

RAPPORT 917-2 \*

**NIVEAUX DE BROUILLAGE ADMISSIBLES DANS LES VOIES TÉLÉPHONIQUES  
DU SERVICE MOBILE MARITIME PAR SATELLITE**

(Question 86/8)

(1982-1986-1990)

**1. Introduction**

Le présent Rapport étudie les effets possibles du brouillage dans les voies téléphoniques du service mobile maritime par satellite utilisant la modulation de fréquence et la compression-extension syllabique 2:1. Une attention particulière est accordée à la transmission dans le sens Terre-navire et aux effets du brouillage sur la qualité et la capacité des voies par satellite.

Le présent Rapport traite essentiellement des systèmes utilisant les fréquences 1,5/1,6 GHz pour des liaisons avec les stations terriennes de navire, les fréquences 4/6 GHz pour les liaisons de connexion et des satellites avec antennes à couverture terrestre globale. Les éléments à prendre en considération ainsi que les résultats applicables à d'autres types de systèmes peuvent être très différents. L'approche analytique utilisée en vue d'établir un bilan des brouillages ne concorde que partiellement avec l'approche présentée dans le Rapport 1179, les principales différences résidant dans la méthode appliquée en vue de prendre en compte le brouillage dans le bilan total de bruit et dans les valeurs de dégradation jugées admissibles de la part des brouillages se produisant dans les liaisons de connexion et les liaisons à 1,5/1,6 GHz. Un complément d'étude est nécessaire dans ce domaine ainsi que dans d'autres.

**2. Sources de brouillage**

Le brouillage peut pénétrer dans les voies d'un réseau maritime à satellite par les récepteurs des liaisons de connexion sur 4/6 GHz (c'est-à-dire dans les stations côtières terriennes et dans le satellite), ainsi que par les récepteurs des liaisons sur 1,5/1,6 GHz entre les navires et les stations spatiales (c'est-à-dire dans les stations terriennes de navire et dans le satellite). Ce brouillage provient sans doute en majeure partie des émissions de stations de services qui partagent des bandes de fréquences avec le service mobile maritime par satellite. Parmi les sources potentielles de brouillage, il faut donc compter le service fixe par satellite fonctionnant sur 4/6 GHz et les services de Terre fonctionnant sur 4/6 GHz et sur 1,5/1,6 GHz. Les liaisons d'un autre système mobile maritime par satellite constituent aussi une source potentielle de brouillage. Dans le cas des liaisons sur 1,5/1,6 GHz, le brouillage provient de ce que les antennes des stations terriennes de navire ont une ouverture de faisceau relativement grande et par conséquent des caractéristiques de discrimination médiocres. Ce type de brouillage ne peut donc être réduit que par une conception efficace des systèmes du service mobile maritime par satellite. Cette considération sera importante pour la conception des systèmes de l'avenir. Sur les liaisons de connexion à 4/6 GHz, les caractéristiques de discrimination des antennes des stations terriennes côtières sont supérieures à celles des stations terriennes de navire fonctionnant sur 1,5/1,6 GHz. Néanmoins, le brouillage causé par d'autres systèmes à satellites fonctionnant dans les bandes 4/6 GHz pourrait être un facteur décisif à prendre en considération dans la coordination des positions appropriées sur l'orbite des satellites géostationnaires pour les stations spatiales des systèmes du service mobile maritime par satellite.

\* Le Directeur du CCIR est prié de porter ce Rapport à l'attention de l'Organisation INMARSAT et de la Commission d'études 4.

### 3. Objectifs de qualité des voies téléphoniques

Les objectifs de qualité des voies téléphoniques du service mobile maritime par satellite sont définis dans la Recommandation 547 en fonction de la puissance de bruit subjectivement équivalente admissible. Par exemple, cette puissance de bruit est censée être de 25 000 pW0p sur une voie téléphonique pour un niveau vocal de -20 dBm0. Des essais effectués avec des modems typiques pour signaux vocaux (Rapport 752) montrent qu'il est possible d'atteindre l'objectif de 25 000 pW0p avec un rapport porteuse/densité de bruit ( $C/N_0$ ) compris entre 52 et 53 dBHz.

### 4. Caractéristiques typiques des liaisons par satellite

Du point de vue de la puissance nécessaire à la sortie du satellite et de la capacité du système, les paramètres de transmission dans le sens côtière-navire seront seuls pris en considération ici, car ils jouent un rôle beaucoup plus important que ceux qui interviennent dans le sens navire-côtière. Le Tableau I indique les principales contributions de bruit sur le trajet côtière-navire dans l'hypothèse où les caractéristiques du satellite sont celles envisagées pour les systèmes du service mobile maritime par satellite (voir le Rapport 760). On ne tient pas compte d'un éventuel brouillage dans le Tableau I.

