

RECOMMANDATION UIT-R S.1001*

Utilisation de systèmes du service fixe par satellite en cas de catastrophes naturelles et de situations critiques analogues pour les avertissements et les opérations de secours

(1993)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la mise en place fiable et rapide du matériel de télécommunication est essentielle pour les opérations de secours en cas de catastrophes naturelles et de situations critiques analogues;
- b) que l'impossibilité de prévoir l'emplacement du lieu touché est inhérente aux catastrophes naturelles, d'où la nécessité de pouvoir acheminer rapidement sur place le matériel de télécommunication;
- c) que la transmission par satellite au moyen de stations terriennes transportables est un moyen incomparable et constitue parfois la seule solution viable pour assurer des services de télécommunication d'urgence destinés aux opérations d'avertissement et de secours;
- d) que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) a adopté la Recommandation N° 1;
- e) que le matériel de télécommunication peut remplir différentes fonctions, notamment les communications téléphoniques, les comptes rendus d'opérations sur le terrain, la collecte de données et dans certains cas la transmission vidéo, essentiellement à des fins de reconnaissance aérienne de la zone sinistrée,

recommande

- 1 que les éléments fournis à l'Annexe 1 soient pris en considération si l'on prévoit, pour les avertissements et les opérations de secours en cas de catastrophes naturelles et de situations critiques analogues, d'utiliser des systèmes du service fixe par satellite;
- 2 que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la Recommandation:

NOTE 1 – Il convient d'étudier avec soin les moyens à mettre en œuvre pour transporter, installer et faire fonctionner le matériel de télécommunication afin de pouvoir optimiser la fiabilité et la rapidité de déploiement du système.

NOTE 2 – Bien que l'utilisation de stations terriennes transportables en cas de catastrophes naturelles ne laisse pas le temps de procéder à une coordination préalable détaillée et à une évaluation du niveau de brouillage, il convient de prêter attention à ces aspects s'il y a utilisation en partage de bandes de fréquences.

* La Commission d'études 4 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2001 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44 (AR-2000).

ANNEXE 1

Utilisation de petites stations terriennes pour les opérations de secours en cas de catastrophes naturelles et de situations critiques analogues**1 Introduction**

En cas de catastrophes naturelles, d'épidémies, de famines, etc., le plus urgent est de mettre en place une liaison fiable pour les communications destinées aux opérations de secours. Afin d'établir ces communications au moyen du service fixe par satellite (SFS), il est souhaitable de disposer d'une station terrienne transportable, avec accès à un système à satellites existant, que l'on puisse emporter et installer dans la région sinistrée.

Tout système à satellites compatible avec les caractéristiques techniques de la station terrienne transportable peut servir à l'établissement d'une liaison de communication de ce type.

2 Considérations générales**2.1 Services requis et capacité en voies associée**

La liaison de télécommunication pour les opérations de secours relie la zone sinistrée à des centres de secours spécialisés et sa capacité de transmission de base doit comporter des circuits téléphoniques (y compris une voie de téléimprimeur ou de télécopie) et une voie de service.

De plus, puisqu'une surveillance aérienne en temps réel de la zone sinistrée est également jugée éminemment souhaitable pour mieux coordonner les opérations de secours (évaluation des priorités), il faudrait parfois disposer d'une voie unidirectionnelle vidéo avec compression à 2,048 Mbit/s. Par ailleurs, un réseau de plates-formes automatiques pour la surveillance continue des principales données écologiques (débit moyen 1,2 kbit/s) concernant certains paramètres propres aux risques pourrait utilement être intégré au réseau de communication d'urgence couvrant tout le territoire en question, pour faciliter la localisation rapide de la zone sinistrée.

2.2 Qualité des circuits

Les circuits établis pour les opérations de secours d'urgence ne doivent pas nécessairement avoir la haute qualité recommandée par l'UIT pour le SFS. Un rapport signal/bruit pondéré équivalent d'environ 30 dB pour une voie téléphonique semble être de nature à permettre une intelligibilité acceptable de la parole.

