

RECOMMANDATION UIT-R SA.1158-3*

Possibilités de partage de la bande 1 670-1 710 MHz entre le service de météorologie par satellite (espace-Terre) et le service mobile par satellite (Terre-espace)

(Question UIT-R 204/7)

(1995-1997-1999-2003)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée d'étudier les attributions de fréquences dans certaines parties du spectre (Malaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) a alloué la bande 1 675-1 710 MHz au service mobile par satellite (SMS) (Terre-espace) à titre primaire dans la Région 2, et qu'elle a maintenu le statut primaire du service de météorologie par satellite (service MetSat) (espace-Terre);
- b) que l'on peut utiliser des systèmes à satellites OSG ou non OSG pour chacun de ces deux services;
- c) que des opérateurs du service MetSat se sont mis d'accord pour scinder la bande 1 670-1 710 MHz en quatre sous-bandes qui sont actuellement utilisées et qui devraient continuer à l'être, de la façon suivante:
- 1 670-1 683 MHz: stations terriennes principales fixes destinées à la réception de données d'image brutes, de données de collecte d'informations et de données de télémessure de bord émanant de satellites de météorologie OSG;
- 1 683-1 690 MHz: stations terriennes principales fixes destinées à la réception de données d'image brutes, de données de collecte d'information et de données de télémessures de bord spatial émanant des satellites de météorologie OSG; stations d'utilisateur d'acquisition directe de données émanant de satellites de météorologie OSG (GVAR et S-VISSR) (voir la Note 1);
- 1 690-1 698 MHz: stations d'utilisateur d'acquisition directe de données émanant de satellites de météorologie OSG;
- 1 698-1 710 MHz: stations d'utilisateur d'acquisition directe de données et stations terriennes principales d'acquisition de données d'image préenregistrées, émanant de satellites de météorologie non OSG;
- d) que la bande 1 670-1 690 MHz est utilisée et continuera à l'être à titre primaire mais pas en exclusivité par un nombre limité de stations terriennes principales de météorologie (commande et acquisition de données (CAD)) et que la partie 1 683-1 690 MHz de cette bande est aussi utilisée et continuera à l'être par les stations d'utilisateur d'acquisition directe (GVAR et S-VISSR);
- e) que la partie 1 670-1 675 MHz de la bande est utilisée par quelques stations terriennes principales MetSat;
- f) qu'il existe plusieurs milliers de stations terriennes MetSat fonctionnant dans la bande 1 690-1 710 MHz et que beaucoup d'entre elles sont équipées de petites antennes;

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et de la Commission d'études 8 des radiocommunications (GT 8D).

- g) que pour différentes fonctions du service MetSat, les stations terriennes de ce service qui fonctionnent dans les bandes 1 690-1 710 MHz et 1 683-1 690 MHz peuvent être fixes, mobiles ou transportables;
- h) que la Recommandation UIT-R SA.1027 définit les critères de partage des fréquences applicables aux systèmes actuels MetSat qui utilisent des satellites en orbite terrestre basse (LEO);
- j) que la Recommandation UIT-R SA.1161 définit les critères de partage des fréquences applicables aux systèmes actuels MetSat qui utilisent des satellites OSG;
- k) que l'on prévoit d'installer des émetteurs de stations terriennes du SMS à proximité ou à l'intérieur d'une zone couverte par le service MetSat;
- l) que certains exploitants de satellites météorologiques envisagent d'augmenter les largeurs de bandes occupées par les canaux et de revoir les plans d'assignation de fréquences pour les nouvelles générations de satellites MetSat, ce qui rendrait impossible l'intercalage entre les canaux utilisés par le service de météorologie et ceux utilisés par le SMS;
- m) que les stations spatiales MetSat OSG, couvrant initialement une zone spécifique, peuvent être périodiquement déplacées pour desservir une autre zone;
- n) que les Annexes 1, 2, 3 et 4 donnent une vue d'ensemble des aspects techniques du partage des fréquences entre le service MetSat et le SMS dans la bande 1 670-1 710 MHz;
- o) que des techniques du SMS existent ou pourraient être développées en vue d'éviter, de façon automatique et dynamique, l'émission de signaux par des stations situées à proximité des stations terriennes de réception MetSat, et que ces techniques sont décrites dans l'Annexe 3,

reconnaissant

- 1** que le numéro 5.377 du Règlement des radiocommunications (RR) stipule que, dans la bande 1 675-1 710 MHz, les stations du SMS ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable ni imposer de contraintes au développement du service MetSat et du service des auxiliaires de la météorologie et que l'utilisation de cette bande est subordonnée à la coordination au titre du numéro 9.11A du RR;
- 2** que des études (voir l'Annexe 1) ont montré que les brouillages susceptibles d'être causés aux stations terriennes de météorologie par des stations terriennes du SMS utilisant les mêmes fréquences seraient acceptables si les stations terriennes de météorologie étaient protégées au moyen de zones d'exclusion dont le rayon pourrait atteindre plusieurs centaines de kilomètres et si des mesures techniques appropriées étaient prises afin d'éviter que des stations terriennes mobiles émettent des signaux dans ces zones d'exclusion respectives;
- 3** que le contrôle de stations terriennes mobiles (STM) pourrait être assuré grâce à un système de localisation faisant partie du système mobile à satellite; à cette fin, il sera peut être nécessaire de prévoir un canal de signalisation à bande étroite allant de la STM au satellite du service mobile;
- 4** que les études montrent que les brouillages causés par les émissions des stations terriennes du SMS dans la bande 1 670-1 675 MHz aux stations terriennes du service de météorologie seraient acceptables si l'on imposait des contraintes limitées à l'exploitation du SMS;
- 5** que les études concluent que le partage du SMS pose un problème complexe dans la bande 1 683-1 690 MHz compte tenu du nombre croissant de stations GVAR et S-VISSR (voir la Note 1), en particulier en ce qui concerne les stations transportables et les stations futures, et que ce partage sera très difficile à réaliser;
- 6** que le partage de la bande 1 690-1 710 MHz ne serait pas possible, compte tenu du grand nombre de stations terriennes MetSat, de leurs positions généralement inconnues et de l'utilisation croissante du service,

recommande

1 de faire en sorte que les STM fonctionnant dans la bande 1 670-1 690 MHz n'émettent pas de signaux, sauf sur un canal de signalisation à bande étroite, à l'intérieur des zones d'exclusion environnant les stations terriennes principales de météorologie (CAD et stations d'utilisation de données primaires (PDUS, *primary data users station*)), compte tenu des rayons spécifiés au § 2 du *reconnaissant* et de la précision (km) du système de localisation mentionné au § 3 du *reconnaissant* (voir la Note 2);

2 d'équiper les systèmes mobiles à satellites d'une fonction éprouvée de localisation leur permettant de repérer les stations terriennes mobiles, afin de se conformer au § 1 du *recommande*;

3 de faire en sorte que l'attribution du canal de signalisation à bande étroite qui serait exigé au plan mondial pour certains systèmes de localisation soit décidée d'un commun accord avec les opérateurs de systèmes météorologiques;

4 de considérer que le SMS pourrait utiliser en partage la bande 1 670-1 675 MHz avec le service MetSat moyennant des restrictions mineures de telle sorte à éviter toute incidence à l'échelle mondiale sur l'exploitation du service MetSat dans la bande 1 670-1 710 MHz.

NOTE 1 – GOES signifie satellite géostationnaire opérationnel d'étude de l'environnement; GVAR signifie variable GOES; VISSR signifie radiomètre à balayage rotatif dans le visible et l'infrarouge; S/VISSR signifie VISSR à action élargie.

NOTE 2 – L'OMM est priée de renseigner régulièrement l'UIT sur la position géographique des stations terriennes de météorologie principales.

Annexe 1

Analyse du partage entre le service MetSat et le SMS dans les bandes de fréquences 1 670-1 675 MHz et 1 683-1 690 MHz

1 Introduction

L'UIT-R a effectué un grand nombre d'études concernant les possibilités de partage entre le SMS et le service MetSat dans la bande 1 683-1 690 MHz et au voisinage de cette bande. La bande 1 683-1 690 MHz est principalement utilisée par des stations terriennes météorologiques de trois types différents. Seul un très petit nombre de stations terriennes principales MetSat sont exploitées dans les trois Régions de l'UIT; en revanche, un grand nombre de stations terriennes de météorologie sont exploitées dans les Régions 2 et 3 et, pour beaucoup d'entre elles, leurs coordonnées géographiques ne sont pas connues. Certaines de ces stations sont mobiles (installées à bord de navires ou sur des camions) ou transportables. Pendant la CMR-2000, il a été constaté que ces stations étaient de plus en plus utilisées dans les Régions 2 et 3 et reconnu que l'exploitation du SMS ne devait pas imposer de contraintes au développement du service de météorologie par satellite comme indiqué dans le numéro 5.377 du RR.

En ce qui concerne les stations terriennes de météorologie, les stations principales équipées d'antennes dont le diamètre peut atteindre 15 m ainsi que les stations d'utilisateur de données telles les stations GVAR et S-VISSR fonctionnent dans la bande 1 683-1 690 MHz. Seul un nombre limité de stations principales sont exploitées dans la bande 1 670-1 675 MHz. Les critères de partage et de brouillage pour les systèmes de transmission de données espace vers Terre dans les services d'exploration de la Terre par satellite et de MetSat sont spécifiés dans certaines Recommandations UIT-R. On pourra se référer à l'Appendice 7 du RR et à la Recommandation UIT-R SA.1160.

