

RECOMMANDATION UIT-R S.1001-1*

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

(1993-2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation fournit des lignes directrices sur l'utilisation des réseaux à satellite en cas de catastrophes naturelles et de situations critiques analogues. Elle donne des informations sur la conception générale des systèmes et des terminaux, adaptées aux télécommunications pour les secours en cas de catastrophes.

Cette Recommandation satisfait aux prescriptions de la Convention de Tampere (2005).

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 à l'aide de microstations terriennes, telles que des stations VSAT fixes, des stations terriennes montées sur véhicule et des stations terriennes transportables, est un moyen incomparable et constitue parfois l'une des solutions les plus viables pour assurer des services de télécommunication d'urgence destinés aux opérations de secours;
- d) que le matériel de télécommunication peut remplir différentes fonctions, notamment les télécommunications téléphoniques, les comptes rendus d'opérations sur le terrain, la collecte de données et la transmission vidéo;
- e) qu'il serait utile de fournir des paramètres techniques pour les microstations terriennes et de donner des exemples de systèmes utilisés en cas d'urgence qui serviraient de lignes directrices en vue de planifier l'utilisation de systèmes pour les opérations d'alerte et de secours,

recommande

- 1 que les éléments fournis à l'Annexe 1 soient pris en considération si l'on prévoit d'utiliser des systèmes du SFS pour les opérations d'alerte et de secours en cas de catastrophes naturelles et de situations critiques analogues;

* Pour des précisions sur l'utilisation de petites stations terriennes pour la transmission de signaux télévisuels, voir la Recommandation UIT-R SNG.1421.

2 que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la présente 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.

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., il est urgent de mettre en place une liaison de communication fiable pour les opérations de secours. Le système à satellites semble être le moyen le plus adapté pour établir une liaison de communication rapide avec des installations distantes. Les principales caractéristiques d'un tel système sont examinées ci-après. En supposant qu'il soit exploité dans le SFS, il est souhaitable de disposer d'une petite station terrienne, une station VSAT fixe par exemple, d'une station terrienne montée sur véhicule ou d'une station terrienne transportable, avec accès à un système à satellites existant, que l'on puisse emporter et installer dans la région sinistrée. Il est également souhaitable que de tels systèmes se fondent sur des normes largement utilisées de façon que:

- le matériel soit facilement accessible; et que
- l'interopérabilité;
- la fiabilité soient garanties.

On trouvera dans la présente Annexe des informations qui pourront être utiles, en cas de catastrophes naturelles et de situations critiques analogues, pour planifier l'utilisation de ces systèmes dans le SFS pour les opérations d'alerte et de secours.

2 Considérations générales

2.1 Services requis

L'architecture de communication de base pour les opérations de secours devrait comporter une liaison reliant la zone sinistrée à des centres de secours spécialisés et des services de téléphonie, de transmission de données (IP, datagrammes, télécopies, ...) et de transmission vidéo devraient être fournis en tant que services de télécommunication de base. Pour ces types de transmission, on utilise la plupart du temps des technologies numériques.

2.2 Prescriptions relatives au canal et à la couche physique

Dans les transmissions numériques, la probabilité d'erreur binaire (PEB) permet de mesurer la qualité de fonctionnement du canal codé. L'objectif en matière de PEB qui est recommandé pour le SFS, comme indiqué dans la Recommandation UIT-R S.1062, est de 10^{-6} pendant 99,8% du temps pour le mois le plus défavorable. Cet objectif découle à la fois du SNIR (rapport signal/bruit + brouillage), qui permet de mesurer la qualité de fonctionnement du canal, et du codage. Un codage approprié peut compenser, dans une certaine mesure, la mauvaise qualité du canal, mais diminue le débit binaire utile.

Il faudrait renforcer le codage compte tenu des conditions particulières de transmission sur les lieux du sinistre aussi bien pour les opérations d'alerte que pour les opérations de secours (par exemple, conditions climatiques du site, nature de la mission, ...), conditions risquant de dégrader la qualité du canal. L'idéal serait de disposer d'un codage adaptatif, c'est-à-dire un système capable d'obtenir des informations du canal et d'adapter le taux de codage en conséquence.

2.3 Caractéristiques du réseau

Pour les opérations de secours, étant donné qu'il faut impérativement disposer de petites antennes, il est préférable d'exploiter le réseau dans la bande des 14/12 GHz ou même dans celle des 30/20 GHz. Si dans les bandes des 6/4 GHz par exemple, il est nécessaire d'utiliser des antennes plus grandes, les petites antennes peuvent également convenir en fonction des conditions de transmission et de la couverture des ressources satellitaires. Afin d'éviter les brouillages, il ne faut pas perdre de vue que certaines bandes sont utilisées en partage avec des services de Terre.

La qualité de service du réseau devrait être appropriée. Si le réseau est utilisé en partage avec des utilisateurs qui n'ont pas de besoins urgents, la priorité absolue devrait être accordée aux opérations d'urgence, ce qui signifie une classe de service «ayant droit de préemption». Il pourrait être souhaitable de disposer d'un réseau totalement privé, dont les bandes de fréquences et les installations soient réservées.

Lorsqu'on exploite un grand nombre de stations terriennes, il peut être nécessaire de commander le réseau à l'aide du mode d'accès multiple avec assignation en fonction de la demande (AMAD).

2.4 Station terrienne associée

Comme petites stations terriennes sur site, il faudrait envisager d'utiliser une station terrienne montée sur véhicule ou une station terrienne transportable. Les § 3 à 6 ci-après pourront être utiles pour déterminer la dimension de ces stations.

Pour garantir le bon fonctionnement des stations terriennes en cas de catastrophes naturelles, il est essentiel de dispenser une formation régulière aux opérateurs potentiels et d'assurer une maintenance de préparation du matériel. Il faudrait notamment veiller à prévoir des batteries ou des systèmes d'alimentation électrique autonomes.

3 Ressources satellitaires et niveaux de p.i.r.e. de la station terrienne nécessaires

Dans le présent paragraphe, nous allons étudier les ressources satellitaires et les niveaux de p.i.r.e. de la station terrienne nécessaires en calculant le bilan de liaison, dans l'hypothèse où une petite station terrienne (station VSAT fixe, station terrienne montée sur véhicule ou station terrienne transportable) exploitée dans la zone sinistrée, communique avec une station terrienne pivot équipée d'une antenne plus grande.