2.3 Choix de la bande de fréquences

Pour les opérations de secours, l'utilisation de la bande 6/4 GHz est souhaitable. Lorsqu'on dispose de satellites appropriés, il est préférable que les opérations de secours soient conduites dans des bandes qui ne sont pas en général utilisées en partage avec des services de Terre. Des bandes telles que 14/12 GHz et 30/20 GHz peuvent convenir dans certaines conditions.

2.4 Station terrienne associée

La station terrienne transportable pourrait correspondre avec n'importe quelle station terrienne existante appropriée, à condition que celle-ci possède l'équipement voulu. Il faudrait que les stations terriennes appropriées soient identifiées, de façon qu'on puisse les pourvoir à l'avance de l'équipement supplémentaire.

3 Méthodes de modulation préférées

Pour le choix du type de modulation qui convient le mieux pour un système fonctionnant avec une station terrienne transportable, il faut tenir compte de la puissance limitée sur le trajet descendant et de la nécessité d'une certaine souplesse d'accès au système à satellites.

Une station de ce genre pourrait utiliser la modulation de fréquence avec multiplexage par répartition en fréquence (MRF-MF), ou, dans le cas d'une seule voie par porteuse (SCPC), la modulation de fréquence avec compression-extension (MFC), la modulation MIC-MDP, la modulation delta MDP ($M\Delta$ -MDP) et enfin la modulation MDP avec codage à faible débit (MDP-CFD).

La transmission à une seule voie par porteuse MIC-MDP, déjà utilisée, est assurée à l'échelle mondiale. Cependant, les systèmes à modulation de fréquence à une seule voie avec compression-extension, ceux à modulation delta MDP ($M\Delta$ -MDP) et ceux à MDP-CFD sont plus efficaces lorsque la puissance est limitée. On pourrait améliorer encore l'efficacité des systèmes en recourant à des méthodes de codage à correction d'erreur directe.

Le Tableau 1 donne des exemples de la p.i.r.e. nécessaire pour les satellites et la station terrienne et de la largeur de bande pour la plupart de ces méthodes de modulation dans la bande 6/4 GHz. Toutefois, il convient de souligner que ce Tableau ne tient pas compte de toutes les nouvelles techniques dont on dispose aujourd'hui.

TABLEAU 1

Exemples de paramètres de transmission pour un système fonctionnant dans la bande 6/4 GHz

Rapport G/T dB(K ⁻¹) (diamètre)	Type de modulation	Largeur de bande par porteuse (kHz)	p.i.r.e. du satellite par porteuse (dBW)	p.i.r.e. de la station terrienne par porteuse (dBW)	Puissance d'émission de la station terrienne par porteuse (W)	Facteurs de qualité des circuits (par atmosphère claire)
17,5 (2,5 m)	MRF-MF (pour 6 voies)	250	14	57,5	45	S/N 30 dB
	SCPC 64 kbit/s MIC-MDP-4	45	11	54,5	22	TEB: 1×10^{-4}
	SCPC 32 kbit/s $M\Delta$ -MDP-2	45	5	48,5	5,6	TEB: 1×10^{-3}
	SCPC-MFC	30	1	44,5	2,2	S/N 22 dB (sans compression-extension)
23,5 (5 m)	MRF-MF (pour 6 voies)	250	8	57,5	11	S/N 30 dB
	SCPC 64 kbit/s MIC-MDP-4	45	5	54,5	5,6	TEB: 1×10^{-4}
	SCPC 32 kbit/s $M\Delta$ -MDP-2	45	-1	48,5	1,4	TEB: 1×10^{-3}
	SCPC-MFC	30	-5	44,5	0,6	S/N 22 dB (sans compression-extension)

NOTE 1 – On admet que, dans un système MRF-MF et dans les systèmes à une seule voie par porteuse avec compresseur-extenseur, on utilise un démodulateur à abaissement de seuil.

NOTE 2 – Les valeurs indiquées, pour les p.i.r.e. du satellite et de la station terrienne, correspondent à une petite station terrienne dont l'angle d'élévation de l'antenne est 10°, à l'exclusion de toute marge. Le facteur de qualité des stations terriennes, avec lesquelles communique la petite station terrienne, est $G/T = 40,7$ dB(K⁻¹).