La Recommandation UIT-R M.1184 contient des informations sur les caractéristiques des systèmes mobiles à satellite à utiliser dans les études de partage avec d'autres services disposant d'attributions à titre primaire entre 1 et 3 GHz. Etant donné que les brouillages causés aux stations du service MetSat sont essentiellement déterminés par la quantité d'énergie rayonnée en direction de l'horizon et de la troposphère, on disposera d'un certain degré de discrimination d'antenne. Sauf si le terminal du SMS fonctionne réellement à des angles d'élévation faibles, l'effet global sera très voisin de celui obtenu avec des systèmes utilisant des antennes équidirectives. On a par conséquent supposé que les terminaux mobiles fonctionnaient avec des antennes dont le gain était très faible (voisin de 0 dBi) en direction de l'horizon.

Compte tenu des très grandes différences qui peuvent apparaître en considérant les cas les plus favorables et les plus défavorables, il a été convenu par les Groupes de travail des radiocommunications concernés d'utiliser les caractéristiques du SMS, du service MetSat et d'effet d'écran en ne tenant pas compte des cas les plus favorables et les plus défavorables, mais de considérer une situation de partage plus représentative avec quelques écarts par rapport aux situations de partage favorables et défavorables.

Les espacements géographiques requis dépendent dans une large mesure de l'angle d'élévation et de l'effet d'écran du terrain. Les angles d'élévation sont compris entre 3° et 90° pour des stations recevant des données en provenance de satellites OSG. Les stations principales ne fonctionneront pas à des angles d'élévation inférieurs à 5°. Pour les stations principales, l'effet d'écran est en général assez bon car elles sont souvent installées dans des lieux reculés. En revanche, les stations d'utilisateur sont souvent installées sur le toit des bâtiments avec un champ de vision des environs dégagé.

2 Caractéristiques des systèmes retenus pour les analyses

Les caractéristiques indiquées dans le Tableau 1 ont été retenues pour représenter l'éventail de systèmes SMS et MetSat. Les valeurs des paramètres ont été choisies pour représenter des conditions de partage favorables, types et défavorables et ne correspondent pas nécessairement aux conditions les plus favorables ou les plus défavorables.

TABLEAU 1

Paramètres systémiques utilisés pour les études de partage entre le service MetSat et SMS

	Cas de partage favorable	Cas type 1 de partage	Cas type 2 de partage	Cas de partage défavorable
<i>Caractéristiques du SMS</i>				
p.i.r.e. maximale par canal (dBW)	3,5	21	17	10,9
Gain maximal d'antenne (dBi)	0	16,5	10	Non applicable
Débit de données sur le canal (kbit/s)	23,4	732	5,6	4,5
Largeur de bande attribuée (espacement entre canaux) (kHz)	31,24	200	12,5	6
Gain moyen d'antenne en direction de l'horizon (dBi)	1	0	0	0
p.i.r.e. moyenne en direction de l'horizon (dBW)	3,5	4,5	7	6,9
Densité moyenne de p.i.r.e. en direction de l'horizon (dB(W/4 kHz))	-5,4	-12,5	2,1	5,1
Hauteur de l'antenne de la STM au-dessus du niveau du sol (m)	2	2	2	10

TABLEAU 1 (*fin*)

	Cas de partage favorable	Cas type 1 de partage	Cas type 2 de partage	Cas de partage défavorable
<i>Caractéristiques du SMS (suite)</i>				
Hauteur moyenne des obstacles au voisinage de la STM (m)	90	50	50	10
Distance des obstacles par rapport à la STM (km)	10	10	10	5
Ouverture du faisceau du satellite (degrés)	0,7	1,5	7	2
Pourcentage de STM qui émettent (%)	60	75	75	90
Découplage de polarisation (dB)	3	3	3	3
<i>Caractéristiques des stations principales MetSat</i>				
Diamètre d'antenne (m)	15	15	15	15
Hauteur du centre de l'antenne au-dessus du niveau du sol (m)	15	20	25	25
Angle d'élévation minimal de l'antenne (degrés)	20	15	10	10
Niveau de brouillage admissible à long terme (20%) (dB(W/4 kHz))	-182	-182	-182	-182
Niveau des brouillages admissibles à court terme (dB(W/4 kHz))	-178	-178	-178	-178
Pourcentage de temps pour le brouillage à court terme ⁽¹⁾ (%)	0,011	0,011	0,011	0,011
Largeur de bande du récepteur (kHz)	5 200	5 200	30	30
Hauteur des obstacles au voisinage de la station principale (m)	200	150	25	25
Distance des obstacles par rapport à la station principale (km)	10	10	10	10
Zone radioclimatique type associée à la station principale	A2	A2	A1	A1
<i>Caractéristiques des stations d'utilisateur MetSat</i>				
Diamètre d'antenne (m)	3,6	3,6	3,6	3,6
Hauteur du centre de l'antenne au-dessus du niveau du sol (m)	5	25	50	50
Angle d'élévation minimal de l'antenne (degrés)	20	15	5	5
Niveau de brouillage admissible à long terme (dB(W/4 kHz))	-180	-180	-180	-180
Niveau de brouillage admissible à court terme (dB(W/4 kHz))	-175,3	-175,3	-175,3	-175,3
Pourcentage de temps du brouillage (%)	0,025	0,025	0,025	0,025
Largeur de bande du récepteur (kHz)	6 000	4 200	4 200	4 200
Hauteur des obstacles au voisinage de la station d'utilisateur (m)	50	25	0	0
Distance des obstacles par rapport à la station d'utilisateur (km)	10	10	Non applicable	Non applicable
Zone radioclimatique type associée à la station d'utilisateur	A2	A1	A1	A1

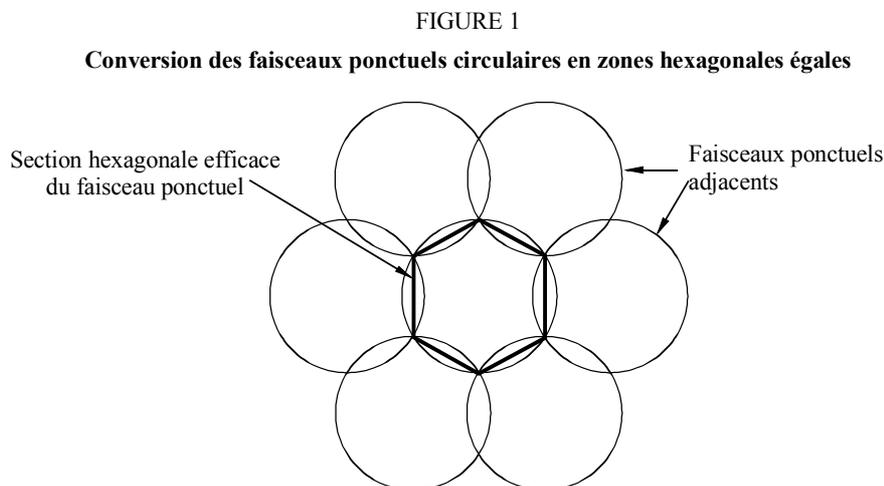
⁽¹⁾ Ce pourcentage s'applique au brouillage cumulatif causé par toutes les STM.

Il conviendrait de prendre en considération certaines combinaisons de caractéristiques systématiques retenues ci-dessus. En ce qui concerne les études relatives aux brouillages dans les bandes adjacentes, il faudra prendre en considération la Recommandation UIT-R SA.1160 pour ce qui est des critères de protection pour les petites stations d'utilisateur dotées d'antennes dont les diamètres sont compris entre 1,2 et 2,4 m. Pour ce qui est des émissions hors bande des terminaux STM, on se reportera à la Recommandation UIT-R M.1480.

3 Méthode d'analyse

3.1 Densité de STM

La présente section contient une analyse dans laquelle, sur la base des paramètres systémiques, on considère un certain nombre de STM en exploitation. Par conséquent, la distribution de ces stations ainsi que leur densité doit être calculée pour chacun des cas de partage. La première étape de l'analyse consiste à déterminer la taille du faisceau ponctuel projeté à la surface de la Terre. Pour simplifier, on supposera que le centre du faisceau ponctuel est perpendiculaire à la surface de la Terre et que la surface occupée par le faisceau ponctuel est approximativement plane. Les faisceaux ponctuels adjacents se chevaucheront. Afin de simplifier encore plus l'analyse, la zone occupée par chaque faisceau ponctuel sera convertie en un hexagone régulier. Cette simplification se justifie par le fait que chaque faisceau ponctuel peut desservir une STM dans la zone de chevauchement (voir la Fig. 1). Pour les calculs de densité de STM, les zones de chevauchement peuvent être également réparties régulièrement entre les faisceaux en chevauchement.



1158-01

La surface de l'hexagone est donnée par la relation:

$$A = (h * \operatorname{tg}(\theta / 2))^2 (3\sqrt{3}) / 2$$

où:

h : altitude de l'OSG (km)

θ : ouverture du faisceau ponctuel (degrés).

TABLEAU 2

**Section effective des faisceaux ponctuels à la surface de la Terre
pour les cas figurant dans le Tableau 1**

Cas de partage	Ouverture du faisceau ponctuel (degrés)	Section efficace (km ²)	Facteur de réutilisation des fréquences
Cas favorable	0,7	$1,25 \times 10^5$	7
Cas type 1	7,0	$1,25 \times 10^7$	2
Cas type 2	1,5	$5,77 \times 10^5$	7
Cas défavorable	2,0	$1,03 \times 10^6$	7

L'étape suivante consiste à déterminer la densité de STM se trouvant à l'intérieur de la zone de service considérée (zone analysée). Puisque les faisceaux ponctuels sont inférieurs ou quasiment égaux aux dimensions des zones d'exclusion, la zone analysée est plus grande que les empreintes des faisceaux ponctuels. L'ensemble des trois cas définis dans le Tableau 1 spécifient l'ouverture du faisceau d'antenne de réception (ouverture de faisceau du satellite), l'espacement entre canaux (largeur de bande attribuée) et le facteur de charge du système (pourcentage de STM en cours d'émission). A partir de ces valeurs, on peut calculer la densité de STM qui émettent. Cette densité peut être alors utilisée pour déterminer le nombre de STM qui émettent dans une zone d'analyse arbitraire.

