

## RECOMMANDATION UIT-R M.828-2\*

**Définition de la disponibilité des circuits de radiocommunication  
du service mobile par satellite**

(Question UIT-R 85/8)

(1992-1994-2006)

**Domaine de compétence**

La présente Recommandation définit la disponibilité temporelle de circuits de radiocommunication du service mobile par satellite (SMS) pour guider les concepteurs et les planificateurs dans leurs décisions et pour fonder le choix des critères de brouillage.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que la disponibilité des circuits de radiocommunication du service mobile par satellite (SMS) doit être définie de façon à guider les décisions des concepteurs et des planificateurs et à fonder le choix des critères de brouillage;
- b) que l'approche suivie pour définir la disponibilité des liaisons du service fixe par satellite n'est pas applicable aux circuits de radiocommunication des services mobiles par satellite, notamment parce que l'accès à ces derniers se fait généralement par assignation à la demande;
- c) que la disponibilité des liaisons du service dépend notamment de l'emplacement de la station terrienne mobile, au moment de la recherche d'un circuit de radiocommunication et pendant la durée de la communication;
- d) que l'accès au système et les communications utilisent parfois des composants différents du système;
- e) que la disponibilité de l'équipement (notamment de la station spatiale) dépend de sa fiabilité, de sa qualité et de sa maintenabilité;
- f) que la disponibilité des circuits de radiocommunication est fonction des effets conjoints de la disponibilité de l'équipement et de celle des canaux de propagation,

*recommande*

**1** que la disponibilité globale des circuits de radiocommunication soit définie en termes de disponibilité d'accès et de disponibilité des circuits de radiocommunication, d'après la disponibilité des composants (Note 1) – notamment le canal d'accès et les circuits de radiocommunication – énumérés ci-dessous:

- station spatiale,
- trajet radioélectrique de la liaison de connexion et de la liaison de service en visibilité directe (Note 2), et

---

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 12 et du Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT.

– stations terriennes (y compris stations terriennes terrestres (STT), STM, et stations terriennes connexes);

2 que la disponibilité des circuits de radiocommunication des services mobiles par satellite soit définie par la formule suivante:

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

dans laquelle le terme indisponibilité est égal aux pourcentages cumulés des durées des interruptions des liaisons provoquées par toutes les composantes. Dans les systèmes mobiles à satellite, la valeur approximative de l'indisponibilité est donnée par la formule (Note 3):

$$\begin{aligned} \text{Indisponibilité} = & \text{indisponibilité (station spatiale)} + \\ & \text{indisponibilité (trajet radioélectrique)} + \\ & \text{indisponibilité (station terrienne)} \text{ (Note 4)} \end{aligned}$$

formule dans laquelle l'indisponibilité de chaque composante est donnée par la formule:

$$\text{Indisponibilité (composante)}(\%) = (100 - \text{disponibilité (composante)})(\%)$$

Le terme disponibilité (composante), qui représente la disponibilité de chacune des composantes du circuit, est calculé au moyen de la formule ci-dessous:

$$A \text{ composante} = \frac{(\text{durée de fonctionnement prévue}) - (\text{durée de l'interruption du circuit})}{(\text{durée de fonctionnement prévue})} \times 100\%$$

où la durée de fonctionnement prévue des composantes est la période pendant laquelle l'utilisateur exige d'un circuit qu'il soit en état d'assurer une fonction requise, à un niveau de qualité déterminé, tandis que la durée d'interruption est la période de temps pendant laquelle un circuit de communication se trouve dans l'un des états suivants pendant plus de 10 s consécutives. (Une période d'interruption d'un circuit commence lorsqu'un des états décrits ci-dessous dure plus de 10 s consécutives. L'indisponibilité d'un circuit commence au commencement de cet intervalle de 10 s interrompu. La période d'interruption est considérée comme terminée 10 s après la disparition de l'état en question. Le circuit redevient disponible au commencement de cet intervalle de 10 s non interrompu.)