Pour choisir les paramètres du système, on doit se fonder sur les considérations du présent paragraphe pour les bandes des 6/4 GHz, 14/12 GHz et 30/20 GHz. Ces paramètres sont indiqués dans les Tableaux 1 a) à 1 f).

Des modulations numériques types et des méthodes de correction directe des erreurs (CED) telles que la modulation MDP-4 associée à un code convolutif avec un taux de 1/2, la modulation MDP-4 associée à un code convolutif avec un taux de 3/4, la modulation MDP-4 associée à un code convolutif avec un taux de 1/2, plus un code externe Reed-Solomon (RS) de 188/204, et la modulation MDP-4 associée à un code convolutif avec un taux de 1/2 et un code Turbo (TC) de 1/2, sont généralement utilisées pour les liaisons par satellite du SFS. Il convient de souligner que le codage turbo ou codage de contrôle de parité à faible densité (LDPC) remplace aujourd'hui le codage convolutif interne associé au codage externe RS, car il donne en général de meilleurs résultats; on continue toutefois d'utiliser cet ancien schéma de codage.

Dans cet exemple de calcul du bilan de liaison, on suppose que le diamètre de l'antenne d'une petite station terrienne (montée sur véhicule ou transportable) est de 2,5 m ou de 5 m pour la bande des 6/4 GHz, de 1,2 m ou de 3 m pour la bande des 14/12 GHz et de 1,2 m ou de 2,4 m pour la bande des 30/20 GHz. Pour les stations exploitées dans la bande des 14/12 GHz et 30/20 GHz, on peut utiliser des antennes de diamètre plus petit si l'on prend les précautions nécessaires – utilisation de satellites avec un rapport G/T plus élevé ou de techniques d'étalement du spectre – pour pouvoir ramener les émissions hors axe à des niveaux acceptables.

Dans la bande des 4 GHz, un rapport G/T type d'une station terrienne est de 17,5 dB/K et de 23,5 dB/K pour des antennes de 2,5 m et de 5 m respectivement. Dans la bande des 12 GHz, ce rapport est de 20,8 dB/K et de 28,8 dB/K pour des antennes de 1,2 m et de 3 m respectivement. Dans la bande des 20 GHz, il est de 25,1 dB/K et de 31,1 dB/K pour des antennes de 1,2 m et de 2,4 m respectivement. On suppose que la température de bruit de l'amplificateur à faible bruit est de 60 K, 100 K et 140 K pour les bandes des 4 GHz, 12 GHz et 20 GHz respectivement. Bien que l'on puisse utiliser des antennes à petite ouverture (45 cm, 75 cm, etc.), il faudrait respecter les limites hors axe prévues dans le Règlement des radiocommunications lorsqu'on utilise ce type d'antenne. Etant donné qu'en utilisant des petites antennes, on risque de ne pas satisfaire aux critères d'émission hors axe, il faudrait donc réduire la puissance d'émission de la station terrienne pour éviter de causer des brouillages aux satellites adjacents et à d'autres services.

A noter que les valeurs de p.i.r.e. du satellite et de la station terrienne indiquées correspondent à une petite station terrienne avec un angle d'élévation d'antenne de 10° et une marge totale de 2 dB.

Le Tableau 1f) donne les valeurs des paramètres types du satellite pour des faisceaux mondiaux dans la bande des 6/4 GHz et des faisceaux ponctuels dans les bandes des 14/12 GHz et 30/20 GHz. Le «gain du répéteur #a» et le «gain du répéteur #b» qui y sont indiqués sont définis sur la Fig. 1.

Comme il ressort des calculs du bilan de liaison dans la direction sortante (station pivot-vers-station VSAT) et dans la direction entrante (terminal VSAT-vers-station pivot), les Tableaux 2a), 2b) et 2c) donnent des exemples de ressources satellitaires et des niveaux de p.i.r.e. de la station terrienne nécessaires, y compris la p.i.r.e. requise du satellite, la p.i.r.e. de la station terrienne et la largeur de bande requise pour la modulation numérique type et les méthodes de CED dans les bandes des 6/4 GHz, 14/12 GHz et 30/20 GHz.

Etant donné que la largeur de bande requise est indiquée dans une seule direction, il faut deux fois la valeur indiquée pour les deux directions. La p.i.r.e. requise du satellite correspond à la liaison descendante dans la direction sortante, puissance qui est généralement limitée. La p.i.r.e. et la puissance d'émission requises de la station terrienne correspondent à la liaison montante dans la direction entrante, cette puissance étant aussi généralement limitée.

Ces calculs ne tiennent pas compte de l'affaiblissement dû aux précipitations. En fonction des conditions locales, il peut être nécessaire de prévoir une marge pour la pluie. Il n'est pas non plus tenu compte du brouillage ou intermodulation. Il faut donc prévoir des marges supplémentaires. (Voir la Recommandation UIT-R P.618 pour l'affaiblissement dû aux précipitations pour les conditions climatiques locales et la Recommandation UIT-R S.1432 pour les différents critères de brouillage.)

TABLEAU 1

**Paramètres types du satellite, de la station terrienne
et de la porteuse utilisés pour les calculs**

a) Distance par rapport au satellite OSG et
affaiblissement du trajet

Élévation (degrés)	10
Distance (km)	40 600

b) Affaiblissement du trajet (élévation = 10°)

Fréquence (GHz)	6/4		14/12		30/20	
	4,0	6,2	12,25	14,25	20,0	30,0
Longueur d'onde (m)	0,08	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01
Affaiblissement du trajet (dB)	196,7	200,5	206,4	207,7	210,6	214,2

c) Paramètres du canal de transmission

Modulation/CED	MDP-4 Conv. ⁽¹⁾ 1/2	MDP-4 Conv. ⁽¹⁾ 3/4	MDP-4 Conv. ⁽¹⁾ 1/2	MDP-4 Codage turbo 1/2	MDP-8 2/3
TEB	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
E_b/N_0 requis (dB)	6,1	7,6	4,4	3,1	9,0
Taux de CED	0,5	0,75	0,5	0,5	0,67
Taux de codage externe	1,0	1,0	188/204	1,0	1,0
Nombre de bits dans un symbole	2	2	2	2	3
C/N requis (dB)	6,1	9,4	4,0	3,1	12,0