Le nombre maximal de canaux disponibles pour les STM qui peuvent correspondre aux mêmes canaux que ceux de la station MetSat est calculé en divisant la largeur de bande de la station MetSat par l'espacement entre canaux. Etant donné que les canaux ne peuvent pas être facilement réutilisés parmi les faisceaux ponctuels adjacents, on a supposé qu'en cas de réutilisation de canaux les faisceaux ponctuels correspondants devaient être espacés d'au moins un faisceau ponctuel. L'analyse a été effectuée pour un facteur de réutilisation des fréquences égal à 7.

Un autre élément à prendre en considération est qu'à chaque cas de partage correspond un facteur de charge. Par conséquent, le nombre total de canaux disponibles par faisceau ponctuel doit être abaissé du facteur de charge pour obtenir le nombre réel de STM fonctionnant à un instant donné à l'intérieur d'un faisceau ponctuel.

Le nombre de STM en fonctionnement utilisant des fréquences à l'intérieur d'un même faisceau ponctuel peut être calculé à partir de la relation:

$$n = (1 / F) * (BW_{metsat} / S_{stm}) * L$$

où:

F : facteur de réutilisation des fréquences

n : nombre de STM qui émettent par faisceau ponctuel

BW_{metsat} : largeur de bande du récepteur MetSat

S_{stm} : espacement entre canaux pour la STM

L : facteur de charge du système du SMS.

La densité moyenne de STM qui émettent est calculée en divisant le nombre de STM qui émettent dans un faisceau ponctuel par la surface du faisceau ponctuel:

$$D = n / A$$

où:

- D : densité de STM qui émettent (STM/km²)
 n : nombre de STM qui émettent par faisceau ponctuel
 A : surface d'un faisceau ponctuel (section efficace) (km²).

TABLEAU 3

Densité de stations terriennes mobiles qui émettent pour les cas indiqués dans le Tableau 1

Systèmes du SMS	Nombre de n STM en cours d'émission (favorable-type-défavorable station principale)	Densité moyenne D de STM en cours d'émission (STM/10 ⁶ km ²)	Nombre de n STM en cours d'émission (favorable-type-défavorable station d'utilisateur)	Densité moyenne D de STM en cours d'émission (STM/10 ⁶ km ²)
SMS favorable	14,3/17,8/0,12	114/142/9,83	16,5/14,4/17,3	131/115/138
SMS type 1	2,23/2,79/0,02	3,86/4,83/0,033	2,57/2,25/2,7	4,46/3,9/4,68
SMS type 2	125/156/1,08	9,91/12,4/0,08	144/126/151	11,4/10/12
SMS défavorable	74/93/0,64	72/91/109	86/75/90	83,6/73,1/87,7

3.2 Gain de l'antenne à l'horizon d'une station MetSat

Pour déterminer le brouillage causé par un ensemble de STM, il convient d'utiliser un diagramme de gain d'antenne représentatif du niveau de lobes latéraux moyen. Afin de compenser le fait que le diagramme donné dans l'Appendice 7 du RR surestime sans doute le gain moyen de l'antenne de la station de météorologie en direction d'un nombre potentiellement important de brouilleurs, on considère que la combinaison du diagramme donnée dans la Recommandation UIT-R F.1245 et celui de l'Appendice 7 du RR conviendraient mieux. Pour les stations MetSat, le diagramme d'antenne combinant ceux des Recommandations UIT-R F.699 (Appendices 7 et 8 du RR) et UIT-R F.1245 sont utilisés. Pour chaque valeur de l'angle hors axe, le gain retenu est la moyenne des valeurs données dans les Recommandations UIT-R F.699 et UIT-R F.1245. Une valeur unique du gain de l'antenne vers l'horizon peut être déterminée en tenant compte de l'angle d'élévation et de l'angle d'azimut de la station terrienne MetSat. Pour chaque angle d'azimut, le gain moyen d'antenne vers l'horizon est déterminé en utilisant les diagrammes de lobes latéraux précités. Chaque valeur du gain d'antenne vers l'horizon (dBi) est convertie en un rapport linéaire de puissance, et on détermine ensuite sa valeur moyenne.

Le gain d'antenne spécifié dans la Recommandation UIT-R F.699, ainsi que dans l'Appendice 7 du RR (et l'Appendice 8 du RR), pour un rapport diamètre d'antenne/longueur d'onde inférieur ou égal à 100, est déterminé au moyen de l'équation suivante:

$$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{pour} \quad 0 < \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{pour} \quad \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D}$$

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi \quad \text{pour} \quad 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{pour} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

où:

- G_{max} : gain maximal d'antenne (dBi)
 - $G(\varphi)$: gain (dBi) relatif par rapport à une antenne isotrope
 - φ : angle hors axe (degrés)
 - D : diamètre d'antenne
 - λ : longueur d'onde
- } exprimés dans la même unité
- G_1 : gain du premier lobe latéral = $2 + 15 \log (D/\lambda)$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1} \quad \text{degrés}$$

$$\varphi_r = 12,02 (D/\lambda)^{-0,6} \quad \text{degrés}$$

Dans les cas où le rapport diamètre d'antenne/longueur d'onde est inférieur ou égal à 100, le gain est donné par les équations suivantes (voir la Recommandation UIT-R F.1245):

$$G(\varphi) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{pour} \quad 0 \leq \varphi < \varphi_m$$

$$G(\varphi) = 39 - 5 \log (D/\lambda) - 25 \log \varphi \quad \text{pour} \quad \varphi_m \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G(\varphi) = -3 - 5 \log (D/\lambda) \quad \text{pour} \quad 48^\circ \leq \varphi < 148^\circ$$

Pour chaque valeur de l'angle hors axe le gain retenu est la moyenne des valeurs données dans les Recommandations UIT-R F.699 et UIT-R F.1245 en termes linéaires.

Une valeur unique du gain de l'antenne en direction de l'horizon est déterminée selon les étapes suivantes.

Etape 1: En tenant compte de l'angle d'élévation au niveau de la station terrienne MetSat, on détermine l'angle hors axe pour chaque angle d'azimut autour de cette station.

Etape 2: Pour chaque angle d'azimut, on détermine le gain moyen de l'antenne vers l'horizon en utilisant les diagrammes de lobes latéraux décrits ci-dessus.

Etape 3: Chaque valeur du gain de l'antenne vers l'horizon (dBi) est convertie en un rapport de puissance linéaire et on détermine ensuite sa valeur moyenne.

Le gain efficace utilisé pour les calculs est alors la moyenne de la somme linéaire des deux composantes. Le Tableau 4 montre les résultats pour divers angles d'élévation utilisés dans les calculs.

TABLEAU 4

Gain moyen d'antenne de station météorologique

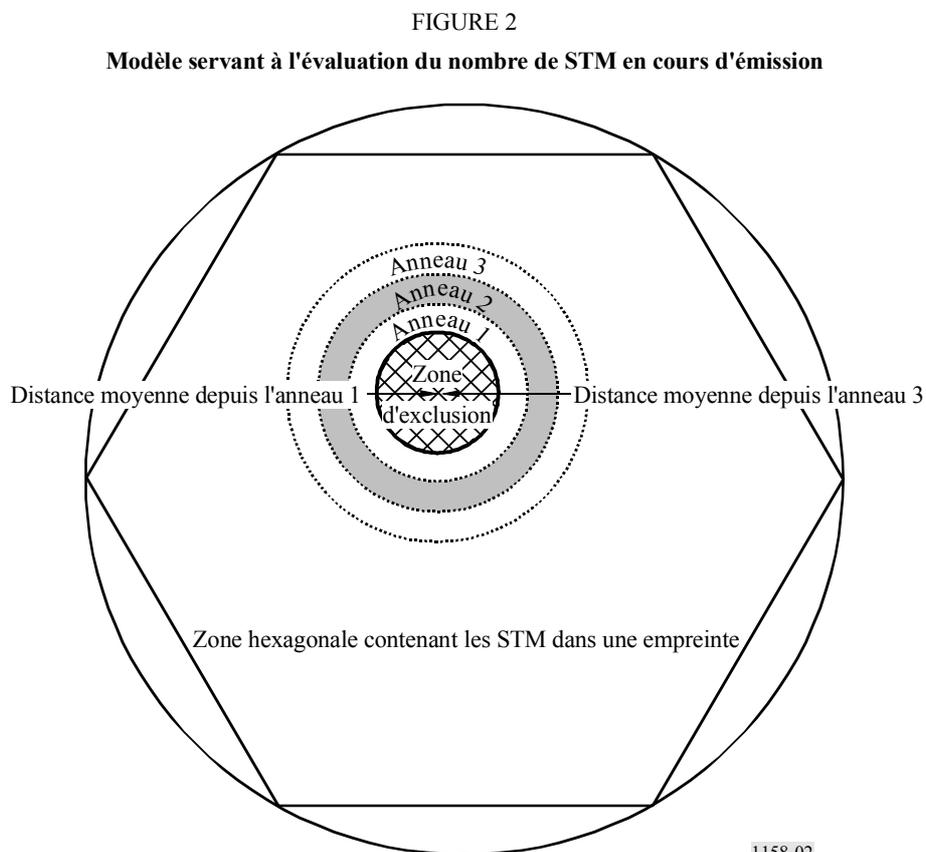
Angle d'élévation	Station principale de météorologie (dBi)	Station météorologique d'utilisateur (dBi)
5° (cas défavorable pour des stations d'utilisateur)	(-0,3)	5,1
10° (cas défavorable pour des stations principales)	-4,6	(0,9)
15° (cas type)	-6,8	-1,3
20° (cas favorable)	-8,1	-2,7

Il est également conseillé de tenir compte du gain réel de l'antenne en direction de la couche où se produit la diffusion troposphérique. La Recommandation UIT-R P.452 a été élaborée à l'origine pour la coordination des liaisons du service fixe dans les cas où l'élévation de l'antenne est limitée à des angles proches de l'horizon et où le gain de l'antenne vers la troposphère décroît généralement avec l'augmentation de l'angle d'élévation. Ce n'est pas le cas d'antennes dont le gain augmente vers des angles d'élévation plus élevés. Le gain pour les deux types d'antenne en direction de la troposphère doit être pris en considération et peut être évalué comme suit: on suppose une altitude moyenne de la troposphère de 5 000 m environ, on détermine ensuite l'angle moyen d'élévation en direction de la troposphère à partir de son altitude et de la mi-distance entre l'émetteur et le récepteur. Pour les stations MetSat, les valeurs de gain figurant dans le Tableau 4 peuvent être interpolées pour obtenir la moyenne du gain moyen de l'antenne en direction de la troposphère. La contribution due à l'antenne de la STM est généralement moins importante car son gain est en général faible et les angles de pointage correspondent à des élévations élevées.

