

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Rapport UIT-R S.2151
(10/2009)

Exemples d'utilisation de systèmes du service fixe par satellite en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable pour l'alerte et les opérations de secours

Série S
Service fixe par satellite



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Rapports UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REP/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre

Note: Ce Rapport UIT-R a été approuvé en anglais par la Commission d'études aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2011

© UIT 2011

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RAPPORT UIT-R S.2151

**Exemples d'utilisation de systèmes du service fixe par satellite en cas
de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable
pour l'alerte et les opérations de secours**

(2009)

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	2
2 Utilisation de microstations pour les opérations de secours en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable.....	2
2.1 Introduction.....	2
2.2 Considérations de base	2
2.2.1 Services nécessaires	2
2.2.2 Spécifications des canaux et de la couche physique.....	3
2.2.3 Spécifications du réseau.....	3
2.2.4 Stations terriennes associées	3
2.3 Niveau de p.i.r.e. requis des stations terriennes et ressources satellitaires nécessaires	3
2.3.1 Exemple de calculs du bilan de liaison	9
2.4 Configuration de la station terrienne transportable.....	12
2.4.1 Poids et dimensions.....	12
2.4.2 Antenne	12
2.4.3 Amplificateur de puissance.....	12
2.4.4 Récepteur à faible bruit	13
2.5 Exemples de réalisation de stations terriennes transportables et de mise en œuvre des systèmes.....	13
2.5.1 Petites stations terriennes transportables.....	13
2.5.2 Exemple de réseaux de secours et de stations terriennes associées	15
3 Exemple d'utilisation d'un système du SFS pour les opérations d'alerte en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable	21
3.1 Système d'alerte avancée en cas de tremblement de terre (EEW).....	21
3.2 Transmission par satellite	23
3.2.1 Avantage du réseau à satellite.....	23
3.2.2 Exemple de système pour la diffusion par satellite.....	23
3.3 Exemples d'utilisation du service de diffusion par satellite de l'alerte EEW.....	25
3.4 Amélioration du système de diffusion par satellite	26
4 Conclusions	26

1 Introduction

Le présent Rapport décrit les possibilités d'utilisation de systèmes du service fixe par satellite (SFS) pour assurer les radiocommunications dans les opérations de secours en cas de catastrophe.

Dans la conception de tout nouveau système du SFS, destiné à être utilisé à la suite d'une catastrophe naturelle, il faudra tenir compte des caractéristiques techniques du ou des satellites auxquels il faudra avoir accès. Au § 2 du présent Rapport, on trouvera une récapitulation de la conception du système ainsi que des exemples de caractéristiques de systèmes utilisant des microstations terriennes. Par ailleurs, étant donné que les systèmes du SFS sont par nature conçus pour la diffusion de données, ils seront vraisemblablement utilisés pour les opérations d'alerte. Au § 3 du présent Rapport, on trouvera une description succincte d'un système d'alerte avancée en cas de tremblement de terre, fournie à titre d'exemple d'opérations d'alerte utilisant un système du SFS.

Les systèmes du SFS fonctionnent en règle générale dans les bandes de fréquences définies dans la Recommandation UIT-R S.1001.

2 Utilisation de microstations pour les opérations de secours en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable

2.1 Introduction

En cas de catastrophes naturelles, d'épidémies ou de famines, etc., il faut pouvoir en urgence utiliser une liaison de télécommunication pour les opérations de secours. Le satellite semble être le moyen le mieux adapté pour établir rapidement une liaison de télécommunication avec des installations distantes. Les principales spécifications d'un tel système à satellites sont examinées ici. Etant donné que le système fonctionnera dans le SFS, il est souhaitable qu'une petite station terrienne, par exemple une microstation fixe, une station terrienne installée à bord d'un véhicule ou une station terrienne transportable, avec accès à un système à satellites existant, puisse être transportée jusqu'au lieu de la catastrophe et y être installée. Il est également souhaitable que le système réponde à des normes universelles pour que:

- l'équipement soit facilement disponible;
- l'interopérabilité soit assurée;
- la fiabilité soit garantie.

On trouvera au § 2 des éléments qui peuvent être utiles pour la planification de l'utilisation des systèmes du SFS en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable pour les opérations d'alerte et de secours.

2.2 Considérations de base

2.2.1 Services nécessaires

L'architecture de télécommunication de base pour les opérations de secours devrait se composer d'une liaison reliant la zone touchée par la catastrophe et les centres de secours désignés, et les services de télécommunication de base assurés devraient comprendre au moins la téléphonie, la transmission de données de toutes sortes (IP, datagrammes, télécopie, ...), la vidéo. Pour ce type de transmission, on utilise dans la plupart des cas des technologies numériques.

2.2.2 Spécifications des canaux et de la couche physique

Dans le cas de transmissions numériques, la probabilité d'erreur sur les bits (TEB) est un moyen de mesurer la qualité de fonctionnement du canal codé. L'objectif recommandé pour le TEB dans le SFS, donné dans la Recommandation UIT-R S.1062 est de 10^{-6} pendant 99,8% du temps pour le mois le plus défavorable. Cette probabilité résulte à la fois du rapport signal-bruit + brouillage (SNIR), qui correspond à la qualité de fonctionnement du canal et aussi du codage. En effet, un codage approprié peut compenser dans une certaine mesure la qualité médiocre d'un canal, mais affaiblit le débit binaire utile.

Les conditions particulières de transmission sur le lieu d'une catastrophe, pour les opérations d'alerte et de secours (climat sur le lieu de la catastrophe, nature de la mission ...), susceptibles de détériorer la qualité du canal devraient être prises en compte, au moyen d'un renforcement du codage. Le mieux serait d'avoir un codage adaptatif, c'est-à-dire un système pouvant récupérer l'information du canal et réagir en s'adaptant au débit de codage.

