

## RECOMMANDATION UIT-R S.579-5

**Objectifs de disponibilité d'un circuit fictif de référence et d'un conduit numérique fictif 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**

(Question UIT-R 73/4)

(1982-1986-1992-1994-1997-2001)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que le circuit fictif de référence (CFR) et les conduits numériques fictifs de référence (CNFR) dans le service fixe par satellite (SFS) sont destinés à servir de guide à ceux qui conçoivent et planifient les systèmes;
- b) qu'il est souhaitable que l'on se conforme aux concepts, termes et définitions relatifs à la fiabilité indiqués dans la Recommandation UIT-T G.106;
- c) que la disponibilité des équipements (station spatiale comprise) dépend de la fiabilité de cet équipement, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance;
- d) que la disponibilité d'un CFR ou d'un CNFR est déterminée par les effets combinés de la disponibilité de l'équipement et de celle due à la propagation;
- e) qu'il est souhaitable de fixer des objectifs de disponibilité semblables pour les systèmes par câble, les faisceaux hertziens et les systèmes du SFS;
- f) que les objectifs de disponibilité pour un CNFR utilisé pour acheminer du trafic ATM RNIS-LB seront définis dans une Recommandation future;
- g) que le trafic RNIS peut être acheminé à un débit inférieur, égal ou supérieur au débit primaire (1,544 Mbit/s ou 2,048 Mbit/s);
- h) les informations présentes dans l'Annexe 1,

*recommande*

- 1** que la disponibilité d'un CFR ou d'un CNFR du SFS soit définie par l'expression:

$$\text{disponibilité} = (100 - \text{indisponibilité}) \quad \%$$

où:

$$\text{indisponibilité} = \frac{\text{temps d'indisponibilité}}{\text{période requise}} \times 100 \quad \%$$

(1)

la «période requise» étant définie comme celle pendant laquelle l'utilisateur veut que le circuit ou conduit numérique soit en état d'exécuter une fonction donnée et le temps d'indisponibilité comme la durée cumulée des interruptions de ce circuit ou conduit numérique au cours de la période requise;

**2** que l'indisponibilité d'un circuit ou conduit numérique fictif de référence du SFS, due aux équipements, ne soit pas supérieure à 0,2% d'une année (Note 7);

**3** que l'indisponibilité due aux conditions de propagation (Note 7) ne soit pas supérieure à:

**3.1** 0,2% d'un mois quelconque pour une direction d'un CNFR dans le SFS (Note 8);

**3.2** 0,1% d'une année quelconque (en ce qui concerne le terme «année quelconque», voir la Note 11 de la Recommandation UIT-R S.353) pour une direction d'un CFR dans le SFS;

**4** qu'une liaison du SFS, définie entre les extrémités du CFR ou du CNFR des Recommandations UIT-R S.352 et UIT-R S.521, soit considérée comme indisponible lorsqu'une ou plusieurs des conditions des *recommande* 4.1 à 4.5 sont réalisées à l'une ou l'autre des extrémités de réception de cette liaison pendant plus de 10 s consécutives (Note 6). (Une période de temps d'indisponibilité commence lorsque l'une des conditions des *recommande* 4.1 à 4.5 persiste pendant une période de 10 s consécutives. Ces 10 s sont considérées comme temps d'indisponibilité. La période de temps d'indisponibilité se termine lorsque la même condition cesse pendant une période de 10 s consécutives. Ces 10 s sont considérées comme période de temps de disponibilité):

**4.1** en transmission analogique, le signal utile entrant sur le circuit est reçu à l'autre extrémité avec un niveau inférieur d'au moins 10 dB à celui auquel on s'attendait;

**4.2** en transmission numérique, le signal numérique est interrompu (c'est-à-dire qu'il y a perte du verrouillage de trame ou perte du rythme);

**4.3** en transmission analogique, la puissance de bruit non pondérée dans une voie téléphonique en un point de niveau relatif zéro, avec une durée d'intégration de 5 ms, est supérieure à  $10^6$  pW0;

