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 SFS GÉOSTATIONNAIRE À DES FRÉQUENCES INFÉRIEURES À 15 GHz

(Questions UIT-R 73/4 et UIT-R 78/4)

(2000)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

a) que les satellites fonctionnant dans le SFS contribuent pour beaucoup à l'établissement de communications numériques internationales fiables;

b) que le conduit numérique fictif de référence (CNFR) du SFS est défini à titre indicatif pour les concepteurs et les utilisateurs;

c) que la disponibilité des connexions en mode de transfert asynchrone (ATM, *asynchronous transfer mode*) semi-permanentes du réseau numérique à intégration de services à large bande (RNIS-LB) est définie dans la Recommandation UIT-T I.357;

d) qu'il est souhaitable de reprendre les concepts, termes et définitions, relatifs à la disponibilité, de la Recommandation UIT-T I.357;

e) que dans la définition des critères de disponibilité, il est nécessaire de tenir compte de toutes les caractéristiques spécifiques du support de transmission;

f) que la disponibilité d'un CNFR utilisé pour la transmission par satellite en mode ATM sur le RNIS-LB est déterminée par les effets conjugués de l'encombrement du réseau, des erreurs de transmission, des défaillances des équipements et des caractéristiques de propagation,

recommande

1 qu'un CNFR par satellite assurant l'écoulement du trafic sur des connexions ATM semi-permanentes du RNIS-LB respecte les objectifs de disponibilité spécifiés dans la Recommandation UIT-T I.357;

2 que les CNFR définis dans la Recommandation UIT-R S.521 et les modèles de référence définis dans la Recommandation UIT-R S.1420 soient pris comme base d'élaboration de méthodes et techniques permettant d'atteindre les objectifs de disponibilité de la Recommandation UIT-T I.357;

3 qu'un CNFR par satellite assurant l'écoulement du trafic sur des connexions ATM du RNIS-LB respecte les objectifs de qualité de fonctionnement indiqués dans la Recommandation UIT-T I.356 pendant le temps de disponibilité (voir l'Annexe 1);

4 que la disponibilité annuelle d'un CNFR par satellite (unidirectionnel) du SFS soit supérieure à 99,85% (voir les Notes 1 à 3);

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

NOTE 1 – Les objectifs de disponibilité du CNFR par satellite comprennent la disponibilité associée à la propagation et la disponibilité des équipements des stations terriennes et des engins spatiaux. D'après les études concernant les trajets de transmission pour la bande des 14/11 GHz et la bande des 30/40 GHz, la disponibilité annuelle compte tenu des perturbations de la propagation, est de 99,96% pour les stations terriennes présentant un rapport $G/T \geq 31{,}7$ dB(K^{-1}) et la disponibilité des stations terriennes non-automatiques fonctionnant dans la bande des 14/11 GHz présentant un rapport $G/T \geq$ à 31,7 dB(K^{-1}) est de 99,95%. Selon les informations communiquées à l'UIT-R, la disponibilité de l'engin spatial dépasse 99,99%. Sur la base de ces considérations, la disponibilité annuelle d'un CNFR par satellite prévue au § 4 du *recommande* s'applique aux liaisons entre stations terriennes non-automatiques présentant un rapport $G/T \geq 31{,}7$ dB(K^{-1}). La disponibilité annuelle d'un CNFR par satellite prévue au § 4 du *recommande* ne s'applique ni aux stations terriennes automatiques, ni aux stations terriennes présentant un rapport $G/T < 31{,}7$ dB(K^{-1}). La disponibilité annuelle des liaisons dont le point de départ ou de terminaison est une station terrienne automatique ou une station terrienne présentant un rapport $G/T < 31{,}7$ dB(K^{-1}), appelle un complément d'étude.

NOTE 2 – Les chiffres concernant la disponibilité des équipements seront peut-être révisés ultérieurement en fonction des informations que les opérateurs des stations terriennes et les opérateurs des systèmes à satellites communiqueront à l'UIT.

