

RAPPORT 761-3\*

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET D'EXPLOITATION DES SYSTEMES DE  
DETRESSE DU SERVICE MOBILE PAR SATELLITE

(Question 90/8)

(1978-1982-1986-1990)

**1. Introduction**

L'utilisation de services mobiles par satellite pour le traitement des communications de sécurité et de détresse dans le cadre du système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM) a été mise au point par l'Organisation maritime internationale (OMI) et deviendra effective, en vertu des amendements de 1988 à la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS), 1974, pendant la période comprise entre le 1er février 1992 et le 1er août 1993. L'obligation expresse faite à tous les navires visés par le Chapitre IV de la Convention SOLAS de 1974 d'avoir à bord une RLS par satellite entrera en vigueur le 1er août 1993. Le SMDSM exploitera le système de communication de l'Organisation internationale de télécommunications maritimes par satellites (INMARSAT) ainsi que les radiobalises de localisation des sinistres (RLS par satellite) du système COSPAS-SARSAT\*\* ou du système INMARSAT pour les messages d'alerte en cas de détresse et de localisation des sinistres.

Le présent Rapport traite des facteurs importants qui ont une influence sur la conception des systèmes de détresse en mer utilisant des satellites ainsi que les caractéristiques techniques et d'exploitation associées. Le § 1 passe en revue les sujets suivants: le système de détresse de Terre actuel, la mise au point des conceptions de radiobalise de localisation de sinistres (RLS) par satellite et les besoins opérationnels des RLS par satellite à utiliser dans le SMDSM. Le § 2 traite des points en considération lorsque l'on détermine ces besoins optionnels. Les spécifications techniques dépendent des diverses techniques appliquées dans les différents systèmes; cependant, certains des points pris en considération pour la détermination des compromis techniques sont passés en revue au § 3.

Le § 4 expose brièvement les caractéristiques de divers systèmes possibles, conçus pour fonctionner avec des satellites géostationnaires à 1,6 GHz et expérimentés au cours du programme d'essais coordonnés (PEC) du CCIR. Dans le présent paragraphe, on trouvera également une description plus détaillée d'une part du système à 1,6 GHz accepté pour le SMDSM à la suite de ces essais, et d'autre part de premières démonstrations de fonctionnement.

\* Le Directeur du CCIR est prié d'attirer l'attention de l'Organisation de l'aviation civile internationale, de l'Organisation maritime internationale, de l'Organisation INMARSAT et du Secrétariat du COSPAS-SARSAT sur ce Rapport.

\*\* Système spatial de recherche des navires en détresse - Poursuite effectuée par l'intermédiaire d'un satellite de recherche et de sauvetage.

Le § 5 décrit brièvement le système sur orbite polaire basse utilisant la bande de 406 MHz et résume les résultats expérimentaux obtenus au cours d'une phase de démonstration et d'évaluation pendant une période de 18 mois. Le plan d'évaluation de ce qui serait possible et avantageux pour exploiter ce système en combinaison avec les satellites géostationnaires et la description des améliorations de la conception des futurs satellites figurent au § 6. Ce paragraphe comprend également les techniques possibles permettant la mise à jour des positions des RLS par satellite fonctionnant par l'intermédiaire d'un satellite géostationnaire ainsi qu'un système de service de radiorepérage par satellite proposé pour exploitation aux Etats-Unis.

Le résumé des points importants du Rapport est donné au § 7. Les questions qu'il convient d'étudier plus avant afin de normaliser le système sont énumérées dans l'Annexe I.

#### 1.1 *Système de détresse de Terre actuel*

Les statistiques publiées par le Lloyds de Londres montrent qu'il y a eu une perte de 1113 navires de plus de 100 tonneaux de jauge brute pour l'année 1982. Le développement de la navigation mondiale et la mise en service de bâtiments plus grands, plus rapides et nécessitant des capitaux plus importants aggraveront les menaces de pertes de vies humaines et de biens en mer.

La probabilité de survie humaine diminue rapidement dans le temps après une situation de détresse, en particulier par temps froid ou dans les cas où les survivants sont immergés dans la mer. Pour tout système de détresse, il est donc indispensable que l'existence du cas de détresse et son emplacement soient portés à la connaissance de ceux qui sont en mesure d'apporter un secours, et ce dans un délai minimal. Le système de détresse maritime actuellement en service fonctionne avec des liaisons compliquées entre plusieurs éléments; il fait usage de la téléphonie, de la télégraphie en code Morse ou de RLS, sur des fréquences attribuées actuellement aux services de Terre. Dans la plupart des cas, l'émission du message exige un déclenchement et des manœuvres manuels. La bonne réception d'un message de détresse dépend des caractéristiques de propagation des diverses fréquences disponibles, qui dépendent elles-mêmes de l'emplacement géographique, de l'heure du jour et de la saison. Tout cela peut entraîner des délais de plusieurs heures. Les échecs enregistrés par le passé dans les opérations de secours, dans un certain nombre de cas, ont suscité des réserves, à l'échelon international, quant à l'efficacité des communications de détresse et de sécurité.

Afin de résoudre certains de ces problèmes, on a mis au point des RLS qui utilisent des fréquences des services de Terre pour le radioralliement et pour signaler les cas de détresse aux navires croisant dans le voisinage, aux aéronefs survolant la zone de détresse et aux stations côtières. Ces RLS sont de deux types:

- RLS surnageant librement, déclenchées automatiquement lorsqu'un navire coule;
- RLS à mise en fonctionnement manuel, lorsqu'elles sont utilisées dans les embarcations de sauvetage.

La mise en service de satellites maritimes (INMARSAT) offre la possibilité de résoudre les problèmes évoqués ci-dessus. En outre, il ressort de l'utilisation des satellites sur orbite polaire basse, faisant partie du système COSPAS-SARSAT, que les possibilités de contrôle et de localisation des RLS fonctionnant à 121,5/243 MHz ont été sensiblement améliorées.

