

## RAPPORT 1042

**COMPATIBILITÉ ENTRE LES RLS PAR SATELLITE UTILISANT  
LA BANDE 406-406,1 MHz ET LES AUTRES SERVICES  
RADIOÉLECTRIQUES UTILISANT LES BANDES ADJACENTES**

(Question 65/8)

(1986)

**1. Introduction**

Le système de satellites de recherche et de sauvetage COSPAS/SARSAT est conçu pour utiliser la bande 406-406,1 MHz en vue de recevoir des informations d'alerte de détresse, d'identification et de localisation émises par des RLS (radiobalises de localisation des sinistres) et des émetteurs de localisation de navires ou d'aéronefs en détresse. Comme l'indique le Rapport 919, des brouillages ont été observés dans cette bande. Bien que cette dernière soit attribuée exclusivement aux stations de RLS par satellite à faible puissance dans le service mobile par satellite (numéro 649 du Règlement des radiocommunications), il est concevable que des systèmes utilisant des bandes adjacentes et pouvant rayonner une forte puissance sur de grandes largeurs de bande brouillent le système COSPAS/SARSAT. La Question 65/8 demande que les conditions de la compatibilité entre ce service et les services utilisant des bandes adjacentes devraient être étudiées. Le présent Rapport décrit une étude réalisée à ce sujet [ECAC, 1984].

**2. Description du récepteur/dispositif de traitement des signaux SARSAT à 406 MHz**

Le récepteur/dispositif de traitement des signaux SARSAT à 406,025 MHz est la partie du système COSPAS/SARSAT examinée par la présente étude. Il s'agit d'un récepteur linéaire à gain fixe superhétérodyne avec double changement de fréquence. Les signaux de sortie du récepteur sont envoyés vers l'unité de recherche: quand un signal est détecté, l'unité de commande assigne au signal une unité de restitution des données (URD). L'URD se verrouille sur la porteuse, se synchronise, démodule les données de la radiobalise, mesure l'effet Doppler, donne une étiquette de temps aux données et les expédie avec l'étiquette de temps afin qu'elles soient enregistrées et/ou retransmises à un terminal local utilisateur. En raison des différents seuils de brouillage et des différentes spécifications en matière de réjection sur la fréquence de chacune de ces unités, il convient de calculer pour chacune d'entre elles des critères de protection différents. La Fig. 1 donne le schéma de principe des unités du récepteur/dispositif de traitement des signaux dans lesquelles les seuils de dégradation due au brouillage sont déterminés.

**3. Calcul de la puissance de brouillage dans le récepteur du satellite**

Pour calculer le niveau de la puissance de brouillage dans les terminaux de réception d'un satellite SARSAT, on ajoute les valeurs (exprimées en dB) de la puissance à la sortie de l'émetteur brouilleur au gain d'antenne de l'émetteur en direction du satellite et on en soustrait le gain relatif de l'antenne du satellite en direction de l'émetteur (valeurs en dB de la Fig. 2) et l'affaiblissement sur le trajet en espace libre entre le satellite et l'émetteur (voir l'équation (4) de la Recommandation 525).

Dans les cas où il n'y a pas de couplage maximal des antennes lorsque le satellite se trouve directement au-dessus de l'émetteur, on détermine au moyen des équations (1) et (2) ci-après la distance par rapport au satellite dans la direction du couplage maximal des antennes:

$$\theta = \cos^{-1} [(r_e / (r_e + h)) \cos \alpha] - \alpha \quad (1)$$

où:

$\theta$  : angle entre le satellite et l'émetteur de Terre brouilleur au centre de la Terre (degrés).

$r_e$  : rayon moyen de la Terre (6371,4 km).

$h$  : hauteur orbitale du satellite (850 km).