2.2.3 Spécifications du réseau

Pour les opérations de secours, étant donné qu'il est impératif d'avoir de petites antennes, il est préférable que le réseau soit exploité dans la bande des 14/12 GHz ou même dans la bande des 30/20 GHz. Des bandes comme celles des 6/4 GHz, même si elles nécessitent l'utilisation de plus grandes antennes, conviennent aussi en fonction des conditions de transmission et de la couverture assurée par les satellites. Pour éviter tout brouillage, il convient de tenir compte du fait que certaines bandes sont utilisées en partage avec les services de terre.

Le réseau devrait offrir une qualité de service appropriée. Dans le cas où le réseau est utilisé en partage avec des usagers dont les besoins ne sont pas urgents, la priorité absolue devrait être accordée aux opérations d'urgence, en d'autres termes ces opérations devraient avoir un droit de préemption pour ce qui est de la classe de service. Il pourrait être souhaitable d'avoir un réseau entièrement privé avec des bandes de fréquences et des installations réservées.

Lorsqu'il y a un grand nombre de stations terriennes en fonctionnement, un réseau avec accès multiple avec affectation à la demande pourrait être nécessaire.

2.2.4 Stations terriennes associées

Pour une ou plusieurs petites stations terriennes sur place, on pourrait envisager une station terrienne installée à bord d'un véhicule ou une station terrienne transportable. Les matériels indiqués aux § 2.3 à § 2.6 peuvent être utiles pour le dimensionnement de ces stations terriennes.

Pour que les stations terriennes fonctionnent bien en cas de catastrophe naturelle, il est essentiel que les opérateurs potentiels de ces stations bénéficient d'une formation régulière et qu'une maintenance préalable soit effectuée concernant les équipements. Il conviendrait d'accorder une attention particulière à l'inclusion de batteries ou de systèmes d'alimentation autonomes.

2.3 Niveau de p.i.r.e. requis des stations terriennes et ressources satellitaires nécessaires

Au § 2, les niveaux de p.i.r.e. requis des stations terriennes et les ressources satellitaires nécessaires sont étudiés dans le cadre des calculs du bilan de liaison effectués dans l'hypothèse où une petite station terrienne (une microstation fixe, une station terrienne installée à bord d'un véhicule ou une station terrienne transportable) fonctionnant dans la zone de la catastrophe communique avec une station terrienne pivot équipée d'une grande antenne.

Le choix des paramètres des systèmes devrait être dicté par les considérations énumérées au § 2.3 pour les bandes des 6/4 GHz, 14/12 GHz et 30/20 GHz. Les paramètres des systèmes sont énumérés dans les tableaux 1a) à 1f).

Une modulation MDP4 avec un code de convolution de taux 1/2, 3/4 + un code externe Reed-Solomon 188/204 et un code turbo 1/2 sont des modulations types et des méthodes de correction d'erreur vers l'avant couramment utilisées pour les liaisons par satellite du SFS. Il convient de souligner que la combinaison d'un code de convolution comme code interne avec un code Reed-Solomon comme code externe est aujourd'hui obsolète compte tenu du codage turbo où le codage à contrôle de parité à faible densité (LDPC) qui, en général, donne de meilleurs résultats; le premier type de codage demeure mais est un codage du passé.

On suppose que le diamètre de l'antenne d'une petite station terrienne (installée à bord d'un véhicule ou transportable) est de 2,5 m ou de 5 m pour la bande des 6/4 GHz et de 1,2 m ou 3 m pour la bande des 14/12 GHz et de 1,2 m ou 2,4 m pour la bande des 30/20 GHz dans cet exemple de calcul de bilan de liaison. Pour des stations fonctionnant dans les bandes des 14/12 GHz ou 30/20 GHz, des antennes de plus petit diamètre peuvent être utilisées si les mesures appropriées, par exemple l'utilisation de satellites présentant un rapport G/T élevé ou de techniques d'étalement du spectre, sont mises en place pour ramener les émissions hors axe à des niveaux acceptables.

Dans la bande des 4 GHz, le rapport G/T d'une station terrienne est habituellement de 17,5 dB/K et 23,5 dB/K respectivement pour une antenne de 2,5 m et une antenne de 5 m. Dans la bande des 12 GHz, le rapport G/T d'une station terrienne est habituellement de 20,8 dB/K ou 28,8 dB/K respectivement pour une antenne de 1,2 m et une antenne de 3 m. Dans la bande des 20 GHz, le rapport G/T d'une station terrienne est habituellement de 25,1 dB/K et 31,1 dB/K respectivement pour une antenne de 1,2 m et une antenne de 2,4 m. La température de bruit de l'amplificateur à faible bruit est supposé être de 60 K, 100 K et 140 K respectivement pour la bande des 4 GHz, la bande des 12 GHz et la bande des 20 GHz. Même si des antennes à petite ouverture, par exemple de 45 cm, 75 cm, etc. peuvent être utilisées, il convient de se fonder sur le Règlement des radiocommunications (RR) et de respecter les limites hors axe lorsqu'on utilise de telles antennes. L'utilisation de petites antennes ne permettra peut-être pas de respecter les critères concernant les émissions hors axe; par conséquent, la puissance d'émission de la station terrienne devrait être réduite pour éviter les brouillages causés au satellite adjacent ou à d'autres services.

Il est à noter que les valeurs de p.i.r.e. du satellite et de la station terrienne sont les valeurs pour une petite station terrienne avec une élévation de l'antenne de 10° et 2 dB de la marge totale.

Dans le Tableau 1f) sont donnés les paramètres types des satellites pour des faisceaux à couverture mondiale dans la bande des 6/4 GHz, des faisceaux ponctuels dans la bande des 14/12 GHz et dans la bande des 30/20 GHz. Le «gain du répéteur #a» et le «gain du répéteur #b» dans le Tableau 1f) sont définis comme indiqués dans la Fig. 1.