La Règle III/6.2, Chapitre III de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (1974) qui entrera en vigueur avant le 1<sup>er</sup> février 1992, relative aux engins de sauvetage radioélectriques, stipule que tout navire auquel s'appliquent les dispositions de la Convention doit transporter de chaque côté du navire une RLS à mise en fonctionnement manuel fonctionnant sur les fréquences 121,5 MHz et 243 MHz. Toutefois, en vue de la localisation, les amendements de 1988 apportés à la Convention SOLAS de 1974 ont remplacé cette prescription par des transpondeurs à 9 GHz pour les embarcations de sauvetage pourvu qu'ils soient conformes aux normes de l'OMI; en pareil cas, le navire doit aussi transporter une RLS par satellite surnageant librement qui assure les fonctions d'alerte et de localisation.

### 1.2 *Systèmes à satellites et développement de la notion de RLS par satellite*

Les liaisons à satellites sont très peu influencées par les variations de la propagation. Un navire en détresse, équipé d'une station terrienne de navire, disposerait d'une voie prioritaire pour la transmission du message de détresse. Ce service est disponible actuellement dans le système INMARSAT. Plus de 10 000 navires sont équipés actuellement de stations terriennes de navire INMARSAT.

Il faut aussi pourvoir au besoin de l'alerte et de la localisation automatiques dans les cas de détresse correspondant à un naufrage soudain et dans le cas où l'équipage d'un navire en détresse prend place dans des embarcations de sauvetage.

Pour faire face à ces besoins, on a étudié une RLS par satellite spécialement conçue pour signaler les cas de détresse par l'intermédiaire d'un satellite. Cet équipement devrait être capable de signaler les cas de détresse selon une ou plusieurs modalités indiquées ci-après:

- mise en fonctionnement manuel à partir du poste de navigation usuel;
- flottaison et mise en fonctionnement automatique en cas de naufrage soudain;
- mise en fonctionnement manuel à bord du navire ou après le passage du navire à l'embarcation de sauvetage.

Les mêmes techniques de signalisation pourraient être employées dans ces trois cas.

### 1.3 Normes de fonctionnement

L'OMI a défini les normes de fonctionnement suivantes pour les RLS insubmersibles utilisant des satellites:

- a) le système de RLS par satellite fait partie du SMDSM et est réalisé de façon à sauvegarder le plus possible la vie humaine en mer;
- b) pour atteindre cet objectif, le système d'alerte et de localisation doit couvrir toutes les eaux navigables. Après une étude de la question à l'OMI, il a été convenu que la fonction d'alerte à grande distance du SMDSM serait basée principalement sur l'utilisation de techniques spatiales et notamment sur l'emploi de RLS par satellite;

- c) dans le cas de navires navigant dans toutes les zones maritimes, la RLS par satellite insubmersible doit, dans le système COSPAS-SARSAT fonctionner à 406 MHz ou, à bord des navires situés dans les zones de couverture des satellites géostationnaires de télécommunications maritimes, à 1,6 GHz, en utilisant le segment spatial géostationnaire d'INMARSAT (sous réserve de disponibilité d'installations d'appui et de traitement à terre pour chaque région océanique couverte par les satellites INMARSAT).
- d) Le système de RLS par satellite devrait tenir compte des besoins du service mobile aéronautique. étant entendu qu'un système partagé présenterait des avantages pour les deux services et pour les organismes de recherche et de sauvetage.
- e) Les signaux des RLS par satellite sont des messages de détresse et doivent être correctement acheminés jusqu'aux autorités de recherche et de sauvetage compétentes.
- f) Les RLS par satellite devraient fonctionner suffisamment longtemps pour assurer avec une probabilité de 0,99 la réception et l'interprétation des messages de détresse. Il est souhaitable d'atteindre cette probabilité aussi rapidement que possible; mais la valeur exacte du temps spécifié dépendra des caractéristiques et des conditions de mise en œuvre du système.
- g) En ce qui concerne le nombre d'émissions simultanées de signaux d'alerte par des RLS par satellite dans une zone océanique quelconque, l'OMI est d'avis qu'il devrait pouvoir être d'au moins 20 en l'espace de 10 min. Pour obtenir cette estimation, on a considéré les navires soumis ou non par la Convention de l'OMI dans une zone océanique complète. Le système devrait pouvoir remplir cette fonction avec une probabilité de 0,95. (Toutefois, lorsque cette capacité a été calculée, il n'a pas été tenu compte de l'utilisation possible du système par les communautés aéronautiques et mobiles terrestres, ni du risque que les RLS par satellite émettent de fausses alarmes.)
- h) Les systèmes de RLS par satellite à 1,6 GHz et 406 MHz fourniront les informations que mentionnent respectivement les Recommandations 632 ou 633.

## 2. Considérations relatives à l'exploitation

Les prescriptions d'exploitation spécifiées par l'OMI pour les RLS par satellite et énumérées au § 1.3 nécessitent une couverture mondiale avec un délai aussi bref que possible pour la réception des messages de détresse, ainsi que la possibilité de réception simultanée de plusieurs émissions. C'est à l'OMI qu'il appartient de fixer les prescriptions d'exploitation pour un système de détresse maritime. On considère cependant qu'il convient que ces prescriptions tiennent compte des points suivants:

- temps de transfert des messages et sensibilité du récepteur;
- capacité du système;
- immunité au brouillage;
- couverture;
- manière dont les performances sont influencées par les divers états de la mer et par les conditions d'environnement;
- contenu du message de détresse;
- méthodes de repérage des positions;
- maintien de l'intégrité du système;
- complexité et coût du système de détresse.

### 2.1 Temps de transfert des messages (TTM) et sensibilité du récepteur

Le temps de transfert des messages (TTM) se définit comme étant le temps qui s'écoule entre le début de la transmission par la RLS par satellite et la lecture d'un message sans erreur avec une probabilité de 0,99 dans la station terrienne réceptrice.

La sensibilité du récepteur est définie par le rapport minimal moyen  $C/N_0$  pour lequel la performance du système reste comprise dans les limites d'une probabilité de réception des messages de 0,99 spécifiée par l'OMI.

Avec les systèmes à satellites sur orbite polaire fonctionnant à 406 MHz, le TTM comportera un temps d'attente entre les passages du satellite. Le TTM est donc fonction de la latitude, de l'orbite et du nombre de satellites. Cependant, un facteur supplémentaire est lié au nombre et à l'emplacement des stations terriennes de réception. Du point de vue de l'exploitation, une fois que le satellite est en vue de la RLS du satellite d'émission, le message de détresse est reçu et mémorisé à bord du satellite. Si une station terrienne de réception est en vue du satellite, le message sera immédiatement transmis vers le sol. Toutefois, s'il n'y a pas de station de réception en vue, le message mémorisé sera gardé jusqu'à ce qu'une station terrienne soit en vue. Dans le second cas, le TTM sera supérieur en raison du temps ajouté pour que la station terrienne de réception soit en vue du satellite.