3.3 Zones utilisées pour les analyses

Afin de modéliser les effets d'un certain nombre de STM autour d'une station MetSat, une zone d'analyse doit être établie et doit être suffisamment grande pour englober toutes les STM susceptibles de contribuer au brouillage.

Une zone d'exclusion est placée autour de la station terrienne MetSat à la distance d . Trois anneaux concentriques sont tracés avec un diamètre extérieur égal à $d(n/2 + 1)$ où n est le numéro de l'anneau.



A l'intérieur de chaque anneau le nombre de STM est déterminé à partir de la surface occupée par l'anneau et de la densité moyenne. En exploitation type, les STM ne seront pas régulièrement réparties sur l'empreinte mais concentrées dans les zones à forte demande. Pour tenir compte de cette particularité, le nombre moyen de STM est multiplié par 1,5. Cette façon de procéder n'est peut-être pas applicable aux anneaux 2 et 3 lorsque la zone d'exclusion est importante par rapport à l'empreinte du SMS. La contribution au brouillage de chaque anneau est évaluée en calculant l'affaiblissement sur le trajet en un point se trouvant à mi-chemin entre le rayon intérieur et le rayon extérieur de chaque anneau et en augmentant le brouillage provenant d'une STM de $10 \log N_n$ où N_n est le nombre de STM dans chaque anneau. En outre, pour tenir compte de la possibilité de mouvement des STM de l'intérieur de la zone d'exclusion vers l'extérieur de cette zone, on suppose que 50% du nombre moyen de STM situées dans la zone d'exclusion émettent depuis la limite. Ce pourcentage est ramené à 35% dans le cas de situations défavorables pour la station MetSat et de situations d'occultation étant donné que la zone d'exclusion devient alors beaucoup plus grande.

3.4 Calcul des brouillages

Le modèle de propagation est fondé sur l'application de la Recommandation UIT-R P.452 pour une latitude de 45° . Pour le modèle de propagation guidée, il ne sera tenu compte que d'une seule STM. Pour les émissions effectuées à partir du bord de la zone d'exclusion, le nombre minimal de STM à prendre en considération sera de 1. Le brouillage cumulatif total à l'intérieur de la largeur de bande du récepteur est comparé avec le niveau de brouillage admissible, rapporté à la largeur de bande du récepteur. La taille de la zone d'exclusion est ajustée jusqu'à ce que le brouillage prévu atteigne exactement le niveau admissible.

Pour les cas faisant intervenir la zone radioclimatique A1, on peut supposer que 50% du trajet de propagation se trouve dans la zone A2 afin d'écarter l'hypothèse du cas le plus défavorable.

Il est possible, en utilisant le nombre de STM situées à l'intérieur de chaque anneau et au bord de la zone d'exclusion, et les affaiblissements de propagation au bord de la zone d'exclusion et la distance moyenne de l'anneau, de calculer le brouillage cumulatif provenant de chaque zone d'exclusion et de chaque anneau. Le brouillage cumulatif (dans des conditions d'absence de propagation guidée) est donné par la relation:

$$P_i = 10 \log \left(10^{(P_e/10)} + 10^{(P_1/10)} + 10^{(P_2/10)} + 10^{(P_3/10)} \right)$$

où:

- P_e : puissance de brouillage cumulatif provenant des STM situées en limite de la zone d'exclusion.
- P_1 : puissance de brouillage cumulatif provenant des STM situées dans l'anneau 1.
- P_2 : puissance de brouillage cumulatif provenant des STM situées dans l'anneau 2.
- P_3 : puissance de brouillage cumulatif provenant des STM situées dans l'anneau 3.

Les valeurs de P_e sont calculées au moyen de la formule suivante:

$$P_e = p.i.r.e.stm - L_e + G_{metsat} + 10 \log (N_e) - L_{pol}$$

dans laquelle:

- $p.i.r.e.stm$: p.i.r.e. de la STM en direction de l'horizon (déterminée à partir du Tableau 1)
- L_e : affaiblissement de trajet pour une distance allant de la station terrienne MetSat jusqu'à la limite de la zone d'exclusion

G_{metsat} : gain moyen d'antenne de la station MetSat en direction de l'horizon (extrait du Tableau 4)

N_e : nombre de STM fonctionnant en limite de la zone d'exclusion

L_{pol} : affaiblissement de polarisation (extrait du Tableau 1).

Les valeurs de P_n , dans des conditions de propagation non guidée, sont calculées en utilisant l'équation ci-dessous, où n est le numéro de l'anneau (1, 2 ou 3):

$$P_n = p.i.r.e.stm - L_n + G_{metsat} + 10 \log(N_n) - L_{pol}$$

où:

$p.i.r.e.stm$: p.i.r.e. de la STM en direction de l'horizon (extrait du Tableau 1)

L_n : affaiblissement de trajet pour une distance allant de la station terrienne MetSat à la distance moyenne de l'anneau n

G_{metsat} : gain moyen d'antenne de la station MetSat en direction de l'horizon (extrait du Tableau 4)

N_n : nombre de STM fonctionnant dans l'anneau n

L_{pol} : affaiblissement de polarisation (extrait du Tableau 1).

La puissance brouilleuse, P , dans des conditions de propagation guidées avec une seule STM, est calculée en utilisant l'équation suivante:

$$P = p.i.r.e.stm - L_n + G_{metsat} - L_{pol}$$

où:

$p.i.r.e.stm$: p.i.r.e. de la STM en direction de l'horizon (extrait du Tableau 1)

L_n : affaiblissement de trajet entre la station terrienne MetSat et la STM (rayon de la zone d'exclusion)

G_{metsat} : gain moyen d'antenne de la station MetSat en direction de l'horizon (extrait du Tableau 4)

L_{pol} : affaiblissement de polarisation (extrait du Tableau 1).

4 Résumé des résultats

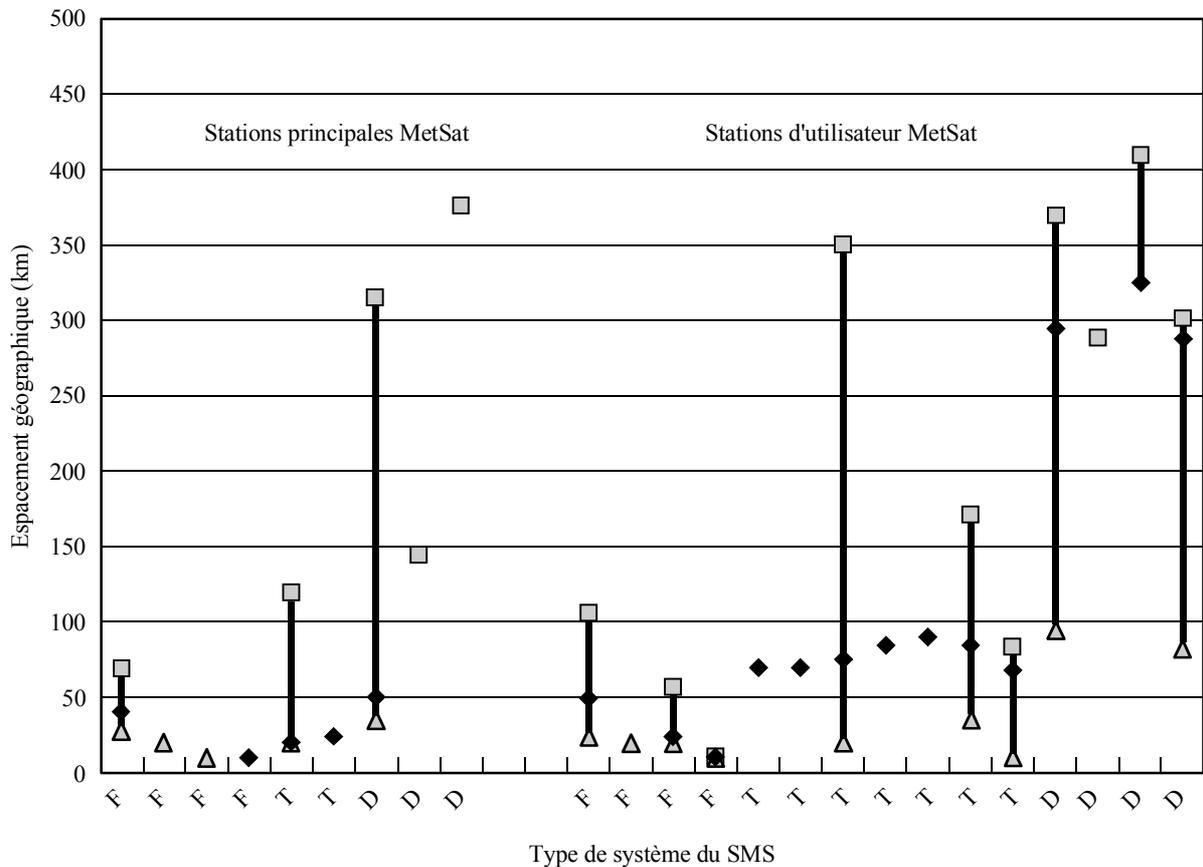
4.1 Résumé relatif à l'espace géographique

La Fig. 3 donne un aperçu des espacements géographiques à respecter pour les stations principales et les stations d'utilisateur MetSat déterminées à partir de quatre contributions soumises à l'UIT-R. Les triangles inférieurs représentent l'espacement géographique correspondant au cas favorable (F) et le rectangle inférieur l'espacement géographique correspondant au cas défavorable (D). Les losanges placés entre les rectangles et les triangles représentent les espacements géographiques pour les cas types (T).