TABLEAU 1

Paramètres types du satellite de la station terrienne de la porteuse pour les calculs

a) Distance jusqu'au satellite OSG

Elévation (degrés)	10
Distance (km)	40 600

b) Affaiblissement sur le 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 sur le trajet (dB)	196,7	200,5	206,4	207,7	210,6	214,2

TABLEAU 1 (suite)

c) Paramètres du canal de transmission

Modulation CED	MDP-4 Code de convolution 1/2 ⁽¹⁾	MDP-4 Code de convolution 3/4 ⁽¹⁾	MDP-4 Code de convolution 1/2 ⁽¹⁾	MDP-4 Codage turbo 1/2	MDP-8 2/3
TEB	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
Rapport E_b/N_0 (dB) requis	6,1	7,6	4,4	3,1	9,0
Taux CED	0,5	0,75	0,5	0,5	0,67
Taux du code externe	1,0	1,0	188/204	1,0	1,0
Nombre de bits dans un symbole	2	2	2	2	3
Rapport porteuse/brouillage (dB) requis	6,1	9,4	4,0	3,1	12,0

⁽¹⁾ Longueur de contrainte $k = 7$.

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

Bande de fréquences (GHz)	6/4				14/12				30/20			
	2,5 m		5,0 m		1,2 m		3,0 m		1,2 m		2,4 m	
Diamètre de l'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
Rendement	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Valeur crête du gain d'antenne (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
Rapport G/T (dB/K)	17,5	/	23,5	/	20,8	/	28,8	/	25,1	/	31,1	/

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

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
Rapport G/T (dB/K) de la station terrienne pivot	35,0	/	35,0	/	35,0	/
Taille de l'antenne de la station terrienne pivot (m)	18 m		7,6 m		4,7 m	

TABLEAU 1 (fin)

f) Gain du répéteur de satellite

Satellite (GHz)	6/4	14/12	30/20
Bande de fréquences (GHz)	6/4	14/12	30/20
Longueur d'onde (m)	0,05	0,02	0,01
Type de faisceau	A COUVERTURE MONDIAL	PONCTUEL	MULTI
Rapport G/T (dB/K) du satellite de réception	-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

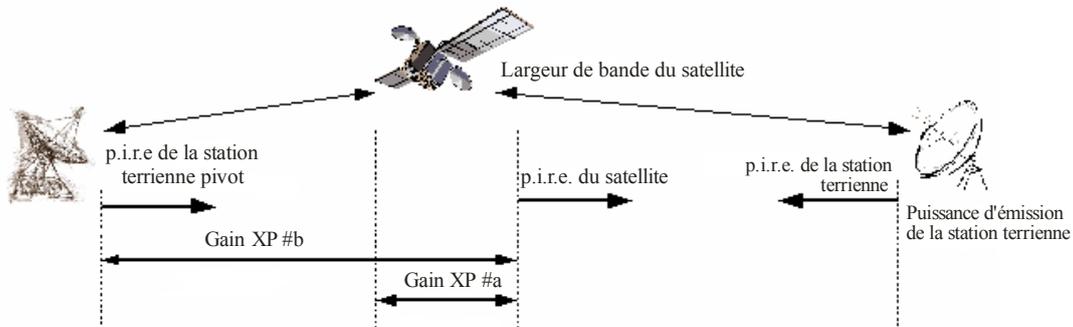
SFD: Puissance surfacique de saturation.

IBO: Recul d'entrée.

OBO: Recul de sortie.

FIGURE 1

Définition du gain du répéteur (gain XP)



Rapport 2151-01

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

Comme résultat des calculs de bilan de liaison dans le sens station pivot vers microstation et dans le sens microstation vers station pivot, les Tableaux 2a), 2b) et 2c) donnent des exemples des niveaux de p.i.r.e. de stations terriennes requis et des ressources satellitaires nécessaires, notamment la p.i.r.e. requise du satellite, la p.i.r.e. de la station terrienne et la largeur de bande requise pour une modulation numérique type et des méthodes CED dans les bandes des 6/4 GHz, 14/12 GHz et 30/20 GHz.

TABLEAU 2a

**Exemples des niveaux de p.i.r.e. de stations terriennes requis et
des ressources satellitaires dans la bande des 6/4 GHz**

Débit d'information (¹)	Modulation/CED	MDP-4 1/2 Code de convolution ⁽²⁾		MDP-4 3/4 Code de convolution ⁽²⁾		MDP-4 1/2 Code de convolution ⁽²⁾ + Code de Reed-Solomon		MDP-4 1/2 Codage turbo	
		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 de satellite attribuée (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 de satellite attribuée (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 de satellite attribuée (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

(¹) IR: Débit d'information.

(²) Longueur de contrainte $k = 7$.

TABLEAU 2b

Exemples de niveau de p.i.r.e. de stations terriennes requis et de ressources satellitaires dans la bande 14/12 GHz

IR ⁽¹⁾	Modulation/CED	MDP-4 1/2 Code de convolution ⁽²⁾		MDP-4 3/4 Code de convolution ⁽²⁾		MDP-4 1/2 Code de convolution ⁽²⁾ + Code de Reed-Solomon		MDP-4 1/2 Codage Turbo	
		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 de satellite attribuée (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 de satellite attribuée (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 de satellite attribuée (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 niveaux de p.i.r.e. de stations terriennes requises et de ressources satellitaires dans la bande des 30/20 GHz

IR ⁽¹⁾	Modulation/CED	MDP-4 1/2 Code de convolution ⁽²⁾		MDP-4 3/4 Code de convolution ⁽²⁾		MDP-4 1/2 Code de convolution ⁽²⁾ + Code de Reed-Solomon		MDP-4 1/2 Codage Turbo	
		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 de satellite attribuée (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 de satellite attribuée (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 de satellite attribuée (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 $k = 7$

Etant donné que la largeur de bande est indiquée pour un seul sens de transmission, on a besoin du double de la valeur indiquée pour les deux sens de transmission. La p.i.r.e. de satellite requise correspond à celle pour la liaison descendante qui est habituellement limitée en puissance au niveau des satellites. La p.i.r.e. de la station requise et la puissance d'émission correspondent à celles pour la liaison montante qui est habituellement limitée en puissance au niveau des stations terriennes.

