

RAPPORT 918-1*

DISPONIBILITE DES CIRCUITS DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME PAR SATELLITE

(Question 85/8)

(1982-1990)

1. Introduction

Il convient de définir la disponibilité des circuits dans le service mobile maritime par satellite 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. Le présent Rapport traite des critères de disponibilité dans le service mobile maritime par satellite et relève certaines différences entre ce service et le service fixe par satellite; il part néanmoins de l'idée que la notion de disponibilité dans le service mobile maritime par satellite doit autant que possible être compatible avec la notion de disponibilité dans le service fixe par satellite (Rapport 706) ou dans les faisceaux hertziens (Rapport 445). Dans le présent Rapport, 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. Les exemples de disponibilité du système INMARSAT pour les communications générales et les communications de détresse reposent sur des données historiques obtenues en exploitation réelle.

2. Notions et définitions générales**2.1 Définition de la disponibilité d'un circuit**

La disponibilité des circuits du service mobile maritime par satellite dépendra des objectifs de disponibilité fixés pour chaque partie dont se compose le circuit. Dans le présent Rapport, 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.

Dans le service mobile maritime par satellite, 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:

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

où la durée de fonctionnement prévue est la durée pendant laquelle on s'attend que le circuit considéré exécute les fonctions pour lesquelles il est prévu et la durée d'interruption est la durée cumulée des interruptions pendant la durée de fonctionnement prévue.

* Ce Rapport doit être porté à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI), de l'Organisation INMARSAT et de la CMBD.

Quand la notion de disponibilité est appliquée aux diverses parties d'un circuit, et en particulier l'équipement de stations terriennes côtières (STC) et de stations terriennes de navire (STN), 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 circuit fictif de référence (Recommandation 546).

Le temps pendant lequel un circuit est dit indisponible doit couvrir les retards dans l'établissement des communications, causés par des défaillances du système de signalisation du satellite*. Les défaillances de la voie de signalisation côtière-navire, de la voie d'accès aléatoire navire-côtière ou de la voie de signalisation côtière-côtière, dues à de mauvaises conditions de propagation sur les trajets radioélectriques, peuvent entraîner l'échec d'un appel.

Il convient de noter qu'afin d'assurer une exploitation continue et fiable du système INMARSAT, les mesures spéciales suivantes ont été mises en oeuvre:

- a) pour protéger le système contre d'éventuels brouillages, par exemple des signaux résultant d'un mauvais fonctionnement des stations terriennes de navire, de stations terriennes côtières, des signaux provenant de satellites ou d'autres sources en dehors du système, des plans de fréquences de réserve et des fréquences de réserve pour les circuits de signalisation et de communication sont prévus dans chaque région océanique;
- b) deux voies communes de demande sont utilisées;
- c) un satellite en exploitation et au moins un satellite de réserve sont prévus dans chaque région océanique. En cas de défaillance ou de dégradation du service, le trafic peut être transféré sur un satellite de réserve;
- d) le centre de commande des opérations et d'INMARSAT surveille en permanence la qualité du système et déclenche les mesures appropriées nécessaires pour préserver l'intégrité du système; et
- e) le redondance de l'équipement est assurée aux STC pour minimiser les risques d'interruption. Dans certains cas, cela s'étend à la fourniture d'un accès à des antennes de réserve et un équipement radioélectrique.

Les communications perdues en raison d'encombrement dans le réseau de Terre ou le réseau à satellite n'entrent pas dans les considérations concernant la disponibilité, car elles se rapportent à des caractéristiques de qualité de service et non de disponibilité.

* 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 communication.

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, le présent Rapport 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 service mobile maritime par satellite est cohérente avec celle proposée pour le service fixe par satellite (Rapport 706):

Dans le service mobile maritime par satellite, 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 taux d'erreur binaire (TEB) dans la voie est plus mauvais que 10^{-2} (pendant 99% du temps).

Des informations complémentaires sur la disponibilité des circuits téléphoniques peuvent être trouvées dans la Recommandation du CCITT G.821.