FIGURE 3

**Résumé des résultats des calculs des espacements géographiques pour des stations principales
et des stations d'utilisateur**

Fourchette d'espacement géographique pour des stations MetSat



1158-03

4.2 Résumé relatif aux distances de coordination

Plusieurs contributions ont également été reçues concernant les distances de coordination requises. L'Appendice 7 du RR contient la méthode et les paramètres permettant de déterminer la zone de coordination pour les STM relativement aux stations terriennes MetSat. Etant donné que les procédures sont bien définies dans l'Appendice 7 du RR, on considère qu'il suffit simplement de résumer les conclusions des études pertinentes. Pour l'exploitation du SMS dans le territoire d'une administration, il serait nécessaire d'effectuer une coordination avec les stations MetSat exploitées par d'autres administrations lorsque la station terrienne MetSat se trouve à l'intérieur de la zone de coordination des terminaux du SMS. La zone de coordination est la zone de service des STM auxquelles s'ajoute la distance de coordination. Les études disponibles montrent que pour la zone climatique la plus favorable (A2), les distances de coordination requises seraient souvent supérieures à plusieurs centaines de kilomètres et imposeraient donc une lourde charge de coordination aux opérateurs du SMS. L'importance de la charge de coordination dépendrait du nombre et de la situation des stations MetSat affectées. Le problème s'aggrave pour les zones côtières pour lesquelles, dans certains cas, les distances de coordination seraient supérieures à 1 000 km. Les espacements géographiques pourraient être supérieurs à ceux indiqués ci-dessus. La coordination serait également requise entre des stations terriennes du SMS et des stations terriennes MetSat à l'intérieur du territoire d'une administration donnée mais relèverait plutôt de la compétence nationale et non pas de la compétence internationale.

5 Conclusions

L'UIT-R a effectué plusieurs études concernant les espacements géographiques à respecter entre des stations terriennes du SMS et des stations terriennes MetSat et en considérant en particulier les stations terriennes GVAR/S-VISSR. Les études se sont fondées sur un ensemble de caractéristiques de systèmes du SMS et différents scénarios d'implémentation de stations terriennes principales MetSat et de stations GVAR/S-VISSR. On s'est efforcé d'écarter les hypothèses correspondant au cas le plus favorable et au cas le plus défavorable et de retenir des hypothèses relatives aux systèmes et aux situations d'occultation allant de conditions favorables à des conditions défavorables. Les études ont montré que les conditions d'occultation ont l'effet le plus important sur les espacements géographiques nécessaires. Les résultats suivants ont été obtenus pour un ensemble de paramètres de systèmes du SMS où les termes «favorables, types et défavorables» concernent essentiellement l'implantation des stations MetSat et les conditions d'occultation. Les espacements géographiques plus faibles s'expliquent principalement par l'utilisation de paramètres du SMS favorables et les espacements géographiques plus grands par l'utilisation de paramètres du SMS défavorables.

TABLEAU 5

	Stations principales MetSat: favorables-défavorables SMS	Stations GVAR/S-VISSR: favorables-défavorables Paramètres du SMS
Conditions favorables (km)	< 20-35	20-100
Conditions types (km)	< 20-45	35-300
Conditions défavorables (km)	75-320	70-370

Jusqu'à présent les stations MetSat GVAR sont essentiellement installées dans un grand nombre de pays de la Région 2 et les stations MetSat S-VISSR dans un grand nombre de pays de la Région 3. Dans les pays de la Région 1, il existe quelques stations MetSat GVAR/S-VISSR. Le nombre de stations principales MetSat installées dans l'ensemble des trois Régions est supérieur à 15. Il est probable que le service MetSat utilisera cette bande de manière plus importante. Toutefois, il existe également des stations GVAR/S-VISSR transportables dans les Régions 2 et 3. Des zones d'exclusion sont requises mais ne peuvent pas être dans la pratique imposées autour des stations terriennes transportables qui peuvent être périodiquement déplacées.

Le partage de la bande 1 683-1 690 MHz nécessiterait un espacement géographique entre les STM et les stations MetSat cofréquences. On dénombre plus de 15 stations terriennes principales exploitées dans les trois Régions et pour les stations d'utilisateur de données plus de 400 stations enregistrées fonctionnant principalement dans les Régions 2 et 3, quelques-unes étant en Région 1. Le nombre de stations d'utilisateur de données augmente et le nombre réel des stations serait actuellement supérieur à 1 000. Dans les études, on conclut que même s'il est réalisable dans certaines zones du monde, le partage imposerait au SMS de telles contraintes et de telles limitations pratiques qu'il ne permet pas au SMS de disposer de fréquences à l'échelle mondiale.

Les études disponibles ont conclu que les espacements géographiques réels requis sont en général de 70-105 km mais peuvent atteindre 400 km. Dans certains cas, cela reviendrait à exclure le SMS de certaines zones de service importantes; et de fait à éliminer certaines particularités de service (couverture mondiale ou régionale, mobilité totale, etc.) à moins de recourir à l'agilité de fréquence sélectionnable. La Résolution 227 (CMR-2000) reconnaît que le nombre de stations d'utilisateur de données augmente et compte tenu des incidences du numéro 5.377 du RR, cela signifie un risque imprévisible pour chaque opérateur du SMS de perdre des zones de service en plus de celles qui

sont indisponibles aujourd'hui. Viendrait s'ajouter une charge supplémentaire au système à savoir que les emplacements des STM devraient être déterminés avec une précision suffisante pour respecter les espacements géographiques requis. Toutefois, il existe des systèmes SMS opérationnels actuels qui mettent en oeuvre des configurations de faisceaux ponctuels (150-300 faisceaux ponctuels), la réutilisation de fréquences et des capacités de détermination de la position. Compte tenu de la disponibilité de fréquences en dehors de la bande 1 683-1 690 MHz, le recours à l'agilité de fréquences sélectionnable permettrait d'augmenter les possibilités de partage de cette bande entre le SMS et le service MetSat.

En plus du brouillage dans la bande 1 683-1 690 MHz, le problème des brouillages dans les bandes adjacentes qui affecteraient des milliers de stations terriennes de météorologie fonctionnant dans la bande 1 690-1 698 MHz nécessite soit la définition d'une bande de garde en dessous de 1 690 MHz ou une limitation des émissions hors bande. Les études ont montré que les limites d'émission hors bande fixées dans la Recommandation UIT-R M.1480 (et les projets de révision de cette Recommandation), si elles étaient étendues aux STM fonctionnant dans la bande 1 683-1 690 MHz, pourraient permettre de protéger les stations terriennes MetSat fonctionnant au-dessus de 1 690 MHz. Ce sujet pourrait nécessiter un complément d'étude.

Annexe 2

TABLEAU 6

Renseignements relatifs aux systèmes MetSat mondiaux

Système MetSat	Fonction	Fréquence (MHz)	Largeur de bande RF (MHz)	p.i.r.e. (dBW)
GMS (OSG)	Capteur	1 681,600	20,000	27,0
	S-VISSR	1 687,100	6,000	25,0
	WEFAX1	1 691,000	0,260	17,0
	WEFAX2	1 691,000	0,032	7,0
	Télémétrie 1	1 684,000	1,000	17,0
	Télémétrie 2	1 688,200	1,000	-4,5
	Télémétrie 3	1 690,200	1,000	-4,5
	Rapport plate-forme de collecte de données (PCD)	1 694,500	0,400	4,0
Télémésure	1 694,000	0,400	10,0	
FY-2 (OSG)	Données d'image brutes	1 681,6	20	27
	S-VISSR	1 687,5	2	25,5
	WEFAX	1 691,0	0,260	21
	Télémétrie 1	1 690,5	1	18
	Télémétrie 2	1 686,5	1	3
	Télémétrie 3	1 684,5	1	3
	Rapport PCD	1 709,5	1	9
	Télémésure	1 702,5	0,4	15
	Capteur W/B	1 676,000	5,000	19,0
	Capteur d'images brutes	1 681,600	25,000	27,9
	Multicapteur	1 681,478	0,500	19,0
	Détecteur en mode AAA	1 685,700	5,000	19,0

TABLEAU 6 (*fin*)

Système MetSat	Fonction	Fréquence (MHz)	Largeur de bande RF (MHz)	p.i.r.e. (dBW)
GOES (OSG)	Télémétrie 1	1 684,000	1,000	27,9
	Télémétrie 2	1 688,200	1,000	27,9
	Télémétrie 3	1 690,200	1,000	27,9
	Acquisition directe de données	1 687,100	3,500	27,9
	WEFAX	1 691,000	0,026	27,9
	Télémétrie	1 694,000	0,020	19,0
	Rapport PCD 1	1 694,450	0,400	19,0
	Rapport PCD 2	1 694,500	0,400	21,1
	Rapport PCD 3	1 694,800	0,400	19,0
METEOSAT-MOP (OSG)	Rapport PCD	1 675,281	0,435	12,5
	Télémétrie	1 675,929	0,030	5,0
	Capteur	1 686,833	5,300	10,7
	Télémétrie 1	1 691,000	0,660	21,3
	Télémétrie 2	1 694,500	0,660	21,3
	Fax à haute résolution 1	1 691,000	0,660	21,3
	Fax à haute résolution 2	1 694,500	0,660	21,3
	WEFAX1	1 691,000	0,026	21,3
	WEFAX2	1 694,500	0,026	21,3
	MDD	1 695,770	0,720	9,0
	HRIT	1 695,150	1,960	18,4
	LRIT	1 691,000	0,660	16,6
METEOSAT-MSG (OSG)	Télémétrie (PCD)	1 675,281	0,750	14,5
	Données d'image brutes	1 686,833	6,000	15,9
	HRIT	1 695,150	4,000	22,4
	LRIT 1	1 691,000	2,000	19,8
	LRIT 2	1 695,150	2,000	19,8
GOMS (OSG)	Capteur	1 685,000	5,000	23,0
	WEFAX1	1 671,48 1 690,8	0,018	18,8
	WEFAX2	1 674,48 1 691,4	0,018	18,8
	Fax à haute résolution 1	1 672,48 1 691,0	0,0024	12,3
	Fax à haute résolution 2	1 673,48 1 691,2	0,0024	12,3
	PCD 1	1 697,0	2,000 (300 × 3 kHz)	9,7
	PCD 2	1 688,5	1,000 (100 × 10 kHz)	12,0
MetSat I LEO type	Cas le plus défavorable	1 698-1 710	3,000	9,0