NOTE 3 – L'incidence supplémentaire, sur la disponibilité du système, de la présence d'équipements ATM spécifiques aux satellites dans les stations terriennes ainsi que du traitement et de la commutation à bord des engins spatiaux appelle un complément d'étude.

NOTE 4 – Les caractéristiques de disponibilité d'un CNFR écoulant du trafic non ATM sur une connexion fictive de référence (HRX) du SFS sont indiquées dans la Recommandation UIT-R S.579.

NOTE 5 – Les objectifs de disponibilité applicables aux connexions ATM à commutation du RNIS-LB appellent un complément d'étude. Toutefois, en attendant que des caractéristiques de disponibilité expressément applicables à ce type de connexions soient adoptées par l'UIT-T, les objectifs indiqués dans la présente Recommandation pourraient être utilisés (voir le projet de Recommandation UIT-T I.35av).

ANNEXE 1

(Normative)

1 Considérations générales sur la disponibilité des connexions ATM par satellite du RNIS-LB

La version actuelle de la Recommandation UIT-T I.356 – Caractéristiques du transfert de cellules de la couche ATM du RNIS-LB, définit (voir le Tableau 2/I.356) des classes de qualité de service et des objectifs de qualité de fonctionnement de bout en bout du réseau. Ces objectifs sont indiqués, pour chaque paramètre de qualité de fonctionnement, sous forme de limites supérieures à respecter sur un canal virtuel ou sur un conduit virtuel pendant la durée d'établissement de la connexion. La Recommandation UIT-T I.356 ne traite pas des caractéristiques de disponibilité des connexions ATM du RNIS-LB, qui font l'objet de la Recommandation UIT-T I.357 – Disponibilité des connexions semi-permanentes du RNIS-LB et du projet de Recommandation UIT-T I.35av (Disponibilité des connexions par canal virtuel commuté du RNIS-LB).

Les objectifs indiqués dans le Tableau 2/I.356 ont été établis d'après les résultats des mesures préliminaires de qualité de service effectuées sur les services et applications ATM du RNIS-LB. En règle générale, on s'intéressait aux limites supérieures d'acceptabilité du service; il s'agissait donc de préciser les taux maximaux de perte de cellules (CLR, *cell loss rate*) et d'erreur sur les cellules (CER, *cell error ratio*) auxquels la qualité des applications demeure acceptable sans être dégradée, élément important du fait que les systèmes de transmission par paquets, quoique généralement très robustes, se caractérisent souvent, sur le plan de la qualité, par des dégradations rapides, avec une plage d'acceptabilité marginale réduite entre l'acceptable et l'inacceptable. Les nombres provisoirement adoptés dans le Tableau 2/I.356 sont susceptibles d'être révisés prochainement compte tenu des conditions d'exploitation réelles et des résultats de nouvelles mesures de qualité de service effectuées sur les services et les applications. Toutefois, pour procéder à une première interprétation des valeurs chiffrées et de leur corrélation avec la qualité de fonctionnement des liaisons par satellite, nous devons poser par hypothèse que les limites de qualité de service applicables à la durée de connexion doivent être indiquées à l'utilisateur final: ainsi, ces seuils ne devraient pas être dépassés pendant le temps de disponibilité. Le seuil de disponibilité, dans le cas de liaisons par satellite, est quelque peu arbitraire puisqu'il s'agit d'un point de référence (exprimé en pourcentage de temps) auquel tous les objectifs associés au réseau sont atteints.

Il existe au moins deux méthodes pour adopter un objectif de disponibilité pour des liaisons par satellite. La première méthode consiste à élaborer un modèle mathématique rigoureux destiné à déterminer la courbe optimale des valeurs du BER en fonction du pourcentage de temps, soit l'ensemble des points où toutes les conditions requises de qualité de fonctionnement et de disponibilité sont satisfaites. Ce modèle doit tenir compte du comportement caractéristique des modems de satellite (erreurs en salves) ainsi que des caractéristiques de propagation sur les liaisons; de plus, il doit faire apparaître les relations entre ces caractéristiques et les critères et objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité définis pour le réseau. La seconde méthode consiste à démontrer de manière empirique, en mesurant les paramètres de qualité de fonctionnement et de disponibilité d'une liaison par satellite réelle, que tous les objectifs sont atteints. Bien qu'il soit généralement d'usage dans la pratique de combiner ces deux méthodes, la présente Recommandation repose sur la seconde (voir la Note 1). La composante propagation fait l'objet du § 7.1 et du § 2 de l'Annexe 2.