2.2.2 Télégraphie

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

Dans le service mobile maritime par satellite, 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; un complément d'étude peut toutefois être nécessaire.

Dans la pratique, un évanouissement de 5 à 6 dB au-dessus du niveau CAF 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 STC 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:

i) Interruption du secteur spatial

Toute interruption de plus de dix secondes consécutives directement imputable au satellite en exploitation.



ii) Interruption de la station de coordination du réseau

Toute interruption des fonctions vitales de coordination du réseau (comme la perte de la capacité de traitement des communications) d'une durée supérieure à dix secondes consécutives, et qui affecte la ou les stations terriennes côtières situées au même endroit.

iii) Interruption de réseau

Toute interruption de service de plus de dix secondes consécutives affectant toutes les stations terriennes côtières d'une région océanique et causée par des phénomènes de propagation défavorables ou des signaux brouilleurs sur une quelconque des voies CAF, des voies de demande, des fréquences MRT de station terrienne côtière ou sur la fréquence MRT commune.

iv) 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 secondes 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 service fixe par satellite 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, 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 (côtière-navire et navire-côtière), ainsi que les voies de télégraphie/signalisation émises par les navires ne seront activées que pendant la durée de la communication. _____ La disponibilité de l'équipement des stations terriennes côtières et des stations terriennes de navire (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 service maritime; 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 service mobile maritime par satellite dépendra des critères de disponibilité adoptés pour les éléments suivants:

- le *secteur spatial*, y compris l'équipement du satellite, les effets des manœuvres de satellite et l'existence de satellites de réserve;
- l'*équipement de la station terrienne côtière*, 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 station terrienne de navire*, 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 stations terriennes côtières de commande (commande de fréquence, commande de puissance, assignation des voies, etc.);
- les *liaisons radioélectriques côtière/satellite et navire/satellite*, 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 du présent rapport, les interruptions sont classées en 2 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 stations terriennes côtières et les stations terriennes de navire, 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 stations terriennes de navire, 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 stations terriennes mobiles, telles que des stations terriennes 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 stations terriennes côtières, en raison de l'ouverture relativement grande du faisceau de l'antenne de bord, 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); les conditions types sont données dans le document "Technical Requirements for INMARSAT Standard-A ship earth stations" [INMARSAT, 1988, 3ème édition]. 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*

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 ci-dessus, on peut utiliser l'expression suivante pour mesurer la disponibilité des circuits dans le service mobile maritime par satellite:

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

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 côtère-navire
(c'est-à-dire: $T_1 = T_{côtère/sat} + T_{sat/navire}$,
où $T_{côtère/sat}$ concerne la liaison côtère/satellite et
 $T_{sat/navire}$ concerne la liaison satellite/navire);
- T_2 : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux facteurs intéressant le trajet radioélectrique navire-côtère
(c'est-à-dire: $T_2 = T_{navire/sat} + T_{sat/côtère}$,
où $T_{navire/sat}$ concerne la liaison navire/satellite et
 $T_{sat/côtère}$ concerne la liaison satellite/côtère);
- $T_{côtère}$: durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux défaillances de l'équipement de la station côtère terrienne et à l'impossibilité des communications;
- T_{navire} : durée cumulée des interruptions de circuit imputables aux défaillances de l'équipement du terminal de navire 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.

3. Evaluation des objectifs de disponibilité

3.1 Secteur spatial

La disponibilité réelle du secteur spatial d'INMARSAT pour le service mobile par satellite peut être évaluée d'après l'expérience passée avec la qualité en orbite des satellites en exploitation et de réserve. En 1988, la disponibilité du secteur spatial d'INMARSAT dans chacune des trois régions océaniques (océan Atlantique, océan Pacifique et océan Indien) a été de 100%. Pour la période d'exploitation de 1982 à 1988, la disponibilité globale pour les trois régions a été de 99,995%, c'est-à-dire de 99,99% dans la région de l'océan Atlantique, de 99,995% dans la région de l'océan Indien et de 99,998% dans la région de l'océan Pacifique. Le niveau élevé de disponibilité a été maintenu surtout grâce aux mesures décrites dans le § 2.1 et à la rapidité des mesures correctives prises par le centre d'exploitation.