NOTE 3 – Les caractéristiques du répéteur du satellite sont similaires à celles du répéteur à couverture globale d'Intelsat-V. On admet que le gain du répéteur est tel que la différence entre la p.i.r.e. de la station terrienne et la p.i.r.e. correspondante du satellite est de 65 dB.

NOTE 4 – En plus de la technique MRF-MF, il convient d'examiner également les techniques de multiplexage par répartition dans le temps pour les applications multivoie.

NOTE 5 – Il convient d'examiner également d'autres techniques de codage SCPC, par exemple la technique MDP-CFD à 16 kbit/s, qui pourront être utilisées dans ces applications.

4 Caractéristiques de la station terrienne transportable

4.1 Rapport G/T du système

Dans la bande des 4 GHz, il sera raisonnable de considérer comme objectif un rapport G/T compris entre 17,5 et 23,5 dB(K⁻¹). En supposant qu'on ait un amplificateur à faible bruit avec une température de bruit d'environ 50 K (TEC non refroidi) et que l'angle d'élévation de l'antenne soit de 10°, on aurait des diamètres d'antenne compris entre 2,5 et 5 m environ.

Dans les bandes de 11 à 13 GHz, les températures de bruit type des récepteurs varient entre 100 et 150 K (amplificateur TEC). Avec des antennes ayant un diamètre d'environ 3 m, on pourrait atteindre un rapport G/T de l'ordre de 23 dB(K⁻¹).

Dans la bande des 20 GHz, il sera raisonnable de considérer comme objectif un rapport G/T compris entre 14,5 et 24,5 dB(K⁻¹). En supposant qu'on ait un amplificateur TEC dont la température de bruit soit d'environ 750 K, ces valeurs correspondent à un diamètre d'antenne compris entre 1 et 3 m environ.

4.2 p.i.r.e. de la station terrienne

La p.i.r.e. de la station terrienne dépend de la méthode de modulation, de la capacité en voies de transmission et des caractéristiques du satellite.

Toutefois, dans le cas d'une exploitation sur plusieurs porteuses, comme c'est le cas de la transmission à une seule voie par porteuse (SCPC), la puissance maximale de sortie de l'émetteur doit être calculée en tenant compte d'un niveau suffisant de recul permettant d'abaisser le bruit d'intermodulation à un niveau acceptable. Le Tableau 1 donne des valeurs typiques de la p.i.r.e. requise pour la station terrienne transportable.

5 Configuration de la station terrienne transportable

La station terrienne comprend les principaux sous-systèmes suivants:

- antenne,
- amplificateur de puissance,
- récepteur à faible bruit,
- équipement de communication terrestre,
- équipement de commande et de contrôle,
- équipement terminal, y compris les téléimprimeurs, les télécopieurs et les téléphones,
- équipement auxiliaire.

5.1 Poids et dimensions

Tout l'équipement, y compris les cabines, devrait pouvoir se diviser en éléments ayant un poids tel qu'ils puissent être manipulés par un petit nombre de personnes. En outre, l'encombrement total et le poids total devraient être limités de façon que l'équipement puisse être transporté dans la soute à bagages d'un avion de ligne, tel que le Boeing B707 (poids admissible 7 000 kg) ou le Douglas DC8-62 (poids admissible 10 000 kg). Dans l'état actuel de la technique, ces limites sont faciles à respecter.

5.2 Antenne

L'une des conditions principales à remplir par l'antenne est sa facilité de montage et de transport. A cet effet, le réflecteur de l'antenne pourrait être composé de plusieurs fuseaux en matériau léger, par exemple en matière plastique armée de fibres ou en alliage d'aluminium. On a prévu d'utiliser une antenne d'un diamètre compris entre 2,5 et 5 m dans la bande 6/4 GHz. Dans les autres bandes de fréquences, les caractéristiques requises de construction de l'antenne sont plus faciles à obtenir compte tenu de la possibilité d'utiliser des antennes plus petites.