Annexe 3

Techniques de partage entre stations terriennes du SMS et du MetSat dans la bande de fréquences 1 675-1 690 MHz

L'UIT-R a étudié un certain nombre de techniques susceptibles d'améliorer les possibilités de partage du spectre des fréquences radioélectriques entre systèmes mobiles ou mobiles par satellite et systèmes relevant d'autres services. Le problème de fond traité dans ces études est le suivant: lorsque le service mobile ou le SMS partage une bande de fréquences avec un autre service, on suppose que la station mobile ou la station terrienne du SMS peut fonctionner en n'importe quel point de la zone de service du système qui subit le brouillage, émettant à la fréquence utilisée en réception par ce dernier. Il est ainsi apparu qu'à l'intérieur de la zone de service, la station mobile ou la station terrienne du SMS pouvait occasionner des brouillages préjudiciables aux stations de l'autre service.

Il faut par ailleurs supposer que ces stations du service mobile ou du SMS sont utilisées par des personnes non accoutumées à prendre des mesures propres à prévenir tout brouillage préjudiciable entre stations. Les techniques appliquées pour contenir les brouillages dans les limites convenues ne doivent pas nécessiter l'intervention de l'utilisateur de la station mobile ou de la station terrienne du SMS. Plusieurs techniques de ce type, permettant de limiter le brouillage occasionné par une station terrienne d'émission du SMS à une station terrienne de réception MetSat, sont brièvement décrites ci-après. Ces techniques peuvent être utilisées séparément ou conjointement:

- assignation de fréquence par position,
- zones de protection par radiobalises,
- prévention du brouillage par sélection des fréquences,
- utilisation des fréquences dans une zone de couverture du faisceau du SMS uniquement quand les stations terriennes MetSat ne les utilisent pas (c'est-à-dire partage du temps avec priorité au MetSat).

1 Assignation de fréquence par position

1.1 Méthode garantissant une séparation fréquence-distance adéquate (dans le cas d'une zone d'exclusion fixe)

Sur un canal sémaphore non brouilleur, la station terrienne mobile indique sa position au centre d'exploitation du réseau (cette possibilité est prévue dans certains systèmes du SMS non OSG, en projet). Des canaux d'exploitation non brouilleurs sont alors assignés à partir d'un tableau de situation informatisée indiquant les fréquences dont l'utilisation ne provoquera pas de brouillage au point désigné, tableau complété par une liste de fréquences libres dans la zone de couverture du faisceau. La table de situation est établie à partir des données de positionnement et d'assignation de fréquence dont on dispose sur les stations terriennes MetSat.

1.2 Observations

- Des canaux sémaphores SMS non brouilleurs doivent être disponibles dans chaque zone de couverture des satellites du SMS.
- Les stations terriennes du SMS doivent offrir une fonction de repérage, intrinsèquement ou après adjonction de l'équipement nécessaire.

- La position de la station terrienne du SMS doit être connue du centre de contrôle du réseau avant toute assignation d'un canal de service.
- Un logiciel et une base de données de localisation des stations du SMS doivent être intégrés au système d'assignation de canal par algorithmes.
- Le système informatique de commande du réseau doit offrir des temps d'accès au réseau acceptables.

2 Zones de protection par radiobalises

2.1 Méthode très souple permettant elle aussi de garantir une séparation fréquence-distance adéquate

Chaque station terrienne de réception MetSat à protéger est équipée d'une balise émettrice, avec un décalage de fréquence minimal entre la balise et le récepteur de la station terrienne MetSat. La station terrienne du SMS utilise le signal émis par la balise pour déterminer si elle se trouve dans une zone de restriction. Cette information est envoyée au centre d'exploitation du réseau, qui affecte si nécessaire un canal non brouilleur pouvant au besoin être utilisé dans la zone de restriction.

2.2 Observations

- Des canaux sémaphores non brouilleurs doivent être disponibles dans chaque zone de couverture de satellite du SMS.
- Des balises doivent être installées dans toutes les stations terriennes MetSat à protéger (ce qui n'est envisageable en fait que dans le cas où ces stations sont peu nombreuses).
- Les stations terriennes du SMS doivent être dotées d'un système de traitement des signaux émis par les balises.
- La position des stations terriennes du SMS (ou la zone spécifique de couverture de la balise dans laquelle se trouve la station considérée) doit être connue du centre d'exploitation du réseau avant l'assignation de canal.
- Un logiciel et une base de données de localisation des stations terriennes du SMS par référence aux radiobalises doivent être intégrés au système d'assignation de canal par algorithmes.
- Le système informatique de commande du réseau doit offrir un temps d'accès au réseau acceptable.
- La technique pourra aussi faciliter le partage du temps.

3 Prévention du brouillage par sélection des fréquences

3.1 Méthode permettant de protéger les stations terriennes MetSat dans le cas où ces stations sont nombreuses

Les techniques précédemment décrites conviennent lorsqu'un petit nombre de stations terriennes MetSat sont affectées à la réception des signaux émis par une station MetSat (exemple: transmission de données d'image brutes). Toutefois, elles ne sont pas utilisables dans le cas où plusieurs centaines ou milliers de petites stations terriennes sont affectées à la diffusion de données météorologiques, (par exemple, stations WEFAX, transmission d'images à haute définition (HRPT, *high-resolution picture transmission*), etc.). Les fréquences peuvent différer d'un système MetSat à l'autre, et certains services MetSat diffusent des données qui diffèrent selon le point de destination.

Les canaux de diffusion de données sont généralement assez étroits. Pour protéger les stations terriennes MetSat qui diffusent partout les mêmes données, on fait en sorte que le SMS n'utilise pas les fréquences affectées à la diffusion des données météorologiques et en prévoyant pour ces fréquences une bande de garde suffisante.

3.2 Observations

- Des canaux sémaphores du SMS non brouilleurs doivent être disponibles.
- Les canaux de diffusion de données étant à bande étroite, la diminution du nombre des fréquences et de la capacité du système SMS sera probablement acceptable.
- Dans le cas de systèmes SMS non OSG, les centres de contrôle doivent pouvoir reconnaître et adopter des protocoles d'assignation souples, car différents systèmes MetSat caractérisés par des zones de couverture différentes peuvent utiliser différentes fréquences et largeurs de bande pour les canaux de diffusion de données.
- Dans certaines parties du monde, la couverture des stations terriennes de diffusion de données météorologiques n'est pas totale, et les stations terriennes du SMS peuvent alors s'avérer utiles.

4 Utilisation des fréquences dans une zone de couverture du faisceau du SMS uniquement quand les stations terriennes MetSat ne les utilisent pas

4.1 Utilisation des fréquences en partage du temps

Cette technique déjà ancienne est appliquée depuis un certain temps au MetSat pour les stations spatiales non OSG. Une station spatiale non OSG n'illumine, à un instant donné, qu'une faible partie de la surface de la Terre. Ainsi, les fréquences utilisées par cette station spatiale à cet instant peuvent être utilisées simultanément sur le reste de la surface de la Terre. En d'autres termes, on peut utiliser en temps partagé les mêmes fréquences sur toute la surface de la Terre entre satellites non OSG du MetSat et systèmes SMS.

4.2 Observations

- Des canaux sémaphores non brouilleurs du SMS doivent être disponibles.
- Dans le cas considéré ici, les stations spatiales MetSat peuvent occasionner un brouillage aux récepteurs des stations spatiales du SMS. Ce problème est étudié à l'Annexe 1.
- Le centre de contrôle du réseau SMS doit connaître à tout moment les positions orbitales et la couverture de ses stations spatiales et des stations MetSat non OSG.
- Cette méthode peut être utilisée en même temps que les méthodes d'exclusion par radiobalise et d'exclusion fixe décrites précédemment.
- De bonnes liaisons doivent être assurées entre les exploitants des systèmes SMS et MetSat.
- Dans le cas de systèmes SMS à faisceaux multiples, cette méthode peut être utilisée pour chaque faisceau.

Annexe 4

Etude sur le partage dans le temps de la sous-bande 1 698-1 710 MHz

1 Introduction

La présente Annexe traite des aspects du partage des fréquences entre le service MetSat et le SMS dans la sous-bande 1 698-1 710 MHz. Des études menées par l'UIT-R ont conclu que le partage par espacement géographique ne serait pas possible dans cette sous-bande étant donné qu'il y a un très grand nombre de stations terriennes de réception et que leurs positions sont généralement inconnues. Environ 1 000 stations terriennes HRPT sont actuellement enregistrées auprès de l'OMM et une augmentation considérable de ce nombre est à prévoir, étant donné que la bande considérée est la bande d'extension à titre primaire pour les nouveaux systèmes MetSat non OSG.

