

## RECOMMANDATION UIT-R S.1806

**Objectifs de disponibilité pour les conduits numériques fictifs de référence  
du service fixe par satellite fonctionnant au-dessous de 15 GHz**

(Question UIT-R 73/4)

(2008)

**Domaine de compétence**

La présente Recommandation porte sur les objectifs de disponibilité pour les conduits numériques fictifs de référence (CNFR) du service fixe par satellite fonctionnant au-dessous de 15 GHz. Elle est basée sur les objectifs de disponibilité spécifiés dans les Recommandations UIT-T pertinentes et complète les objectifs de disponibilité et de qualité de fonctionnement contenus dans les Recommandations UIT-R pertinentes, énumérées dans le paragraphe Références.

**Références**

- Recommandation UIT-T G.827: Paramètres et objectifs de disponibilité pour les conduits numériques internationaux de bout en bout à débit constant.
- Recommandation UIT-R S.579: Objectifs de disponibilité de circuits fictifs de référence et de conduits numériques fictifs de référence utilisés dans un service de téléphonie avec modulation par impulsions et codage, ou comme partie d'une connexion fictive de référence d'un réseau numérique à intégration de services, dans le service fixe par satellite exploité au-dessous de 15 GHz.
- Recommandation UIT-R S.614: Taux d'erreur admissible dans un conduit numérique fictif de référence du service fixe par satellite fonctionnant en dessous de 15 GHz et faisant partie d'une communication internationale dans un réseau numérique à intégration de services.
- Recommandation UIT-R S.1062: Caractéristiques d'erreur admissibles d'un conduit numérique fictif de référence par satellite fonctionnant au-dessous de 15 GHz.
- Recommandation UIT-R S.1424: Objectifs de disponibilité d'un conduit numérique fictif de référence utilisé pour les transmissions en mode de transfert asynchrone du RNIS à large bande sur des systèmes du service fixe par satellite géostationnaire à des fréquences inférieures à 15 GHz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les conduits numériques fictifs de référence (CNFR), définis dans la Recommandation UIT-R S.521, du service fixe par satellite (SFS) sont destinés à servir de guide pour les concepteurs et les planificateurs;
- b) que la disponibilité d'un CNFR est fonction des effets conjoints de la disponibilité des équipements et de celle des canaux de propagation;

- c) que la disponibilité des équipements (station spatiale comprise) dépend de leur fiabilité, de leur maintenabilité et de la logistique de maintenance;
- d) que l'indisponibilité due aux problèmes de propagation est fonction du dépassement d'un seuil d'affaiblissement, de la fréquence de ces dépassements et de la durée de ces dépassements;
- e) que les systèmes à satellites sont capables d'offrir une disponibilité analogue à celle offerte sur des trajets de Terre dans le cadre d'accords sur le niveau de service (SLA) ou d'accords sur la qualité de service (SQA) pour des liaisons individuelles (voir la Recommandation UIT-T E.801);
- f) que la disponibilité d'une liaison par satellite géostationnaire est essentiellement indépendante de la distance entre les points d'origine et de destination de cette liaison,

*recommande*

- 1 que la disponibilité d'un CNFR du SFS soit définie par la formule suivante:

$$\text{Disponibilité} = (100 - \text{Indisponibilité}) \quad \%$$

où:

$$\text{Indisponibilité} = \frac{\text{Durée d'indisponibilité}}{\text{Durée requise}} \times 100 \quad \%$$

où la durée requise est définie comme étant la période pendant laquelle l'utilisateur a besoin que le conduit numérique puisse remplir la fonction requise, et la durée d'indisponibilité est la durée cumulative des interruptions du conduit numérique pendant la durée requise (voir également le point 5 du *recommande* pour plus de détails sur la durée d'indisponibilité);

- 2 que la fréquence d'interruption soit définie comme le nombre d'interruptions (à savoir une période d'indisponibilité comme défini au point 5 du *recommande*) par période de mesure, la période de mesure type étant d'une année (8 766 h) (voir également la Note 5);

- 3 qu'un CNFR respecte les objectifs de disponibilité des canaux de propagation donnés dans le Tableau 1:

TABLEAU 1

**Objectifs de disponibilité des canaux de propagation pour une liaison numérique par satellite du SFS**

Débit (Mbit/s)	Jusqu'au débit primaire (1,544 ou 2,048)		Au-dessus du débit primaire	
	Disponibilité	Fréquence d'interruption (interruptions/an)	Disponibilité	Fréquence d'interruption (interruptions/an)
Valeur moyenne pour un CNFR	99,9%	20	99,96%	20

- 4 que l'indisponibilité supplémentaire d'un CNFR du SFS due aux équipements ne dépasse pas 0,11% d'une année;

**5** qu'une liaison du SFS telle qu'elle est définie entre les extrémités du CNFR dans la Recommandation UIT-R S.521 soit considérée comme étant indisponible si une ou plusieurs des conditions énoncées aux § 5.1 à 5.3 ci-dessous existent à l'une ou l'autre des extrémités de réception de la liaison pendant au moins 10 secondes consécutives (voir la Note 3):