Le réflecteur principal de l'antenne pourrait être éclairé par un cornet à alimentation par l'avant ou par un dispositif d'alimentation comprenant un réflecteur secondaire. Il semble que ce dernier type soit un peu plus avantageux pour le rapport G/T , parce que l'on peut optimiser la courbure du réflecteur secondaire et celle du réflecteur principal, mais il peut se faire que des considérations de facilité de montage et d'alignement l'emportent sur celles relatives à l'obtention d'un rapport G/T élevé.

On pourrait réaliser un dispositif de pointage manuel ou automatique qui soit adapté au poids et à la consommation de puissance, avec un débattement angulaire de $\pm 5^\circ$ environ, l'information de pointage étant fournie par une porteuse émise par le satellite.

5.3 Amplificateur de puissance

Le klystron à refroidissement par air et l'amplificateur à tube à ondes progressives (TOP) (de type hélicoïdal) conviennent tous deux à cette application, mais, du point de vue du rendement et de la facilité de maintenance, le premier est choisi de préférence.

Bien que la largeur de bande de transmission instantanée soit petite, on pourra être amené à prévoir une large gamme d'accord de l'amplificateur de sortie, par exemple 500 MHz, puisque le canal disponible du satellite peut être situé à un endroit quelconque de cette bande.

Lorsque la puissance requise est de moins de 15 W, un amplificateur de puissance à état solide (TEC) conviendrait aussi.

Dans la bande des 30 GHz, les amplificateurs IMPATT, les TOP et les klystrons conviennent à cette application.

5.4 Récepteur à faible bruit

Comme ce récepteur doit être petit, léger, facilement manipulable et nécessiter peu de maintenance, c'est un amplificateur à faible bruit non refroidi qui convient le mieux.

On a obtenu une température de 50 K, et dans l'avenir on compte atteindre une température encore plus basse, dans la bande des 4 GHz. Un amplificateur TEC convient mieux du point de vue de la dimension, du poids et de la consommation d'énergie qu'un amplificateur paramétrique. Une température de bruit de 50 K dans la bande des 4 GHz et de 150 K dans celle des 12 GHz a été obtenue avec des amplificateurs TEC. Dans la bande des 20 GHz, une température de bruit inférieure ou au plus égale à 300 K a été obtenue avec un amplificateur TEC à la température ambiante.

6 Exemples de réalisation de stations terriennes transportables et de mise en place des systèmes

6.1 Petites stations terriennes transportables

Dans la bande 6/4 GHz, un certain nombre de stations terriennes transportables fonctionnent maintenant avec divers diamètres d'antenne. Dans la bande 14/12 GHz, la plupart des stations transportables ont des antennes d'un diamètre de 3 m environ.

6.1.1 Exemple de petite station terrienne transportable destinée à fonctionner à 6/4 GHz

Une station terrienne pouvant être aéroportée ou transportée par un camion de 8 tonnes a été construite selon les principes énoncés au § 5; elle a fonctionné de façon satisfaisante.

Cette station est équipée d'une antenne de 3 m de diamètre, sa p.i.r.e. de crête est d'environ 67 dBW et la valeur de son rapport G/T est d'environ 18 dB(K⁻¹). Elle a un poids total de 7 tonnes et l'énergie électrique nécessaire (y compris la climatisation) est de 12,5 kVA. Le réflecteur est en une pièce et la mise en place du système est effectuée par trois personnes en 1 h environ. La station fait appel à la modulation MRF-MF et sa capacité est de 132 voies duplex. Le répéteur à faisceau modelé est similaire au répéteur japonais CS-3 (satellite de communication N° 3) et il présente un rapport signal/bruit dans une voie de 43 dB environ.*

6.1.2 Exemples de petites stations terriennes transportables par avion ou installées à bord d'un véhicule et fonctionnant dans la bande 14/12 GHz

Le Japon a mis au point divers types de petites stations terriennes pour les nouveaux systèmes de télécommunication par satellite dans la bande 14/12 GHz. Pour contribuer à généraliser les applications de ces petites stations terriennes, on s'est efforcé d'en diminuer les dimensions et d'en améliorer la transportabilité. On peut ainsi les utiliser occasionnellement ou provisoirement pour des opérations de secours dans un pays donné ou même à l'échelon mondial. Installées à bord d'un véhicule, ou à l'intérieur de conteneurs portables dotés d'une petite antenne, ces stations terriennes peuvent donc servir dans une situation critique.