NOTE 1 – Cette méthode pourra évoluer lorsque la Commission d'études 13 de normalisation des télécommunications aura déterminé les objectifs à retenir pour la Recommandation UIT-T I.357 et s'il apparaît, au vu de nouveaux modèles mathématiques et de mesures de propagation, que la présente Recommandation doit être modifiée.

2 Définition de la disponibilité des connexions ATM du RNIS-LB

Les paramètres, les objectifs et les méthodes de mesure relatifs à la qualité de fonctionnement et permettant de définir la disponibilité des connexions ATM semi-permanentes du RNIS-LB font l'objet de la Recommandation UIT-T I.357. Le § 4 de cette Recommandation définit la disponibilité d'un tronçon de connexion ATM semi-permanent du RNIS-LB comme étant la fraction de temps pendant laquelle le tronçon de connexion est en mesure de prendre en charge une transaction.

3 Critères d'entrée dans l'état d'indisponibilité et de sortie de cet état

Pour définir les critères d'entrée dans l'état d'indisponibilité et de sortie de cet état, la Commission d'études 13 de normalisation des télécommunications a introduit un autre paramètre de transfert de cellules, à savoir la présence de secondes gravement erronées dans la couche ATM (SES_{ATM}). Le § 4.3 de la Recommandation UIT-T I.357 définit la seconde SES_{ATM} comme suit:

«L'indisponibilité commencera avec l'apparition de dix secondes SES_{ATM} consécutives. Ces dix secondes font partie de la période d'indisponibilité. Une telle période finira avec l'apparition de dix secondes consécutives, dont aucune n'est une seconde SES_{ATM}. Ces dix secondes font partie de la période de disponibilité. Pour caractériser dix secondes consécutives, on utilise une fenêtre glissante avec un pas de une seconde.»

4 Paramètres de disponibilité des connexions ATM du RNIS-LB

La Recommandation UIT-T I.357 définit 2 paramètres de disponibilité des tronçons de connexions ATM semi-permanentes: le taux de disponibilité (AR, *availibility ratio*) et la durée moyenne entre pannes (MTBO, *mean time between outages*).

Le taux AR est défini comme étant la fraction de temps pendant laquelle le tronçon de connexion est à l'état de disponibilité pendant une période d'observation. La durée MTBO est définie comme étant la durée moyenne des intervalles temporels ininterrompus pendant lesquels le tronçon est disponible.

5 Objectifs de disponibilité des connexions ATM du RNIS-LB

La répartition des objectifs AR et MTBO en fonction du tronçon de connexion (national, international, international entre opérateurs) est encore à l'étude au sein de la Commission d'études 13 de normalisation des télécommunications.

6 Définition de la disponibilité des CNFR par satellite

Les éléments suivants (§ 6 et 7) s'appliquent au nouveau paramètre AR. Un complément d'étude permettra d'évaluer les durées MTBO représentatives de liaisons ATM par satellite.

La disponibilité d'un CNFR par satellite qui achemine un trafic sur des connexions ATM du RNIS-LB, telle que définie par les CNFR visés dans la Recommandation UIT-R S.521 et le modèle de référence présenté dans la Recommandation UIT-R S.1420, comprend une composante propagation et une composante équipements. La disponibilité globale du tronçon satellite d'une connexion de bout en bout, telle que définie à la Fig. 1 de la Recommandation UIT-R S.521, peut alors être exprimée par la formule suivante:

$$A_{CNFR\ par\ satellite} = A_{liaison} \cdot A_{station\ terrienne} \cdot A_{engin\ spatial}$$

où:

$A_{liaison}$: composante résultant de l'affaiblissement dû à la pluie et des brouillages sur les liaisons montante et descendante