**5.1** le signal numérique est interrompu (autrement dit, l'alignement ou le rythme est perdu);

**5.2** pour une transmission au-dessous du débit primaire (1,544 Mbit/s ou 2,048 Mbit/s), le taux de bits erronés (BER), moyenné sur 1 seconde, dépasse  $10^{-3}$ ;

**5.3** pour une transmission à un débit égal ou supérieur au débit primaire (1,544 Mbit/s ou 2,048 Mbit/s), chaque seconde est considérée comme étant une seconde avec beaucoup d'erreurs (SES), une seconde SES étant définie – conformément à la Recommandation UIT-T G.826 – comme une seconde avec 30% ou plus de blocs erronés ou au moins une période très perturbée (SDP);

**6** que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la présente Recommandation:

NOTE 1 – Une période d'indisponibilité commence lorsque l'une des conditions énoncées aux § 5.1 à 5.3 persiste pendant au moins 10 secondes consécutives. Ces 10 secondes sont considérées comme faisant partie de la durée d'indisponibilité. La période d'indisponibilité se termine lorsque la même condition cesse pendant au moins 10 secondes consécutives. Ces 10 secondes sont considérées comme faisant partie de la durée de disponibilité. Les périodes caractérisées par une dégradation de la qualité de fonctionnement qui durent moins de 10 secondes consécutives, pendant lesquelles des conditions énoncées aux points 5.1 à 5.3 du *recommande* existent, sont considérées comme faisant partie de la durée de disponibilité.

NOTE 2 – Toutes les interruptions causées par les éclipses du soleil et par les brouillages dus au soleil sont comprises dans la durée d'indisponibilité du point 3 du *recommande* lorsqu'elles ont lieu pendant la durée requise. Les effets des brouillages dus au soleil pendant la durée requise peuvent être minimalisés par des mesures opérationnelles étant donné que ces événements peuvent être prévus de façon précise (voir la Recommandation UIT-R S.1525).

NOTE 3 – Les calculs de disponibilité devraient tenir compte explicitement de la durée moyenne entre deux pannes, de la durée moyenne pour la reprise de service et des précautions prises pour réduire les interruptions et les dégradations de la qualité de fonctionnement des satellites, y compris l'utilisation de canaux de réserve et de systèmes de secours.

NOTE 4 – Le pourcentage d'indisponibilité liée à la propagation pendant un mois quelconque est supposé correspondre au pourcentage pendant une année quelconque moyennant un facteur de conversion de 5; par exemple 0,2% d'un mois quelconque correspondrait à 0,04% d'une année quelconque (en ce qui concerne l'expression «année quelconque», voir la Note 11 de la Recommandation UIT-R S.353). Ce facteur de conversion est examiné dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R S.614.

NOTE 5 – Les objectifs de fréquence d'interruption donnés dans le Tableau 1 sont basés sur une valeur de la «durée moyenne de panne» (c'est-à-dire la durée moyenne des intervalles d'indisponibilité de service) de 4 h. Les problèmes de propagation, qui donnent lieu à des événements d'indisponibilité passagers, sont généralement beaucoup plus courts. Dans ce cas, ils ne devraient pas être pris en compte.

NOTE 6 – L'Annexe 1 contient plus d'informations sur les objectifs de fréquence d'interruption pour les conduits numériques par satellite.

## Annexe 1

### Applicabilité aux liaisons par satellite des paramètres de taux de disponibilité et de fréquence d'interruption de la Recommandation UIT-T G.827

#### 1 Introduction

La présente Annexe examine les objectifs de disponibilité donnés dans la Recommandation UIT-T G.827 compte tenu des prévisions de durée et de fréquence des évanouissements qui ont été effectuées au moyen des méthodes décrites dans la Recommandation UIT-R P.1623, et examine leur applicabilité aux connexions numériques par satellite. Plus précisément, les objectifs de fréquence d'interruption de la Recommandation UIT-T G.827 sont examinés en lien avec les estimations de profondeur des évanouissements et le nombre d'évanouissements prévu pour une liaison par satellite.

#### 2 Considérations générales

La Recommandation UIT-R S.579 existe depuis longtemps et est applicable à de nombreuses liaisons «existantes» du SFS. Elle sert de référence générale concernant la disponibilité des liaisons par satellite et contient des informations relatives aux effets de la propagation sur les liaisons par satellite. Les nouvelles connexions par satellite qui prennent en charge le trafic utilisant le protocole Internet et le réseau de prochaine génération nécessitent des paramètres additionnels pour pouvoir spécifier la performance en termes de disponibilité. La présente Annexe contient des informations concernant l'adaptation des paramètres de disponibilité contenus dans les Recommandations UIT-T aux tronçons à satellite des CNFR.