TABLEAU I — Paramètres typiques pour la transmission dans le sens côtière-navire

Paramètre	Valeur
$C/N_0$ (bruit thermique) sur le trajet montant — angle de site de $5^\circ$ à la station terrienne côtière (dBHz)	70
$C/I_0$ (bruit d'intermodulation) à la station terrienne côtière (dBHz)	75
$C/I_0$ (bruit d'intermodulation) au satellite (dBHz)	63,8
$C/N_0$ (bruit thermique) sur le trajet descendant — angle de site $10^\circ$ de l'antenne de bord (dBHz)	53,5
$C/(N_0 + I_0)$ global pour la liaison par satellite (dBHz)	53
p.i.r.e. nominale requise au satellite pour atteindre l'objectif du $C/(N_0 + I_0)$ global (dBW)	18,1 par porteuse

### 5. Effets du brouillage

Avant d'examiner les effets du brouillage, il est utile de rappeler les limites de brouillage admissibles dans le service fixe par satellite. Dans ce service, la puissance totale de bruit admissible par ciel clair est de 10 000 pW0p (Recommandation 353), dont 25% peuvent provenir du brouillage dû à d'autres réseaux du service fixe par satellite (Recommandation 466) et 10% du brouillage dû à des systèmes de faisceaux hertziens de Terre fonctionnant en visibilité directe (Recommandation 356). La puissance totale de bruit admissible imputable au brouillage peut donc atteindre 35% de la puissance de bruit totale, soit 3500 pW0p. Lorsqu'on cherche à déterminer si ces limites sont applicables au service mobile maritime par satellite, on doit noter que la puissance des étages de sortie des systèmes actuels du service mobile maritime par satellite est strictement limitée sur le trajet satellite-navire, de sorte que la contribution du brouillage à la puissance de bruit admissible totale peut influencer de manière significative sur la qualité des voies ou la capacité du système. Pour compenser cela, on utilise aujourd'hui le traitement des signaux vocaux dans les systèmes du service mobile maritime par satellite, de sorte que le brouillage, qui est censé avoir le caractère d'un bruit, doit, ainsi que le bruit interne du système, être considéré en fonction de ses effets subjectifs.

Il se peut que, sur les satellites de l'avenir, la limitation de la puissance ne soit pas aussi stricte, de sorte que l'objectif global de bruit de 10 000 pW0p pourra être atteint, avec ce résultat que les performances seront comparables à celles du service fixe par satellite. En conséquence, il est raisonnable de ne pas allouer plus de 3500 pW0p aux brouillages causés par d'autres systèmes à un système du service mobile maritime par satellite.

## 6. Bilan de la puissance de bruit

D'après ce qui précède, on peut établir un bilan possible de la puissance de bruit, comme indiqué au Tableau II. Les valeurs du rapport  $C/N_0$  correspondant à la répartition de bruit du Tableau II supposent qu'il existe des relations linéaires entre la puissance de bruit subjectivement équivalente et la puissance de bruit à fréquence radioélectrique avant détection.

TABLEAU II — Répartition de la puissance de bruit dans les voies téléphoniques

Source de bruit	$C/N_0$ Equivalent (80% du temps) (dBHz)	Bilan de bruit (puissance de bruit subjectivement équivalente) (pW0p)
<i>Liaison par satellite:</i>		
bruit thermique sur le trajet montant	70 <sup>(1)</sup>	
produits d'intermodulation de la station terrestre côtière	75 <sup>(1)</sup>	
produits d'intermodulation du satellite	63,8 <sup>(1)</sup>	
bruit thermique sur le trajet descendant	53,5 <sup>(1)</sup>	
<i>Total pour la liaison par satellite:</i>	53	21500
<i>Brouillage:</i>		
système à satellites	62,4	2500
services de Terre	66,4	1 000
brouillage total	60,9	3500
<i>Bruit total sur les voies:</i>	52,4	25 000

(<sup>1</sup>) Paramètres typiques dans le sens côtière-navire.

Dans le Tableau II, la puissance totale de bruit sur la liaison par satellite, soit 21500 pW0p, a été indiquée globalement pour tous les éléments constituant la liaison. De plus, la puissance totale de bruit de brouillage de 3500 pW0p est supposée s'appliquer dans les deux sens de transmission à toutes les sources de brouillage, aussi bien sur le trajet montant que sur le trajet descendant. La répartition du bruit sur la liaison par satellite ou du bruit de brouillage dépendrait du système particulier considéré et de la relation entre le bruit sur le trajet montant et le bruit sur le trajet descendant, qui diffèrent selon le sens de transmission. Cette répartition du bruit de brouillage demande un complément d'étude.