Les stations terriennes installées à bord de véhicules, tels que des camions à quatre roues motrices dotés de tous les équipements nécessaires, sont opérationnelles dans les 10 min qui suivent leur arrivée, en comptant les réglages nécessaires, tels que la mise en direction de l'antenne.

On démonte la station terrienne portative avant de la transporter et on la remonte sur place en 15 à 30 min environ. Les dimensions et le poids de l'équipement permettent en général le transport à la main par une ou deux personnes et les conteneurs sont conformes aux limites fixées par les règlements de l'IATA pour les bagages enregistrés. Le poids total de ce type de station terrienne, y compris la génératrice et l'antenne est, en principe, de l'ordre de 150 kg, mais atteint plus généralement 200 kg. Ce matériel peut également être transporté par hélicoptère.

Des exemples de petites stations terriennes transportables destinées aux satellites japonais de télécommunication dans la bande 14/12 GHz sont présentés au Tableau 2.

* *Note du Directeur du Bureau des radiocommunications* – Les informations contenues dans le second alinéa du § 6.1.1 de la présente Recommandation ont été mises à jour sur la base de la proposition de l'Administration japonaise, reçue après l'approbation conformément à l'ancienne Résolution 97 de l'ex-CCIR (Düsseldorf, 1990).

TABLEAU 2

**Exemples de petites stations terriennes transportables
fonctionnant dans la bande 14/12 GHz**

Exemple N°	1	2	3	4	5	6
Type de transport	Véhicule			Transportable par avion		
Diamètre de l'antenne (m)	2,6 × 2,4	1,8	1,2	1,8	1,4	1,2
p.i.r.e. (dBW)	72	70	62,5	70	64,9	62,5
Largeur de bande RF (MHz)	24-27	20-30	30	20-30	30	30
Poids total	6,4 t	6,0 t	2,5 t	275 kg	250 kg	200 kg
Fardeaux:						
– Dimensions maximales (m)	–	–	–	<2	<2	<2
– Nombre total	–	–	–	10	13	8
– Poids maximal (kg)	–	–	–	45	34	20
Capacité du générateur de puissance (kVA)	7,5	10	5	3	0,9-1,3	1,0
Nombre de personnes nécessaires	1-2	1-2	1-2	2-3	2-3	1-2

6.1.3 Exemples de petites stations terriennes transportables destinées à fonctionner à 30/20 GHz

Deux types de petites stations terriennes fonctionnant à 30/20 GHz et pouvant être transportées par un camion ou un hélicoptère ont été construits et ont fonctionné d'une manière satisfaisante au Japon.

Le Tableau 3 donne des exemples de petites stations terriennes transportables destinées à fonctionner à 30/20 GHz.

6.2 Exemple d'un réseau de secours et de stations terriennes associées fonctionnant dans la bande 14/12,5 GHz

Un réseau à satellite de secours a été conçu et mis en œuvre en Italie pour fonctionner dans la bande de fréquences 14/12,5 GHz en utilisant un répéteur du satellite EUTELSAT. Ce réseau spécialisé, qui repose sur l'utilisation de techniques entièrement numériques, offre des circuits de secours téléphoniques et de données et une voie vidéo à compression en temps partagé pour les opérations de secours et pour recueillir des données concernant l'environnement. L'architecture du réseau est fondée sur un double sous-réseau en étoile, pour les deux services et utilise les techniques de transmission dynamique MRT-MDP-2 et AMRF-AMRT-MDP-2, respectivement pour les voies sortantes et pour les voies entrantes. Le secteur terrien est composé d'une station centrale commune aux deux réseaux en étoile, qui est une station terrienne fixe ayant une antenne de 9 m de diamètre et un émetteur de 80 W, d'un petit nombre de stations terriennes transportables, ayant des antennes de 2,2 m et des émetteurs de 110 W et d'un certain nombre de plates-formes fixes de transmission de données ayant des paraboles de 1,8 m de diamètre et des émetteurs à amplificateur de puissance à état solide de 2 W. Ces plates-formes permettent de recevoir des signaux avec un rapport G/T de 19 dB(K⁻¹), afin d'être commandées à distance par la station maîtresse, et leur débit de transmission moyen est de 1,2 kbit/s.