## 2.2 *Capacité du système*

On définit la capacité du système par la possibilité qu'a le système de traiter un certain nombre de transmissions quasi simultanées avec une probabilité de 0,95 sans subir de dégradation dans les limites du TTM maximal admissible, ni faire appel à une puissance d'émetteur supplémentaire de la RLS par satellite.

## 2.3 *Immunité au brouillage*

On définit l'immunité au brouillage par la possibilité qu'offre le système de satisfaire aux valeurs de fiabilité de réception des messages spécifiées par l'OMI en présence de différents types de brouillages (avec des niveaux de puissance maximale spécifiés et des séparations de fréquences minimales) sans subir de dégradation dans les limites du TTM maximal admissible, ni faire appel à une puissance d'émetteur supplémentaire de la RLS par satellite.

## 2.4 *Couverture*

La couverture des systèmes à satellites géostationnaires sera limitée aux latitudes comprises entre les parallèles 70°, mais cette couverture suffit à desservir la plus grande partie de la navigation mondiale. Toutefois, pour couvrir les régions polaires, il faudra mettre en service des satellites sur orbite polaire. Avec ces satellites, il y a des retards dans la signalisation des cas de détresse, en raison du passage intermittent de ces engins spatiaux. Les délais sont les plus longs au-dessus de l'équateur et ils dépendent du nombre de satellites ainsi que du nombre et des emplacements des stations terriennes de réception. Un des avantages des satellites sur orbite polaire est le fait qu'on obtient l'information de position en temps réel par mesure Doppler du signal reçu en provenance de RLS par satellite. La mise à jour de la position de détresse à l'aide de la mesure Doppler pourrait faciliter les recherches lorsque les RLS par satellite sont transportées à bord des engins de sauvetage.

Il y a intérêt, cependant, à envisager une formule combinant les avantages des systèmes à satellites géostationnaires et ceux des systèmes à satellites sur orbite polaire.

## 2.5 *Manière dont les performances sont influencées par les divers états de la mer et par les conditions d'environnement*

Les systèmes adoptés aux fins d'utilisation dans le SMDSM doivent être capables de fonctionner même lorsque l'état de la mer ou les conditions ambiantes sont extrêmement défavorables et cela, sans subir de dégradation dans les limites du TTM maximal admissible, ni faire appel à une puissance d'émetteur supplémentaire de la RLS par satellite. Par ailleurs, ces systèmes doivent être en mesure de continuer à satisfaire à la probabilité spécifiée par l'OMI pour la réception des messages.

## 2.6 *Contenu du message de détresse et nature de la détresse*

Dans toute la mesure possible, le message de détresse devrait fournir toutes les informations pertinentes sur l'incident. Cependant, il convient de limiter à l'essentiel le contenu de ce message, pour réduire la probabilité d'erreur ainsi que la durée d'acquisition des messages. Les Recommandations 632 ou 633 mentionnent respectivement ce que pourraient être le contenu des messages de détresse "1,6 GHz et 406 MHz" et les indications sur la nature de la détresse.

## 2.7 *Méthodes de détermination de la position*

Lorsqu'on a constaté qu'il existe un cas d'urgence ou de détresse, le problème à résoudre est de déterminer la position géographique du lieu de la détresse avec une précision suffisante pour permettre l'organisation de secours efficaces.

Les satellites géostationnaires peuvent servir à déterminer des positions en coopération avec des stations au sol, par retransmission des données de position obtenues par des RLS par satellite à bord de systèmes de navigation ou par retransmission de signaux reçus par des RLS par satellite de systèmes de radionavigation ou de navigation par satellite. Les satellites sur orbite basse peuvent appliquer l'une ou l'autre méthode; ils peuvent également déterminer la position en temps réel des RLS par satellite par des mesures de l'effet Doppler du signal reçu en provenance de la RLS par satellite.

### 2.8 *Maintien de l'intégrité du système*

Dans l'intérêt des utilisateurs, il serait grandement souhaitable que des installations appropriées du secteur spatial répondant aux spécifications techniques qu'il est nécessaire d'établir continuent d'être offertes.

Il faudra peut-être établir également des spécifications techniques obligatoires pour les RLS par satellite, prévoir des procédures d'homologation appropriées et tenir à jour un registre.

### 2.9 *Complexité et coût du système de détresse*

Si l'on veut généraliser l'emploi du système, il faut réduire au minimum le coût des équipements, du satellite et de l'équipement de la station terrienne côtière d'alerte et de localisation. En particulier, les dépenses encourues par l'utilisateur, \_\_\_\_\_ doivent être aussi faibles que possible.

## 3. **Considérations d'ordre technique**

### 3.1 *Orbite des satellites*

On considère deux orbites possibles pour les satellites: l'orbite des satellites géostationnaires (altitude approximative 36 000 km) et une orbite basse quasi polaire (environ 850 km). La RLS par satellite devrait rayonner une énergie suffisante pour permettre l'utilisation de trajets obliques de longueur maximale. Pour un angle de site de 5°, les longueurs de ces trajets sont respectivement de 41 000 km et 3000 km approximativement.

Un autre paramètre à prendre en considération est l'ouverture de faisceau \_\_\_\_\_ correspondante de l'antenne du satellite aux points à mi-puissance pour une couverture globale de la Terre. Pour un satellite géostationnaire, cette ouverture de faisceau est voisine de 17,3°, et pour un satellite sur orbite basse, elle est voisine de 123°.

### 3.2 *Fréquences pour les systèmes de détresse*

La bande 406 à 406,1 MHz est attribuée maintenant en exclusivité au service mobile par satellite (Terre vers espace), pour l'utilisation et la mise au point de RLS par satellite. La bande 1645,5-1646,5 MHz est attribuée elle aussi en exclusivité au service mobile par satellite (Terre vers espace) et réservée aux opérations de détresse et de sécurité. Les bandes 121,45-121,55 MHz et 242,95-243,05 MHz sont attribuées (par un renvoi du Tableau d'attribution) au service mobile par satellite, pour la réception, dans les satellites, des signaux émis par les RLS par satellite sur 121,5 MHz et 243 MHz.