3.2 Equipement des stations terriennes

Les critères de disponibilité applicables aux stations côtières terriennes peuvent être déterminés à partir de l'expérience acquise avec les stations terriennes du service fixe par satellite; ils peuvent donc être facilement définis. Le calcul des critères de disponibilité applicables aux stations terriennes de navire ne peut cependant pas être aussi précis, et cela pour les raisons suivantes:

- la qualité de fonctionnement des stations terriennes de navire d'INMARSAT n'est pas placée sous le contrôle direct des administrations exploitantes et la vérification continue de cette qualité pendant une longue période de temps n'est pas facile;
- les conditions ambiantes dans lesquelles fonctionnent les stations terriennes de navire sont beaucoup plus dures que dans le cas des stations terriennes côtières d'INMARSAT; les moyens de réparation et de maintenance dont disposent les navires en mer sont limités; de plus, tant les conditions ambiantes que les moyens de maintenance varient de navire à navire.

On tiendra compte des rôles respectifs des opérateurs des stations terriennes côtières et des usagers des stations terriennes de navire: dans une station terrienne côtière, une panne interrompra l'échange de trafic avec un nombre considérable de navires alors que, dans une station terrienne de navire, une panne n'affectera généralement que ce navire. En théorie, les objectifs de disponibilité doivent donc être plus élevés pour les stations côtières terriennes que pour les stations terriennes de navire.

Les fonctions auxiliaires assurées par une station de commande affecteront toutes les stations terriennes côtières et toutes les stations terriennes de navire situées dans la zone de couverture de cette station; en conséquence, une interruption peut conduire à la dislocation complète du système. Pour ces fonctions auxiliaires, les objectifs de disponibilité doivent par conséquent être très élevés.

3.2.1 Stations terriennes côtières

Vingt stations terriennes côtières sont exploitées dans le système INMARSAT et leur disponibilité pour la fourniture de circuits par satellite en 1988 était de 98,43% à 100%.

3.2.2 *Stations terriennes de navire*

Une panne de l'équipement du terminal de navire peut se produire à tout moment et l'on ne peut raisonnablement espérer trouver à bord des navires assez de spécialistes de la maintenance et suffisamment de pièces détachées pour faire face, en mer, à toutes les éventualités. Les critères de disponibilité doivent donc tenir compte des interruptions prolongées dues au fait qu'un navire doit, pour les réparations, faire escale dans un port; on l'estimera à environ trois jours. (Il faut reconnaître que ce chiffre dépend, dans une très large mesure, de l'organisation de la maintenance.) Le temps moyen d'interruption, y compris le temps de l'escale. Dans le § 2.1 et dans l'expression qui définit A' , on pourra en conséquence remplacer MTR par trois jours.

Les considérations qui précèdent s'appliquent à une station terrienne de navire de norme A conforme aux caractéristiques énoncées dans le document "Technical Requirements for INMARSAT Standard-A ship earth stations" [INMARSAT, 1988, 3ème édition]. Les données sur les performances des autres normes INMARSAT ne sont pas encore disponibles.

Certaines études faites par des compagnies de transport maritime indiquent que, au cours d'essais sur 12 mois, les chiffres MTBF réels étaient de 4 000 à 9 000 heures pour d'anciens modèles de stations terriennes de navire et 11 000 à 13 000 heures pour des stations terriennes de navire plus modernes.

L'objectif des 10 000 heures pour la MTBF d'une STS semblerait raisonnable, et est compatible avec les équipements de conception actuelle ou future. L'objectif de disponibilité correspondant serait maintenu à un niveau supérieur à 99%.