La station terrienne transportable, qui est montée sur un camion, mais qui peut, si nécessaire, être chargée dans un hélicoptère de transport pour l'acheminement rapide, présente un rapport G/T de 22,5 dB(K⁻¹) et est équipée de deux ensembles comportant chacun une voie téléphonique à 16 kbit/s (vocodeurs) et une voie de télécopie à 2,5 kbit/s. Ces stations terriennes qui sont également en mesure d'assurer la transmission d'une voie vidéo à compression à 2,048 Mbit/s en SCPC-MDP-2, sont télécommandées par la station maîtresse. Les principales caractéristiques de ce réseau de secours spécialisé d'urgence sont résumées au Tableau 4.

TABLEAU 3

Exemples de petites stations terriennes transportables

Fréquence de fonctionnement (GHz)	Poids total (tonnes)	Puissance requise (kVA)	Antenne		p.i.r.e. maximale (dBW)	G/T (dB(K ⁻¹))	Type de modulation	Durée totale de montage (h)	Emplacement habituel de la station terrienne
			Diamètre (m)	Type					
30/20	5,8	12	2,7	Cassegrain	76	27	MF (1 canal de TV couleur) ⁽¹⁾ ou MRF-MF (132 voies téléphoniques)	1	Sur camion
	2	9	3	Cassegrain ⁽²⁾	79,8	27,9	MF (1 canal de TV couleur) ⁽¹⁾ et MICDA-MDP-2-SCPC (3 voies téléphoniques)	1	Au sol
	1	1 ⁽³⁾	2	Cassegrain	56,3	20,4	MDA-MDP-4-SCPC (1 voie téléphonique)	1,5	Au sol
	0,7	3	1	Cassegrain	59,9	15,2	MF-SCPC (1 voie téléphonique) ou MD-MDP-4-SCPC (1 voie téléphonique)	1	Sur camion

(1) Unidirectionnel.

(2) Le réflecteur est composé de 3 éléments.

(3) A l'exclusion de la puissance nécessaire pour la climatisation.

TABLEAU 4

Exemple d'un réseau de télécommunication de secours par satellite fonctionnant à 14/12,5 GHz

Désignation de la station	Diamètre d'antenne (m)	G/T (dB(K ⁻¹))	Puissance de l'émetteur (W)	Puissance d'alimentation primaire (kVA)	Technique de transmission		Possibilités offertes
					Émetteur	Récepteur	
Maîtresse	9,0	34,0	80	15,0	Émetteur	512 kbit/s-MRT-MDP-2 (+ CED 1/2)	12 × 16 kbit/s (vocodeur) voies téléphoniques 12 × 2,4 kbit/s voies de télécopie 1 × 2,048 Mbit/s voie vidéo
					Récepteur	«n» × 64 kbit/s-AMRF-AMRT-MDP-2 (+ CED 1/2) et 2,048 Mbit/s-SCPC-MDP-4 (+ CED 1/2)	
Périphériques (transportables)	2,2	22,5	110	2,0	Émetteur	64 kbit/s-AMRT-MDP-2 (+ CED 1/2) et 2,048 Mbit/s-SCPC-MDP-4 (+ CED 1/2)	2 × 16 kbit/s (vocodeur) voies téléphoniques 2 × 2,4 kbit/s voies de télécopie 1 × 2,048 Mbit/s voie vidéo
					Récepteur	512 kbit/s-MRT-MDP-2 (+ CED 1/2)	
Plates-formes automatiques	1,8	19,0	2	0,15	Émetteur	64 kbit/s-AMRT-MDP-2 (+ CED 1/2)	1 × 1,2 kbit/s voies de transmission de données
					Récepteur	512 kbit/s-MRT-MDP-2 (+ CED 1/2)	