**4.4** en transmission numérique en dessous du débit primaire (1,544 Mbit/s ou 2,048 Mbit/s), le taux d'erreur binaire (TEB) établi en moyenne pour 1 s dépasse  $1 \times 10^{-3}$  (voir le § 4.2.1 de la Recommandation UIT-T G.821);

**4.5** en transmission numérique à un débit égal ou supérieur au débit primaire (1,544 Mbit/s ou 2,048 Mbit/s), chaque seconde est considérée comme une seconde gravement erronée (SGE). Une SGE est définie comme une seconde comportant  $\geq 30\%$  de blocs erronés ou au moins une période gravement perturbée (SDP) (voir le § 4.1.1. de la Recommandation UIT-T G.826);

**5** que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation.

NOTE 1 – Il n'est pas tenu compte dans ce qui précède de l'indisponibilité des équipements de multiplexage analogique. Il est question de l'indisponibilité des équipements de multiplexage numérique au *recommande* 2.

NOTE 2 – La valeur de l'indisponibilité du circuit ou conduit numérique est un objectif de planification pour les systèmes du SFS; elle ne doit être ni incluse dans les spécifications des systèmes ni utilisée pour les essais de réception.

NOTE 3 – La présente Recommandation devrait être utilisée pour le trafic numérique transporté (à un débit inférieur, égal ou supérieur au débit primaire) dans la hiérarchie numérique plésiochrone ou dans la hiérarchie numérique synchrone; toutefois, en ce qui concerne les services ATM RNIS-LB transportés dans ces hiérarchies, les objectifs de disponibilité doivent faire l'objet d'un complément d'étude.

NOTE 4 – Des durées inférieures à 10 s consécutives, pendant lesquelles existent les conditions décrites aux *recommande* 4.1 à 4.5, sont considérées comme des temps de disponibilité et doivent être prises en compte dans les Recommandations qui traitent de ces questions.

NOTE 5 – Toutes les interruptions dues aux éclipses du Soleil et au brouillage par le Soleil sont comprises dans le temps d'indisponibilité du *recommande* 2 lorsqu'elles se produisent au cours de la période requise. Les effets du brouillage par le Soleil pendant la période requise peuvent être minimisés par des mesures opérationnelles étant donné que ces phénomènes peuvent être prévus avec précision. Voir l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R S.1525.

NOTE 6 – Les calculs de disponibilité doivent explicitement tenir compte de la moyenne des temps de bon fonctionnement, de la moyenne des temps de rétablissement du service, des précautions prises contre les interruptions et des dégradations des performances des satellites (notamment l'utilisation de canaux de réserve et de systèmes de secours).

NOTE 7 – L'indisponibilité d'un circuit ou d'un conduit numérique du SFS pour les parties nationales comportant des systèmes de transmission de remplacement peut ne pas être spécifiée aux *recommande* 2 et 3 et être déterminée par les administrations compte tenu des conditions locales (c'est-à-dire propagation, superficie géographique, répartition de la population, organisation de la maintenance, etc.).

NOTE 8 – La valeur indiquée au *recommande* 3.1 – soit 0,2% d'un mois quelconque – est supposée correspondre à une période d'une année quelconque (en ce qui concerne le terme «année quelconque», voir la Note 11 de la Recommandation UIT-R S.353) lorsqu'on lui applique un coefficient de conversion égal à 5: ainsi, 0,2% d'un mois quelconque correspond à 0,04% d'une année quelconque. Ce coefficient de conversion est traité de façon plus détaillée dans l'Annexe 1 à la Recommandation UIT-R S.614.

NOTE 9 – Les systèmes numériques à satellites en exploitation peuvent être dotés de fonctions de surveillance, comme par exemple des alarmes de TEB élevé, qui sont susceptibles de provoquer une interruption ou un retrait des communications, lorsque le TEB dépasse  $1 \times 10^{-3}$  pendant des périodes inférieures à 10 s. Cela tient à l'utilisation de signaux d'identification d'alarme (SIA) et dépend de facteurs propres au réseau. La possibilité d'une allocation concernant ce type de dégradation dû à la propagation fera l'objet d'une étude ultérieure.