Une autre solution, le partage dans le temps, a été proposée: il semblerait possible de libérer un certain nombre de fréquences sur la base de ce concept, l'ouverture du faisceau du satellite du service mobile restant le principal facteur limitatif. Il a cependant été reconnu que la contrainte que supposait la coordination, en temps réel et continu, de 10 à 20 satellites de météorologie exploités par diverses administrations ou organisations internationales, contrainte à laquelle s'ajoute le fait de neutraliser à intervalles réguliers un grand nombre de fréquences, ne permettrait pas d'appliquer le concept du partage dans le temps. Il apparaissait donc nécessaire d'effectuer un complément d'étude concernant les systèmes à faisceaux très étroits étant donné qu'ils pouvaient offrir des possibilités de partage. Les caractéristiques techniques des systèmes SMS sont contenues dans la Recommandation UIT-R M.1184.

2 Caractéristiques des systèmes de météorologie par satellite

Plusieurs satellites LEO de météorologie fonctionnent actuellement dans la bande 1 698-1 710 MHz. Le fait que la mise en service de ce type de systèmes soit programmée à moyen terme est particulièrement intéressant, étant donné que le numéro 5.377 du RR dispose notamment que le SMS ne doit pas imposer de contraintes au développement du service de météorologie par satellite. Les caractéristiques du système qui ont été recueillies proviennent de diverses administrations et organisations internationales. Ces systèmes peuvent être considérés comme étant représentatifs de la nouvelle génération de satellites LEO de météorologie, déjà installés ou dont l'installation est programmée au cours de la décennie à venir.

D'autres organisations envisagent d'exploiter des systèmes analogues, mais les caractéristiques détaillées sur ces derniers ne sont pas disponibles actuellement. On peut raisonnablement penser qu'à moyen ou long terme 20 à 25 satellites de météorologie seront mis en service dans le monde. La plupart des opérateurs auront au moins 2 satellites en orbite simultanément. On peut par conséquent en déduire que, dans l'avenir, 10 à 20 satellites fonctionneront en permanence dans la bande 1 698-1 710 MHz. L'éventuelle réutilisation des fréquences imposera une limite au nombre des satellites et, tôt ou tard, toutes les fréquences disponibles seront utilisées. Aujourd'hui déjà, une planification rigoureuse est nécessaire afin de minimiser les risques de brouillage.

Pour la présente étude, on a supposé que 14 satellites seront exploités dans cette bande au cours des dix prochaines années dont 7 correspondent à ceux déjà en service ou en phase de conception et ceci à raison de deux satellites maximum par administration ou organisation internationale. Cinq satellites permettent de tenir compte d'autres administrations qui n'ont pas encore des plans arrêtés ou de celles qui peuvent éventuellement exploiter plus de deux satellites simultanément. Les caractéristiques des satellites utilisées pour les simulations sont données dans le Tableau 7.

TABLEAU 7

Données sur les satellites de météorologie utilisées pour la simulation

Satellite	Altitude orbitale (km)	Inclinaison (degrés)	Fréquence minimale (MHz)	Fréquence maximale (MHz)
FY-1	870	98,7	1 698	1 703
	870	98,7	1 705,5	1 710
METOP	827	98,7	1 698,75	1 703,25
	827	98,7	1 704,75	1 709,25
SPOT	822	98,7	1 703	1 705
METEOR	1 020	99,6	1 698,5	1 701,5
	1 020	99,6	1 703,5	1 706,5
NOAA	850	98,7	1 698,75	1 703,25
	850	98,7	1 704,75	1 709,25
ADMIN1-A	840	98,7	1 698	1 702
ADMIN1-B	840	98,7	1 702	1 706
ADMIN2-A	840	98,7	1 702	1 706
ADMIN2-B	840	98,7	1 706	1 710
ADMIN3	840	98,7	1 706	1 710

Il convient de remarquer, en outre, que la plupart de ces satellites du service MetSat émettent des signaux à très large spectre à leurs stations de CAD quand ils sont en visibilité directe. Des stations de ce type sont généralement situées à haute latitude et sont en contact avec leurs satellites pendant 6% à 13% du temps. Les faisceaux ponctuels des satellites du SMS orientés au-dessus d'une latitude moyenne entraîneront donc des contraintes d'exploitation supplémentaires qui ne sont pas traitées dans la présente étude.

Les stations terriennes des satellites de météorologie reçoivent normalement des données à des élévations généralement supérieures à 5°, mais elles doivent pouvoir accepter occasionnellement des passages de satellite à des angles d'élévation inférieurs. Souvent, les stations reçoivent les données jusqu'à ce que le satellite de météorologie ne soit plus en visibilité directe. De plus, l'acquisition de signal initiale et la synchronisation des données ne sont pas immédiates et commencent normalement dès que le satellite va théoriquement passer en visibilité directe. Pendant cette période, les brouillages peuvent être particulièrement préjudiciables. En outre, l'incertitude de la position du satellite de météorologie augmente avec l'intervalle de temps entre les procédures de localisation. Une marge de sécurité est donc nécessaire pour tenir compte des imprécisions de la position orbitale des satellites de météorologie. C'est pourquoi on a considéré que la station HRPT devrait être protégée pendant tout le temps où le satellite est visible, c'est-à-dire jusqu'à des angles d'élévation de 0°. Cela suppose concrètement que les stations fonctionnent à une élévation d'environ 5°, comme indiqué dans la Recommandation UIT-R SA.1026. Par conséquent, une STM ne peut pas émettre quand une station HRPT se trouve en visibilité directe avec son satellite de météorologie.

3 Caractéristiques du système mobile par satellite

La présente étude a été réalisée sur les caractéristiques techniques des systèmes SMS à utiliser pour des études de partage. Les informations contenues dans la Recommandation UIT-R M.1184 concernent un certain nombre de systèmes OSG et non OSG. Pour ce qui est des systèmes OSG, les ouvertures de faisceaux considérées sont comprises entre 1° et 17° et les zones des services mobiles à 3 dB s'étendent d'un million de km² à 217 millions de km². Trois systèmes ont été choisis pour les simulations avec des ouvertures de faisceaux minimale, moyenne et maximale de 1°, de 6° et de 17° respectivement.

Pour ce qui concerne le choix des systèmes mobiles par satellite non OSG, on a retenu un certain nombre de systèmes parmi les onze présentés. Il s'agit des systèmes A, B et G car ils permettent d'avoir un ensemble représentatif d'altitudes orbitales, d'angles d'inclinaison et de largeurs de faisceaux. Pour ces systèmes, l'empreinte d'une antenne couvre une zone de service comprise entre 180 000 km² et 8 400 000 km². Le Tableau 8 résume les caractéristiques du SMS qui ont servi pour l'élaboration de la présente étude. Il faut noter que les systèmes qui utilisent l'accès multiple par répartition de code (AMRC) ont en général un débit d'éléments assez élevé, ce qui nécessite la disponibilité d'un grand nombre de fréquences dans la largeur de bande de 12 MHz.

TABLEAU 8

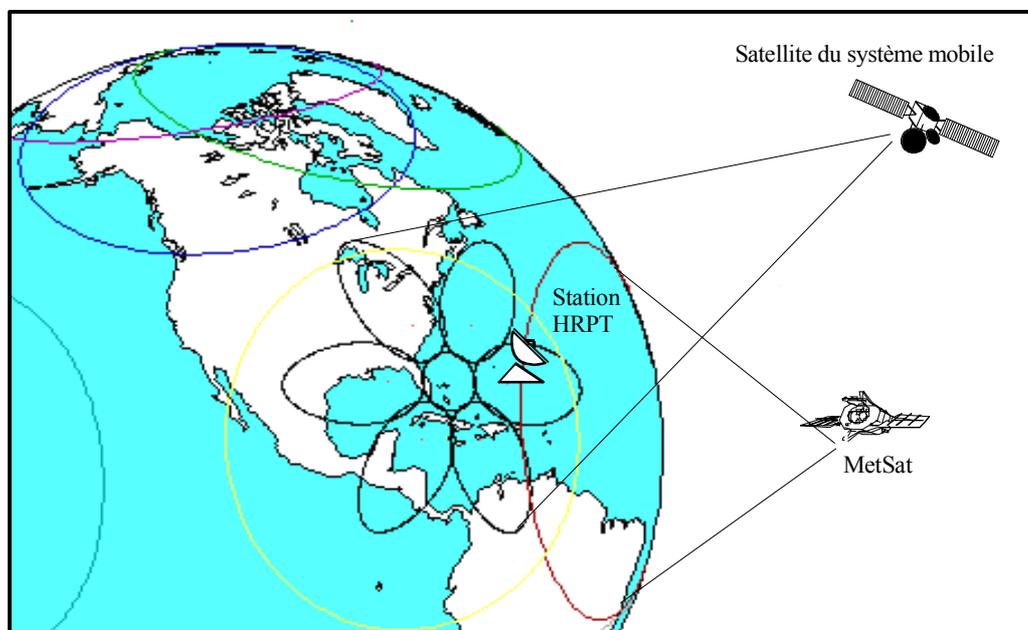
Caractéristiques des satellites du système mobile par satellite utilisées pour la simulation

	INMARSAT-M	GSO-A	GSO-C	LEO-A	LEO-B	LEO-G
Altitude orbitale (km)	36 000	36 000	36 000	780	10 355	1 500
Angle d'inclinaison (degrés)	1	1	1	86	50	74
Ouverture du faisceau (degrés)	17	1	6	34	13	95
Nombre de faisceaux	1	180	7	48	37	6
Espacement des canaux RF (kHz)	10	Non applicable	6	42	Non applicable	50
Largeur de bande de modulation (kHz)	8	8 330	4,7	32	2 500	5 800
Taille maximale du faisceau (km ²)	215 × 10 ⁶	–	–	700 000	1 000 000	8 400 000

4 Simulation et analyse technique

L'évaluation du partage a été faite par simulation informatique avec 14 satellites de météorologie et un satellite du système mobile. Les altitudes des satellites de météorologie étaient comprises entre 827 et 1 020 km et leur inclinaison type de 99° environ. Les satellites du système mobile ont été choisis parmi ceux de la Recommandation UIT-R M.1184. Pour les systèmes non OSG, les systèmes A, B et G ont été sélectionnés. Quant aux systèmes OSG, ceux qui ont été sélectionnés sont: les systèmes A (GSO-A) et C (GSO-C) ainsi que le système INMARSAT-M (GSO-M). La configuration géométrique est représentée à la Fig. 4.