Pour des considérations d'ordre pratique, le choix des fréquences à utiliser sur les liaisons montantes est limité aux bandes des 406 MHz et 1,6 GHz. L'une ou l'autre de ces bandes pourrait être utilisée avec des satellites géostationnaires ou des satellites gravitant sur des orbites quasi polaires. **La plus grande partie des essais réalisés avec des satellites géostationnaires ont été effectués dans la bande des 1,6 GHz car cette bande est utilisée pour des communications normales;** toutefois, au cours de la période 1987-1989, un certain nombre d'essais expérimentaux ont aussi été exécutés à 406 MHz (voir le § 6.2). D'autre part, les essais réalisés avec des satellites en orbite solaire ont été exécutés à 406 MHz bénéficiant de l'expérience s'étendant sur une longue durée, acquise sur les systèmes météorologiques de collecte de données à 401 MHz.

La bande 1544-1545 MHz est attribuée en exclusivité au service mobile par satellite (espace vers Terre). Elle est limitée aux opérations de détresse et de sécurité où interviendraient les liaisons de connexion de satellites destinés à relayer les émissions des RLS par satellite vers les stations terriennes et les liaisons à bande étroite (espace vers Terre) à partir de stations spatiales vers les stations mobiles. Des liaisons de connexion pourraient être utilisées également dans les bandes attribuées au service fixe par satellite, pour des communications \_\_\_\_\_ normales dans le sens espace vers Terre (par exemple, la bande des 4 GHz). L'une quelconque de ces liaisons descendantes pourrait servir aux communications avec des satellites géostationnaires. En revanche, les liaisons de connexion vers des satellites sur orbite quasi polaire utiliseraient uniquement la fréquence 1545 MHz; \_\_\_\_\_ la raison en est que les satellites géostationnaires bénéficient d'une priorité dans les bandes attribuées au service fixe par satellite (numéro 2613 du Règlement des radiocommunications) et que, par suite des limites imposées à la puissance surfacique dans la bande des 4 GHz, il est nécessaire de prévoir l'utilisation d'antennes de grandes dimensions dans les stations terriennes.

Les autres fréquences attribuées au service mobile maritime par satellite peuvent être utilisées pour les communications de détresse et de sécurité.

On a adopté la bande des 406 MHz dans le système COSPAS/SARSAT avec satellites sur orbite basse quasi polaire pour la liaison montante et une portion de la bande 1544-1545 MHz pour la liaison de connexion (espace vers Terre).

Le système INMARSAT à satellites géostationnaires de la première génération n'est pas équipé pour fonctionner à 406 MHz; toutefois, il permet d'utiliser des RLS par satellite à 1,6 GHz avec des liaisons de connexion dans la bande des 4 GHz. On prévoit que la future génération de satellites INMARSAT offrira également cette possibilité.

### 3.3 Brouillages

Les bandes de fréquences destinées aux liaisons de connexion espace vers Terre (par exemple, la bande des 4 GHz) sont fortement utilisées pour les systèmes du service fixe par satellite. Elles sont attribuées également à d'autres services, par exemple les services fixe et mobile. A l'heure actuelle, aucun canal n'est attribué en exclusivité aux RLS par satellite. Les deux bandes 1544-1545 MHz et 1645,5-1646,5 MHz sont attribuées en exclusivité au service mobile par satellite; un renvoi du Tableau d'attribution limite leur utilisation aux communications de détresse et de sécurité.

#### 3.3.1 Brouillages causés par les équipements de faisceaux hertziens

Dans certaines conditions, un équipement de faisceau hertzien implanté en un lieu particulier pourrait causer des brouillages à une RLS par satellite. Il serait possible d'éliminer cette faible probabilité de brouillage en évitant d'avoir recours aux voies utilisées par les RLS par satellite.

On pourrait obtenir le même résultat en appliquant des techniques appropriées de coordination des fréquences, par exemple en évitant de pointer les antennes sur l'orbite des satellites géostationnaires (voir l'Annexe I du Rapport 917).

#### 3.3.2 Brouillage dans la bande de fréquences des 406 GHz

La bande de fréquences 406-406,1 MHz a été attribuée exclusivement aux émissions des RLS par satellite. Cette attribution a été confirmée par la CAMR MOB-83 et une Résolution visant à demander la suppression de toutes les émissions non autorisées à 406 MHz a été approuvée (voir la Résolution N° 205 (Mob-83)). Ultérieurement cette Résolution a été modifiée et complétée par la CAMR MOB-87 (Résolution N° 205 (Mob-87)). Toutefois des brouillages continuent d'être observés dans le système COSPAS-SARSAT (voir le Rapport 919). On est parvenu à mettre au point une méthode permettant de localiser les émissions non autorisées en utilisant les satellites COSPAS-SARSAT (voir le Rapport 979) et les émetteurs brouilleurs sont peu à peu éliminés de la bande de fréquences grâce au programme de surveillance de l'IFRB et aux mesures consécutives prises par les administrations.

## 4. Systèmes à satellites géostationnaires utilisant la bande des 1,6 GHz

### 4.1 Configuration

Une partie importante du SMDSM prévoit que tous les navires battant pavillon d'une nation partie à la convention sur la sécurité de la vie humaine en mer devront être munis d'une RLS par satellite. Cette disposition prenant effet le 1er août 1993. On espère qu'à ce moment-là, les satellites INMARSAT de la deuxième génération seront opérationnels et qu'ils seront équipés d'amplificateurs spéciaux donnant un gain supplémentaire de 13 dB environ, par comparaison avec les voies de communication maritime normales, ce qui permettra d'obtenir une amélioration d'environ 5 dB de la liaison globale (liaison descendante comprise).