$\alpha$  : angle de vision de l'antenne d'émission (degrés).

$$d = [r_e^2 + (r_e + h)^2 - 2r_e(r_e + h) \cos \theta]^{1/2} \quad (2)$$

**4. Résultats**

Cette analyse permet d'obtenir une série d'équations relatives au seuil de dégradation correspondant à un niveau seuil pour les signaux brouilleurs dans les terminaux des récepteurs/dispositifs de traitement des signaux SARSAT à 406,025 MHz. Ces seuils sont spécifiés pour différents éléments des récepteurs et pour plusieurs catégories de signaux brouilleurs. Le Tableau I donne ces niveaux seuil de brouillage définis par  $I(\Delta f)$ . L'Annexe I décrit la réjection dépendant de la fréquence ( $FDR$ ) et la réjection dépendant du signal ( $WDR$ ), ainsi que d'autres termes utilisés dans les équations du Tableau I. Des exemples de calculs utilisant ces équations sont disponibles [ECAC, 1984].

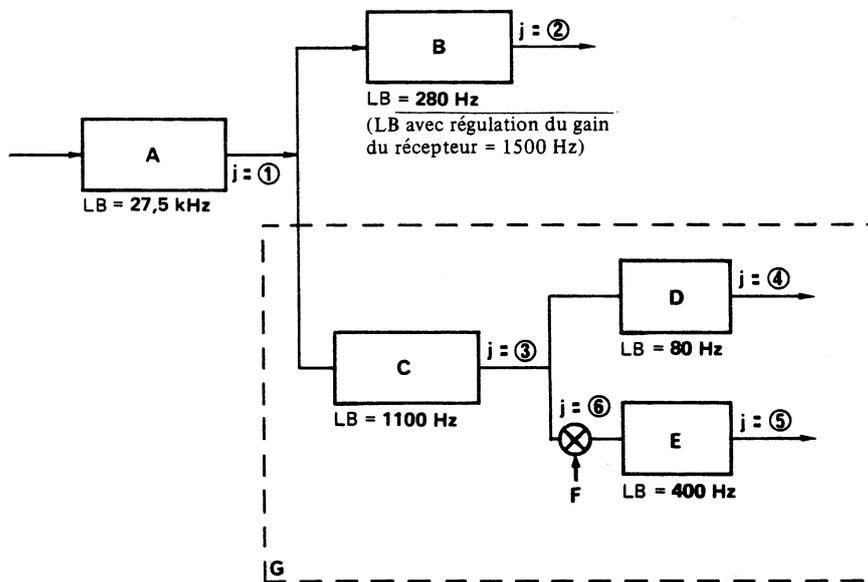


FIGURE 1 – Sélectivité des filtres dans le récepteur/dispositif de traitement des signaux et points auxquels les valeurs de réjection sont calculées

- A: extrémité avant du récepteur
- B: unité de recherche
- C: filtre de prédétection
- D: filtre de boucle à verrouillage de phase
- E: démodulateur de données
- F: synchroniseur de bits
- G: unité de restitution des données
- LB: largeur de bande