$A_{station\ terrienne}$: composante (fiabilité de l'équipement) systèmes émetteurs et récepteurs de la station terrienne, jusqu'à l'interface avec la Terre, cette composante couvre également les effets des brouillages solaires. La disponibilité de tout équipement ATM susceptible d'intervenir dans la connexion considérée doit faire l'objet d'un complément d'étude

$A_{engin\ spatial}$: disponibilité globale (fiabilité de l'équipement) de l'engin spatial, compte tenu des y compris les interruptions dues aux éclipses. La disponibilité d'éventuels équipements ATM de traitement et/ou de commutation à bord doit faire l'objet d'un complément d'étude

$A_{CNFR\ par\ satellite}$: produit de ces composantes.

NOTE 1 – Outre les paramètres susmentionnés, la Recommandation UIT-T I.357 traite d'une autre composante de la disponibilité, à savoir la disponibilité résultant de l'encombrement du trafic. Lorsque ce paramètre aura été officiellement adopté, la Commission d'études 13 de normalisation des télécommunications en donnera sans doute une définition précise. Appliqué aux systèmes à satellites, ce paramètre pourra se rapporter à la disponibilité résultant des encombrements ou des mises en attente au niveau des équipements ATM de bord et/ou de tout équipement ATM de station terrienne susceptible d'intervenir dans la connexion par satellite considérée.

Observations générales

– Les effets de la propagation sur le temps d'indisponibilité, pour des liaisons par satellite fonctionnant à des fréquences inférieures à 15 GHz, sont analysés dans la Recommandation UIT-R S.579.
– L'incidence de l'utilisation de liaisons intersatellites sur la disponibilité du système à satellites appelle un complément d'étude.
– Le recours à la diversité d'emplacement pour améliorer la disponibilité du secteur terrien appelle un complément d'étude.
– La disponibilité du tronçon satellite d'une connexion de bout en bout pour les CNFR définis aux Fig. 2 à 4 de la Recommandation UIT-R S.521 appelle également un complément d'étude.

7 Objectifs de disponibilité d'un CNFR par satellite

Comme indiqué au § 6, la disponibilité globale d'un CNFR par satellite pour le trafic ATM du RNIS-LB est par définition le produit de différentes composantes. Les éléments exposés ci-après, établis sur la base de résultats de mesures effectuées sur divers systèmes permettent de chiffrer ces composantes de la disponibilité du CNFR par satellite ($A_{CNFR\ par\ satellite}$). Toutefois, ces valeurs ne sont pas immuables, et l'importance relatives des composantes peut être déterminée par le concepteur pour autant que la disponibilité globale du système à satellite soit assurée.

7.1 Disponibilité des liaisons ($A_{liaison}$)

Les liaisons par satellite qui acheminent du trafic sur des connexions ATM du RNIS-LB doivent satisfaire aux objectifs de disponibilité indiqués dans la Recommandation UIT-T I.357 et par voie de conséquence aux objectifs de la Recommandation UIT-T I.356 (CLR, CER, taux de blocs de cellules gravement erronées (SECBR, *severely errored cell block ratio*), débit de cellules insérées à tort (CMR, *cell misinsertion rate*), variation du temps de transfert de cellules (CTD, *cell transfert delay*) et variation du temps de transfert de cellules (CDV, *cell delay variation*) pendant le pourcentage de temps défini comme correspondant à la disponibilité des liaisons par satellite. Concrètement, les objectifs de qualité de fonctionnement des connexions ATM du RNIS-LB doivent être atteints pendant la période de disponibilité. Conformément aux Recommandations UIT-R S.1062 et UIT-R S.614, applicables aux systèmes fonctionnant au-dessous de 15 GHz, il est proposé de faire en sorte que les objectifs de la Recommandation UIT-T I.356 soient atteints pendant 99,8% du temps (pendant un mois quelconque) ou, ce qui revient sensiblement au même, pendant 99,96% de l'année.