#### 3 Recommandation UIT-T G.827

La Recommandation UIT-T G.827 définit des paramètres utilisés pour spécifier la performance en termes de disponibilité.

L'un de ces paramètres est le taux de disponibilité (AR), qui est défini de la même façon que la disponibilité dans la Recommandation UIT-R S.579. AR est défini comme suit:

$$AR = \text{Durée de disponibilité} / \text{Durée totale}$$

Pour ces calculs, on prend généralement une durée totale d'une année (365,25 jours, 8 766 h). Ce paramètre a servi de base à la Recommandation UIT-R S.579.

Un deuxième paramètre contenu dans la Recommandation UIT-T G.827 est la fréquence d'interruption (OI) et son inverse, la durée moyenne entre interruptions (Mo). Selon la Recommandation UIT-T G.827:

«La durée moyenne entre interruptions (Mo, *mean time between outages*) est la durée moyenne des intervalles pendant lesquels l'élément de conduit est disponible pendant une période de mesure. Le nombre d'interruptions par période de mesure est appelé «fréquence d'interruption» (OI, *outage intensity*). Si la période de mesure est d'une année et si la durée Mo est exprimée en fractions d'une année, OI est l'inverse de Mo.»

Le Tableau 2/G.827 donne les objectifs de performance en termes de disponibilité de bout en bout pour un conduit numérique fictif de référence international de 27 500 km fonctionnant à un débit égal ou supérieur au débit primaire. Ces objectifs sont reproduits ci-dessous.

«TABLEAU 2/G.827

**Objectifs de performance en termes de disponibilité de bout en bout pour  
un conduit numérique fictif de référence international de 27 500 km  
fonctionnant à un débit égal ou supérieur au débit primaire**

Niveau de performance	Taux de disponibilité (AR)	Fréquence d'interruption (OI)
Priorité élevée	98%	70
Priorité normale	91%	250

»

Si on utilise une attribution fixe de 35% des objectifs de bout en bout indiqués dans la Recommandation UIT-T G.826 pour le tronçon à satellite d'un conduit fictif de référence de 27 500 km, on peut calculer les objectifs correspondants de taux de disponibilité et de fréquence d'interruption pour le tronçon à satellite, qui sont donnés dans le Tableau 2.

TABLEAU 2

**Objectifs de performance en termes de disponibilité G.827 pour le tronçon  
à satellite pour un débit égal ou supérieur au débit primaire**

Niveau de performance	Taux de disponibilité (AR)	Fréquence d'interruption (OI) (interruptions par an)
Priorité élevée	99,3%	25
Priorité normale	96,8%	88

#### 4 Disponibilités des segments de liaison

La Recommandation UIT-R S.1424 donne une valeur de 99,99% comme exemple de disponibilité du segment spatial. En ce qui concerne la disponibilité des stations terriennes, pour les stations terriennes habitées avec un rapport  $G/T$  de 31,7 dB/K à 11/12 GHz, elle donne une valeur de 99,95% pour chaque station terrienne, ce qui conduit à une disponibilité composite du segment terrestre de 99,90%. La disponibilité attribuée à la combinaison des équipements du segment terrestre et du segment spatial est alors de 99,89%.

Si on utilise l'objectif de performance en termes de disponibilité UIT-T G.827 de 99,3% pour les trajets avec une priorité élevée, la disponibilité des équipements de 99,89% implique que la disponibilité des canaux de propagation doit être d'au moins 99,4%. Ces informations sont récapitulées dans le Tableau 3.

TABLEAU 3

**Performance en termes de disponibilité nécessaire pour le tronçon à satellite fin de  
respecter les objectifs G.827 pour les liaisons avec priorité élevée fonctionnant  
à un débit égal ou supérieur au débit primaire**

Objectif de taux de disponibilité G.827 pour le tronçon à satellite (priorité élevée)	99,3%
Disponibilité des équipements du segment spatial	99,99%
Disponibilité des équipements du segment terrestre (chaque station terrienne)	99,95%
Disponibilité résultante des canaux de propagation	99,41%

Il est noté que les valeurs de taux de disponibilité qui sont recommandées dans le Tableau 3 sont plus strictes que celles qui sont obtenues à partir de la Recommandation UIT-T G.827 car un CNFR doit aussi respecter les objectifs de disponibilité des Recommandations UIT-T G.821 et G.826 (voir également les Recommandations UIT-R S.579, UIT-R S.614 et UIT-R S.1062).

En l'absence de données plus précises concernant la fréquence d'interruption des satellites et des stations terriennes, une valeur de cinq interruptions par an a été attribuée aux segments spatial et terrestre sur la base de données d'expérience. La collecte de données fiables permettrait d'établir une valeur plus précise et pourra faire l'objet d'un complément d'étude au sein de l'UIT-R.