NOTE 10 – La présente Recommandation s'applique à des systèmes à satellites fonctionnant en dessous de 15 GHz. L'extension des objectifs de disponibilité fixés dans la présente Recommandation à des systèmes fonctionnant à des fréquences plus élevées doit faire l'objet d'un complément d'étude.

## ANNEXE 1

### 1 Définition de la disponibilité

Dans le contexte d'une connexion de bout en bout, la notion de disponibilité recouvre un certain nombre d'éléments, qui sont étudiés dans la Recommandation UIT-T G.106. Appliquée au CFR et au CNFR dans le SFS, elle ne concerne que la disponibilité des équipements et celle du milieu de propagation.

### 2 Considérations générales

Le Manuel sur les télécommunications par satellite (Service fixe par satellite) (Genève, 1988) propose un exposé très complet sur la disponibilité (§ 2.4). Il traite notamment de l'effet, sur ce temps de disponibilité, des éléments suivants:

- temps moyen entre interruptions, pour garantir que les interruptions de longue durée ne se produiront pas trop souvent;
- interruption totale pendant une longue période. Cela permet d'assurer une valeur maximale de disponibilité pour le système;
- durée moyenne d'interruption. Cela permet d'éviter que la durée d'une éventuelle interruption ne soit trop longue;

- fréquence d'apparition (par exemple, mesurée sur une heure);
- temps total d'interruption pendant une période déterminée (par exemple, d'un mois ou d'une année quelconque);
- durée statistique des brèves interruptions, qui peut être spécifiée par différents points de la loi de distribution statistique.

### 3 Indisponibilité causée par les équipements

Cette rubrique recouvre différentes causes d'interruption du service:

- effets liés au satellite (notamment défaillances partielles ou totales d'un des systèmes de bord), et interruptions dues aux éclipses;
- effets liés aux stations terriennes: pannes d'équipement dans l'interface avec le réseau de Terre, interruptions dues à des erreurs humaines, au cycle solaire et aux effets des catastrophes naturelles, etc.

Le Manuel sur les télécommunications par satellite, mentionné plus haut, traite de façon assez détaillée de bon nombre de ces effets, et donne des précisions au sujet de la disponibilité obtenue dans la pratique avec des satellites et des stations terriennes en exploitation.

### 4 Indisponibilité due aux conditions de propagation

Cette rubrique traite des interruptions causées par le brouillage et les effets de propagation. On ne dispose encore que de peu de renseignements sur l'effet du brouillage intra et intersystèmes (en ce qui concerne notamment les faisceaux hertziens), et il est nécessaire d'entreprendre des études en ce domaine.

On a étudié l'impact des conditions de propagation sur la disponibilité. A cet égard, il a été jugé nécessaire d'établir une distinction entre les interruptions brèves, dues à des mécanismes de propagation, d'une durée inférieure à 10 s consécutives, qui font l'objet des Recommandations relatives aux normes de qualité, et les interruptions d'au moins 10 s consécutives, qui contribuent à l'indisponibilité. On fait alors intervenir un «coefficient de disponibilité», qui peut être défini de la façon suivante:

$$\text{Coefficient de disponibilité} = \frac{\text{Temps total pendant lequel se produisent des interruptions de moins de 10 s}}{\text{Durée totale de toutes les interruptions}} \times 100\%$$

La signification du terme «interruption» varie selon que l'on considère un circuit analogique ou un circuit numérique et, à ce sujet, le *recommande* 4 donne une définition précise correspondant à chacun de ces deux cas.

### 5 Indisponibilité due au passage du Soleil

La plupart des opérateurs de stations terriennes du SFS utilisant des satellites en orbite géostationnaire ont admis que le brouillage par le Soleil est un phénomène naturel prévisible qui se produit deux fois par an, pendant des périodes de courte durée. Sur la base de l'algorithme simplifié du passage du Soleil, décrit dans l'Annexe 2 de la Recommandation UIT-R S.1525, les opérateurs de stations terriennes et les clients peuvent calculer l'heure et le jour où se produira le brouillage par le Soleil. Grâce à ces informations, ils peuvent prendre des mesures préventives en vue d'atténuer les effets de ce brouillage. Ces stratégies sont décrites dans les paragraphes suivants.