- le circuit de radiocommunication ne peut être établi;
- le signal utile qui entre dans le circuit n'est pas reçu à l'autre extrémité;
- dans le cas d'un circuit analogique, la puissance de bruit non pondérée subjectivement équivalente dans le circuit fictif de référence pour la téléphonie (CFRT) (Recommandation UIT-R M.547) dépasse une valeur limite déterminée;
- dans le cas d'un circuit de type numérique, un taux d'erreur binaire (TEB) d'information supérieur à une valeur limite déterminée est observé dans le conduit numérique fictif de référence (CNFR) (Recommandation UIT-R M.827);

3 qu'il conviendrait de se référer aux dispositions de l'Annexe 1 de la présente Recommandation lorsqu'on veut déterminer quelles composantes système exactes recouvre la définition de disponibilité;

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

NOTE 1 – Le terme composant désigne soit un composant unique, soit un ensemble de composants dans une configuration de redondance.

NOTE 2 – La détermination de la disponibilité en visibilité directe doit tenir compte des évanouissements ionosphériques et troposphériques, comme des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples. Les phénomènes d'occultation persistante et prononcée ne doivent pas, en règle générale, être pris en compte dans les calculs, mais ils doivent l'être au stade de la

conception des systèmes. Dans le cas du service mobile terrestre par satellite, le calcul de la disponibilité doit tenir compte de la légère occultation due aux arbres et au feuillage, etc.

NOTE 3 – Les disponibilités respectives de la station spatiale, des stations terriennes et du trajet radioélectrique sont supposées statistiquement indépendantes.

NOTE 4 – Les STM, STT et autres stations terriennes connexes doivent être prises en compte.

NOTE 5 – La présente Recommandation ne s'applique pas au service mobile aéronautique (R) par satellite (SMA(R)S), dont la disponibilité des circuits doit faire l'objet d'un complément d'étude.

## Annexe 1

### Disponibilité des circuits de radiocommunication dans le service mobile par satellite

#### 1 Introduction

Il convient de définir la disponibilité des circuits de radiocommunication dans le SMS afin de fournir des directives aux planificateurs de systèmes et aux fabricants d'équipements, de sorte que les usagers disposent d'un service de bonne qualité. La présente Recommandation traite des critères de disponibilité dans le SMS et relève certaines différences entre ce service et le SFS; il part néanmoins de l'idée que la notion de disponibilité dans le SMS doit autant que possible être compatible avec la notion de disponibilité dans le SFS ou dans les faisceaux hertziens.

Dans la présente Recommandation, on a choisi de ne prendre en considération que les facteurs qui peuvent être couverts par des procédures appropriées de planification des systèmes, de conception des équipements et de maintenance.

#### 2 Notions et définitions générales

##### 2.1 Définition de la disponibilité d'un circuit

La disponibilité des circuits de radiocommunication du SMS dépendra des objectifs de disponibilité fixés pour chaque partie dont se compose le circuit. Dans la présente Recommandation, on considère les objectifs de disponibilité intéressant respectivement le secteur spatial, l'équipement nécessaire aux stations terriennes et aux fonctions auxiliaires, ainsi que les trajets radioélectriques entre le satellite et les stations terriennes. C'est sur cette base qu'est déterminée la disponibilité totale des circuits de radiocommunication.

Dans le SMS, la disponibilité du circuit,  $A$ , peut être calculée à partir de la durée et du taux d'occurrence des interruptions dues aux parties qui composent le circuit; cette disponibilité peut être définie par l'expression suivante:

$$A = \frac{(\text{durée de fonctionnement prévue}) - (\text{durée d'interruption du circuit})}{(\text{durée de fonctionnement prévue})} \times 100\%$$

où la durée de fonctionnement prévue des composantes est la période pendant laquelle l'utilisateur exige d'un circuit qu'il soit en état d'assurer une fonction requise, à un niveau de qualité déterminé, tandis que la durée d'interruption est la période de temps pendant laquelle un circuit de communication se trouve dans l'un des états suivants pendant plus de 10 s consécutives. (Une période d'interruption d'un circuit commence lorsqu'un des états décrits ci-dessous dure plus de 10 s consécutives. L'indisponibilité d'un circuit commence au commencement de cet intervalle de 10 s interrompu. La période d'interruption est considérée comme terminée 10 s après la disparition de l'état en question. Le circuit redevient disponible au commencement de cet intervalle de 10 s non interrompu):