## 5 Fréquence d'interruption et affaiblissement

Compte tenu de l'application de la Recommandation UIT-R P.1623, on présente ici des informations sur la détermination des valeurs de fréquence d'interruption prévues pour les liaisons par satellite avec une disponibilité des canaux de propagation de 99,4%.

Pour les liaisons à 6/4 GHz, les interruptions liées à la propagation de plus de 1 dB environ sont rares, de sorte que les interruptions sont principalement dues aux équipements. Les stations terriennes modernes sont maintenues à des niveaux auxquels le respect des objectifs de fréquence d'interruption de la Recommandation UIT-T G.827 ne devrait pas poser problème.

Pour les liaisons par satellite fonctionnant au-dessus de 10 GHz, les interruptions liées à la propagation peuvent être importantes et sont prises en compte dans la conception de ces liaisons. La procédure appliquée peut être décrite brièvement comme suit: une disponibilité des canaux de propagation de 99,4% correspond à une certaine profondeur des évanouissements que l'on peut déterminer en appliquant la Recommandation UIT-R P.618. Compte tenu de cette valeur de profondeur des évanouissements, on peut appliquer les méthodes données dans la Recommandation UIT-R P.1623 pour déterminer la probabilité pour que des évanouissements aient cette profondeur et le nombre d'évanouissements par an de cette profondeur.

Le Tableau 5 contient les profondeurs d'évanouissement qui correspondent à une disponibilité des canaux de propagation de 99,4%, calculées au moyen des méthodes données dans la Recommandation UIT-R P.618, pour trois exemples d'emplacements dont les caractéristiques figurent dans le Tableau 4.

TABLEAU 4

### Exemples d'emplacements et caractéristiques climatiques associées

Coordonnées de la station terrienne	46,222° N 6,139° E	25,81° N 279,88° E	40,773° N 286,025° E
Angle d'élévation	30°	24°	23°
Intensité des précipitations pendant 0,01% d'une année	25 mm/h	96 mm/h	43 mm/h

TABLEAU 5

### Profondeurs des évanouissements correspondant à une disponibilité des canaux de propagation de 99,4%

Emplacement de la station terrienne	46,222° N 6,139° E		25,81° N 279,88° E		40,773° N 286,025° E	
Fréquence sur le trajet (GHz)	11	14	11	14	11	14
Profondeur des évanouissements (dB)	0,6	1,1	2,7	4,7	1,5	2,6

Il est à noter que les profondeurs des évanouissements donnés dans le Tableau 5 ne tiennent pas compte de la marge additionnelle requise pour faire face à l'augmentation de la température de bruit de la station de réception par temps nuageux.

### 5.1 Nombre d'évanouissements donnant lieu à une interruption

Conformément aux Recommandations existantes sur les objectifs de qualité de fonctionnement et la disponibilité des satellites, une interruption sur une connexion par satellite a lieu lorsque la qualité de fonctionnement de la connexion passe au-dessous du seuil de disponibilité pendant au moins 10 s.

A partir des fréquences d'interruption contenues dans le Tableau 2, on peut déterminer la profondeur des évanouissements correspondante. La conformité à la Recommandation UIT-T G.827 implique que la liaison par satellite doit être conçue avec une marge suffisante<sup>1</sup> pour éviter que le nombre des évanouissements d'une durée d'au moins 10 s dépasse les objectifs de fréquence d'interruption. Par conséquent, la marge de protection contre les évanouissements pour la liaison par satellite doit être égale ou supérieure à la profondeur des évanouissements d'une durée de 10 secondes qui apparaît en ordonnée sur les Fig. 1 à 6. Le Tableau 6 récapitule les marges de protection contre les évanouissements nécessaires pour respecter les objectifs de fréquence d'interruption de la Recommandation UIT-T G.827, ainsi que les marges nécessaires pour respecter les objectifs de disponibilité des canaux de propagation donnés dans le Tableau 1, pour les trois emplacements à 11 GHz et à 14 GHz.

TABLEAU 6

**Marges de protection contre les évanouissements nécessaires pour respecter les objectifs de fréquence d'interruption de la Recommandation UIT-T G.827 pour trois emplacements de station terrienne à 11 GHz et à 14 GHz**

Emplacement de la station terrienne	46,222° N 6,139° E		25,81° N 279,88° E		40,773° N 286,025° E	
Fréquence sur le trajet (GHz)	11	14	11	14	11	14
Marge de protection contre les évanouissements nécessaire pour respecter un objectif de disponibilité des canaux de propagation de 99,9%	1,5	2,6	6,6	11,2	3,2	5,5
Marge de protection contre les évanouissements nécessaire pour respecter un objectif de disponibilité des canaux de propagation de 99,96%	2,3	4,0	9,7	16,3	4,8	8,2
Marge de protection contre les évanouissements nécessaire pour respecter l'objectif G.827 de fréquence d'interruption pour une priorité élevée (dB)	5,4	8,7	18,0	27,0	5,3	13,6
Marge de protection contre les évanouissements nécessaire pour respecter l'objectif G.827 de fréquence d'interruption pour une priorité normale (dB)	2,7	4,8	10,6	17,1	2,7	7,7

<sup>1</sup> La Recommandation UIT-R S.1061 décrit diverses stratégies et techniques de protection contre les évanouissements dans le service fixe par satellite, permettant d'offrir des garanties en termes de marge nécessaire.