Les essais du programme d'essais coordonnés (PEC) ont été effectués dans la bande 1644,3-1644,5 MHz en utilisant le segment spatial INMARSAT disponible. On prévoit de continuer d'utiliser cette bande pour la durée de vie utile du segment spatial de la première génération. Bien qu'on s'attende à ce que le segment spatial de INMARSAT de la deuxième génération assure la continuité de l'occupation de cette bande, il est souhaitable de favoriser un transfert définitif des opérations de RLS par satellite dans la bande 1645,5-1646,5 MHz qui est limitée, d'après le numéro 728 du Règlement des radiocommunications, aux émissions de détresse et de sécurité. Cette dernière bande sera utilisée effectivement dans le segment spatial de la deuxième génération. Afin de faciliter l'introduction de cette bande de détresse et de sécurité et d'assurer qu'un service ininterrompu soit disponible pour tous les usagers possibles des RLS par satellite dans cette bande, il sera nécessaire pendant la période de transition de prévoir des processeurs de récepteur fonctionnant dans les deux bandes.



#### 4.2 Programme d'essais coordonnés

Le PEC des RLS par satellite a été mis en application entre janvier 1982 et avril 1983; il est décrit dans le Rapport 1045.

Une liste des principales caractéristiques des systèmes soumis aux essais dans le PEC est donnée au Tableau I. Les valeurs de la capacité du système, qui figurent dans ce tableau, ont été déterminées par les conditions du PEC et ont été calculées d'après la méthode donnée ailleurs [Kaminsky et autres, 1983].

Suite au PEC, le système de radiocommunication de détresse (DCRS), mis au point par la République fédérale d'Allemagne, a été recommandé au CCIR par le SMDSM. Les caractéristiques d'émission de ce système sont résumées au § 4.3; elles sont également exposées dans la Recommandation 632. Le CCIR a par ailleurs recommandé de soumettre ce système à une autre série d'essais préalables, qui se sont déroulés avec succès en 1987 et qui sont décrits dans le Rapport 1184. L'OMI a demandé, en 1985, que de tels essais préalables soient effectués.

TABLEAU I - Récapitulation des caractéristiques des systèmes soumis aux essais

Système / Caractéristique	DCRS, Allemagne (Rép. féd. d')	MDF, Japon	SAMSARS, USA	Royaume-Uni	MDP, à pseudo-bruit Norvège/ASE	SADKO, URSS	MDP, à pseudo-bruit Japon
Fréquence liaison montante (MHz)	1645,5-1646,5	1645,5-1646,5	1645,5-1646,5	1645,5-1646,5	1645,5-1646,5	1645,5-1646,5	1645,5-1646,5
p.i.r.e. (W)	0,1	0,15	0,4	8	0,2	0,15	1
Débit binaire d'information/modulation	32 bit/s, MDF non cohérente	63 bit/s, MDF	0,2 à 0,7 bit/s, MDP-2	10 bit/s, MDP-2	11,61 bit/s, MDP d'une sous-porteuse	24 bit/s MDF	2,5 bit/s MDP-2
Capacité du système dans la largeur de bande de 200 kHz	33	133	170	218	57	26	407

#### 4.3 Description du système DCRS

Après actionnement, la RLS par satellite transmet le message de détresse contenant l'identité de la station de navire, une information de position et les renseignements supplémentaires prévus par la Recommandation 632. La transmission est répétée avec un cycle de fonctionnement présélectionné. Un émetteur destiné au radiorallèlement est également mis en marche.

Un schéma de principe du système est représenté à la Fig. 1a. Le registre à décalage parallèle/série (élément de mémoire) contient le dernier message de détresse mis à jour par l'interface navigation du navire. Avant la transmission, on applique un code de correction d'erreur sans voie de retour qui est décrit dans la Recommandation 632. Une trame de données transmises pourrait, par exemple, comporter 20 bits de synchronisation qui ne sont pas inclus dans le codage, 100 bits d'information et 40 bits de parité.



Après avoir été retransmis par le satellite, le signal de détresse est abaissé en fréquence à la station terrienne de façon à correspondre à la fréquence intermédiaire spécifiée et transféré au récepteur multivoies commandé par ordinateur, pour la détection des messages de la RLS par satellite. Les premiers étages comprennent un abaisseur de fréquences en fréquences audio, un convertisseur analogique/numérique, un banc de filtrage et un appareil de mesure de l'énergie (voir la Fig. 1b). Les valeurs absolues de chaque sortie numérique sont ajoutées pour obtenir une mesure de l'énergie signal plus bruit. Le banc de filtrage numérique utilise un filtre polyphasé et analyse le spectre à l'aide de filtres d'une largeur de bande de 30 Hz au pas de 15 Hz, ce qui se traduit donc par un chevauchement de ceux-ci. L'identification des voies, après balayage de toutes les sorties, suit une stratégie spéciale impliquant la corrélation du décalage de fréquences entre les deux filtres qui doit être égale à l'excursion du signal MDF transmis; en outre, une suppression des sources de brouillage possibles est assurée, ainsi qu'une rétro-information supplémentaire provenant du dispositif de détection de synchronisation des bits.