- le circuit de radiocommunication ne peut être établi;
- le signal utile qui entre dans le circuit n'est pas reçu à l'autre extrémité;
- dans le cas d'un circuit analogique, la puissance de bruit non pondérée subjectivement équivalente dans le CFRT (Recommandation UIT-R M.547) dépasse une valeur limite déterminée;
- dans le cas d'un circuit de type numérique, un TEB d'information supérieur à une valeur limite déterminée est observé dans le CNFR (Recommandation UIT-R M.827);

Quand la notion de disponibilité est appliquée aux diverses parties d'un circuit, et en particulier l'équipement de STT et de STM, la définition de la disponibilité de ces parties composantes,  $A'$ , peut s'exprimer en fonction de la moyenne du temps de bon fonctionnement (MTBF) et de la moyenne du temps de réparation (MTR):

$$A' = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \times 100 \quad (\%)$$

Lorsque l'on étudie la disponibilité des circuits téléphoniques, on peut faire usage du CNFR (voir par exemple la Recommandation UIT-R M.827).

Le temps pendant lequel un circuit de radiocommunication est dit indisponible doit couvrir les retards dans l'établissement des communications, causés par des défaillances du système de signalisation du satellite<sup>1</sup>. Les défaillances de la voie de signalisation STT-STM, de la voie d'accès aléatoire STM-STT ou, selon le cas, de la voie de signalisation STT-STT, dues à de mauvaises conditions de propagation sur les trajets radioélectriques, peuvent entraîner l'échec d'un appel.

## 2.2 Définition de l'interruption

On trouvera dans les paragraphes qui suivent la définition de l'interruption en téléphonie et en télégraphie. Etant donné la nature différente de ces services, il leur faudra peut-être des critères de disponibilité différents, et cela demande un complément d'étude. Après la téléphonie et la télégraphie, la présente Recommandation traite aussi des interruptions dans les voies de transmission de données.

### 2.2.1 Téléphonie

La définition qui suit de l'interruption des circuits téléphoniques dans le SMS est cohérente avec celle proposée pour le SFS:

---

<sup>1</sup> Les voies de signalisation devraient être conçues de manière à assurer un niveau de fiabilité très élevé et que les interruptions dues à des défaillances de signalisation soient insignifiantes comparées aux autres causes possibles d'interruption des circuits de radiocommunication.

Dans le SMS, un circuit téléphonique doit être considéré comme interrompu si au moins une des conditions suivantes prévaut à l'une des deux extrémités du circuit pendant plus de 10 s consécutives:

- le signal utile qui entre dans le circuit n'est pas reçu à l'autre extrémité,
- pour la transmission analogique, la puissance de bruit non pondérée subjectivement équivalente dépasse  $10^6$  pW0p;
- pour les transmissions numériques, le TEB dans la voie est plus mauvais que  $10^{-2}$ .

Des informations complémentaires sur la disponibilité des circuits téléphoniques peuvent être trouvées dans la Recommandation UIT-T G.821.

### 2.2.2 Télégraphie

La définition ci-après de l'interruption des circuits télégraphiques a aussi été suggérée:

Dans le SMS, un circuit télex doit être considéré comme interrompu si  $N$  erreurs sur les caractères sont détectées pendant un intervalle de temps de moins de  $1,5 N$  s, où  $N$  se situe entre 10 et 20.

On considère que cette définition donne un temps et une précision de mesure suffisants et qu'elle tient compte de taux d'erreur sur les caractères de l'ordre d'une erreur sur dix caractères.

Dans la pratique, un évanouissement de 5 à 6 dB sur le trajet radioélectrique est considéré par les opérateurs de stations terriennes côtières comme constituant une interruption. Si une telle interruption se répète de manière persistante, l'opérateur de la STT va déplacer le trafic sur une porteuse de réserve.

### 2.2.3 Données

La définition de l'interruption dépendra du débit binaire adopté pour le service, du taux d'erreur nécessaire et de la distribution des erreurs. La disponibilité de voies de données appelle un complément d'étude.

### 2.2.4 Interruptions d'éléments du système

On trouvera ci-après la définition des interruptions d'éléments du système qui peuvent entraîner l'interruption d'un service:

- Interruption du secteur spatial

Toute interruption de plus de 10 s consécutives directement imputable au satellite en exploitation.

- Interruption de la station de commande du réseau

Toute interruption des fonctions vitales de commande du réseau (comme la perte de la capacité de traitement des communications) d'une durée supérieure à 10 s consécutives, et qui affecte la STT.