L'affaiblissement dû à la pluie n'est pas pris en compte dans les calculs ci-dessus. Selon les conditions locales, il faudra peut-être prévoir une marge pour l'affaiblissement dû à la pluie. Les brouillages et l'intermodulation ne sont pas pris en compte. Il faudra donc prévoir une marge supplémentaire. (Voir la Recommandation UIT-R 618 pour l'affaiblissement dû à la pluie en fonction du climat local et la Recommandation UIT-R S.1432 pour les divers critères de brouillage.)

2.3.1 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 6/4 GHz 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⁾

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, les télécopieurs et les téléphones,
- équipement auxiliaire.

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.

2.4.1 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, 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.

2.4.2 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.

2.4.3 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 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.

2.4.4 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.

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

2.5.1 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.

2.5.1.1 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 portable 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,	70 × 47 × 31
– Nombre total	10	13	8	5	5	–	–	2	1
– Poids maximal (kg)	45	34	20	37	37	–	–	3 ⁽⁵⁾	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).

2.5.1.2 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.

2.5.2 Exemple de réseaux de secours et de stations terriennes associées

2.5.2.1 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 d'urgence sont récapitulées au Tableau 6.

TABLEAU 6
Exemple de réseau de télécommunication d'urgence par satellite
fonctionnant à 14/12 GHz

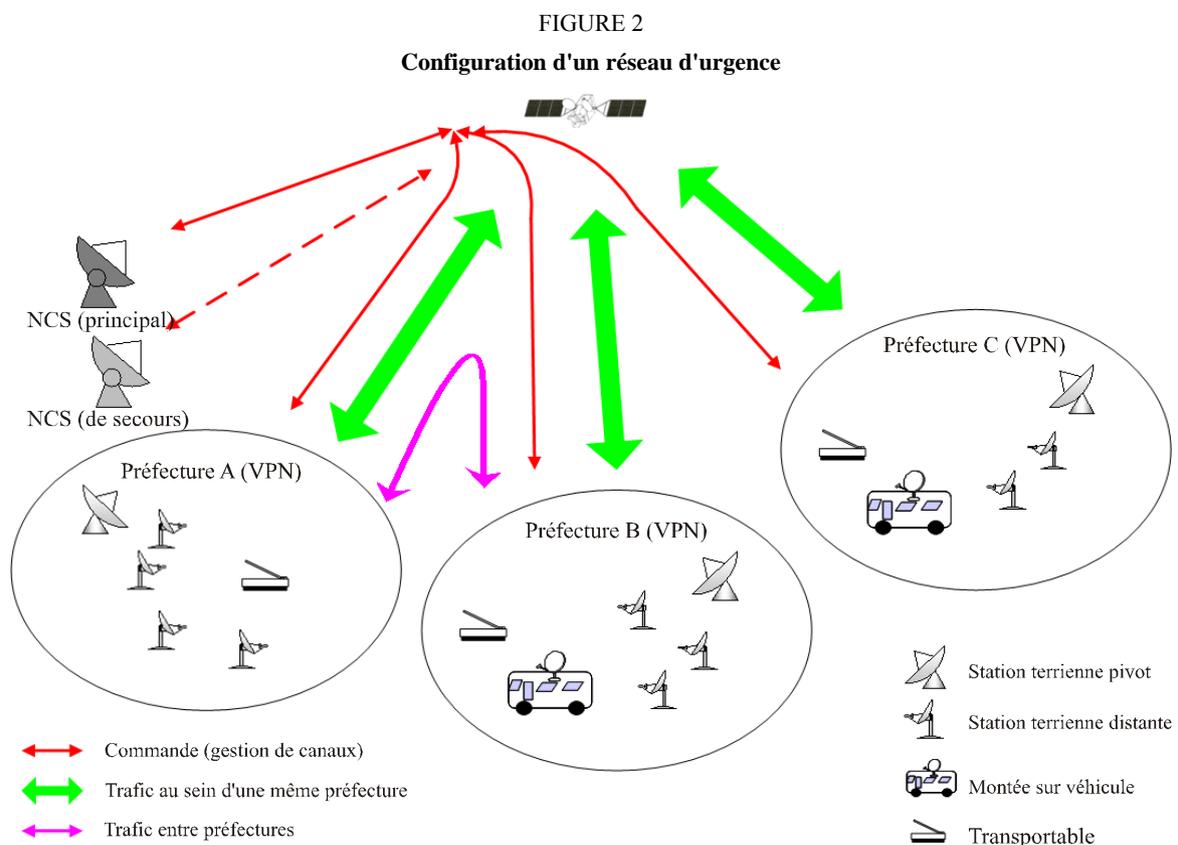
Désignation de la station	Diamètre d'antenne (m)	G/T (dB/K)	Puissance de l'émetteur (W)	Puissance d'alimentation primaire (kVA)	Technique de transmission		Possibilités offertes
Maîtresse	9,0	34,0	80	15,0	Emetteur	512 kbit/s-MRT-MDP-2 (+ CED 1/2)	12 × 16 kbit/s (vocodeur) canaux téléphoniques
					Récepteur	« m » × 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)	

2.5.2.2 Exemple d'un réseau d'urgence 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.



Rapport 2151-02

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).

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 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.

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*).

2.5.2.3 Exemple de réseau d'urgence 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.

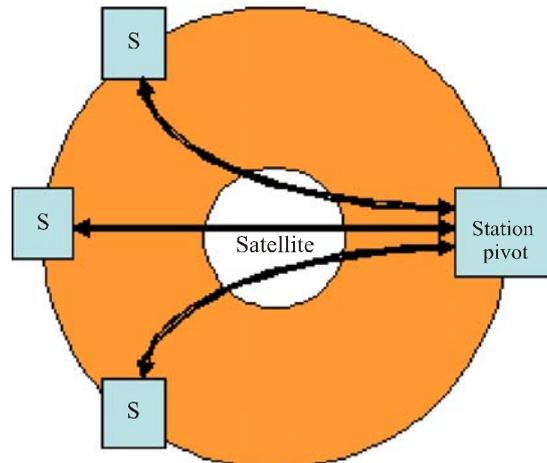
En cas de crise, le système achemine jusqu'à 21 Mbit/s:

- 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



Etoile

Rapport 2151-03

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.