### **5.1 Liaisons acheminant le trafic du réseau public avec commutation (RPC)**

La plupart du trafic RPC acheminé par les satellites INTELSAT est acheminé par des stations terriennes équipées de grandes antennes, par exemple les stations de classe A (antennes de 30 à 33 m), de classe A révisée (16 à 18 m) dans la bande 6/4 GHz, ou les stations de classe C (antennes d'environ 16 m) ou de classe C révisée (environ 9 m) dans la bande 14/10-11 GHz. Du fait de leur grande taille et de leur petite ouverture de faisceau (0,2° à 0,3°), le brouillage par le Soleil a relativement peu d'effet, voire un effet négligeable du point de vue de la disponibilité. Les circuits du RPC sont prévus pour présenter une disponibilité annuelle de 0,9996 ou plus. Pour les antennes précitées, la disponibilité compte tenu uniquement du brouillage par le Soleil est comprise entre 0,99998 et 0,99997. En outre, la plupart du trafic RPC étant aiguillé par des commutateurs numériques, l'essentiel du trafic peut être provisoirement réacheminé pendant les quelques minutes que dure le phénomène de brouillage par le Soleil, ou les circuits transitant par les satellites peuvent être verrouillés manuellement ou automatiquement pour empêcher l'utilisation de circuits dégradés. Contrairement aux évanouissements de propagation, qui peuvent varier pendant les phénomènes de pluie, le passage du Soleil dégradera progressivement la qualité de la liaison jusqu'à ce qu'elle atteigne son niveau minimal; ensuite la qualité s'améliorera et redeviendra normale.

### **5.2 Liaisons acheminant le trafic d'accès multiple par répartition dans le temps et d'accès multiple avec assignation en fonction de la demande**

INTELSAT exploite deux services qui nécessitent la présence de stations pivots donnant le temps de référence essentiel ou attribuant une largeur de bande aux utilisateurs de stations terriennes. Afin de minimiser les effets du brouillage par le Soleil sur la disponibilité du réseau, ces stations utilisent les prévisions pour transférer le contrôle du réseau de la station maîtresse à des stations maîtresses secondaires situées à distance. Cela permet de supprimer les effets du brouillage par le Soleil et d'assurer la continuité du contrôle du réseau en vue de fournir les services essentiels de gestion du trafic.

### **5.3 Trafic acheminé sur des liaisons louées**

Ce trafic est acheminé en général vers des stations terriennes équipées de petites antennes et, le même signal étant reçu par plusieurs stations, le réacheminement du trafic n'est pas toujours une solution réaliste ou rentable. Toutefois, les opérateurs de réseaux loués prennent généralement des dispositions en prévision de ces périodes d'interruption dues au brouillage par le Soleil: ils informent les clients qu'il y aura de courtes interruptions et que le trafic non essentiel pourra être acheminé à ce moment là. En ayant connaissance à l'avance du brouillage par le Soleil, les opérateurs peuvent prendre des mesures pour en minimiser les effets, ce qui déjà est le cas pour la maintenance et les réparations programmées, les clients acceptant ces interruptions lorsqu'ils sont prévenus à l'avance.

Compte tenu de la définition de l'indisponibilité donnée dans le *recommande* 1 et de la description précédente des mesures pratiques prises par les opérateurs et les clients qui concerneront la période requise, il apparaît clairement que le brouillage par le Soleil n'a pas le même effet sur l'indisponibilité que les interruptions dues à la propagation et au brouillage.