- Interruption de réseau

Toute interruption de service de plus de 10 s consécutives affectant toutes les STT d'une région océanique et causée par des phénomènes de propagation défavorables ou des signaux brouilleurs sur une quelconque des voies de compensation automatique des fréquences (CAF), des voies de demande, des fréquences à multiplexage par répartition dans le temps (MRT) de STT ou sur la fréquence MRT commune.

- Interruption de la station terrienne côtière

Toute perte complète de toutes les voies téléphoniques ou de toutes les voies télex, ou des deux pendant plus de 10 s consécutives, ou bien toute perte consécutive de capacité de traitement des communications de plus d'une minute directement imputable à la station terrienne côtière.

### 2.3 Durée de fonctionnement prévue

Les critères de disponibilité proposés pour le SFS s'appliquent aux circuits fonctionnant à plein temps (téléphonie et télévision), où la durée de fonctionnement prévue est égale au temps effectif écoulé. Dans le service mobile maritime par satellite (SMMS), les voies de télégraphie/signalisation côtière-navire fonctionneront à plein temps, en ce sens que les porteuses seront en permanence activées, mais les voies de téléphonie, ainsi que les voies de télégraphie/signalisation émises par les STM ne seront activées que pendant la durée de la communication.

La disponibilité de l'équipement des STT et des STM (comparée à celle de l'équipement presque semblable fonctionnant avec des porteuses activées en permanence) n'est pas sensiblement affectée par la nature «assignation en fonction de la demande» inhérente au SMS; en conséquence, pour tous les équipements, la durée de fonctionnement prévue est égale au temps du calendrier.

### 2.4 Facteurs intervenant dans la disponibilité

La disponibilité totale des circuits du SMS dépendra des critères de disponibilité adoptés pour les éléments suivants:

- le *secteur spatial*, y compris l'équipement du satellite, les effets des manoeuvres de satellite et l'existence de satellites de réserve;
- l'*équipement de la STT*, y compris les effets des phénomènes naturels sur la qualité de fonctionnement de l'équipement (perturbations d'origine solaire, catastrophes naturelles, etc.) et les effets de l'erreur humaine;
- l'*équipement de la STM*, y compris les effets des phénomènes naturels sur la qualité de fonctionnement de l'équipement (perturbations d'origine solaire, conditions ambiantes, etc.) et les effets de l'erreur humaine;
- les *fonctions auxiliaires*, telles que celles que peuvent remplir les STT de commande (commande de fréquence, commande de puissance, assignation des voies, etc.);
- les *liaisons radioélectriques aller et retour*, en particulier les effets de l'affaiblissement et du bruit excessif dus aux précipitations, les effets des évanouissements par trajets multiples et les effets de brouillage que peuvent causer des services de Terre et des services spatiaux.

Malgré cela, dans la détermination des objectifs réalistes de disponibilité, il serait impossible en pratique de tenir compte de toutes les éventualités énumérées ci-dessus.

### 2.5 Influence des phénomènes naturels ou extrêmes

Pour les besoins de la présente Recommandation, les interruptions sont classées en deux catégories:

- *Interruptions prévues*: interruptions visant à corriger des défaillances non catastrophiques, dont on peut prévoir qu'elles vont se produire à certains moments (défaillances de l'équipement, évanouissements) ou interruptions prévues dont on sait qu'elles se produisent à des moments donnés (certains types de maintenance préventive des équipements, brouillages d'origine solaire dans les stations terriennes côtières, etc.);
- *Interruptions imprévues*: interruptions dont l'occurrence ou la durée ne peuvent être prévues et qui peuvent être à l'origine d'interruptions prolongées (catastrophes naturelles telles que tremblements de terre, vents violents, mer démontée, effets de blocage naturel dus à un écran montagneux, etc.).

Pour les STT et les STM, on considère que les interruptions dues à des circonstances imprévisibles doivent être exclues de l'étude de la disponibilité: on ne tiendra compte que des interruptions

prévisibles. De plus, pour l'équipement des STM, on ne tiendra pas compte des interruptions prévisibles indiquées ci-après.