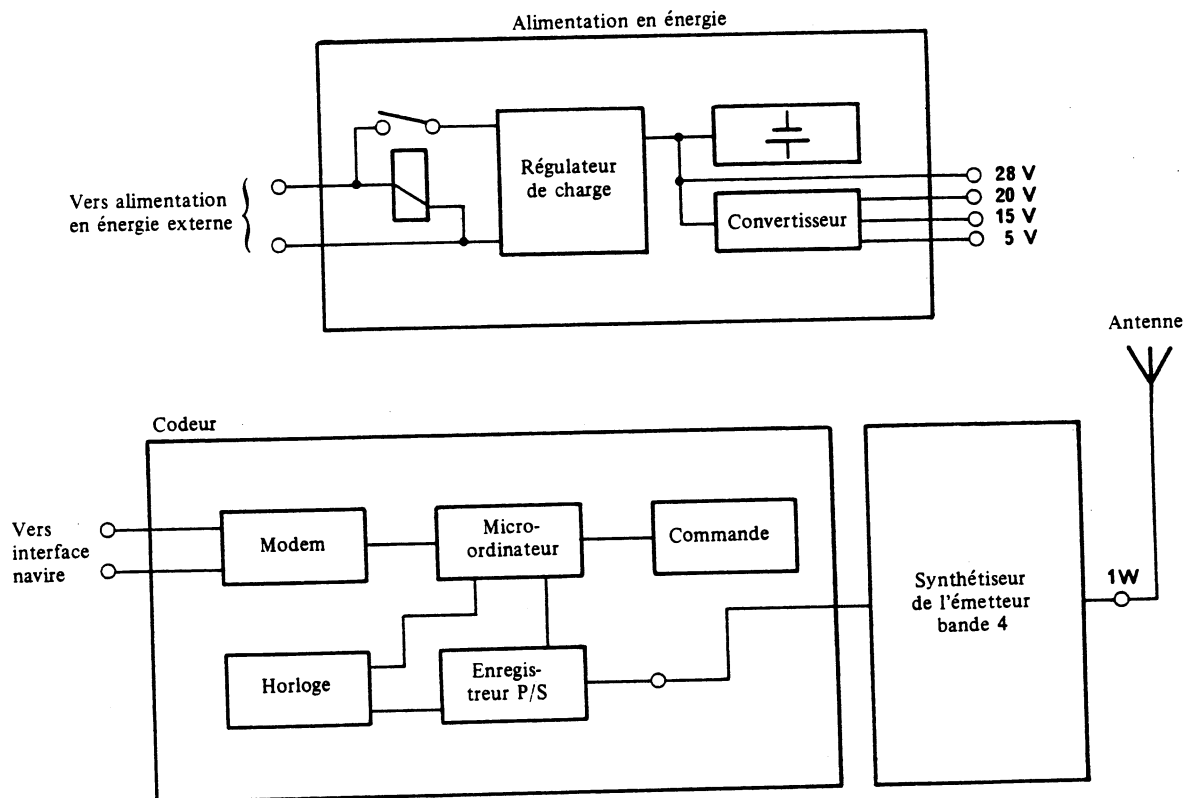


FIGURE 1a – Schéma de principe de la RLS par satellite dans la bande 1,6 GHz

P/S: parallèle/série

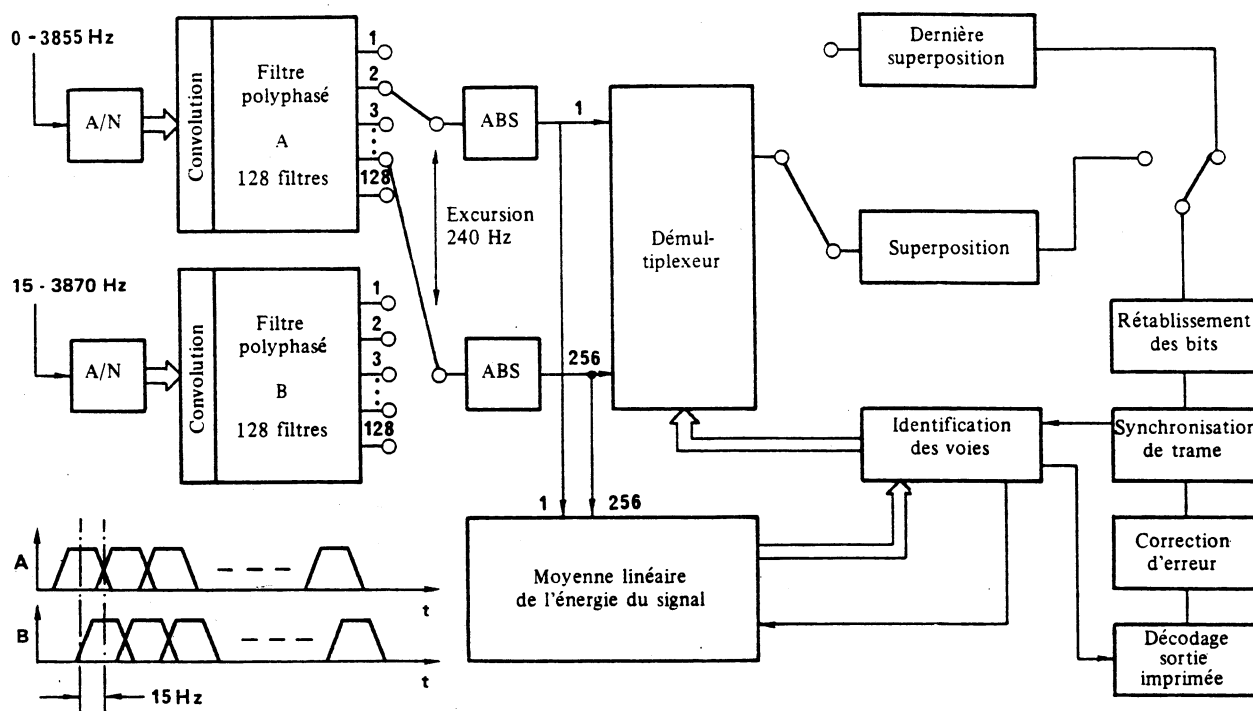


FIGURE 1b - Schéma de principe fonctionnel de l'unité de réception et de détection

A/N: convertisseur analogique/numérique

ABS: commutation automatique de bande

Après identification, les voies sont assignées à des voies du processeur où le signal entrant ainsi que le bruit sont superposés dans une mémoire. Chaque doublement du nombre de trames de données entraîne dans la pratique une amélioration du rapport  $C/N_0$  d'environ 2 à 3 dB.

Chaque minute, qui équivaut à 12 trames superposées, la mémoire est lue afin d'obtenir la synchronisation des bits, la synchronisation des trames et la détection des bits de parité pour la correction d'erreur sans voie de retour. Si une synchronisation est obtenue et si on ne détecte pas plus de 4 erreurs sur les bits, le message est décodé et imprimé. Si on détecte plus de 4 erreurs sur les bits, la superposition se poursuit avec un nouvel essai chaque minute, jusqu'à ce que le message soit détecté de façon satisfaisante.

Les caractéristiques de fonctionnement de ce système sont les suivantes:

- limite de sensibilité pour la réception des messages
  - voie exempte d'évanouissements 13 dBHz
  - voie avec évanouissements (angle de site de  $1,6^\circ$ , hauteur des vagues: 2,5 m) 15,1 dBHz
- affaiblissement des sources de brouillage en dehors des filtres du signal (par rapport aux signaux)
  - source de brouillage en onde entretenue > 10 dB
  - source de brouillage à large bande > 20 dB
- rapidité de recherche du banc de filtrage (performance totale) 60 Hz/s.