## **6 Effets des conditions de propagation sur la durée d'indisponibilité**

Le présent paragraphe résume les informations disponibles à ce jour sur les effets que les conditions de propagation exercent sur le temps de disponibilité. Certaines de ces informations ont été réunies par la Commission d'études 3 des radiocommunications, qui a analysé les données en question sous

l'angle du temps de disponibilité (avec événements d'affaiblissement inférieurs à 10 s, correspondant à des «secondes gravement entachées d'erreurs») et du temps d'indisponibilité (avec événements d'affaiblissement de plus de 10 s), conformément à la définition du temps d'indisponibilité donnée dans la présente Recommandation.

Les quelques renseignements dont on dispose sont présentés aux Tableaux 1 et 2 et à la Fig. 1 et exprimés en pourcentage du mois le plus défavorable. Le Tableau 1 repose sur des mesures effectuées à partir de balises de satellite, le Tableau 2 sur des mesures par radiométrie.

TABLEAU 1

**Pourcentage du mois le plus défavorable pendant lequel les valeurs d'affaiblissement indiquées ont été dépassées**

Pour chaque valeur d'affaiblissement, on a distingué temps de disponibilité et temps d'indisponibilité (voir le *recommande* 4).

Dépassement du niveau d'affaiblissement (dB)	Danemark (I, II) <sup>(1)</sup> Angle d'élévation = 26,5°				Danemark (III) <sup>(1)</sup> Angle d'élévation = 12,5°			
	11,8 GHz		14,5 GHz		11,4 GHz			
	Emplacement unique (% du mois)		Diversité d'emplacements (% du mois)		Emplacement unique (% du mois)		Emplacement unique (% du mois)	
	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité
2	0,0070	0,112	0,0110	0,143	0,0165	0,213	0,0343	0,201
3								
4	0,00053	0,0222			0,0038	0,0462	0,00355	0,0215
6	0,00028	0,0106			0,00070	0,0138	0,00035	0,00305
8	0,00047	0,0056			0,0013	0,0039		0,00131
10	0,000096	0,0033			0,00014	0,00070		
15	0,00017	0,00054						
20								

<sup>(1)</sup> Voir la Fig. 1.

Dépassement du niveau d'affaiblissement (dB)	Royaume-Uni (IV, V) <sup>(1)</sup> Angle d'élévation = 29,9°				Japon (VI) <sup>(1)</sup> Angle d'élévation = 6,6°	
	11,8 GHz		14,5 GHz		11,5 GHz	
	Emplacement unique (% du mois)		Emplacement unique (% du mois)		Emplacement unique (% du mois)	
	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité
2	0,015	0,16	0,03	0,03		
3					0,96	5,7
4	0,0022	0,035	0,009	0,10		
6	0,0008	0,014	0,0022	0,033	0,16	1,84
8	0,0005	0,006	0,0009	0,016		
10					0,027	0,52
15					0,008	0,17
20						

<sup>(1)</sup> Voir la Fig. 1.

TABLEAU 2

**Pourcentage du mois le plus défavorable pendant lequel les valeurs  
d'affaiblissement indiquées ont été dépassées au Canada**

Dépassement du niveau d'affaiblissement (dB)	Zone climatique K (VII, IX) <sup>(1)</sup> 13 GHz				Zone climatique E (VIII) <sup>(1)</sup> 13 GHz	
	Emplacement 1 Angle d'élévation = 20°		Emplacement 2 Angle d'élévation = 29°		Angle d'élévation = 31°	
	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité	Temps de disponibilité	Temps d'indisponibilité
2	0,017	1,10	0,0081	0,51	0,014	0,68
3	0,007	0,54	0,0042	0,31	0,0046	0,22
4	0,0039	0,36	0,0028	0,22	0,003	0,11
6	0,0022	0,16	0,0017	0,16	0,0004	0,058
8	0,0011	0,089	0,0017	0,12	0,0005	0,041
10	0,0007	0,056	0,0007	0,099	0,0004	0,031

<sup>(1)</sup> Voir la Fig. 1.