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

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.

3 Exemple d'utilisation d'un système du SFS pour les opérations d'alerte en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable

3.1 Système d'alerte avancée en cas de tremblement de terre (EEW)

Depuis toujours le Japon subit des tremblements de terre très meurtriers (voir la Fig. 4) et les exigences en ce qui concerne la protection de la vie humaine et des biens et l'atténuation des dégâts qui perturbent le fonctionnement de la société sont de plus en plus fortes.

Pour y faire face, un réseau d'observation a été déployé sur l'ensemble du territoire du Japon; ce réseau permet d'enregistrer les ondes P à l'aide de sismographes placés à proximité de l'épicentre et de transmettre les informations sur ces ondes P aux centres météorologiques chargés de traiter ces informations (voir la Fig. 5).

L'Agence météorologique japonaise (JMA) analyse ces données et obtient ainsi le foyer et la magnitude du séisme et, sur la base de ces analyses, estime l'heure d'arrivée attendue et l'intensité sismique de l'onde principale à chaque emplacement. L'annonce préalable de ces estimations est ce qu'on appelle «l'alerte avancée en cas de tremblement de terre» (EEW).

La JMA utilise actuellement ce processus pour prédire les éventuels tsunamis et pour alerter rapidement les populations susceptibles d'être touchées par de tels phénomènes.

FIGURE 4
Principaux tremblements de terre survenus à proximité du Japon (1996-mai 2008)
(Données prises sur le site de la JMA)

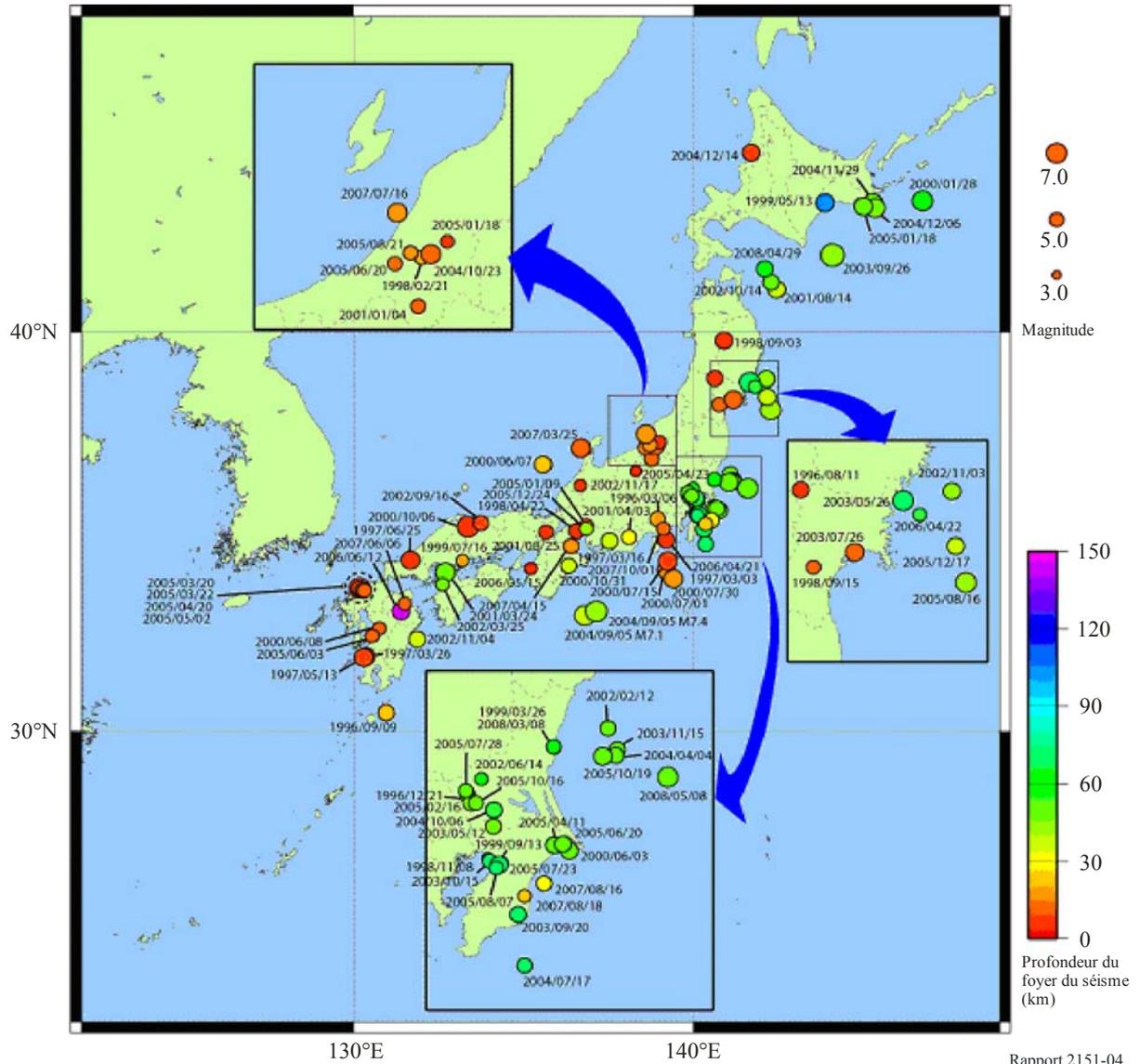
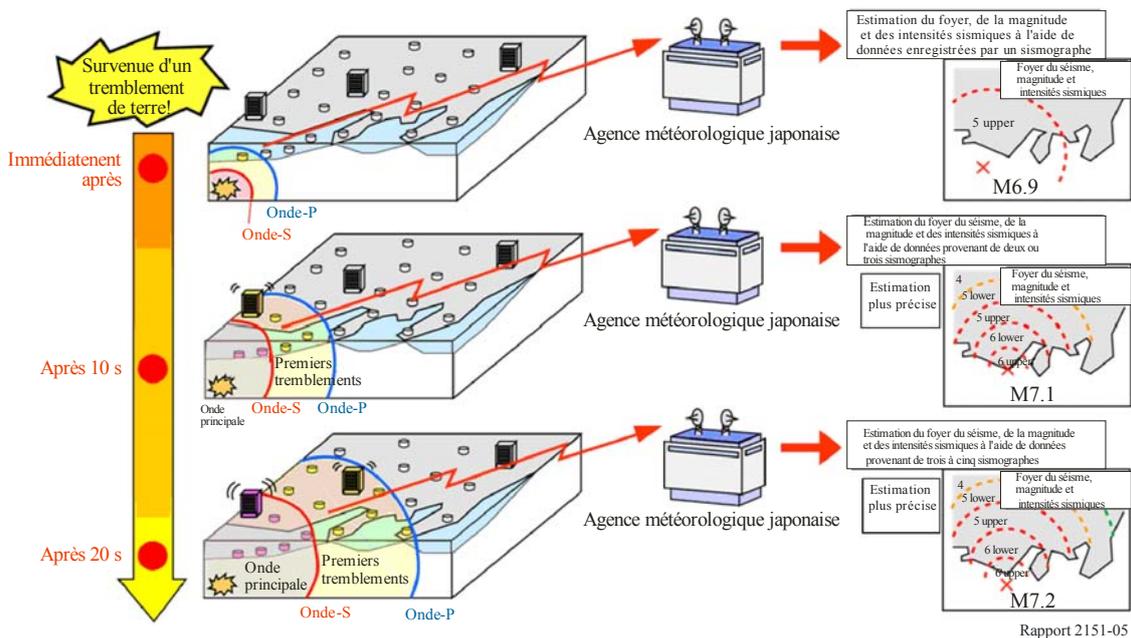