⁽¹⁾ Longueur de contrainte $k = 7$.

d) Gain d'antenne et rapport G/T de la station terrienne

Bande de fréquences (GHz)	6/4				14/12				30/20			
Diamètre d'antenne	2,5 m		5,0 m		1,2 m		3,0 m		1,2 m		2,4 m	
Fréquence (GHz)	4,0	6,2	4,0	6,2	12,25	14,25	12,25	14,25	20,0	30,0	20,0	30,0
Efficacité	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Gain d'antenne crête (dBi)	38,2	42,0	44,2	48,0	41,5	42,8	49,5	50,8	45,8	49,3	51,8	55,3
G/T (dB/K)	17,5	/	23,5	/	20,8	/	28,8	/	25,1	/	31,1	/

e) Gain d'antenne et rapport G/T de la station terrienne pivot

Fréquence (GHz)	6/4		14/12		30/20	
	4,0	6,2	12,25	14,25	20,0	30,0
Gain d'antenne (dBi)	55,7	59,5	57,9	59,5	58,0	61,8
G/T de la station terrienne pivot (dB/K)	35,0	/	35,0	/	35,0	/
Dimension de l'antenne de la station terrienne pivot (m)	18		7,6		4,7	

f) Gain du répéteur du satellite

Satellite	Satellite 6/4 GHz	Satellite 14/12 GHz	Satellite 30/20 GHz
Bande de fréquences (GHz)	6/4	14/12	30/20
Longueur d'ondes (m)	0,05	0,02	0,01
Type de faisceau	MONDIAL	PONCTUEL	Multiple
G/T en réception pour le satellite (dB/K)	-13,0	2,5	11,0
p.i.r.e. de saturation du répéteur pour une porteuse unique (dBW)	29,0	45,8	54,5
SFD (dB(W/m ²))	-78,0	-83,0	-98,4
IBO-OBO (dB)	1,8	0,9	5,0
G_s (dB)	37,3	44,5	51,0
Gain du répéteur #a (dB)	146,1	174,2	200,2
Gain du répéteur #b (dB)	-55,3	-33,5	-14,0

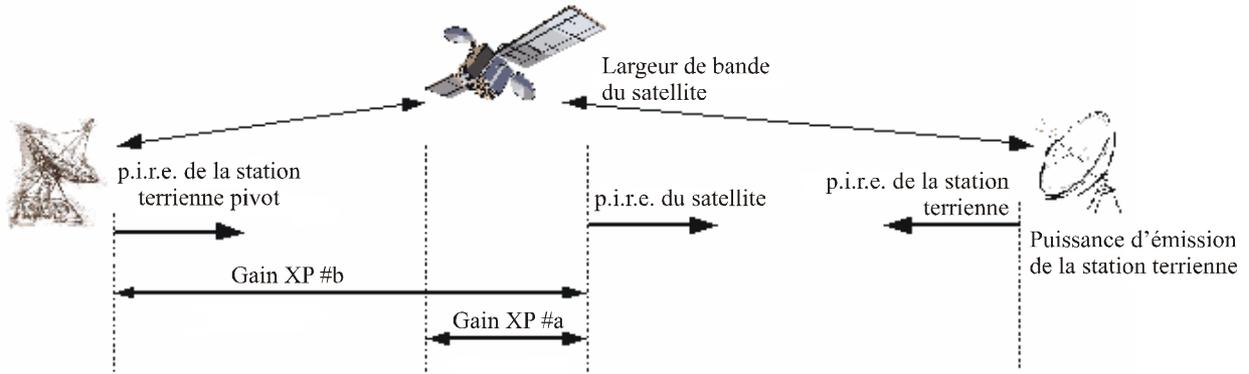
SFD: puissance surfacique de saturation

IBO: recul d'entrée

OBO: recul de sortie

FIGURE 1

Définition du gain du répéteur (gain XP)



Gain XP #a = $G_s + \text{p.i.r.e. (saturation du satellite) SFD} + \Delta$ (IBO-OBO)
 Gain XP #b = p.i.r.e. du satellite - p.i.r.e. de la station terrienne pivot
 G_s : gain de l'antenne de 1 m²

1001-01

TABLEAU 2a

Exemples de ressources satellitaires et de niveaux de p.i.r.e. de la station terrienne nécessaires dans la bande des 6/4 GHz

IR ⁽¹⁾	Modulation/CED	MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 1/2		MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 3/4		MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 1/2 + RS		MDP-4 TC 1/2	
		2,5 m	5,0 m	2,5 m	5,0 m	2,5 m	5,0 m	2,5 m	5,0 m
64 kbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	90	90	60	60	90	90	60	60
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	6,8	0,9	8,3	2,4	6,8	0,9	8,3	2,4
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	46,2	46,2	47,7	47,7	46,2	46,2	47,7	47,7
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	3,1	0,8	4,4	1,1	3,1	0,8	4,4	1,1
1 Mbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	1 434	1 434	956	956	1 434	1 434	956	956
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	18,8	12,9	20,3	14,4	18,8	12,9	20,3	14,4
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	58,2	58,2	59,7	59,7	58,2	58,2	59,7	59,7
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	50,3	12,6	71,1	17,8	50,3	12,6	71,1	17,8
6 Mbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	8 602	8 602	5 734	5 734	8 602	8 602	5 734	5 734
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	26,6	20,7	28,1	22,2	26,6	20,7	28,1	22,2
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	66,0	66,0	67,5	67,5	66,0	66,0	67,5	67,5
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	302,1	75,5	426,7	106,7	302,1	75,5	426,7	106,7

IR: débit d'information (*information rate*)

Longueur de contrainte $K = 7$.