FIGURE 4
Exemple d'une zone d'exclusion pour le satellite du système mobile



1158-04

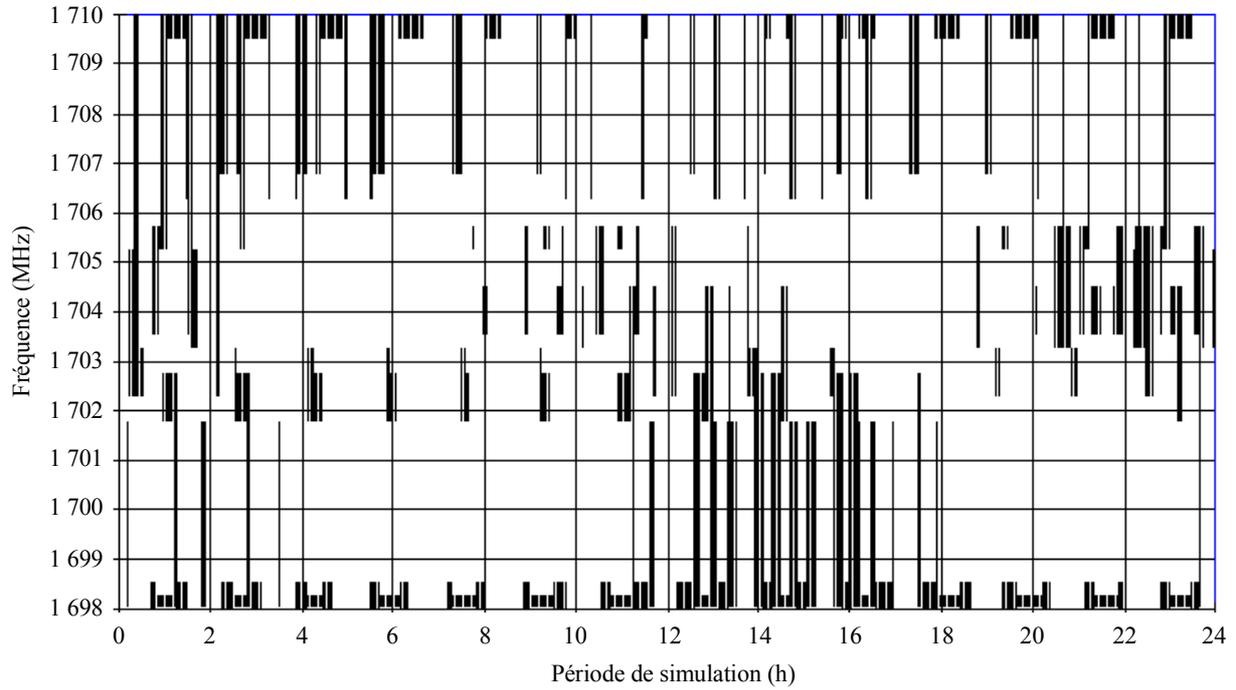
Lorsqu'une station HRPT se trouve dans la zone de service du faisceau d'antenne d'un satellite du système mobile, et lorsqu'un satellite de météorologie est en visibilité directe par rapport à la station HRPT, la bande utilisée par le satellite de météorologie n'est pas disponible pour les stations mobiles dans la zone de service tant que la station HRPT peut recevoir des données. L'exemple montre qu'il y a intersection de l'empreinte du satellite du SMS avec les deux zones de service des satellites de météorologie et que par conséquent les bandes de fréquences correspondantes ne peuvent pas être utilisées. On constate sur la figure que les faisceaux placés à une certaine distance du point subsatellite couvrent des zones beaucoup plus vastes et que par conséquent l'interruption est plus longue. Pendant la simulation, seul le faisceau dont l'axe est le plus septentrional a été sélectionné. Comme les simulations demandent beaucoup de temps, l'évaluation a été limitée à 24 h à raison d'un échantillon toutes les 30 s.

Après analyse des résultats de simulation, c'est le cas du système OSG (GSO-C), ayant un angle (symétrique) de zone de service de 6° , qui a été retenu pour sa représentativité. La Fig. 5 indique le nombre de fréquences non utilisées dans toute la gamme de fréquences considérée pour diverses périodes de simulation.

La Fig. 6 fait apparaître la totalité de la largeur bande disponible. Il convient de remarquer qu'une largeur de bande donnée n'est disponible en général que pendant un intervalle de temps non répétitif. On constate que la largeur de bande disponible est assez limitée et varie rapidement en fonction du temps et de la fréquence. Des résultats analogues ont été obtenus avec d'autres systèmes mobiles.

FIGURE 5

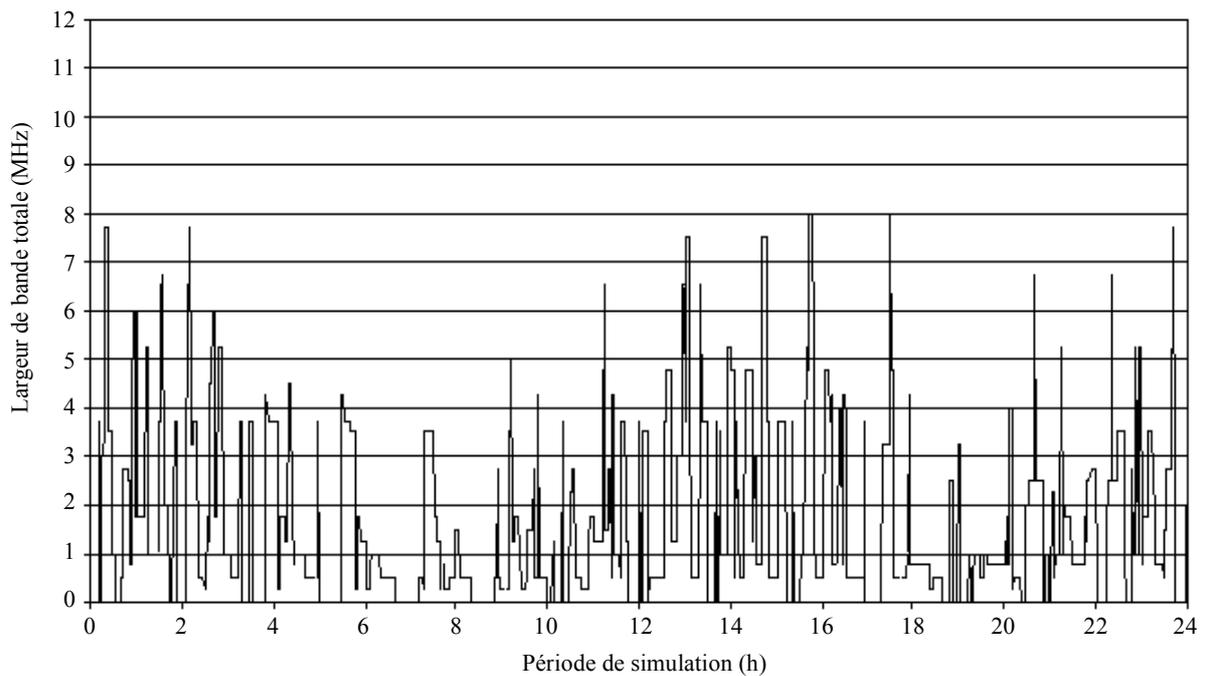
Fréquences radioélectriques disponibles pour le système mobile GSO-C



1158-05

FIGURE 6

Largeur de bande totale disponible pour le système mobile GSO-C



1158-06

5 Conclusion

A intervalles irréguliers, la largeur de bande disponible devient nulle, ce qui correspond à une interruption totale du trafic et qui exclut toute communication vocale et n'autorise éventuellement que de brèves transmissions de données à bande étroite.

Les systèmes SMS de type AMRC ne pourraient donc pas fonctionner dans ces conditions, étant donné que plusieurs megahertz de largeurs de bande ne sont presque jamais disponibles.

La largeur de bande disponible peut, en l'espace de quelques minutes, passer de 1 MHz à plus de 10 MHz et peut également passer d'une sous-bande à une autre dans la gamme 1 698-1 710 MHz, ce qui impose des interruptions fréquentes et le redéploiement des canaux de fréquences mobiles.

Une coordination, en temps réel et continu, avec 10 à 20 satellites MetSat actifs exploités par diverses administrations et organisations internationales serait nécessaire, ainsi qu'une connaissance extrêmement précise des orbites des satellites de météorologie.

Toutes les simulations n'ont porté que sur 14 satellites MetSat. Compte tenu de la multiplication des projets mettant en œuvre des satellites dans le monde entier et compte tenu des dispositions du numéro 5.377 du RR concernant la protection des futurs systèmes de météorologie, une augmentation importante du nombre de satellites MetSat aboutirait à une situation où pratiquement aucune fréquence ne serait disponible, même pour des systèmes à faisceaux très étroits.

Les systèmes SMS à faisceaux ponctuels orientés vers des latitudes les plus septentrionales auraient à subir des contraintes d'exploitation supplémentaires lorsque les satellites de météorologie émettraient des signaux à large bande vers leurs stations correspondantes de CDA.

De ce qui précède, la conclusion est que les possibilités de partage dans le temps sont très limitées et complexes. Compte tenu de l'augmentation probable du nombre de systèmes de météorologie et du fait que ces systèmes sont protégés aux termes du numéro 5.377 du RR, le partage entre le service MetSat et le SMS ne peut pas être considéré comme étant possible dans cette sous-bande.