On peut voir, d'après la valeur du rapport  $C/N_0$  sur le trajet descendant, que la tolérance de brouillage oblige à majorer la p.i.r.e. du satellite de 0,6 dBW si l'on veut maintenir une qualité globale de la voie de 53 dBHz. Cela correspond à une diminution de capacité d'environ 13%.

## 7. Critères de protection contre les brouillages provisoirement admissibles

Au Tableau II, les répartitions du brouillage dans d'autres systèmes à satellites et dans les services de Terre sont supposées identiques aux critères de protection correspondants adoptés pour le service fixe par satellite. Si l'on admet en outre que ces mêmes critères sont applicables à chaque source de brouillage, les critères de protection suivants pourraient être utilisés à titre provisoire pour le service mobile maritime par satellite:

### 7.1 Brouillage causé par les services par satellite:

- le brouillage total causé par des systèmes à satellites ne doit pas dépasser 2500 pW0p dans le circuit fictif de référence pendant plus de 20% d'un mois quelconque;
- le brouillage causé par un seul système à satellites ne doit pas dépasser 800 pW0p dans le circuit fictif de référence pendant plus de 20% d'un mois quelconque.

### 7.2 Brouillage causé par les services de Terre:

- le brouillage total causé par des systèmes de Terre ne doit pas dépasser 1000 pW0p dans le circuit fictif de référence pendant plus de 20% d'un mois quelconque;
- le brouillage causé par une seule station de Terre ne doit pas dépasser 333 pW0p dans le circuit fictif de référence pendant plus de 20% d'un mois quelconque.

On trouvera dans l'Annexe I une analyse détaillée du problème des brouillages qui pourraient être causés par les émetteurs du service fixe fonctionnant dans une partie de la bande 1550-1645,5 MHz aux satellites exploités dans la bande 1626,5-1645,5 MHz du service mobile maritime par satellite.

## 8. Conclusions

On a fait une évaluation provisoire des effets du brouillage sur la qualité de transmission et la capacité en voies téléphoniques dans le service mobile maritime par satellite en se référant aux systèmes à satellites en cours de planification. Il est proposé que le niveau de brouillage admissible dans une voie téléphonique ne dépasse pas 3500 pW0p pendant plus de 20% d'un mois quelconque. On a suggéré une répartition des puissances de brouillage pour des sources individuelles de brouillage. Les valeurs ainsi suggérées, ainsi que d'autres aspects des brouillages qui affectent un réseau du service mobile maritime par satellite, demandent à être étudiés plus à fond.

## ANNEXE I

### BROUILLAGE CAUSÉ AUX VOIES TÉLÉPHONIQUES A MODULATION DE FRÉQUENCE DANS LE SERVICE MOBILE MARITIME PAR SATELLITE PAR LE SERVICE FIXE EXPLOITÉ A 1,6 GHz

#### 1. Introduction

La présente Annexe étudie le problème des brouillages qui pourraient être causés par des émetteurs du service fixe à 1,6 GHz à des voies téléphoniques à modulation de fréquence dans le service mobile maritime par satellite.

La CAMR-79 a attribué la bande de fréquences 1626,5-1645,5 MHz au service mobile maritime par satellite (dans le sens Terre-espace) à compter du mois de janvier 1982 (auparavant, la bande allait seulement de 1636,5 à 1644 MHz). Cependant, la bande 1550-1645,5 MHz, qui recouvre partiellement la bande susmentionnée, a également été attribuée au service fixe dans dix-sept pays à titre primaire et à égalité de droit (voir le numéro 730 du Règlement des radiocommunications).

Cette attribution de fréquences en partage avec le service fixe suscite deux cas possibles de brouillage, le premier concernant les brouillages causés aux récepteurs du service fixe par les émetteurs des stations terriennes de navire, et le second se rapportant aux brouillages causés par des émetteurs du service fixe aux récepteurs du service mobile maritime par satellite.

La présente Annexe traite du second cas et envisage un certain nombre de techniques, y compris les limitations de p.i.r.e., que l'on pourrait appliquer aux émetteurs du service fixe pour protéger les récepteurs du service mobile maritime par satellite contre les brouillages inacceptables. On y décrit également d'autres possibilités de réduction du brouillage.