Le Tableau 1 permet de formuler les conclusions générales suivantes:

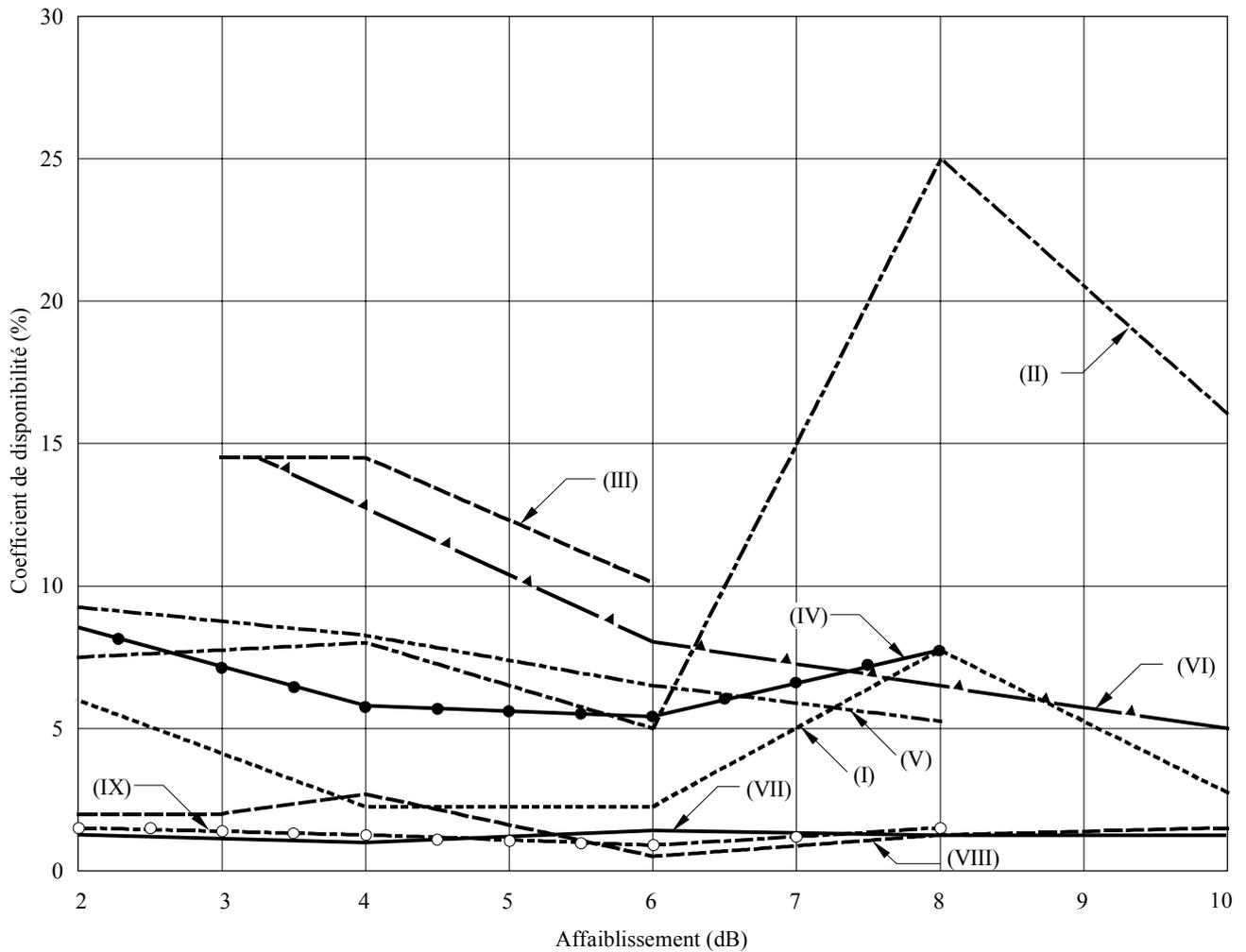
- Pour des angles d'élévation compris entre 26° et 30° et des valeurs d'affaiblissement allant de 2 à 8 dB, le rapport des durées d'affaiblissement pendant le temps de disponibilité aux durées d'affaiblissement pendant le temps d'indisponibilité est compris entre 3% et 10%. Cette proportion tend à augmenter aux valeurs plus fortes de l'affaiblissement, la durée des événements diminuant à mesure que l'affaiblissement approche de sa valeur maximale.
- Pour des angles d'élévation moins élevés, entre 6° et 12°, le rapport des durées d'affaiblissement pendant le temps de disponibilité aux durées d'affaiblissement pendant le temps d'indisponibilité est d'environ 14% pour un affaiblissement de 3 dB; il décroît jusqu'à environ 5% lorsque l'affaiblissement atteint de 10 à 15 dB. Si l'affaiblissement augmente encore, la valeur de ce rapport doit vraisemblablement augmenter à nouveau. On pourrait s'attendre à ce que la scintillation contribue plus fortement au temps d'affaiblissement aux faibles angles d'élévation que lorsque les mesures correspondent à des angles d'élévation plus élevés.