### 2.5.1 Interruptions dues à des perturbations d'origine solaire

Avec des stations terriennes fixes, on peut prévoir les interruptions dues à un bruit excessif sur la liaison descendante lorsque le soleil passe dans le faisceau d'antenne de la station terrienne. La durée des interruptions dépendra de l'emplacement des stations, mais on relèvera deux fois l'an, pendant trois ou quatre jours, des dégradations d'une durée d'environ 30 min. On peut toutefois remédier à la dégradation du service en acheminant le trafic par d'autres artères. Avec des STM, cette situation ne s'applique pas. Si on prend pour exemple une station terrienne de navire, l'occurrence des perturbations d'origine solaire dépendra de la route suivie par le navire, laquelle varie d'un navire à un autre: un navire particulier peut donc rencontrer ces perturbations plusieurs fois par an. Les perturbations dureront plus longtemps que dans le cas des STT, en raison de l'ouverture relativement grande du faisceau de l'antenne STM, mais la dégradation de la température de bruit du récepteur sera moins marquée.

### 2.5.2 Interruptions causées par des conditions météorologiques défavorables

L'équipement actuel des stations terriennes de navire est conçu pour résister à des conditions ambiantes très défavorables (variations de température, humidité, précipitations, vents et mouvements du navire).

Bien qu'un radôme apporte une protection supplémentaire à l'équipement monté sur la superstructure, la plupart des navires rencontreront de temps à autre des conditions météorologiques qui rendront l'équipement momentanément inutilisable: il sera par exemple impossible de maintenir l'antenne pointée dans la direction voulue, étant donné l'agitation de la mer. Ces interruptions ne doivent donc pas entrer dans l'évaluation de la disponibilité du terminal de navire, quoiqu'il ne faille pas décourager les fabricants d'équipements et les planificateurs de systèmes qui cherchent à assurer le fonctionnement du terminal dans les conditions les moins défavorables.

### 2.5.3 Interruptions dues aux effets de blocage de l'antenne

Le trajet de propagation radioélectrique entre la STM et le satellite peut, parfois, être bloqué, par exemple à cause de la végétation ou de bâtiments situés à proximité de la STM.

Il faudrait, en règle générale, exclure la possibilité d'un effet d'écran important, et durable, mais il conviendrait d'en tenir compte lors de la conception du système. Dans le cas du service mobile terrestre par satellite (SMTS), il serait bon de tenir compte dans les calculs de disponibilité d'un effet d'écran léger, dû à des arbres ou à leur feuillage, etc.

Dans le cas de stations terriennes de navire, la propagation peut être empêchée par la superstructure même du navire. S'il convient d'inciter les armateurs et les fabricants à installer la station terrienne de navire en un emplacement où la probabilité de blocage de l'antenne sera réduite au minimum, on ne pourra peut-être pas toujours trouver un tel emplacement. C'est pourquoi, il est proposé que cette cause d'interruptions soit exclue des critères de disponibilité.

## 2.6 Mesure de la disponibilité des circuits

Compte tenu des exceptions énumérées au § 2.5, on peut utiliser l'expression suivante pour mesurer la disponibilité des circuits de radiocommunication dans le SMS:

$$A = \frac{T_s - (T_{sat} + T_1 + T_2 + T_{STT} + T_{STM} + T_{aux})}{T_s} \times 100 (\%)$$

où:

$T_s$ : durée de fonctionnement prévue

$T_{sat}$ : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux défaillances du satellite

$T_1$ : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux facteurs intéressant le trajet radioélectrique aller (c'est-à-dire  $T_1 = T_{STT-sat} + T_{sat-STM}$

où:

$T_{STT-sat}$  concerne la liaison STT/satellite, et

$T_{sat-STM}$  concerne la liaison côtière/STM)

$T_2$ : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux facteurs intéressant le trajet radioélectrique retour (c'est-à-dire  $T_2 = T_{STM-sat} + T_{sat-STT}$

où:

$T_{STM-sat}$  concerne la liaison STM/satellite et

$T_{sat-STT}$  concerne la liaison satellite/STT)

$T_{STT}$ : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux défaillances de l'équipement de la station STT et à l'impossibilité des communications

$T_{STM}$ : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux défaillances de l'équipement du terminal STM et à l'impossibilité des communications

$T_{aux}$ : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux défaillances de fonctions auxiliaires à des stations terriennes de commande séparées.

Au cas où plusieurs éléments interviendraient simultanément, on ne tiendra compte que de la durée de la plus longue interruption.