– Etant donné que certaines classes de service ATM du RNIS-LB (la classe 1, par exemple) achemineront des signaux vocaux et vidéo interactifs en temps réel et qu'une partie du trafic RTPC est susceptible d'être acheminée sur des réseaux ATM du RNIS-LB, il conviendrait que les liaisons ATM par satellite du RNIS-LB qui sont conçues pour assurer toutes les classes de qualité de service soient désormais conçues en fonction des objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité les plus contraignants. Les objectifs de disponibilité des liaisons ATM par satellite du RNIS-LB assurant d'autres classes de service moins rigoureuses (classe 2, classe 3, classe libre) appellent un complément d'étude.
– Tous les systèmes existants et futurs prévus pour un trafic sur connexions ATM du RNIS-LB (débit binaire quelconque) doivent ou devraient respecter la valeur de composante liaison spécifiée ci-dessus.

7.2 Disponibilité de la station terrienne ($A_{station\ terrienne}$)

L'objectif de disponibilité pour les stations terriennes non automatiques fonctionnant dans la bande 6/4 GHz est de 99,95%. Les objectifs de disponibilité pour d'autres types de stations appellent un complément d'étude.

7.3 Disponibilité de l'engin spatial ($A_{engin\ spatial}$)

L'objectif de disponibilité pour l'engin spatial utilisé dans les systèmes OSG est de 99,99%. Les objectifs de disponibilité pour d'autres systèmes: systèmes non OSG ou systèmes OSG avec liaisons intersatellites appellent un complément d'étude.

7.4 Disponibilité du CNFR par satellite (A_{CNFR})

Pour une liaison en bande des 6/4 GHz ou des 30/20 GHz, comprenant deux stations terriennes avec un rapport $G/T \geq 31{,}7$ dB(K^{-1}) et un seul engin spatial OSG, la disponibilité du système à satellites est de 99,85%.

ANNEXE 2

(Informative)

Mesures de la disponibilité de liaisons par satellite acheminant du trafic sur des connexions ATM du RNIS-LB

1 Introduction

La présente Annexe expose les résultats des mesures des diverses composantes de la disponibilité d'un CNFR par satellite ($A_{CNFR\ par\ satellite}$) décrites au § 6 de l'Annexe 1. Des précisions sont demandées sur les valeurs relevées dans le cas d'autres systèmes à satellites.

2 Disponibilité des liaisons ($A_{liaison}$)

Les données présentées ci-après, fondées sur une étude des caractéristiques de propagation d'un système à satellites actuel, portent sur la disponibilité résultant de la liaison et non pas, par conséquent, sur les composantes engin spatial ou équipements des stations terriennes d'émission et de réception. Par ailleurs, les stations terriennes n'étaient dotées d'aucun équipement ATM, le traitement du signal étant assuré par un modem-codec classique. Enfin, l'engin spatial n'assurait pas de fonctions de traitement ou de commutation à bord.

Au cours des essais de connexions ATM menés en 1995 par AT&T, KDD et Telstra (*AKT*), les caractéristiques de qualité de fonctionnement des couches physique et ATM de liaisons par satellite IDR (voir la Note 1) à 45 Mbit/s ont été déterminées. Pour évaluer la qualité des liaisons par référence aux critères de disponibilité résultant de la propagation établis par l'UIT-R, on a exclu tous les événements d'erreur dus à des défaillances des équipements, de sorte que l'analyse rend compte de la disponibilité résultant de la propagation et des brouillages. La courbe représentative des variations du TEB en fonction du pourcentage de temps pour une telle liaison pendant l'un des mois les plus défavorables, sur le plan des conditions climatiques, est reproduite à la Fig. 1 pour une station terrienne. Les paramètres CLR, CER et SECBR ont eux aussi été mesurés conformément aux définitions de la Recommandation UIT-T I.356, mais les résultats ont été résumés en tableaux de valeurs moyennes pour toute la durée de l'essai, lesquelles ne sauraient être comparées directement aux valeurs maximales indiquées dans le Tableau 2/I.356. Par conséquent, pour évaluer le comportement du CLR et du CER dans le temps, on a étudié les variations des paramètres CLR et CER en fonction du TEB (voir le § 3 de la Recommandation UIT-R S.1420). A noter que les objectifs de CLR et CER au seuil d'indisponibilité de 0,2%, utilisés dans les Recommandations UIT-R S.614 et UIT-R S.1062, ont été atteints et même légèrement dépassés avec cette liaison, qui satisfait donc à tous les paramètres de la Recommandation UIT-T I.356 pendant le temps de disponibilité, c'est-à-dire pendant 99,8% du mois.