TABLEAU 2b

**Exemples de ressources satellitaires et de niveaux de p.i.r.e. de la station terrienne
nécessaires dans la bande des 14/12 GHz**

IR ⁽¹⁾	Modulation/CED	MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 1/2		MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 3/4		MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 1/2 + RS		MDP-4 TC 1/2	
	Diamètre d'antenne	1,2 m	3,0 m	1,2 m	3,0 m	1,2 m	3,0 m	1,2 m	3,0 m
64 kbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	90	90	60	60	97	97	90	90
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	14,7	7,4	16,2	8,9	13,0	5,7	11,7	4,4
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	35,6	35,6	37,1	37,1	33,9	33,9	32,6	32,6
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	0,3	0,1	0,5	0,1	0,2	0,04	0,2	0,03
1 Mbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	1 434	1 434	956	956	1 556	1 556	1 434	1 434
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	26,7	19,4	28,2	20,9	25,0	17,7	23,7	16,4
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	47,7	47,7	49,2	49,2	46,0	46,0	44,7	44,7
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	5,3	0,9	7,5	1,2	3,6	0,6	2,7	0,4
6 Mbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	8 602	8 602	5 734	5 734	9 334	9 334	8 602	8 602
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	34,5	27,2	36,0	28,7	32,8	25,5	31,5	24,2
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	55,4	55,4	56,9	56,9	53,7	53,7	52,4	52,4
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	32,0	5,1	45,1	7,2	21,6	3,5	16,0	2,6

⁽¹⁾ IR: débit d'information.

⁽²⁾ Longueur de contrainte $K = 7$.

TABLEAU 2c

**Exemples de ressources satellitaires et de niveaux de p.i.r.e. de la station terrienne
nécessaires dans la bande des 30/20 GHz**

IR ⁽¹⁾	Modulation/CED	MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 1/2		MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 3/4		MDP-4 Conv. ⁽²⁾ 1/2 + RS		MDP-4 TC 1/2	
	Diamètre d'antenne	1,2 m	2,4 m	1,2 m	2,4 m	1,2 m	2,4 m	1,2 m	2,4 m
64 kbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	90	90	60	60	97	97	90	90
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	25,8	25,5	27,3	27,0	24,1	23,8	22,8	22,5
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	30,7	30,7	32,2	32,2	29,0	29,0	27,7	27,7
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	0,024	0,006	0,035	0,009	0,017	0,004	0,012	0,003
1 Mbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	1 434	1 434	956	956	1 556	1 556	1 434	1 434
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	37,9	37,6	39,4	39,1	36,2	35,9	34,9	34,6
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	42,8	42,8	44,3	44,3	41,1	41,1	39,8	39,8
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	0,4	0,1	0,6	0,1	0,3	0,1	0,2	0,05
6 Mbit/s	Largeur de bande attribuée au satellite (kHz)	8 602	8 602	5 734	5 734	9 334	9 334	8 602	8 602
	p.i.r.e. du satellite (dBW)	45,6	45,4	47,1	46,9	43,9	43,7	42,6	42,4
	p.i.r.e. de la station terrienne (dBW)	50,6	50,6	52,1	52,1	48,9	48,9	47,6	47,6
	Puissance d'émission de la station terrienne (W)	2,3	0,6	3,3	0,8	1,6	0,4	1,2	0,3

⁽¹⁾ IR: débit d'information.

⁽²⁾ Longueur de contrainte $K = 7$.

3.1 Exemple de calculs du bilan de liaison

A titre d'exemple, on trouvera dans le Tableau 3a des détails sur les calculs du bilan de liaison figurant dans le Tableau 2a (dans le cas d'un débit de 6 Mbit/s dans la bande des 6/4 GHz avec une modulation MDP-4 associée à un code convolutif avec un taux de 1/2, et d'une antenne de 2,5 m).

Dans le Tableau 3a, l'indication⁽²⁾ correspond aux valeurs du Tableau 2a qui résultent des calculs.

TABLEAU 3a

Calculs du bilan de liaison du Tableau 2a

(débit de 6 Mbit/s dans la bande C avec une modulation MDP-4 associée à un code convolutif avec un taux de 1/2, avec antenne de 2,5 m)

Elément	Unité	Valeur
<i>A. Paramètres du canal de transmission</i>		
Modulation		MDP-4 Conv. ⁽¹⁾ 1/2
TEB		10 ⁻⁶
E_b/N_0 nécessaire (dB)	dB	6,1
C/N nécessaire (dB)	dB	6,1
<i>B. Principaux paramètres du satellite</i>		
SFD (bord du faisceau)	dB(W/m ²)	-78,0
G/T (bord du faisceau)	dB/K	-13,0
p.i.r.e de saturation du répéteur pour une porteuse unique (bord du faisceau) (dBW)	dBW	29,0
IBO	dB	-5,4
OBO	dB	-4,5
Δ (IBO-OBO)	dB	0,9
Gain d'une antenne de 1 m ²	dB	37,3
Gain du répéteur (#a)	dB	145,2
<i>C. Paramètres de la transmission par courants porteurs</i>		
Débit d'information	kbit/s	6 144,0
Taux de CED		0,5
Taux RS (Reed Solomon)		1,0
Débit de transmission	kbit/s	12 288,0
Largeur de bande de bruit	kHz	6 144,0
Largeur de bande attribuée ⁽²⁾	kHz	8 601,6 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Longueur de contrainte $K = 7$.

TABLEAU 3a (fin)