3.2.3 Stations de coordination du réseau

Le service mobile maritime par satellite exige la fourniture de fonctions auxiliaires aux fins de coordination du réseau, comme la régulation de puissance, la commande de fréquence ou l'assignation des voies. Ces fonctions sont fournies aux stations de coordination de réseau dans toutes les régions océaniques. Pour toute fonction essentielle dont la perte compromettrait l'exploitation du réseau tout entier, il convient de fixer un objectif de disponibilité très élevé, par exemple 99,999%. Un tel objectif demande une redondance importante, et on comptera par zone de couverture au moins deux stations capables d'exercer les fonctions auxiliaires critiques, la disponibilité de chacune de ces stations étant de l'ordre de 99,95%.

Pour 1988, la disponibilité d'une SCR ayant des fonctions importantes de coordination et de traitement des appels de détresse prioritaires dans le système INMARSAT a été:

- dans la région de l'océan Atlantique -99,977%
- dans la région de l'océan Pacifique -99,979%
- dans la région de l'océan Indien -99,982%

Les objectifs de disponibilité élevés atteints sont nécessaires pour éviter une interruption complète du système qui entraînerait une perte du service pour un nombre considérable de navires.

3.3 Réseau à satellite

Dans le cas de la téléphonie, pour que la voie soit indisponible, il faudrait un niveau de bruit de 10^6 pWOp (voir le § 2.2.1) ce qui, d'après le Rapport 752, s'accompagnerait d'un évanouissement de 5 à 6 dB sur le trajet radioélectrique.

Des considérations analogues s'appliqueraient à la télégraphie.

3.3.1 *Trajet côtière-navire*

3.3.1.1 *Considérations générales*

Le trajet radioélectrique terre-vers-navire se compose d'une liaison côtière-satellite (supposée ici être établie dans la bande des 6 GHz) et d'une liaison satellite-navire (1,5 GHz). La plus critique des deux liaisons est la liaison à 1,5 GHz, à destination des navires, là où la puissance du satellite est probablement le facteur le plus contraignant et où, par conséquent, on ne peut pas disposer d'une grande marge contre les évanouissements.

3.3.1.2 *Liaison montante*

Sur la liaison montante à 6 GHz, une marge d'environ 2 dB permettrait d'atteindre, dans des conditions d'évanouissements, l'objectif de fonctionnement requis pendant 99,99% du temps avec un angle de site de 5° ; la valeur réelle de la marge contre les évanouissements sur la liaison montante varie d'une station terrienne côtière à une autre en raison des conditions climatiques locales. Pour que le circuit devienne indisponible, il faudrait un évanouissement de 5 à 6 dB sur la liaison montante. On estime à moins de 0,005% la proportion de temps pendant laquelle cette condition serait valide, même dans les conditions de propagation les plus défavorables; en d'autres termes la disponibilité serait de 99,995%. Si la station terrienne côtière commandait la puissance sur la liaison montante, cela améliorerait la qualité de fonctionnement de la liaison et la disponibilité.

3.3.1.3 *Liaison descendante*

Sur la liaison descendante (1,5 GHz) satellite-navire, les évanouissements sont principalement dus aux trajets multiples par réflexions. Dans le cas le plus défavorable, défini ici comme se produisant en bordure de la zone de service du satellite (c'est-à-dire pour un angle de site de 5° à la station terrienne de navire, voir [INMARSAT, 1988]), les statistiques d'évanouissement indiquent qu'un évanouissement de 4 à 5 dB se produirait pendant 1% du temps; le pourcentage de temps pendant lequel surviendrait un évanouissement de 5 à 6 dB serait donc quelque peu inférieur à 1%.

3.3.1.4 *Cas le plus défavorable (cas d'un navire avec angle de site de 5°)*

Compte tenu de la faible contribution apportée par la liaison côtière-satellite à 6 GHz, compte tenu aussi des effets de brouillage sur la liaison côtière-satellite et sur la liaison satellite-navire, un objectif de disponibilité de 99% semble raisonnable.