NOTE 1 – Le mode IDR (débit binaire intermédiaire) est offert dans le cadre d'un service INTELSAT qui est principalement utilisé pour le trafic RTPC. Le mode IDR repose sur une modulation MDP-4 avec CED au débit binaire 3/4 avec codage convolutif et codage de Viterbi.

3 Disponibilité de l'engin spatial ($A_{engin\ spatial}$) et disponibilité de la station terrienne ($A_{station\ terrienne}$)

La Recommandation UIT-R S.579 autorise un pourcentage d'indisponibilité due aux équipements de la station terrienne et de l'engin spatial de 0,2% d'une année quelconque (disponibilité annuelle de 99,8%). Les lignes qui suivent rassemblent des données plus récentes sur les valeurs de disponibilité applicables aux satellites ($A_{engin\ spatial}$) et aux stations terriennes ($A_{station\ terrienne}$). Il convient de noter que les informations ne s'appliquent qu'aux stations terriennes fonctionnant dans la bande C, avec un rapport $G/T \geq 31{,}7$ dB(K^{-1}) (diamètre des antennes: environ 11 m).

Le Tableau 1 récapitule les valeurs de disponibilité types auxquelles peuvent satisfaire les satellites et les stations terriennes décrits ci-dessus. La composante satellite ($A_{engin\ spatial}$) peut être satisfaite sans difficulté par les systèmes à satellites internationaux. Toutefois, il est nécessaire d'entreprendre de nouvelles études pour vérifier si cette valeur de disponibilité convient pour les systèmes à satellites régionaux et nationaux.

Pour les stations terriennes considérées ici, une valeur de disponibilité de 99,95% de l'année est une hypothèse raisonnable. Cette valeur est représentative de tous les équipements RF et IF, modems de satellite compris. Toutefois, il convient de souligner que la disponibilité des stations terriennes dépend du degré de redondance des architectures des équipements des clients, des pratiques de l'opérateur en matière d'exploitation et de maintenance (exploitation automatique, maintenance périodique ou uniquement corrective, nombre et type d'éléments de rechange stockés sur le site, etc.), ainsi que des facteurs géologiques et météorologiques pris en considération dans la conception de la station (résistance aux vents violents, tolérance aux secousses sismiques, etc.). Autant de facteurs sur lesquels les opérateurs de

systèmes à satellites, n'étant pas propriétaires du secteur terrien relevant des clients et n'en assurant pas non plus l'exploitation, n'ont aucune prise. Par conséquent, une station conçue pour fonctionner en mode urbain vents faibles, exploitation manuelle avec accès commode aux éléments de rechange) ne pourrait probablement pas satisfaire aux critères de disponibilité si elle était utilisée dans une situation non conforme à la conception initiale. Il convient donc d'entreprendre de nouvelles études pour évaluer l'applicabilité de la valeur de disponibilité des stations terriennes à d'autres catégories de stations terriennes dans le monde (par exemple stations terriennes avec petites antennes fonctionnant dans la bande des 6/4 GHz, stations terriennes fonctionnant dans la bande des 14/11 GHz et équipements ATM de station terrienne susceptibles d'être utilisés spécifiquement pour des connexions par satellite).