<i>D. Paramètres principaux de la station terrienne</i>			
<i>G/T</i>	dB/K	17,5 (station terrienne avec antenne de 2,5 m)	35,0 (station terrienne pivot)
<i>E. Calculs du bilan de liaison</i>			
		Liaison sortante (station pivot ≥ station terrienne avec antenne de 2,5 m)	Liaison entrante (station terrienne avec antenne de 2,5 m ≥ station pivot)
<i>1. C/N sur liaison montante (station terrienne pivot vers satellite)</i>			
p.i.r.e. de la station pivot	dBW	81,9	66,0 ⁽²⁾
Affaiblissement en espace libre (6 GHz)	dB	200,5	200,5
<i>G/T</i> du satellite (bord du faisceau)	dB/K	-13,0	-13,0
<i>C/N</i> (a)	dB	29,1	13,21
<i>2. IM (intermodulation) de la station terrienne</i>			
<i>C/N</i> (b)	dB	99,0	99,0
<i>3. IM (intermodulation) du satellite</i>			
<i>C/N</i> (c)	dB	99,0	99,0
<i>4. C/N sur liaison descendante (satellite vers station terrienne)</i>			
p.i.r.e. du satellite (bord du faisceau)	dBW	26,6 ⁽²⁾	10,7
Avantages offerts par le diagramme etc.	dB	0,0	0,0
Affaiblissement en espace libre (4 GHz)	dB	196,7	196,7
<i>G/T</i> de la station terrienne	dB/K	17,5	35,0
<i>C/N</i> (d)	dB	8,1	9,7
<i>5. Brouillage cocanal</i>			
<i>C/N</i> (e)	dB	99,0	99,0
<i>C/N</i> total (<i>C/N</i> (a) ~ <i>C/N</i> (e))	dB	8,1	8,1
Marge	dB	2,0	2,0
<i>C/N</i> total	dB	6,1	6,1
Gain du répéteur (#b)	dB	-55,3	
Affaiblissement du dispositif d'alimentation	dB		0,8
Gain de l'antenne de la station terrienne (2,5 m)	dB _i		42,0
Puissance d'émission requise de la station terrienne	W		302,1 ⁽²⁾

4 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 télécopieurs et les téléphones,
- équipements auxiliaires.

Le présent paragraphe devrait servir de lignes directrices s'agissant des caractéristiques réelles du système et des petites stations terriennes, telles que la capacité de transmission, le poids/les dimensions et la qualité de fonctionnement des sous-systèmes.

4.1 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. Dans l'état actuel de la technique, ces limites sont faciles à respecter. Il faudrait consulter les spécifications de dimensions et de poids autorisés à bord des différents avions de ligne lorsque l'on conçoit des terminaux de satellite destinés aux télécommunications de secours en cas de catastrophes naturelles.

4.2 Antenne

L'une des conditions principales à remplir par l'antenne est la 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 des 6/4 GHz. Dans les autres bandes de fréquences, les prescriptions de construction de l'antenne sont plus faciles à respecter puisque des antennes plus petites peuvent être utilisées.

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 en ce qui concerne 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 adapté au poids et à la consommation électrique, avec un débattement angulaire de $\pm 5^\circ$ environ, l'information de pointage étant fournie par une porteuse émise par le satellite.

4.3 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 inférieure à 100 W, un amplificateur de puissance à semi-conducteur (TEC) conviendrait aussi.

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

4.4 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.

Appendice 1 à l'Annexe 1

Exemples de réalisation de stations terriennes transportables et de mise en œuvre des systèmes

1 Petites stations terriennes transportables

Dans les bandes des 14/12 GHz et des 30/20 GHz, la plupart des stations transportables ont des antennes d'un diamètre de 1,2 m environ.

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

Divers types de petites stations terriennes ont été mis au point pour les nouveaux systèmes de télécommunication par satellite dans la bande des 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 temporairement 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 des 14/12 GHz sont présentés au Tableau 4.

TABLEAU 4
**Exemples de petites stations terriennes transportables
fonctionnant dans la bande des 14/12 GHz**

Exemple N°	1	2	3	4 ⁽¹⁾	5	6
Type de transport	Véhicule					
Diamètre de l'antenne (m)	2,6 × 2,4	1,8	1,2	1,8	0,9	1,5 × 1,35
p.i.r.e. (dBW)	72	70	62,5	65,1-71,2 (95-400 W) ⁽²⁾	54-64 (20-200 W) ⁽²⁾	72 (400 W) ⁽²⁾
Largeur de bande RF (MHz)	24-27	20-30	30	1,4-60 Mbit/s	64 kbit/s-60 Mbit/s	1,4-60 Mbit/s
Poids total	6,4 t	6,0 t	2,5 t	250 kg ⁽³⁾	70 kg ⁽⁴⁾	210 kg
Conditionnement:						
– Dimensions maximales (m)	–	–	–	2,62 × 1,95 × 0,88	1,2 × 1,1 × 0,4 m	2,37 × 1,53 × 0,45
– Nombre total	–	–	–	–	1	1
– Poids maximal (kg)	–	–	–	< 345 kg	–	–
Capacité du générateur de puissance ou consommation électrique	7,5 kVA	10 kVA	5 kVA	~ 4 100 W	~ 4 100 W	~ 4 100 W
Nombre de personnes nécessaires	1-2	1-2	1-2	1	1	1

Exemple N°	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Type de transport	Transportable par avion								
Diamètre de l'antenne (m)	1,8	1,4	1,2	0,75	0,9	0,9 × 0,66	1	0,9	0,9 × 0,66
p.i.r.e. (dBW)	70	64,9	62,5	42,5	44,0	51,7	55	66	51,7
Largeur de bande RF (MHz)	20-30	30	30	0,5 maximum	0,5 maximum	2	6	64 k ~ 60 Mbit/s	64 k ~ 4 Mbit/s
Poids total (kg)	275	250	200	131	141	100	110	130	39
Conditionnement:									
– Dimensions maximales (m)	< 2	< 2	< 2	1	1,2	–	–	1 × 0,6 × 1,2	70 × 47 × 31 (cm)
– Nombre total	10	13	8	5	5	–	–	3 ⁽⁵⁾	1
– Poids maximal (kg)	45	34	20	37	37	–	–	< 43 kg	39 kg
Capacité du générateur de puissance ou consommation électrique	3 kVA	0,9-1,3 kVA	1,0 kVA	< 370 W	< 370 W	< 2 kVA	< 2 kVA	~ 4 100 W	750 W
Nombre de personnes nécessaires	2-3	2-3	1-2	1-2	1-2	2	3	1	1

(1) Ejectable.

(2) On peut sélectionner les dimensions de l'amplificateur.

(3) Le poids total ne comprend pas le poids du véhicule.

(4) Sans amplificateur.

(5) Il existe trois conditionnements dont les dimensions sont respectivement les suivantes: 72 × 60 × 26 (cm), 51 × 29 × 40 (cm), et 100 × 60 × 40 (cm).

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

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

Le Tableau 5 donne des exemples de petites stations terriennes transportables destinées à fonctionner à 30/20 GHz.