#### 2. Niveaux de brouillage admissibles dans un système du service mobile maritime par satellite

Il n'existe encore aucune Recommandation du CCIR définissant les niveaux de brouillage admissibles. Néanmoins, le Rapport 917 propose un bilan de la puissance de bruit de brouillage et, en partant des limites de brouillage appliquées au service fixe, des critères de protection provisoires concernant la partie du brouillage global imputable aux systèmes terrestres. Ces critères sont les suivants:

- le brouillage total causé par des systèmes terrestres ne doit pas dépasser 1000 pW0p dans le circuit fictif de référence d'un système à satellites pendant plus de 20% d'un mois quelconque;
- le brouillage causé par une seule station terrestre ne doit pas dépasser 333 pW0p dans le circuit fictif de référence pendant plus de 20% d'un mois quelconque.

Etant donné que la valeur requise pour le rapport  $C/N_0$  global est de 52,4 dBHz comme indiqué au Tableau II du texte principal et que cette valeur correspond à une puissance de bruit subjectivement équivalente de 25 000 pW0p, le brouillage par une seule source de 333 pW0p équivaut à un rapport  $C/N_0$  de 71,1 dBHz si l'on admet, comme dans le Rapport 917, qu'il existe une relation linéaire entre la puissance de bruit subjectivement équivalente et la puissance de bruit radiofréquence avant détection.

Par rapport à un bilan type de puissance des liaisons dans le cas d'un système du service mobile maritime par satellite (voir le Rapport 760), on obtient une valeur de 63,4 dBHz pour le rapport  $C/N_0$  sur le trajet montant en raison des sources de bruit thermique provenant d'une liaison sans évanouissement, soit une différence de 7,7 dB avec la valeur de 71,1 dBHz obtenue pour le brouillage par une seule source.

### 3. Limitations de la p.i.r.e. dans le service fixe

Dans le système INMARSAT, on utilise la modulation MFBE pour les porteuses vocales avec une largeur de bande de l'ordre de 28 kHz par porteuse. Dans la présente Annexe, la largeur de bande à l'intérieur de laquelle il faut contrôler le brouillage a été fixée à 30 kHz. Les bilans de puissance des liaisons indiqués dans le Rapport 760 donnent une valeur de  $-12,2 \text{ dB(K}^{-1})$  pour un facteur  $G/T$  type en bordure de la zone de couverture à 1,6 GHz. Dans ces conditions, les formules ci-après permettent de calculer la p.i.r.e. maximale admissible (dans une bande de 30 kHz) rayonnée vers le satellite par un émetteur du service fixe qui permet de satisfaire au critère de 333 pW0p admis pour le brouillage par une seule source, les calculs se rapportant à des émissions sans évanouissement:

- puissance de bruit dans la largeur de bande « $B$ » au récepteur du satellite (dBW):  $kTB$
- puissance de bruit de brouillage (équivalent à 333 pW0p) (dBW):  $kTB - 7,7$
- puissance de bruit de brouillage dans l'antenne du satellite (où  $G$  est le gain de l'antenne) (dBW):  $kTB - 7,7 - G$
- p.i.r.e. rayonnée par l'émetteur du service fixe (dBW):  $kTB - 7,7 - G + 188,9$   
 $kB - G/T + 181,1$
- p.i.r.e. admissible résultante dans une bande de 30 kHz:  $-228,6 + 44,75 - (-12,2) + 181,1$   
 $= +9,6(\text{dB(W/30 kHz)})$  (voir la Note)

Note. — Valeur provisoire qu'il pourrait être nécessaire d'ajuster en fonction de l'application d'autres techniques de partage.

Il convient de noter qu'il n'a pas été tenu compte d'une marge additionnelle pouvant aller jusqu'à 3 dB qui résulterait éventuellement de l'utilisation d'une polarisation rectiligne sur les liaisons du service fixe et d'une polarisation circulaire dans les systèmes à satellites. En outre, la valeur de  $-12,2 \text{ dB(K}^{-1})$  admise dans le cas présent pour le facteur  $G/T$  sera vraisemblablement modifiée.

### 4. Règlement des radiocommunications

L'Article 27 du Règlement des radiocommunications fixe les limites de puissance applicables aux services de Terre partageant des bandes de fréquences avec les services de radiocommunication spatiale au-delà de 1 GHz. Les numéros 2502, 2505, 2506 et 2507 présentent un intérêt particulier puisqu'ils concernent la bande comprise entre 1626,5 et 1645,5 MHz pour les pays mentionnés dans le numéro 730. Il apparaît que, avec les limites de puissance prévues par les dispositions ci-dessus mentionnées, la p.i.r.e. rayonnée vers l'orbite des satellites géostationnaires pourrait être d'au moins 35 dBW et passer à +47 dBW si la limite précédente n'est pas réalisable.