## 5.2 Observations

Il ressort des Tableaux 5 et 6 que les objectifs de taux de disponibilité (AR) de la Recommandation UIT-T G.827 peuvent être respectés avec des marges de liaison relativement faibles. La marge additionnelle nécessaire pour respecter les objectifs de fréquence d'interruption pour une connexion avec une priorité normale va de 1,9 dB à 12,5 dB suivant la fréquence et l'emplacement de la station terrienne. On estime qu'une marge encore plus grande est nécessaire pour respecter les objectifs pour une connexion avec une priorité élevée. Les liaisons par satellite conçues pour respecter les objectifs de fréquence d'interruption offriront en principe un taux de disponibilité très supérieur aux objectifs fixés dans la Recommandation UIT-T G.827 ou même aux objectifs de disponibilité des canaux de propagation donnés dans le Tableau 1.

Les interruptions sur les trajets par satellite résultent principalement des évanouissements dus à la propagation anormale. Ces interruptions, qui cessent sans qu'une intervention soit nécessaire, sont dites «passagères». Conformément à la Note relative au Tableau 2/G.827 de la Recommandation UIT-T G.827, les valeurs de fréquence d'interruption sont basées sur une durée moyenne de panne (MTTR) de 4 h. Conformément aux statistiques de propagation calculées, il se produit peu d'évanouissements d'une durée d'au moins 4 h au cours d'une année, voire aucun.

Compte tenu de la durée et du caractère «passager» des interruptions liées à la propagation, il ne devrait pas être difficile de respecter les objectifs de fréquence d'interruption du point de vue des interruptions liée à la propagation.

Les interruptions dues à une défaillance d'équipements du segment spatial ou du segment terrestre, dans des conditions normales, peuvent durer jusqu'à 4 h, voire plus, suivant la configuration des stations terriennes, la disponibilité des pièces de rechange et le caractère habité ou inhabité. Lors de l'élaboration de la Recommandation UIT-R S.1424, portant sur la disponibilité des satellites pour le trafic en mode de transfert asynchrone, on a déterminé que les valeurs de la disponibilité du segment spatial et de la disponibilité du segment terrestre étaient respectivement de 99,99% et 99,95%. Compte tenu de ces valeurs, le nombre moyen d'interruptions dues à des défaillances d'équipements serait de 1,5 par an. Ainsi, en prévoyant une marge suffisante par rapport aux taux de disponibilité requis, les objectifs de la Recommandation UIT-T G.827 peuvent facilement être respectés pour les conduits numériques par satellite.



FIGURE 1

Nombre d'évanouissements de durée,  $D$ , par an à 11 GHz  
 46,222° N, 6,139° E;  $R_{0,01} = 25$ ; angle d'élévation = 30°

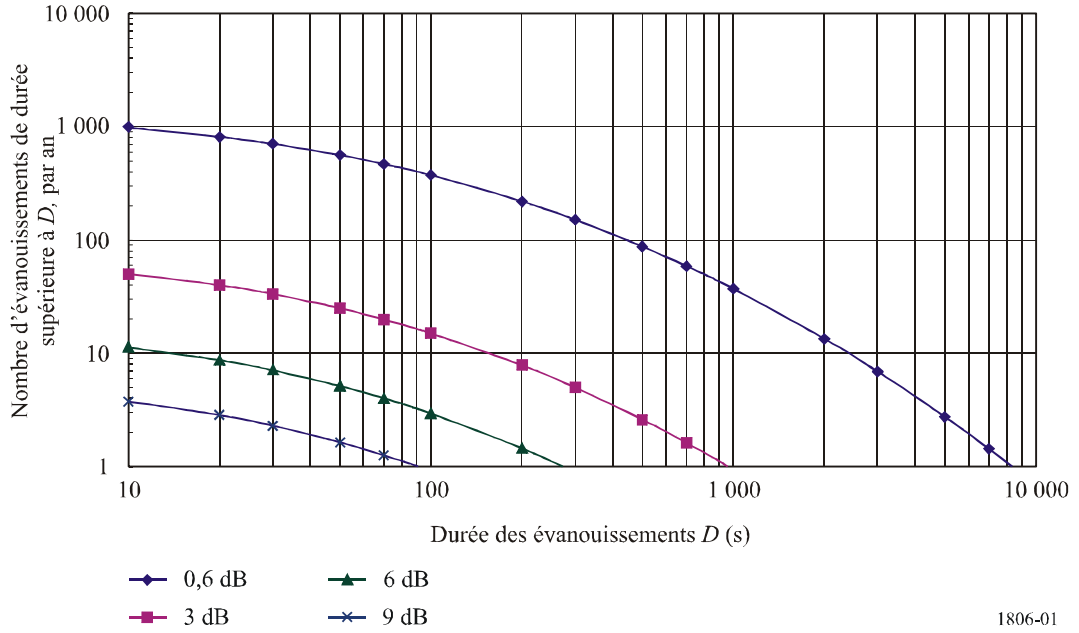


FIGURE 2

Nombre d'évanouissements de durée,  $D$ , par an à 14 GHz  
 46,222° N, 6,139° E;  $R_{0,01} = 25$ ; angle d'élévation = 30°