TABLEAU 5
Exemples de petites stations terriennes transportables fonctionnant dans la bande des 30/20 GHz

Fréquence de fonctionnement (GHz)	Poids total (tonnes)	Puissance requise (kVA)	Antenne		p.i.r.e. maximale (dBW)	G/T (dB/K)	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 canaux 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 canaux téléphoniques)	1	Au sol
	1	1 ⁽³⁾	2	Cassegrain	56,3	20,4	MDA-MDP-4-SCPC (1 canal téléphonique)	1,5	Au sol
	3,5 ⁽⁴⁾	<8,5	1,4	Cassegrain offset (à alimentation décalée)	68	20	TV numérique (3 canaux téléphoniques sont multiplexés) ⁽¹⁾ ou 1 canal vocal	>1	Sur camionnette/VLT
	0,7	3	1	Cassegrain	59,9	15,2	MF-SCPC (1 canal téléphonique) ou MD-MDP-4-SCPC (1 canal 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.

⁽⁴⁾ Poids du véhicule compris.

2 Exemple de réseaux de secours et de stations terriennes associées

2.1 Exemple d'un réseau de secours en Italie fonctionnant dans la bande des 14/12 GHz

Un réseau à satellite de secours a été conçu et mis en œuvre en Italie pour fonctionner dans la bande des 14/12,5 GHz en utilisant un répéteur EUTELSAT. Ce réseau spécialisé, qui repose sur l'utilisation de techniques entièrement numériques, offre des circuits de secours téléphoniques et de données et un canal 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 canaux sortants et pour les canaux

entrants. 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 semi-conducteur de 2 W.

Ces plates-formes permettent de recevoir des signaux avec un rapport G/T de 19 dB/K, 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 peut, si nécessaire, être chargée dans un hélicoptère de transport pour être acheminée rapidement, présente un rapport G/T de 22,5 dB/K et est équipée de deux ensembles comportant chacun un canal téléphonique à 16 kbit/s (vocodeurs) et un canal de télécopie à 2,5 kbit/s. Ces stations terriennes qui sont également en mesure d'assurer la transmission d'un canal 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 récapitulées au Tableau 6.

TABLEAU 6

Exemple de réseau de télécommunication de secours par satellite fonctionnant à 14/12 GHz

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

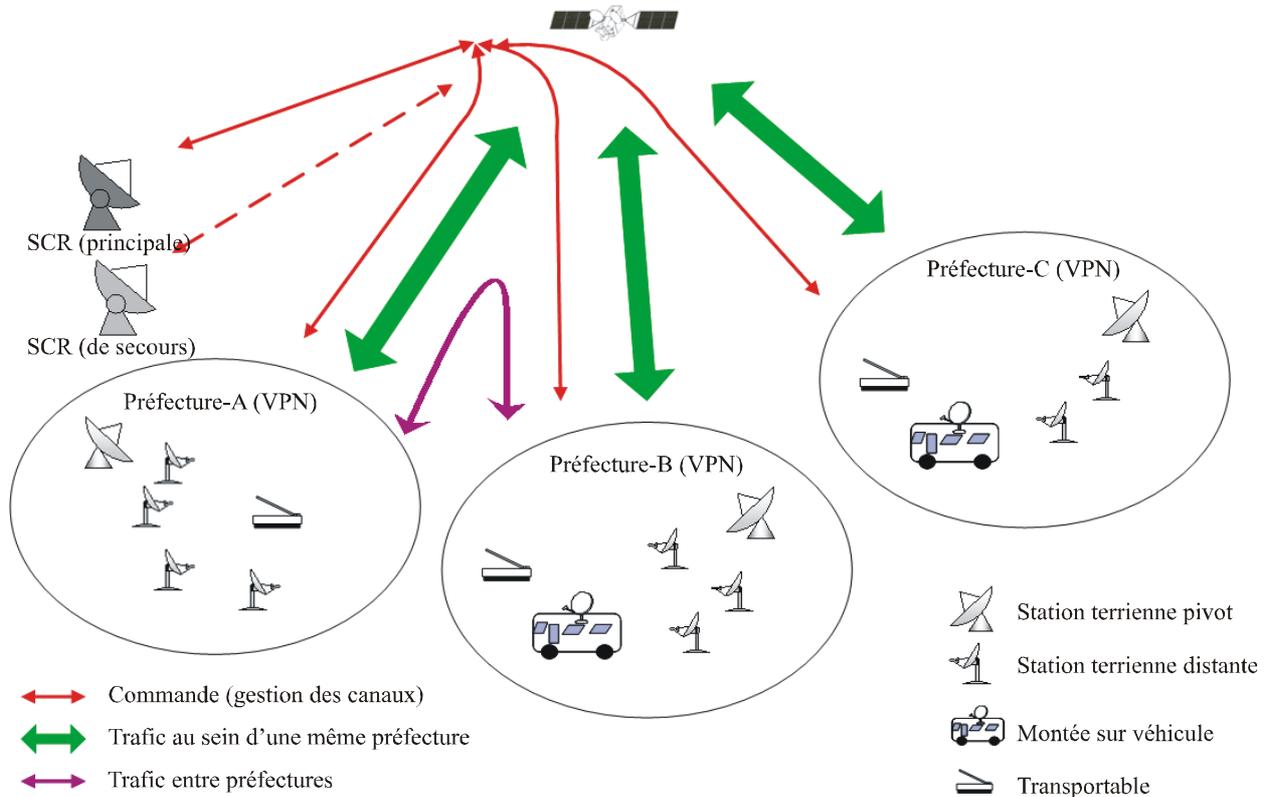
2.2 Exemple d'un réseau de secours utilisé au Japon dans la bande des 14/12 GHz

Au Japon, il existe un réseau à satellite fonctionnant dans la bande des 14/12,5 GHz utilisé essentiellement pour les communications d'urgence. Ce réseau comprend plus de 4 700 stations terriennes, dont des stations VSAT situées dans les bureaux d'administrations locales et dans les locaux des pompiers, des stations terriennes transportables et des stations terriennes montées sur véhicule. Il assure la transmission de la voix, de télécopies, d'annonces (simplex) et de vidéo ainsi que la transmission de données IP à haut débit.