FIGURE 1

Taux d'erreur (TEB, CLR, CER)/pourcentage de temps

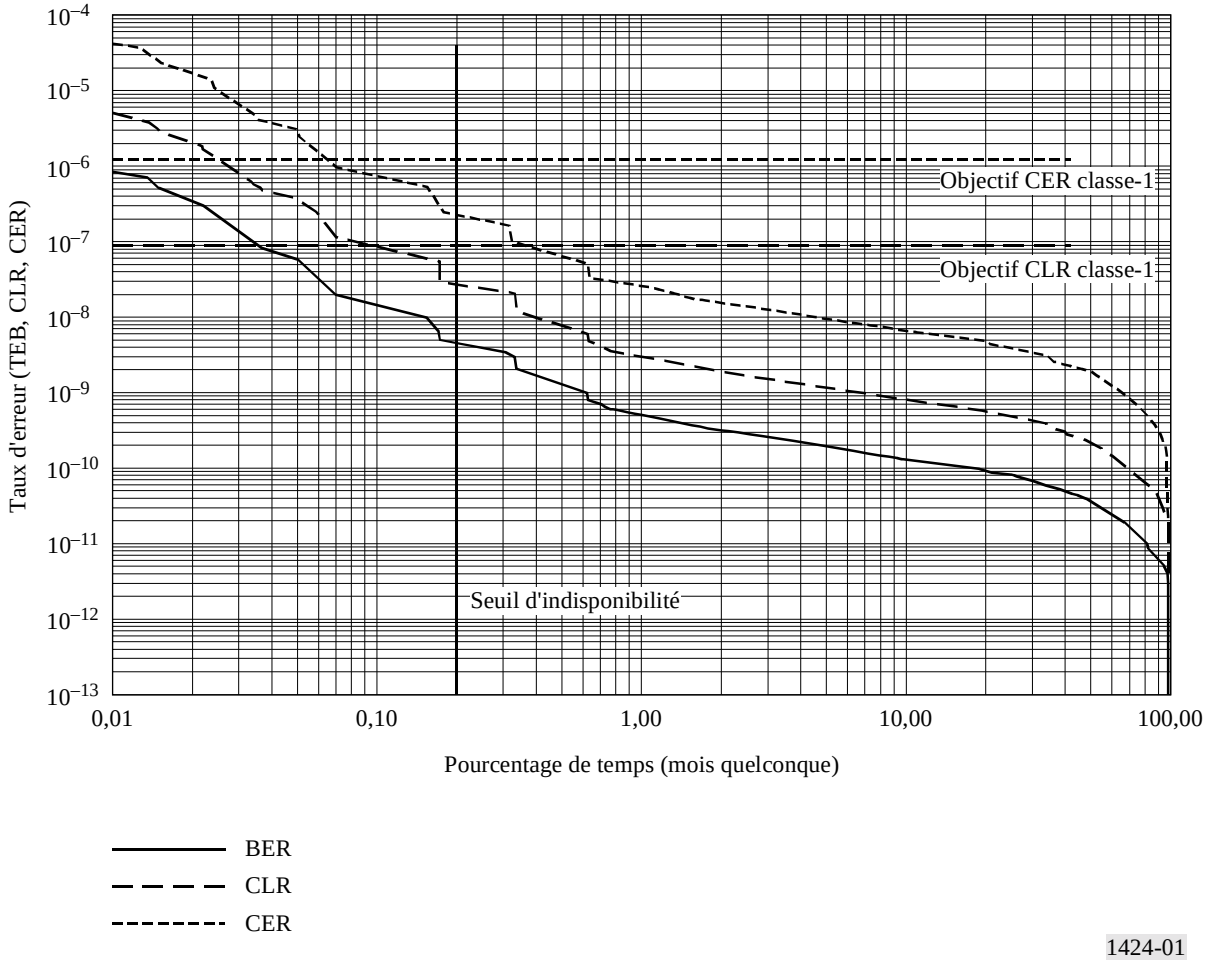

TABLEAU 1

Disponibilité du satellite et des stations terriennes

	Valeur requise de disponibilité annuelle (%)
Satellite – $A_{engin\ spatial}$	99,99
Station terrienne 1 – $A_{station\ terrienne\ –\ 1}$	99,95
Station terrienne 2 – $A_{station\ terrienne\ –\ 2}$	99,95

Sur la base des données résumées au Tableau 1, on obtient une valeur d'indisponibilité annuelle des équipements (systèmes satellite plus équipements RF/IF des stations terriennes) de 0,11%. Cette valeur est meilleure que l'objectif d'indisponibilité annuelle de 0,2% spécifié au *recommande* 2 de la Recommandation UIT-R S.579.