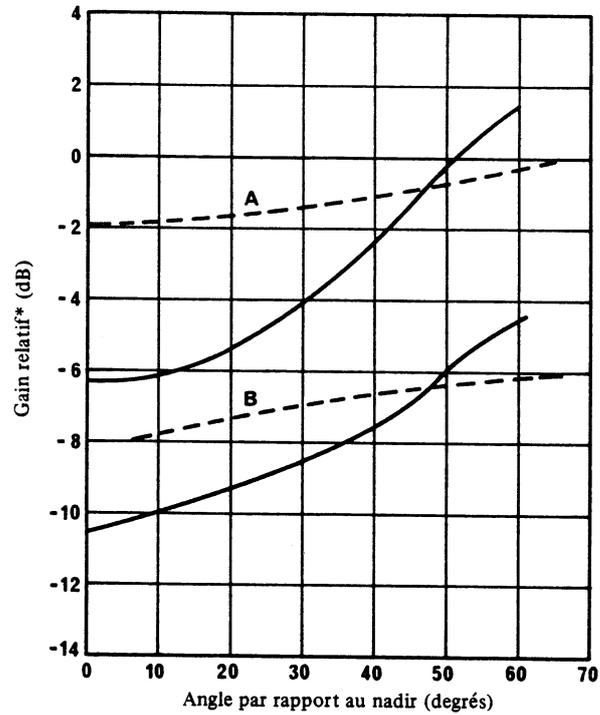


FIGURE 2 – Gain d'antenne de l'engin spatial à 406,025 MHz

A: gain maximal sur 90% de la région

B: gain minimal sur 90% de la région

— SARSAT

- - - COSPAS

*Note.* – Le gain d'antenne est rapporté au signal d'entrée du récepteur en cas d'éclairage par une source linéaire en rotation. L'antenne du satellite est à polarisation circulaire dextrogyre.

\* Gain de l'antenne du satellite dans la direction de l'émetteur brouilleur par rapport à l'antenne isotrope.

TABLEAU I

| Elément ou processus considéré (mécanisme de dégradation)   | Seuil de brouillage continu (en dBm)   | Seuil de brouillage par impulsions (dBm)  |  |
|---|--|---|--|
| Régulation du gain du récepteur (désensibilisation du récepteur)  | $I(\Delta f) = -118 + FDR_2$<br>(LB = 1500 Hz)   | $I(\Delta f) = -118 + FDR_2 + WDR_2$ (filtre de 1500 Hz, canal 5)                   |  |
| Extrémité avant du récepteur/de l'unité de recherche (saturation)   | $I(\Delta f) = -106 + FDR_1$   | Aucune limitation   |  |
| Unité de recherche (augmentation du nombre de fausses détections)   | $I(\Delta f) = -150 + OTR_2 + OFR_1$   | Cohérent  |  |
|   |  | $FRI < 280 \text{ IPS:}$  | $\hat{I}(\Delta f) = -150 + FDR_1 + OTR_{1,2} + WDR_1 + WDR_{1,2}$   |
|   |  | $280 < FRI < 27\,500 \text{ IPS:}$  | $\hat{I}(\Delta f) = -150 - 20 \log \tau_1 - 20 \log FRI + FDR_1 + WDR_1$                                    |
|   |  | Non cohérent  |  |
|   |  | $I(\Delta f) = -174,5 - 20 \log \tau_1 - 10 \log FRI_1 + FDR_1 + WDR_1$             |  |
| Unité de restitution des données. Boucle à verrouillage de phase (augmentation de la modulation de phase du signal de sortie) | $I(\Delta f) = -156 + FDR_4$   | $FRI < 14 \text{ IPS:}$ Aucune limitation   |  |
|   |  | $14 \text{ IPS} < FRI < 80 \text{ IPS:}$ $\hat{I}(\Delta f) = -156 + FDR_4 + WDR_4$ |  |
|   |  | $FRI > 80 \text{ IPS:}$   | $\hat{I}(\Delta f) = -156 - 10 \log M - 20 \log FRI + OFR_4$   |
|   |  | $\hat{I}(\Delta f) = -156 - 10 \log (FRI)(\tau) + FDR_4$                            |  |
| Unité de restitution des données; démodulation des données (augmentation de la probabilité d'erreur binaire)                  | $I(\Delta f) = -149 + FDR_5$   | Condition   |  |
|   |  | Calcul du seuil   |  |
|   |  | 1) $FRI > 400 \text{ Hz:}$  | $\hat{I}(\Delta f) = -148,6 + 10 \log T/\tau + FDR_5$  |
|   |  | 2) $\tau_3 > 2,5 \text{ ms:}$   | 1) $P_{ei} = 1,3 \times 10^{-4} (T/\tau_3) + 2 \times 10^{-5}$<br>2) trouver $\rho_i$ pour $P_{ei}$ (Fig. 3) |
|   |  | $FRI < 400$   | 3) $\hat{I}(\Delta f) = -142,6 + 10 \log (8,13/\rho_i - 1) + FDR_5$  |
| 3) $\tau_3 < 2,5 \text{ ms} < T:$   | 1) $P_{ei} = 1,3 \times 10^{-4} (T/\tau_3) + 2 \times 10^{-5}$<br>2) trouver $\rho_i$ pour $P_{ei}$ (Fig. 3) |   |  |
| $FRI < 400$   | 3) $\hat{I}(\Delta f) = -142,6 + 10 \log (8,13/\rho_i - 1) - 10 \log (400 \tau) + FDR_5$                     |   |  |
| Note – Le $FDR$ , l' $OTR$ , l' $OFR$ et le $WDR$ sont examinés dans l'Annexe I.  |  |   |  |