Comme indiqué sur la Fig. 2, le réseau est fondé sur le mode d'accès AMAD, un grand nombre de stations terriennes, à savoir 5 000, peuvent ainsi partager efficacement les canaux du satellite. Celles-ci demandent à la station de coordination du réseau (SCR) de leur attribuer des canaux de trafic pour transmettre notamment voix, télécopies et données IP, avant de pouvoir communiquer avec d'autres stations terriennes. A noter que le réseau comprend deux SCR, la station principale et la station de secours.

La topologie du réseau est en étoile: chaque préfecture (le Japon en comprend 47) constitue un sous-réseau indépendant dans lequel le bureau principal sert de station pivot pour les communications d'urgence en cas de catastrophe. Etant donné que ce réseau constitue un groupe fermé, la SCR peut commander les ressources du satellite en fonction de l'urgence de la catastrophe. Par exemple, la SCR peut donner la priorité à des communications provenant d'une préfecture donnée, dans laquelle une urgence se produit, sur des communications ordinaires dans d'autres préfectures. Le réseau assure également des communications entre les préfectures, le cas échéant.

FIGURE 2
Configuration d'un réseau d'urgence



On trouvera dans le Tableau 7 une récapitulation des paramètres des canaux. Il existe six types de canaux: SCPC (voix/données/fax), annonce, transmission de données IP, vidéo numérique, radiodiffusion de données par satellite et canal de signalisation commun (CSC). La SCR attribue les canaux SCPC (modulation MICDA à 32 kbit/s) et les canaux de transmission de données IP (débit de 32 kbit/s à 8 Mbit/s) aux stations terriennes sur demande. Une station terrienne demande à la SCR de lui attribuer la largeur de bande d'un canal de transmission de données IP en fonction du débit instantané de son trafic de données IP. Ainsi, la SCR gère efficacement les ressources du satellite en adaptant la largeur de bande des canaux de trafic à l'aide d'un algorithme original de gestion des canaux. Une station terrienne conçue pour la transmission TCP/IP à haut débit est équipée d'une passerelle TCP découpée en deux segments pour renforcer le débit de la transmission TCP (voir la Recommandation UIT-R S.1711).

TABLEAU 7

Paramètres des canaux du réseau à satellites (résumé)

Paramètres	SCPC (voix, télécopies, données)	Annonce	Transmission de données IP	Transmission vidéo numérique	Radiodiffusion de données par satellite	CSC
Direction	2 sens	2 sens	2 sens	1 sens	1 sens	2 sens
Accès multiple ⁽¹⁾	AMRF-AD	AMRT-AP/ AMRF	AMRF-AD	AMRF-AD	AMRF-AD	AMRT-AA/ AMRF
Modulation	MDP-4 ⁽²⁾	MDP-4 ⁽³⁾	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-4 ⁽³⁾
Débit d'information	32 kbit/s	32 kbit/s	32k-8 Mbit/s ⁽⁴⁾	7,3 Mbit/s	6,1 Mbit/s	32 kbit/s
CED	CED 1/2	CED 1/2	CED 1/2 ⁽⁵⁾	CED 3/4 + RS	CED 3/4 + RS	CED 1/2
Cryptage	S/O	S/O	(IPSec) ⁽⁶⁾	(MULTI2) ⁽⁶⁾	MISTY	S/O
Encodage	MICDA à 32k	MICDA à 32k	S/O	MPEG-2	S/O	S/O

⁽¹⁾ Acronymes relatifs aux modes d'accès multiple:

AMRF-AD: Accès multiple par répartition en fréquence – Assignation en fonction de la demande.

AMRT-AP: Accès multiple par répartition dans le temps – Assignation permanente.

AMRT-AA: Accès multiple par répartition dans le temps – Accès aléatoire.

⁽²⁾ Le canal en mode salve est utilisé du fait de l'activation vocale.

⁽³⁾ Le canal en mode salve est utilisé dans la direction montante.

⁽⁴⁾ Débit variable de type asymétrique avec IP.

⁽⁵⁾ La CED 3/4 + RS est utilisée pour les canaux au-delà de 3 Mbit/s.

⁽⁶⁾ En option.

Afin d'améliorer les communications en provenance/à destination d'une zone sinistrée, on conçoit actuellement de plus petites stations terriennes très performantes. Les paramètres types de ces stations sont donnés dans le Tableau 8. Il existe deux types de stations terriennes montées sur véhicule. Les stations terriennes de type A sont conçues pour transmettre des images animées à cadence rapide au format MPEG-2 (c'est-à-dire à 6 Mbit/s) et pour fournir un circuit vocal en même temps que la transmission vidéo. Elles doivent être montées sur un véhicule relativement grand de type «camionnette». Par ailleurs, les stations terriennes de type B sont conçues pour transmettre des images animées à cadence réduite au format MPEG-4/IP (c'est-à-dire à 1Mbit/s), avec un circuit vocal commutable avec la transmission vidéo. Elles doivent être montées sur un véhicule plus petit de type tout terrain. Comme les stations terriennes de type B montées sur véhicule, les stations

terriennes transportables sont conçues pour transmettre des images animées à cadence réduite au format MPEG-4/IP, avec un circuit vocal commutable avec transmission vidéo (le débit est de 256 kbit/s seulement).

TABLEAU 8
Paramètres des stations terriennes montées sur véhicule
et des stations terriennes transportables

Paramètres	Station terrienne montée sur véhicule		Station terrienne transportable
	Type A	Type B	
Description	<ul style="list-style-type: none"> – Images animées à cadence normale au format MPEG-2 – Circuit vocal simultané 	<ul style="list-style-type: none"> – Images animées à cadence réduite au format MPEG-4/IP – Circuit vocal commutable avec le circuit vidéo 	<ul style="list-style-type: none"> – Images animées à cadence réduite au format MPEG-4/IP – Circuit vocal commutable avec le circuit vidéo
Diamètre d'antenne	1,5 m (parabole offset)	75 cm (parabole offset)	1 m (antenne plate)
Puissance de sortie	70 W (SSPA)	15 W (SSPA)	15 W (SSPA)
Nombre de canaux et débit de transmission	Vidéo: 1 canal (6 Mbit/s, MPEG-2) Voix/IP: 1 canal	Vidéo: 1 canal (1 Mbit/s, IP) Voix/IP: 1 canal	Vidéo: 1 canal (256 kbit/s, IP) Voix/IP: 1 canal
Type de véhicule	Type camionnette	Type tout terrain	S/O

SSPA: Amplificateur de puissance à semi-conducteur (*solid state power amplifier*).