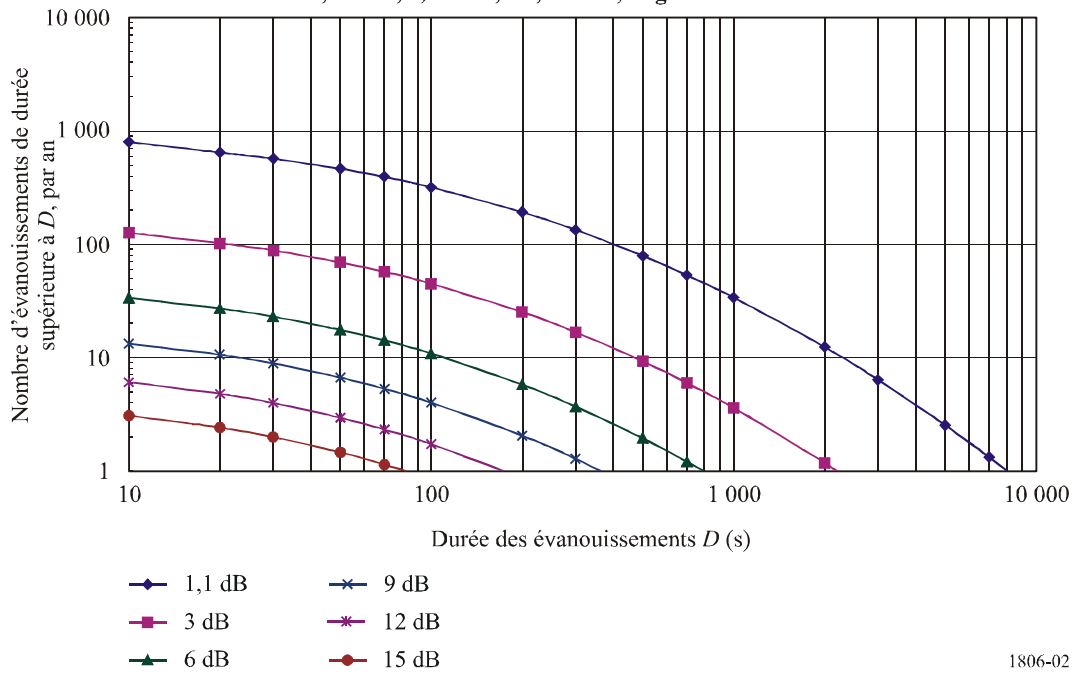


FIGURE 3

Nombre d'évanouissements de durée,  $D$ , par an à 11 GHz  
 25,81° N 279,88° E;  $R_{0,01} = 96$ ; angle d'élévation = 24°