La technique de superposition intègre toutes les fluctuations du signal en temps réel (distribution de Rayleigh) de façon à produire un signal de distribution gaussienne.

Le système est basé sur le fait que pendant toutes les procédures de traitement, aucune décision n'est prise avant d'obtenir une amélioration du signal due au principe de superposition. Dans l'unité de traitement des données, on utilise une durée d'intégration de 10 s pour superposer l'énergie du signal équivalant à  $10 \times 32 = 320$  bits sur l'énergie de bruit pendant cette période de temps. La décision concernant le changement de bits à tel ou tel échantillon se fait sur la base de 160 transitions possibles. On décide qu'un bit est un «1» ou un «0» après 128 superpositions de la trame de données, 12 étant le nombre minimal.

Cette technique de traitement des signaux utilise un système MDF non cohérent. Une autre caractéristique importante de cette technique est la courte durée d'acquisition et le lissage des effets d'évanouissement.

Un système équipé d'un émetteur de 1 W aura une marge d'environ 10 dB, ce qui fournit une protection supplémentaire contre les effets potentiels dus aux brouillages, à la dégradation de la liaison descendante par le bruit solaire, au vieillissement de l'équipement, aux conditions défavorables causées par l'occultation par les grandes vagues et, dans une certaine mesure, au blocage dû au navire. Le temps de transmission nominal des messages avec un émetteur de 1 W est de 1 min.

La sensibilité élevée du processeur du récepteur, combinée à la marge inhérente de la liaison, peut permettre un fonctionnement à des angles de site jusqu'à 0° environ, avec donc pour effet d'accroître la zone de couverture.

#### 4.4 *Autres applications possibles*

Une autre application de ce système de RLS par satellite est une petite unité portable, dénommée «émetteur de clavier», qui a été expérimentée en 1975 avec le satellite ATS-6 de la NASA.

La technique de transmission des messages est identique à celle du système de la RLS par satellite, mais la trame de données utilisée est plus longue. Ainsi, ce dispositif commandé manuellement est non seulement en mesure de transmettre le message de détresse de la RLS par satellite mais aussi un message individuel de caractères alphanumériques qui peut être introduit dans une mémoire à l'aide d'un clavier étanche. On peut l'installer sur le navire, utiliser l'alimentation en énergie du navire et le relier à une antenne fixe. Dans ces conditions, il peut être utilisé comme émetteur de réserve. Le même dispositif conçu à des fins de détresse peut aussi être facilement déconnecté pour être utilisé dans une embarcation de sauvetage. L'alimentation est alors fournie par l'intermédiaire d'une batterie interne et le signal est transmis par une antenne qui est intégrée dans l'équipement.

### 5. **Système à satellites sur orbite polaire basse fonctionnant dans la bande des 406 MHz**

#### 5.1 **Fréquences et configuration**

Le système COSPAS-SARSAT a été mis au point pour recevoir et traiter les émissions d'alerte de détresse, de signalisation et de localisation provenant des RLS par satellite fonctionnant dans la bande de fréquences 406,0-406,1 MHz et celle des 121,5 MHz.

Pour toute information générale supplémentaire, voir [Redisch et Trudell, 1978; Zourabov et autres, 1979; COSPAS-SARSAT, 1981; CNES, 1984] et le Rapport 919.

En ce qui concerne le système COSPAS, les instruments de recherche et de sauvetage sont installés à bord de satellites de navigation. L'altitude nominale de l'orbite de tous les satellites COSPAS est de 1000 km avec une inclinaison de 83° par rapport à l'équateur.

Pour le système SARSAT, les instruments de recherche et de sauvetage sont placés à bord de satellites météorologiques exploités par la «National Oceanic and Atmospheric Administration» des Etats-Unis d'Amérique (NOAA). L'altitude nominale de l'orbite de tous les satellites SARSAT est de 833 km, avec une inclinaison de 98,7° par rapport à l'équateur.

**Il est prévu de maintenir deux satellites COSPAS et deux satellites SARSAT en orbite au moins jusque dans les premières des années 2000.**

Le système à satellites COSPAS-SARSAT dessert les communautés aéronautique et maritime et, à l'avenir, il desservira également la communauté mobile terrestre. Ce système a été exploité à 121,5 MHz pour améliorer de manière significative les moyens terrestres existants d'alerte de détresse, de signalisation et de localisation en offrant une couverture améliorée, en augmentant la probabilité de détection d'un cas de détresse et en diminuant le temps écoulé entre l'événement proprement dit et sa notification aux autorités de recherche et de sauvetage.

## 5.2 Description du système

Les instruments placés à bord du satellite comportent des récepteurs fonctionnant à 121,5, 243,0 et 406,025 MHz, des dispositifs de transposition de fréquence, un dispositif de traitement des signaux et un émetteur à modulation de phase fonctionnant dans la bande des 1544-1545 MHz. Les signaux reçus par le satellite dans les bandes des 121,5, 243,0 et 406,025 MHz subissent un abaissement de fréquence linéaire et un multiplexage par répartition en fréquence avant la modulation de phase de l'émetteur à 1544,5 MHz (FDM-PM). Les signaux reçus dans la bande des 406,025 MHz subissent un traitement additionnel. Un dispositif de traitement des signaux à deux voies, identique au dispositif de traitement ARGOS (voir le Rapport 538), a été incorporé au groupe d'instruments. Le dispositif de traitement démodule le message numérique de la porteuse de RLS par satellite reçu et mesure la fréquence porteuse avec une précision de  $\pm 0,5$  Hz. Les messages numériques reçus et les mesures de fréquence porteuse sur deux voies font l'objet d'une identification horaire, d'un formatage et d'un codage  $L$  de phase bivalente, puis on les transmet en temps réel à un débit de 2,4 kbit/s par modulation en phase directe de la porteuse à 1544,5 MHz. En outre, l'information traitée à 406,025 MHz est stockée dans la mémoire des engins spatiaux en vue d'une lecture/transmission ultérieure. Cette caractéristique permet d'obtenir une couverture mondiale indépendamment de l'emplacement des stations terriennes.

