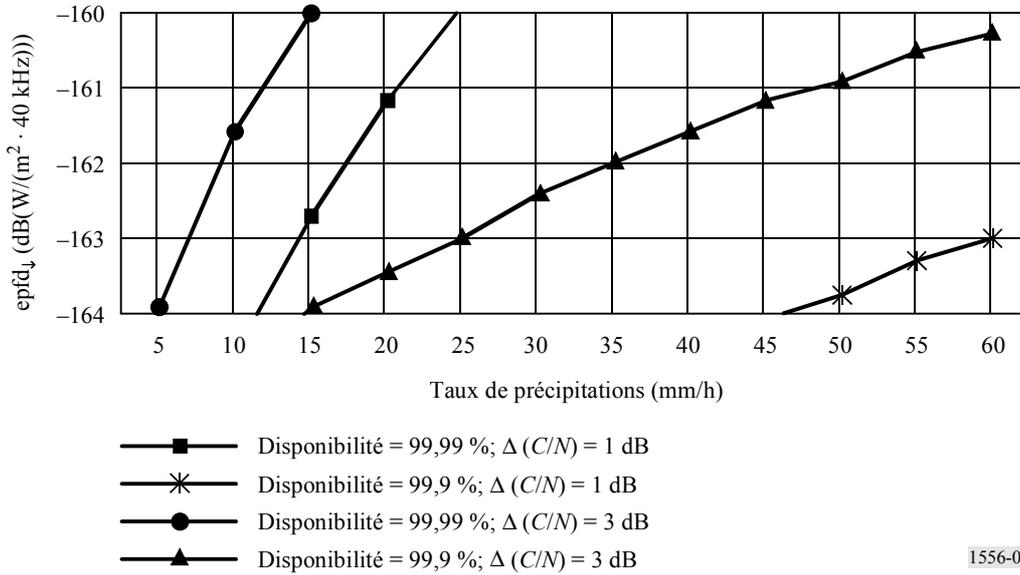


FIGURE 2

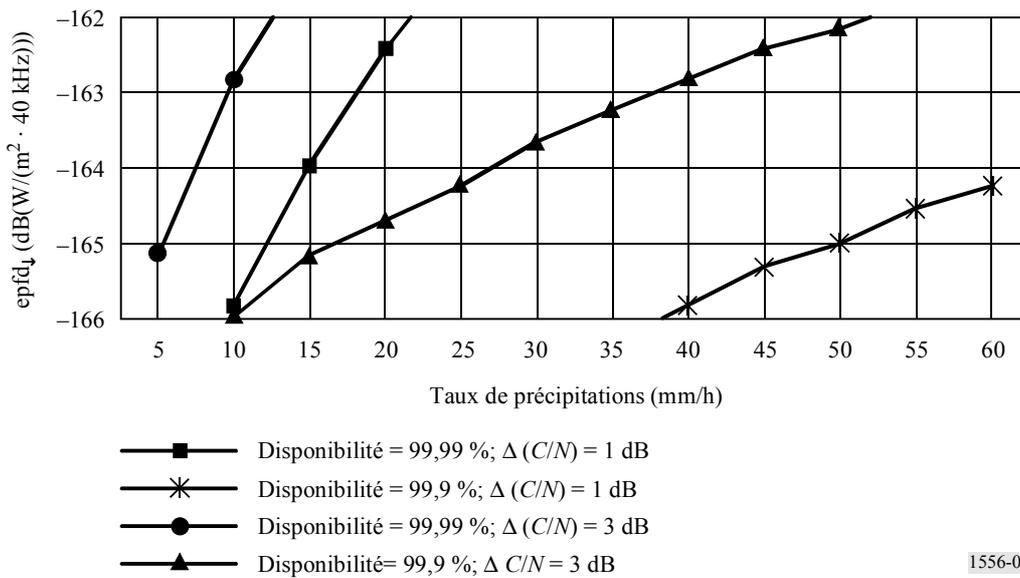
Niveaux d' $epfd_{\downarrow}$ provoquant la perte de synchronisation dans le cas d'une antenne de station terrienne de 4,5 m de diamètre



1556-02

FIGURE 3

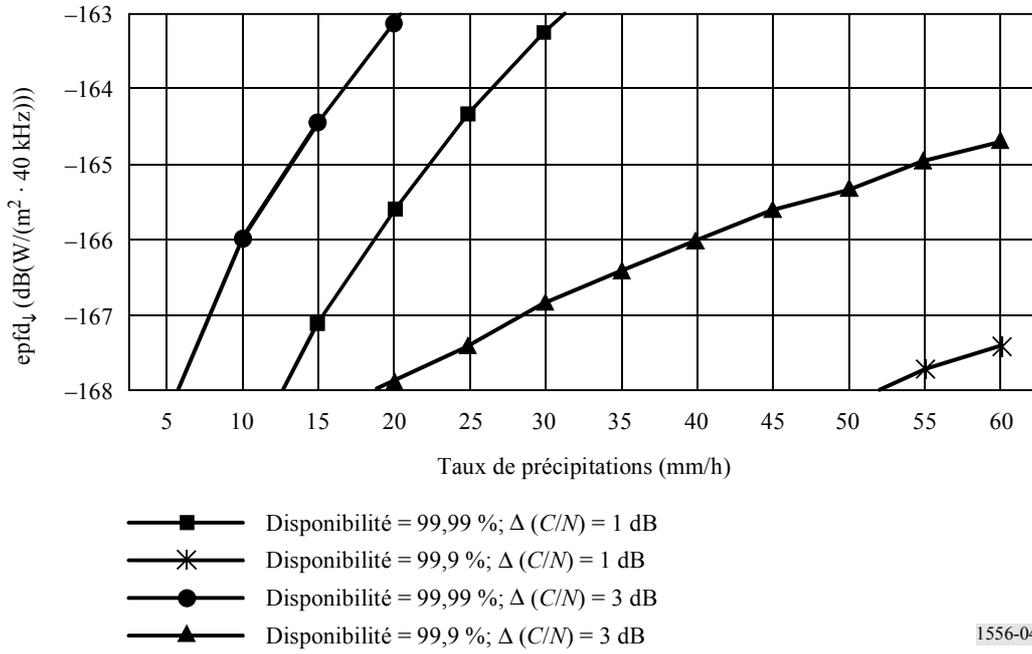
Niveaux d' $epfd_{\downarrow}$ provoquant la perte de synchronisation dans le cas d'une antenne de station terrienne de 6 m de diamètre



1556-03

FIGURE 4

Niveaux d' $epfd_{\downarrow}$ provoquant la perte de synchronisation dans le cas d'une antenne de station terrienne de 10 m de diamètre



1556-04