3.3.1.5 *Cas général (cas d'un navire voyageant dans des régions où les effets des trajets multiples sont négligeables). Dans ce cas, le temps d'interruption dû aux évanouissements sur le trajet radioélectrique est négligeable.*

3.3.2 *Trajet navire-côtière*

Le trajet radioélectrique navire-côtière se compose d'une liaison navire-satellite (1,6 GHz) et d'une liaison satellite-côtière (supposée ici établie à 4 GHz). Les évanouissements par trajets multiples seront encore une fois l'élément prédominant; considérant le § 3.3.1, la disponibilité dans les conditions les plus défavorables sera de l'ordre de 99%, mais le temps d'interruption sera négligeable dans le cas général.

Pour améliorer la disponibilité dans le mode télégraphique, la SCR/STC est dotée de la capacité d'utiliser une seconde MRT vers laquelle le trafic est détourné de la MRT-1 lorsque les interruptions du service sont jugées excessives. Cette amélioration ne serait pas disponible à des modèles de STN ayant une capacité de réglage MRT limitée. Toutefois, seul un petit nombre de ces modèles est en service.

3.4 Objectif de disponibilité des circuits

Dans le service mobile maritime par satellite, l'expression de la disponibilité des circuits (A), décrite au § 2.6, peut être définie par la formule suivante, le temps d'interruption D étant égal à 100 - A:

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

$$= 100 - D_{sat} - D_{navire} - D_{côtère} - D_{aux} - D_1 - D_2 \quad (\%)$$

En ce qui concerne D_1 et D_2 , le § 3.3 indique que ces interruptions sont surtout dues aux évanouissements par trajets multiples sur la liaison satellite-navire et la liaison navire-satellite. Sur ces liaisons, à 1,5/1,6 GHz, les évanouissements seront corrélés, c'est-à-dire que leurs effets se produiront simultanément. On ne considérera donc que l'interruption la plus longue, que peut représenter l'expression $D_{1,2}$.

D'après des considérations exposées dans le présent paragraphe et dans ceux qui précèdent, on peut admettre que les temps d'interruption sur les différentes parties qui composent le circuit sont les temps indiqués dans le Tableau I. La disponibilité globale du circuit est alors d'environ 99% dans le cas général et de 98% dans le pire des cas. En tenant compte du temps que les navires passent dans des ports où il ne leur est pas permis d'émettre, on améliore de beaucoup le pourcentage de disponibilité.

TABLEAU I — *Temps d'interruption pour les parties dont se compose un circuit du service mobile maritime par satellite*

Symbole	Partie composante	Temps d'interruption (%)	Notes
D_{sat}	Secteur spatial	0,001	
$D_{côtère}$	Equipement de la station terrienne côtière	0,1	
D_{navire}	Equipement de la station terrienne de navire	1	(1)(2)(3)
D_{aux}	Fonctions auxiliaires	0,05	(4)
$D_{1,2}$	Trajets radioélectriques	Cas général: 0 Cas le plus défavorable: 1	
D_{total}	Temps total d'interruption du circuit	Cas général: 1,15 Cas le plus défavorable: 2,15	

(1) En admettant que le pointage de l'antenne du terminal de navire puisse être maintenu.

(2) Le temps pendant lequel le navire se trouve dans un port où les stations de navire ne sont pas autorisées à émettre n'est pas pris en considération.

(3) En admettant une station terrienne de navire de norme A ayant un rapport G/T de $-4 \text{ dB(K}^{-1}\text{)}$.

(4) Si deux stations de coordination de réseau sont disponibles dans une zone de couverture, le temps d'interruption effectif sera de 0,001%, voir le § 3.2.3.