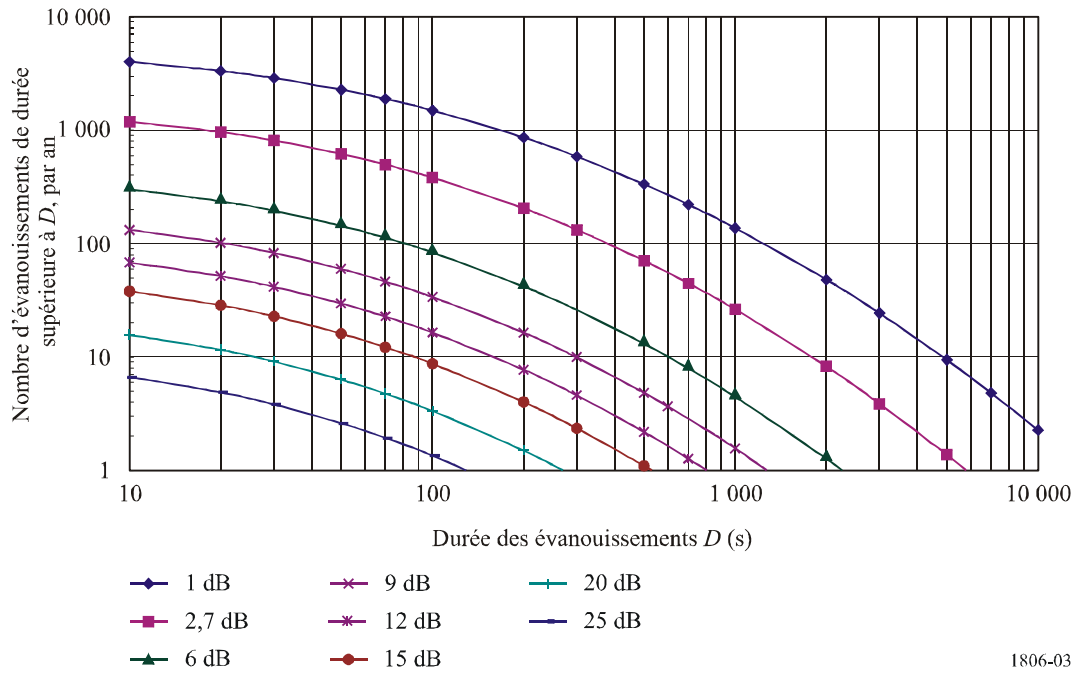


FIGURE 4

Nombre d'évanouissements de durée,  $D$ , par an à 14 GHz  
 25,81° N 279,88° E;  $R_{0,01} = 96$ ; angle d'élévation = 24°

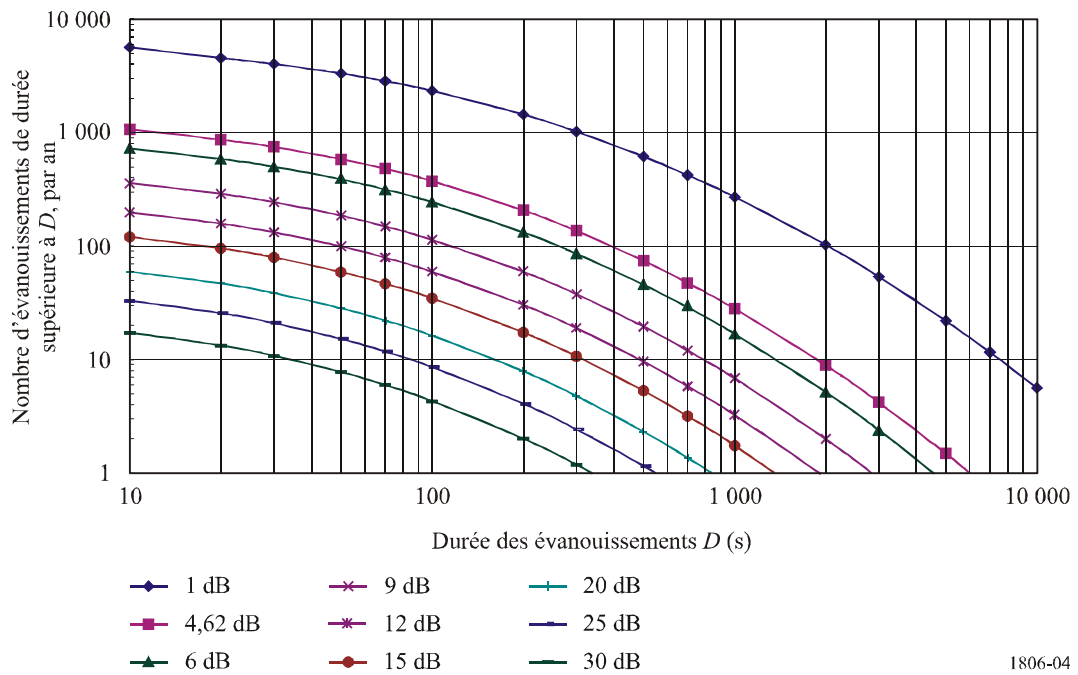


FIGURE 5

Nombre d'évanouissements de durée,  $D$ , par an à 11 GHz  
 40,773° N, 286,025° E;  $R_{0,01} = 43$ ; angle d'élévation = 23°