### 5. Caractéristiques du service fixe à 1,6 GHz

On pourra consulter le Rapport 379 (Caractéristiques des équipements simples pour faisceaux hertziens fonctionnant dans les bandes 8 et 9, destinés à assurer des artères téléphoniques dans les zones rurales) pour obtenir des informations sur les caractéristiques des services fixes dans la bande des 1,6 GHz. Ce Rapport décrit des systèmes types qui fonctionnent dans la bande des 1500 MHz et qui comprennent 24 et 60 porteuses à multiplexage par répartition en fréquence.

Les caractéristiques types de ces systèmes apparaissent au Tableau II de l'Annexe I du Rapport 379. Le Tableau II montre que la puissance de la porteuse résiduelle se situe à 0,49 et 1,81 dB de la puissance de la porteuse non modulée respectivement pour les systèmes à 24 et à 60 voies. En conséquence, pour respecter les limites de p.i.r.e. calculées au § 3, il faudrait que la p.i.r.e. rayonnée par le système du service fixe vers un satellite du service mobile maritime ne dépasse pas 10,1 dBW pour les systèmes à 24 voies et 11,4 dBW pour les systèmes à 60 voies par rapport aux limites de puissance fixées dans le Règlement des radiocommunications (voir le § 4).

### 6. Analyse

Il est reconnu que les limites de p.i.r.e. proposées dans le § 5 (10,1 dBW pour les faisceaux hertziens à 24 voies et 11,4 dBW pour les faisceaux hertziens à 60 voies, essentiellement à cause des pointes de porteuses) imposeraient des restrictions sévères au service fixe si ses émissions étaient dirigées vers les satellites du service mobile maritime situés sur l'orbite des satellites géostationnaires: ainsi, il faudrait par exemple réduire à moins de 3 km les distances qui séparent des stations de répéteurs types pour un niveau de porteuse non modulée d'environ 10 dBW; il est reconnu par ailleurs qu'une modification des systèmes actuels du service fixe serait très difficile à réaliser.

Néanmoins, on doit tout d'abord noter que les satellites du service mobile maritime occuperont relativement peu d'emplacements sur l'orbite des satellites géostationnaires et que l'on pourrait donc améliorer considérablement la situation de brouillage en évitant que les émetteurs du service fixe pointent le lobe principal du diagramme de rayonnement de leur antenne vers les arcs de l'orbite des satellites géostationnaires qui sont occupés par des satellites du service mobile maritime.

D'autre part, il est suggéré d'améliorer la situation de brouillage potentielle en ayant recours aux techniques supplémentaires suivantes:

- Application d'une dispersion d'énergie aux faisceaux hertziens à une fréquence inférieure à la fréquence la plus faible dans la bande de base, moyennant l'adoption d'une excursion appropriée et d'une périodicité suffisamment élevée. Cela se traduirait par un étalement de l'énergie non désirée, notamment celle de la porteuse résiduelle, sur une grande largeur de bande; d'où la possibilité de multiplier la p.i.r.e. des systèmes du service fixe par le facteur d'amélioration ainsi obtenu sans augmenter le niveau de brouillage réel (voir le Rapport 384).
- Suppression de porteuse plus importante, soit par l'emploi d'une modulation avec porteuse supprimée dans les faisceaux hertziens, soit par l'augmentation de l'indice de modulation en vue de réduire le niveau de la porteuse résiduelle. La p.i.r.e. de l'émetteur du service fixe pourrait alors être augmentée d'une valeur égale à la suppression de porteuse additionnelle.
- Coordination de fréquences méthodique entre les systèmes concernés pour éviter d'attribuer des porteuses du service fixe qui coïncident avec les canaux des répéteurs de satellite.

On peut encore améliorer la situation de brouillage en utilisant une combinaison de ces trois techniques.

## 7. Conclusions

Une évaluation préliminaire du problème des brouillages pouvant être causés par les services fixes qui fonctionnent dans les parties de la bande de fréquences des 1,6 GHz partagées avec le service mobile maritime par satellite, et qui respectent les limites de puissance prévues par les dispositions pertinentes du Règlement des radiocommunications, permet de conclure qu'un brouillage inacceptable pourrait être causé au service mobile maritime par satellite. Il est nécessaire de poursuivre l'étude du problème des brouillages, quantitativement et qualitativement, et des moyens éventuels de les réduire.

---