3.5 Disponibilité du système INMARSAT de priorité 3 pour l'alerte en cas de détresse

La disponibilité d'un accès ininterrompu aux services de sauvetage pour émettre un message de détresse navire-côtière sur un système INMARSAT de priorité 3 de norme A pendant une année de calendrier (1986) est calculée comme suit:

$$A(\%) = A_{c.c.s}(\%) + A_{s.t.n}(\%) + A_{i.n.m}(\%) - 200(\%)$$

où

$A_{c.c.s}(\%)$ - disponibilité d'une ligne terrestre et de son terminal d'extrémité au centre de coordination de sauvetage

$A_{s.t.n}(\%)$ - disponibilité d'une unité de fonction de détresse à bord de navire à la station terrienne de navire

$A_{i.n.m}(\%)$ - disponibilité du système INMARSAT de priorité 3

La disponibilité de chacun de ces éléments est calculée par la formule:

$$A(\%) = \frac{T_s - T_o}{T_s} \times 100(\%),$$

où

T_s 31 536 000 secondes, durée d'exploitation prévue d'une année;

T_o temps d'interruption, causant probablement une interruption d'accès des navires aux services de sauvetage.

3.5.1 Élément services de sauvetage

Les centres de coordination de sauvetage (RCC) associés à la STC ont des lignes et des terminaux d'extrémité réservés, leur assurant une disponibilité d'accès voisine de 100%.

Dans le cas, peu probable, où il serait nécessaire de traiter deux ou plus de deux communications navire-RCC de priorité 3 simultanées, les autres communications de priorité 3 sont acheminées au RCC via des lignes de remplacement et, si toutes ces installations de Terre ne suffisent pas pour établir les connexions, le message et l'appel de détresse sont acheminés au personnel de la STC. La perte d'une alerte en cas de détresse traitée par une STC est donc très improbable.

3.5.2 Élément STN

D'après la partie A des directives d'installation et de conception d'INMARSAT, fondées sur les prescriptions de l'OMI en matière d'équipements SMDSM installés à bord des navires, ces équipements devraient avoir une très grande fiabilité qui leur assure une disponibilité proche de 100% pour les alertes en cas de détresse.

3.5.3 Elément INMARSAT

$$A(\%)_{inm} = \frac{T_s - T_{sp.s} - T_{ncs} - T_{net}}{T_s} \times 100(\%)$$

où

- T_s - durée d'exploitation prévue d'une année de calendrier;
- $T_{sp.s}$ - interruptions totales du secteur spatial;
- T_{scr} - interruptions totales du centre de coordination du réseau et de la station terrienne côtière située au même endroit;
- T_{net} - interruptions totales des voies de satellite.

Comme on l'a montré plus haut, la disponibilité des éléments est affectée par de nombreux facteurs qui varient selon le moment et le lieu.

Pour 1988, la disponibilité des éléments a été la suivante:

	$A_{sp.s}(\%)$	$A_{scr}(\%)$	$A_{net}(\%)$	$A_{inm}(\%)$
ROA	100	99,977	99,997	99,974
ROI	100	99,982	100	99,982
ROP	100	99,979	100	99,979

Disponibilité globale moyenne du système pour les trois régions -99,978

Pour la période 1982-1988, la disponibilité des éléments a été la suivante:

	$A_{sp.s}(\%)$	$A_{scr}(\%)$	$A_{net}(\%)$	$A_{inm}(\%)$
ROA	99,990	99,977	99,961	99,928
ROI	99,995	99,982	99,984	99,961
ROP	99,998	99,979	99,987	99,964

Disponibilité globale moyenne du système pour les trois régions -99,951

Conclusions

Dans le présent Rapport, on a examiné les mesures techniques et d'exploitation prises par INMARSAT pour assurer une forte disponibilité des circuits de communication dans le service mobile maritime par satellite. A l'appui de ces considérations, on a pris comme exemple des résultats pour la période 1982-1988. Pour les communications générales, il semblerait possible d'atteindre des objectifs de disponibilité de 99,90% pour les STC, de 99,95% pour les SCR, de 99,99% pour le secteur spatial et de 99% pour les STN. Pour l'alerte en cas de détresse dans le sens navire-côtière, dans le service télex, un objectif de disponibilité de 99,99% a été constamment atteint dans la pratique, c'est-à-dire sensiblement plus que le chiffre proposé dans de précédentes considérations théoriques.