FIGURE 5

Mécanismes du processus EEW

(Données prises sur le site de la JMA)

**3.2 Transmission par satellite**

Au Japon, l'alerte avancée en cas de tremblement de terre dont on a parlé plus haut est diffusée par différents moyens, y compris à l'aide de systèmes du SFS. Les avantages et l'architecture du service de transmission par satellite d'une alerte avancée en cas de tremblement de terre sont décrits dans le présent paragraphe.

3.2.1 Avantage du réseau à satellite

Etant donné qu'un réseau à satellite, de part sa nature, résiste bien aux catastrophes naturelles, les informations transmises à l'aide de ce type de réseau peuvent être reçues de façon sûre et fiable même si le site de réception est proche du foyer du séisme. A la différence des réseaux terrestres, un réseau à satellite ne risque pas d'être saturé ou endommagé en cas de catastrophe naturelle ou de situation d'urgence comparable.

En outre, le réseau à satellite a l'avantage que les nouvelles stations de réception peuvent être facilement mises en service n'importe où dans la zone de couverture du satellite concerné.

3.2.2 Exemple de système pour la diffusion par satellite

Le système de diffusion par satellite d'une alerte avancée en cas de tremblement de terre est décrit dans ses grandes lignes à la Fig. 6: l'alerte envoyée par la JMA est transmise via le système à satellite jusqu'aux terminaux de réception. Les informations EEW sont également diffusées via d'autres systèmes de services de télécommunication.

Le schéma fonctionnel du système est donné à la Fig. 7. L'alerte EEW envoyée par la JMA est diffusée de manière sûre (pas d'interception) et fiable (liaison très performante).

La technologie de multidiffusion IP utilisée dans ce système permet aux utilisateurs et/ou intégrateurs du système de personnaliser les sous-systèmes d'utilisateur afin de satisfaire leurs besoins. En outre, le logiciel associé permet aux terminaux de réception d'afficher de façon concise les informations nécessaires. Les Fig. 8 et 9 montrent respectivement le sous-système de réception et l'écran d'affichage du logiciel associé.

FIGURE 6
Système de diffusion par satellite de l'alerte EEW

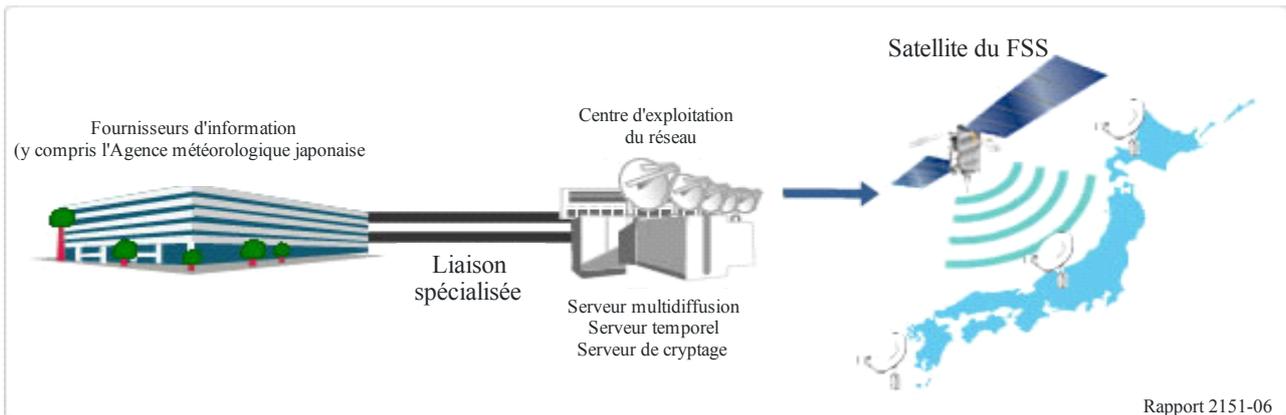


FIGURE 7
Schéma fonctionnel du système de diffusion par satellite de l'alerte EEW