IPS : impulsions par seconde  
 FRI : fréquence de répétition des impulsions  
 $\tau$  : largeur de l'impulsion du signal brouilleur  
 T : 1/FRI

LB : largeur de bande  
 OTR : réjection à la fréquence d'accord  
 OFR : réjection hors fréquence  
 FDR : réjection dépendant de la fréquence

WDR : réjection dépendant du signal  
 $P_{ei}$  : probabilité d'erreur  
 $\rho_i$  : rapport signal/bruit plus brouillage

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ECAC [juin 1984] Determination of Degradation Thresholds for the Search and Rescue Satellite (SARSAT), ECAC-CR-84-050. Electromagnetic Compatibility Analysis Center, Annapolis, MD, Etats-Unis d'Amérique.

## ANNEXE I

CALCUL DE LA RÉJECTION DÉPENDANT DE LA FRÉQUENCE  
ET DE LA RÉJECTION DÉPENDANT DU SIGNAL

Pour calculer la réjection des signaux brouilleurs par un récepteur, on considère ce dernier comme une série de filtres passifs (voir la Fig. 1 de ce Rapport). Le Rapport 654 définit le *FDR*, l'*OTR* et l'*OFR*. Quand on étudie la puissance de crête des signaux brouilleurs pulsés, il faut aussi tenir compte de la réjection dépendant du signal (waveform dependent rejection (*WDR*)):

$$WDR(\Delta f) = -\eta_i + \eta_{0(\Delta f)}$$

où:

$\eta_i$ : coefficient d'utilisation du signal d'entrée (dB), et

$\eta_{0(\Delta f)}$ : fonction de coefficient d'utilisation du signal de sortie (dB).

Les Tableaux I, II et III du Rapport 972 donnent les formules permettant de calculer le coefficient d'utilisation.

Dans ces termes, les indices indiquent la partie du récepteur affectée (voir la Fig. 1 de ce Rapport).

Quand le signal brouilleur est un train d'impulsions à phase cohérente d'impulsion à impulsion et que la *FRI* est  $> 80$  Hz, il convient d'examiner le facteur *M*, qui est la valeur de crête du spectre de densité d'énergie (voir le Tableau I de ce Rapport). *M* est égal au carré de la largeur des impulsions dans le cas d'impulsions conventionnelles, et au quotient de la largeur des impulsions par la largeur de bande du signal brouilleur dans le cas d'impulsions MF linéaires.

La Fig. 3 décrit la probabilité d'erreur  $p_e$  en fonction du rapport signal/bruit plus brouillage  $\rho_i$ . Il est nécessaire de déterminer  $\rho_i$  pour calculer le seuil de brouillage pour les signaux à impulsions entrant dans l'unité de démodulation des données de l'unité de restitution des données. On définit  $\tau$  comme la largeur des impulsions de brouillage,  $\tau_s$  (voir le Tableau I de ce Rapport) est la longueur des bits des signaux brouilleurs et  $\tau_3$  (voir le Tableau I de ce Rapport) la largeur des impulsions brouilleuses à l'entrée du filtre de prédétection de l'unité de restitution des données (unité c de la Fig. 1).