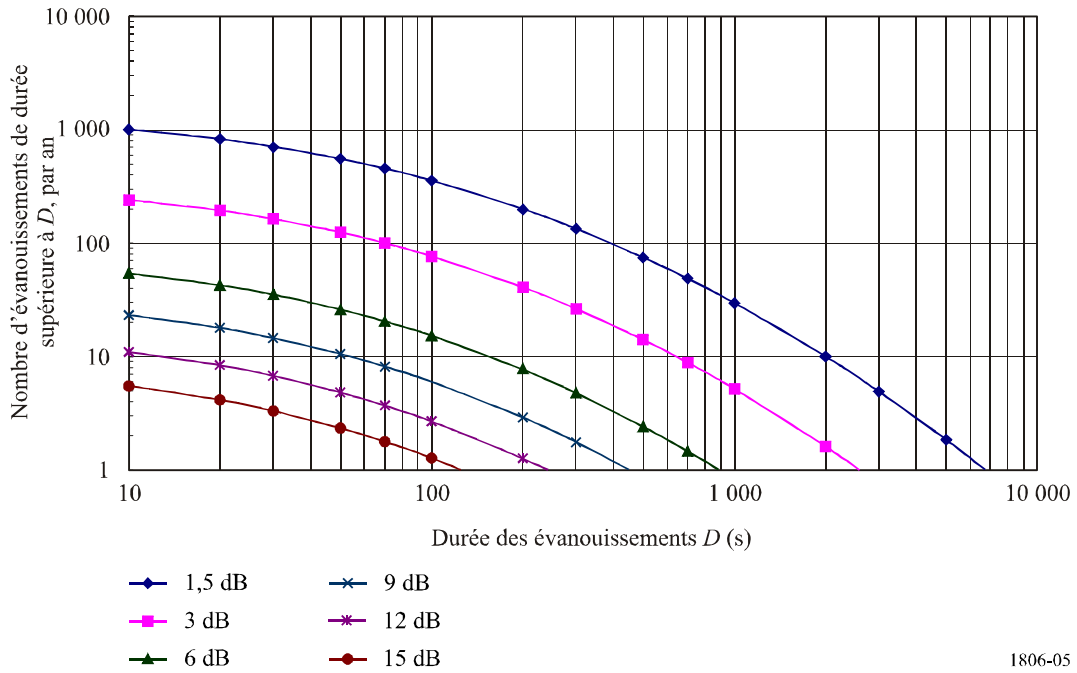
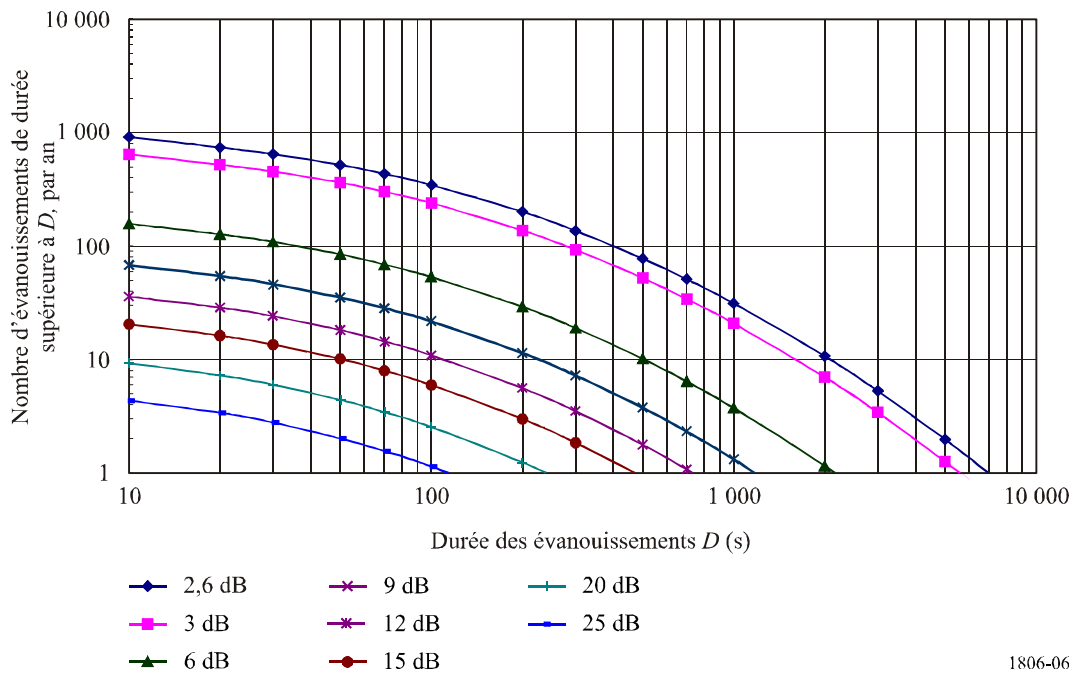


FIGURE 6

Nombre d'évanouissements de durée,  $D$ , par an à 14 GHz  
 40,773° N, 286,025° E;  $R_{0,01} = 43$ ; angle d'élévation = 23°



## 6 Conclusions

Dans la présente Annexe, il est fait mention des méthodes contenues dans la Recommandation UIT-R P.1623 pour le calcul du nombre d'évanouissements qui se produiront sur une liaison par satellite en fonction de la fréquence, de l'angle d'élévation et de l'emplacement de la station terrienne. Compte tenu de ces résultats, on a calculé une estimation de la marge de protection contre les évanouissements pour une liaison par satellite en utilisant les objectifs de taux de disponibilité et de fréquence d'interruption donnés dans la Recommandation UIT-T G.827. On a constaté une différence importante entre l'estimation de la marge de protection contre les évanouissements calculée pour répondre aux objectifs de taux de disponibilité et celle calculée pour respecter les objectifs de fréquence d'interruption. D'autres travaux sont nécessaires pour caractériser la qualité de fonctionnement des liaisons numériques modernes par satellite qui utilisent la correction d'erreur directe, du point de vue des objectifs de fréquence d'interruption donnés dans la Recommandation UIT-T G.827.

---