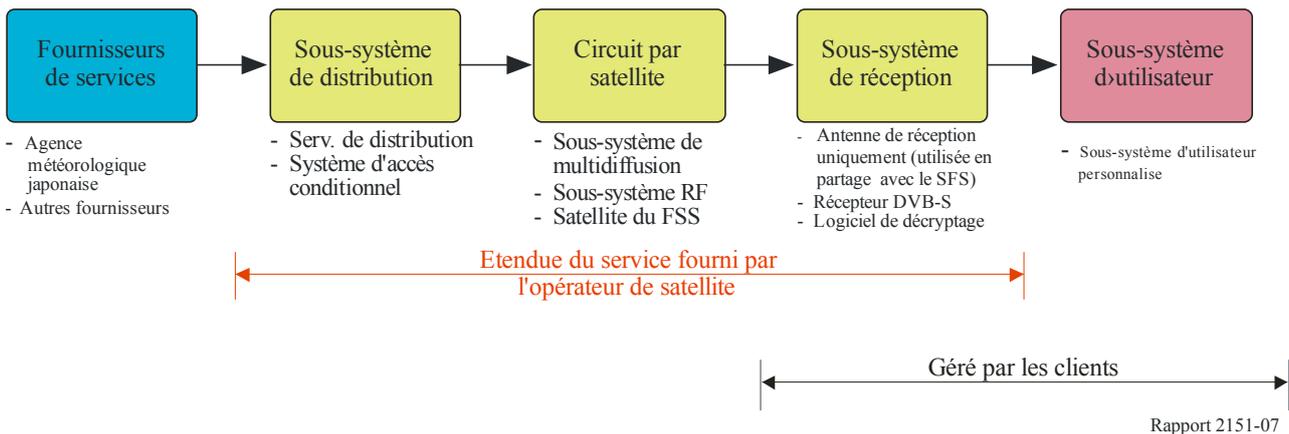
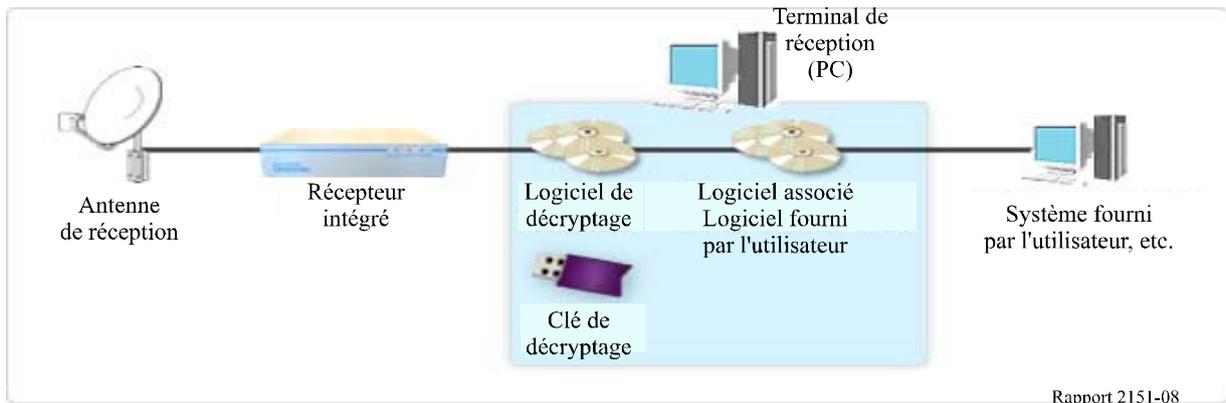