Les données sur la diversité d'emplacement sont exclusivement fondées sur la valeur d'affaiblissement de 2 dB. Il n'y a pas eu de mesures simultanées à la valeur d'affaiblissement de 4 dB aux deux emplacements au cours de l'expérience menée au Danemark. Les seules données disponibles correspondent donc à la valeur de 2 dB. Le rapport des durées d'affaiblissement pendant le temps de disponibilité aux durées d'affaiblissement pendant le temps d'indisponibilité est très proche de celui relevé pour un seul emplacement. Mais, dans les régions du monde à forte pluviométrie, la valeur de ce rapport pour la diversité d'emplacement peut dépasser celle du rapport à un emplacement unique en raison de la plus grande influence de la diversité d'emplacement dans ce type de climat.

Les données du Tableau 2 sont fondées sur des mesures effectuées au Canada par radiomètre à 13 GHz. Ces données de propagation ont été obtenues à six emplacements où des évanouissements de 2 à 10 dB ont été enregistrés; les durées d'évanouissement ont été classées en deux groupes: périodes inférieures à 10 s et périodes d'au moins 10 s. Les résultats concernent des emplacements situés dans des zones climatiques de type K et un emplacement situé dans une zone climatique de type E. Ces mesures montrent que le coefficient de disponibilité serait de l'ordre de 1% à 4%. En utilisant la définition du coefficient de disponibilité donnée dans le § 6, on peut réduire ce pourcentage à moins de 1%. Ces données indiquent aussi, pour la conception des systèmes, qu'avec des tolérances comprises entre 3 et 6 dB, un temps d'indisponibilité total pouvant atteindre 0,54% du mois le plus défavorable peut être observé.

Tous les renseignements susmentionnés permettent de conclure qu'un coefficient de disponibilité de 10% correspond à une valeur pratique prudente.

FIGURE 1  
Représentation graphique du coefficient de disponibilité du milieu de propagation  
en fonction de l'affaiblissement



- |        |                |           |                            |                   |
|--------|----------------|-----------|----------------------------|-------------------|
| (I)    | – Danemark,    | 11,8 GHz, | angle d'élévation = 26,5°, | zone climatique D |
| (II)   | – Danemark,    | 14,5 GHz, | angle d'élévation = 26,5°, | zone climatique D |
| (III)  | – Danemark,    | 11,4 GHz, | angle d'élévation = 12,5°, | zone climatique D |
| (IV)   | – Royaume-Uni, | 11,8 GHz, | angle d'élévation = 29,9°, | zone climatique E |
| (V)    | – Royaume-Uni, | 14,5 GHz, | angle d'élévation = 29,9°, | zone climatique E |
| (VI)   | – Japon,       | 11,5 GHz, | angle d'élévation = 6,6°,  | zone climatique M |
| (VII)  | – Canada,      | 13 GHz,   | angle d'élévation = 20°,   | zone climatique K |
| (VIII) | – Canada,      | 13 GHz,   | angle d'élévation = 31°,   | zone climatique E |
| (IX)   | – Canada,      | 13 GHz,   | angle d'élévation = 29°,   | zone climatique K |