Concernant les signaux étudiés dans la présente étude, on s'est servi des équations ci-après pour déterminer les valeurs approximatives d'*OTR*:

a) *Signaux modulés par déplacement de phase (MDP)*

$$OTR = \begin{cases} 0 & \text{pour } B_r > B_c / C_1 \\ -S_p + 10 \log B_c / B_r & \text{pour } B_r < B_c / C_1; \end{cases} \quad S_p = \begin{cases} 0 \text{ dB, pour MDP-2 et MDP-4} \\ 2 \text{ dB, pour MDM} \\ 3 \text{ dB, pour MDP-4-D} \\ \text{(HDP-4 décalée)} \end{cases}$$

$$C_1 = 10^{(S_p/10)}$$

où:

$B_r$ : largeur de bande du récepteur à  $-3$  dB (Hz)

$B_c$ : rythme binaire élémentaire (Hz)

$S_p$ : facteur de crête du spectre (dB)

MDM: modulation par déphasage minimal

b) *Impulsions trapézoïdales (fréquence constante)*

$$OTR = \begin{cases} 0 & \text{pour } B_r \tau \geq 1 \\ -10 \log B_r \tau & \text{pour } B_r \tau < 1 \end{cases}$$

où

$\tau$ : largeur des impulsions (s)

$B_r$ : bande passante du récepteur (Hz)

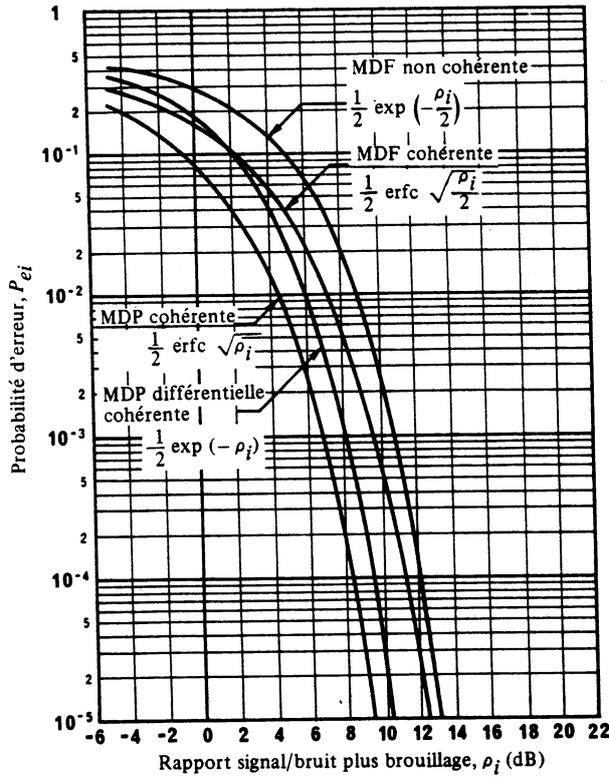


FIGURE 3 – Probabilité d'erreur pour divers systèmes binaires

TABEAU II – Expressions pour les fonctions du système de filtres ( $-10 \log R_i(\Delta f_i)$ ) utilisées dans l'analyse (unités en dB)

|   |   |
|---|---|
| Filtre à fréquence intermédiaire (FI) ( $R_1$ ) <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> | -3 dB: 35 kHz<br>-20 dB: 55 kHz<br>-60 dB: 155 kHz  |
| Filtre de l'unité de recherche ( $R_2$ ) <sup>(3)</sup>                       | $0,  \Delta f  < \Omega$<br>$23,2 \log ( \Delta f /\Omega), \Omega <  \Delta f  < 2\Omega$<br>$7 + 40 \log ( \Delta f /2\Omega),  \Delta f  > 2\Omega$<br>$\Omega$ : largeur de bande de -3 dB<br>= 280 Hz (recherche) ou<br>= 1500 Hz (canal avec régulation du gain du récepteur) |
| Filtre de prédétection ( $R_3$ )  | $0,  \Delta f  < 550 \text{ Hz}$<br>$40 \log ( \Delta f /550),  \Delta f  > 550 \text{ Hz}$   |
| Filtre de la boucle à verrouillage de phase (équivalent) ( $R_4$ )            | $0,  \Delta f  < 40 \text{ Hz}$<br>$55,  \Delta f  > 40 \text{ Hz}$   |
| Filtre de démodulation ( $R_5$ )  | $3,9 \text{ dB},  \Delta f  \leq 400/\pi \text{ Hz}$<br>$3,9 + 20 \log (\pi  \Delta f /400),  \Delta f  > \frac{400}{\pi}$  |