FIGURE 8

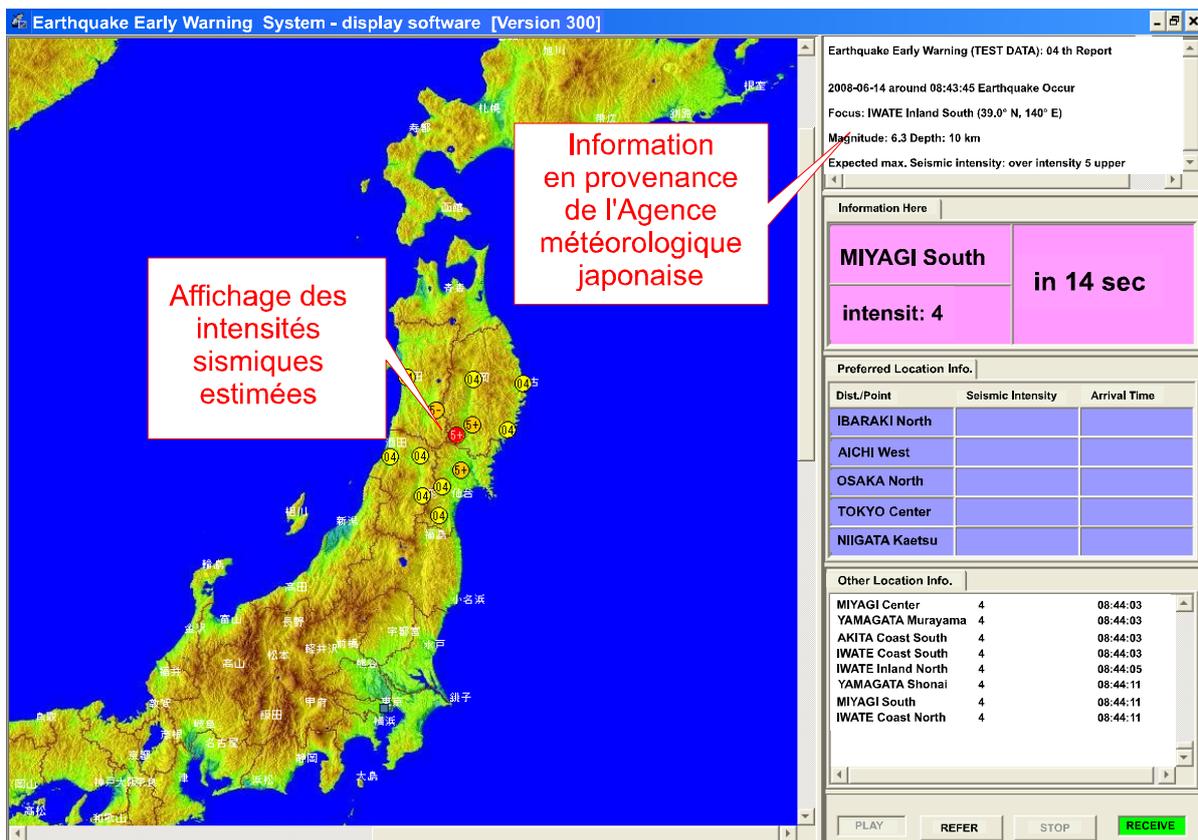
Sous-système de réception



Rapport 2151-08

FIGURE 9

Exemple d'affichage d'écran du logiciel joint



Rapport 2151-09

3.3 Exemples d'utilisation du service de diffusion par satellite de l'alerte EEW

Dans le système de réception de l'alerte EEW diffusée par satellite, un certain nombre de fonctions, par exemple la génération de données sur les personnes à alerter, le playback audio, l'envoi de courriers électroniques, etc., peuvent être personnalisées afin de faciliter les annonces à l'intérieur des bâtiments, les dispositifs d'alerte radio, les équipements de contrôle dans les usines et les caméscopes vidéo. Ces fonctions s'adressent à diverses entités, par exemple les compagnies de

chemin de fer, les opérateurs de télévision communautaire, les usines, les écoles, les entreprises de gestion du bâtiment, les fabricants d'ascenseurs et les hôpitaux (voir la Fig. 10).

3.4 Amélioration du système de diffusion par satellite

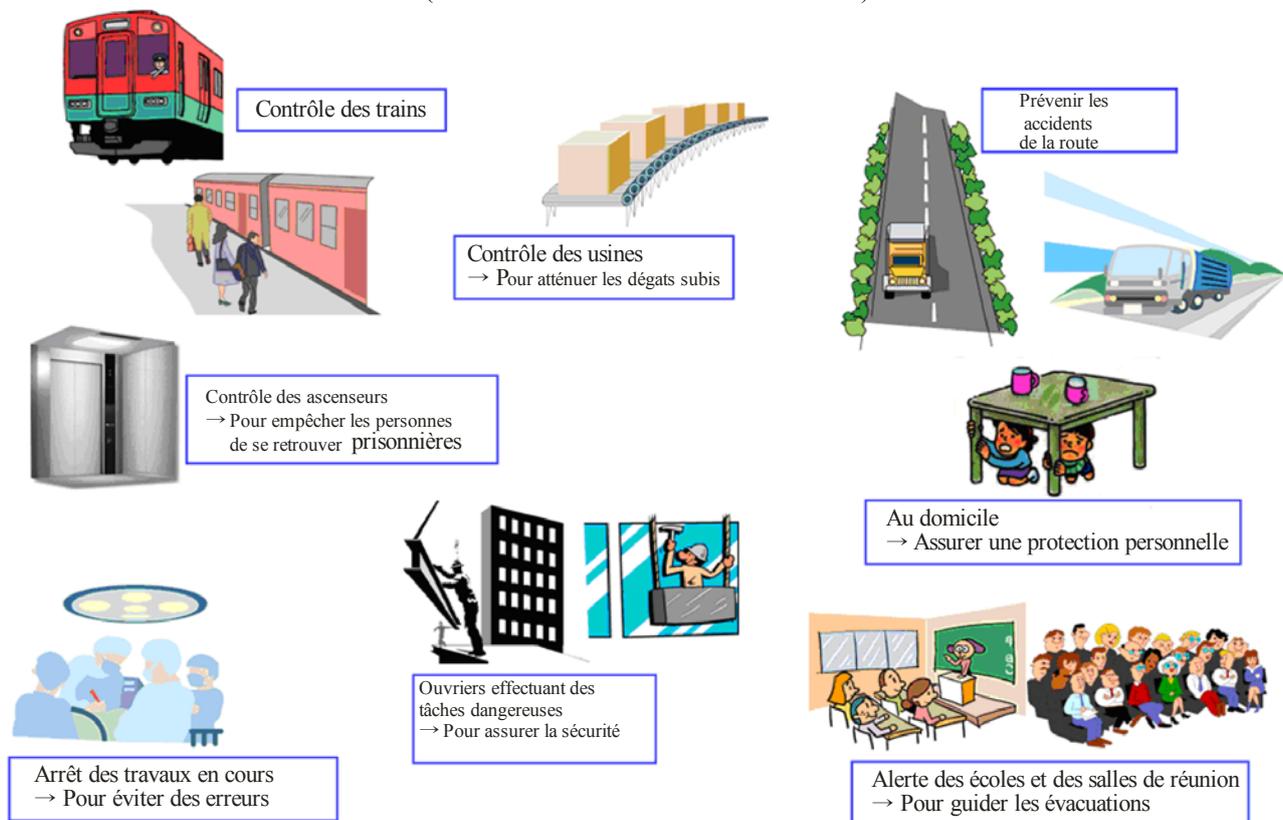
Au Japon, les annonces rapides et les prévisions des coups de foudre et des précipitations sont aussi diffusées via des réseaux du SFS.

Une entité a mis en place un réseau d'observation de la foudre sur l'ensemble du territoire du Japon afin d'observer et de localiser les coups de foudre, d'enregistrer le moment où ils se produisent, ainsi que la magnitude du courant de foudre, etc. Cette entité fait des annonces et réalise des prévisions concernant les coups de foudre et les précipitations.

FIGURE 10

Exemples d'utilisation du système EEW

(Données obtenues sur le site web de la JMA)



Rapport 2151-10

4 Conclusions

Le présent Rapport sera mis à jour à intervalles réguliers.

D'autres exemples de réseaux d'urgence fonctionnant dans le SFS seront donnés dans le projet du nouveau Rapport sur les lignes directrices relatives à la mise en oeuvre des télécommunications par satellite pour la gestion des catastrophes dans les pays en développement (voir le Document UIT-D 2/245).