2.2 Exemple de réseau de secours utilisé en Asie du Sud-Est dans la bande des 14/12 GHz

En Asie du Sud-Est, un organisme a créé un système VSAT large bande point à point pour améliorer les télécommunications large bande entre ses bureaux et renforcer sa politique de gestion des risques à distance.

Le réseau à satellite relie le siège à 13 bureaux nationaux, 25 bureaux régionaux, 72 villages et 12 véhicules utilisés en cas d'urgence. Fondé sur le IP, ce réseau offre tous les services habituels d'un réseau intranet: l'accès aux serveurs web et FTP, messagerie électronique et diffusion de contenus en multidiffusion, par exemple en flux continu. En outre, il fournit des applications large bande utiles pour gérer les crises (série de services de gestion des risques à distance): vidéoconférence, travail collaboratif et téléphonie sur IP.

En temps normal, le système achemine jusqu'à 8 Mbit/s:

- 2 Mbit/s partagés pour toutes les communications vocales;
- 3 Mbit/s pour l'autocommutateur central de données;
- 3 Mbit/s pour partager les données avec d'autres autocommutateurs de données.

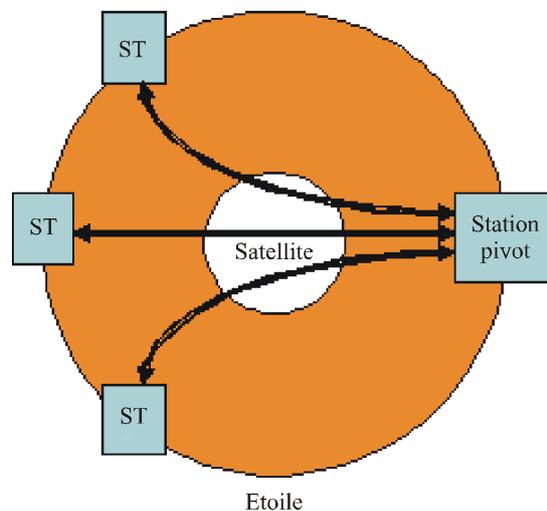
En cas de crise, le système achemine jusqu'à 21 Mbit/s:

- 12 Mbit/s pour deux flux vidéo;
- 9 Mbit/s pour 16 terminaux de vidéoconférence au maximum.

Ce réseau à satellite en étoile est fondé sur la norme DVB-RCS. RCS signifie «canal retour par satellite» (*return channel by satellite*). Cette technologie est conforme à la norme EN 301 790 et permet d'accéder à des services multimédia par satellite au moyen d'une petite antenne parabolique. Elle est citée dans la Recommandation UIT-R S.1709 – Caractéristiques techniques des interfaces radioélectriques pour les systèmes à satellites large bande mondiaux.

La topologie choisie est la topologie en étoile (par opposition à la topologie maillée) avec une station pivot installée au siège et des terminaux de satellite installés sur les sites distants cités plus haut.

FIGURE 3
Topologie en étoile



ST: Terminal de satellite

1001-03

Cette topologie est celle qui convient le mieux à des services tels que la vidéoconférence, étant donné qu'il s'agit de services point à multipoint avec une unité de commande multipoint située au niveau de la station pivot. Un accès à l'Internet est également fourni au moyen d'un serveur d'accès large bande. Celui-ci doit être situé loin du lieu de la catastrophe. De ce fait, les contraintes sont moindres au niveau des installations; on peut par exemple installer une grande antenne si cela est nécessaire.

Le réseau fonctionne dans la bande des 14/12 GHz (la bande des 14 GHz est utilisée sur les liaisons montantes, celle des 12 GHz sur les liaisons descendantes). Dans ces bandes, les antennes utilisées sont plus petites et plus légères, ce qui facilite l'emploi et le transport du matériel. Les terminaux sont à la pointe de la technologie avec un diamètre de 0,6 m à 1,2 m; le diamètre est choisi de manière à optimiser le compromis entre le rapport signal/bruit et la facilité de transport. Le sous-système RF des terminaux distants est spécifié dans la norme en tant qu'unité extérieure.

La liaison aller est conforme à la norme DVB-S, ce qui implique une modulation MDP-4 et un code externe Reed-Solomon (188/204) associé à un code convolutif interne avec un taux de 1/2. La pile de protocoles pour cette liaison est IP/MPE/MPEG2-TS/DVB-S¹.

La liaison retour est fondée sur la modulation MDP-4 et sur un code turbo de 2/3. La pile de protocoles pour cette liaison est IP/AAL5/ATM/DVB-RCS.

Le schéma d'accès au satellite utilisé sur la liaison retour est un accès multiple par répartition dans le temps multifréquence fixe (AMRT-MF). L'accès AMRT-MF fixe permet à un groupe de terminaux de satellite de communiquer avec une station pivot en utilisant un ensemble de fréquences porteuses de même largeur de bande tandis que le temps est subdivisé en intervalles de même durée. Le centre de commande du réseau au niveau de la station pivot attribuera à chaque terminal de satellite actif une série de salves, chacune étant définie par une fréquence, une largeur de bande, un temps de départ et une durée.

Le réseau à satellite prend en charge la qualité de service grâce aux caractéristiques types au niveau de la commande d'accès au support (MAC, *media access control*), à savoir aux «catégories de capacité»; toutefois les architectures permettent de définir des politiques de QoS à de plus hauts niveaux telles que les politiques DiffServ ou InterServ (en général, on préfère utiliser DiffServ).

Depuis la station pivot, on peut commander et configurer les terminaux de satellite, détecter des erreurs et télécharger des logiciels.

¹ MPE signifie encapsulation de protocoles multiples (*multiprotocol encapsulation*).