(1) Les indices renvoient aux points de la Fig. 1 du présent Rapport.  
 (2) Toutes les sélectivités ont une valeur fictive maximale de 55 dB.  
 (3) Valeurs approximatives appliquées au filtre pseudo-gaussien à deux pôles.

c) *Impulsions à modulation de fréquence*

$$OTR = \begin{cases} 0 & \text{pour } B_r/B_i \geq 1 \\ -10 \log B_r/B_i & \text{pour } B_r/B_i < 1 \end{cases}$$

où:

 $B_r$  : bande passante du récepteur (Hz) $B_i$  : largeur de bande de la modulation de fréquence (pulsée) (Hz)

## RAPPORT 1043 \*

**CARACTÉRISTIQUES D'UN SYSTÈME D'ÉCHANGE DE DONNÉES UTILISABLE AVEC  
LES ÉQUIPEMENTS MARITIMES DE RADIONAVIGATION ET DE RADIOCOMMUNICATION**

(Question 55/8)

(1986)

**1. Introduction**

1.1 Dans le futur système mondial de détresse et de sécurité en mer (FSMDSM), il faudra peut-être fournir à l'équipement de radiocommunication des renseignements relatifs à la navigation pour permettre aux équipements de réception installés à bord des navires de choisir les émissions destinées à une zone géographique donnée et, le cas échéant, de transmettre des renseignements précis sur la position d'un navire.

1.2 Il y aurait avantage, du point de vue de la vitesse de transfert des renseignements et de leur précision, à ce que les renseignements concernant la navigation soient fournis automatiquement à l'équipement de radiocommunication. Cependant, pour assurer la compatibilité entre les équipements, il serait nécessaire d'utiliser une norme commune pour l'interface électrique et les protocoles d'échange de données entre les équipements de navigation et les équipements de radiocommunication.

1.3 Il est souhaitable que les équipements de radionavigation et les équipements de radiocommunication soient conçus de façon à pouvoir assurer le débit de données requis à la sortie/à l'entrée, et que les équipements de navigation puissent fournir des informations sous une forme correcte, c'est-à-dire en indiquant la latitude et la longitude et l'heure.

**2. Normes d'interface**

2.1 On élabore actuellement, dans plusieurs pays, des normes d'interface. La «National Marine Electronic Association (NMEA)» des Etats-Unis d'Amérique en a notamment établi plusieurs versions.

2.2 Les normes d'interface ont été également étudiées par la Suède et les résultats des études sont présentés dans l'Annexe I au présent Rapport.

**3. Futurs travaux**

3.1 Il convient de poursuivre l'étude des caractéristiques techniques d'un système commun d'échange de données conjointement avec l'étude des spécifications additionnelles auxquelles les équipements de radionavigation et les équipements de radiocommunication devraient se conformer pour que l'échange de données puisse avoir lieu. Un exemple des éléments qu'il faudrait éventuellement normaliser dans les équipements d'appel sélectif numérique des stations de navire est contenu dans l'Annexe II.

3.2 Il convient, en outre, d'effectuer des essais sur une installation de navire représentative; les résultats obtenus pourraient servir à l'élaboration d'une Recommandation.

\* Le Directeur du CCIR est prié de porter le présent Rapport à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI), de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et de l'Organisation internationale de normalisation (ISO).