Les émissions à 1544,5 MHz sont reçues par les terminaux d'utilisateur locaux. Ces stations terriennes utilisent une antenne de poursuite pour obtenir un rapport gain d'antenne/température de  $\frac{G}{T}$  de 3 dB(K<sup>-1</sup>). Le débit binaire à 2,4 kbit/s résulte d'une démodulation cohérente de la porteuse, et il est ensuite démultiplexé pour faire apparaître le message de RLS par satellite, les mesures de fréquence et les indications horaires. La position des RLS par satellite est calculée au moyen des éphémérides du satellite et de la dérive Doppler munie d'une indication horaire dans les mesures de fréquence porteuse de RLS par satellite. La précision de localisation à 406,025 MHz est de l'ordre de 2 à 5 km.

D'autre part, on récupère le spectre de 406,025 MHz transposé linéairement en fréquence grâce à la démodulation cohérente de la porteuse et on l'utilise essentiellement pour caractériser la voie à 406,025 MHz dans le sens Terre vers espace. Les caractéristiques de la RLS par satellite à 406 MHz et les formats de messages figurent dans la Recommandation 633.

## 5.3 Phase d'expérimentation et d'évaluation

La phase d'expérimentation et d'évaluation du système COSPAS-SARSAT, avec des essais à 121,5 et 406 MHz, a débuté au mois de février 1983. **Les organismes de recherche et de sauvetage ainsi que les administrations des pays participants ont contribué à l'évaluation du système.** Des terminaux d'utilisateur locaux et des centres de contrôle de mission ont été implantés dans 6 pays participants et l'exploitation du système a débuté en 1985 après la phase d'expérimentation et d'évaluation.

Les résultats de l'expérimentation et de l'évaluation du système figurent dans le Rapport 919 et dans [CNES, 1984]. Malgré la présence de brouillages dans certaines régions du monde, il a été possible de répondre aux critères de performance fondamentaux du système COSPAS-SARSAT fonctionnant à 406 MHz. Ces critères sont récapitulés au Tableau II.

A 406 MHz, la sensibilité du système, la précision de localisation (5 km) et la capacité (plus de 90 émissions simultanées) correspondent aux objectifs fixés pour le système COSPAS-SARSAT et les résultats obtenus sont parfois meilleurs que ces objectifs. Aussi bien les essais que la participation à des opérations de détresse réelles ont prouvé que le système COSPAS-SARSAT permet une interaction efficace avec les services de recherche et de sauvetage.

TABLEAU II – Récapitulation des caractéristiques d'exploitation des systèmes

Caractéristiques d'exploitation	Système à satellites géostationnaires	Système à satellites sur orbite polaire basse	Système à combinaison de satellites géostationnaires et de satellites sur orbite polaire basse
Alerte immédiate	Alerte immédiate dans la zone de couverture	Une heure en moyenne pour un système à 4 satellites	Alerte immédiate. Exception: ½ heure en moyenne dans les régions polaires avec un système à 4 satellites sur orbite polaire basse [ORI, 1979]
Identification	Dans le contenu du message	Dans le contenu du message	Dans le contenu du message
Repérage	Retransmission de NAVAID ou position du navire	Mesure Doppler et, éventuellement, retransmission de NAVAID ou position du navire	Retransmission de NAVAID ou position du navire et mesure Doppler
Couverture	Limitée aux latitudes comprises entre 70° N et 70° S environ	Mondiale	Mondiale
Nature de la détresse (facultatif)	Dans le contenu du message	Dans le contenu du message	Dans le contenu du message

## 6. Autres systèmes et dispositions envisagés

### 6.1 Introduction

On a procédé à la mise au point et à l'évaluation des systèmes à satellites sur orbite polaire basse et des systèmes à satellites géostationnaires pour emploi dans le SMDSM. Ces systèmes sont complémentaires en ce sens qu'ils ont tous deux la possibilité d'écouler des communications de sécurité et de détresse permettant d'assurer les fonctions d'alerte et de localisation (voir le § 2.4). Il convient donc de combiner les avantages des systèmes à satellites géostationnaires et des systèmes à satellites sur orbite polaire basse particulièrement dans le cas où on utilise la même fréquence pour les émissions RLS par satellite ainsi que le recommande l'OMI, (voir Tableau II).

## 6.2 Utilisation de satellites géostationnaires à 406 MHz

Un programme expérimental en deux étapes réalisé pour évaluer la possibilité d'utiliser des répéteurs à 406 MHz montés sur des satellites géostationnaires en combinaison avec le système à satellites COSPAS-SARSAT fonctionnant avec des satellites sur orbite polaire basse, pour relayer les émissions de RLS par satellite à 406 MHz, a été lancé, au milieu des années 1980 par les Etats-Unis d'Amérique, le Canada et la France [Friedman et autres, 1984; Dumont et autres, 1986]. La première étape du programme: "Vérification de la conception technique", a été achevée en 1988. Son objectif principal a consisté à caractériser la qualité de nombreuses réalisations du processeur de la station terrienne en fonction des émissions de RLS par satellite qui ont subi des altérations commandées et/ou exploitées dans différentes conditions d'environnement. La deuxième étape "Vérification de la conception technique", a été terminée vers le milieu de l'année 1989, elle a été centrée sur la mise au point de la meilleure méthode d'intégration des alertes reçues aussi bien en provenance du système à satellites géostationnaires qu'en provenance du système à satellites sur orbite polaire basse; toutefois on peut aussi continuer de collecter les données relatives à la qualité de l'environnement au cours de cette étape. Les essais ont été effectués avec les RLS par satellite conformément aux caractéristiques techniques mentionnées dans la Recommandation 633 et on a utilisé le répéteur à 406 MHz monté à bord du satellite géostationnaire en exploitation pour l'observation du milieu, de la NOAA des Etats-Unis: GOES-7\*. Les détails du programme et les résultats obtenus jusqu'à ce jour sont donnés dans le Rapport 1175.

Après ces essais, cinq satellites qui suivront, désignés sous l'appellation de série GOES-PROCHAINE (GOES-NEXT), seront équipés de répéteurs améliorés afin de fonctionner avec des balises RLS à satellite de type 406 MHz. Les mesures ont été prises en vue de disposer de ces nouveaux répéteurs pour emploi si nécessaire, au début des années 1990 et jusqu'au milieu des années 1990. D'autres pays envisagent d'installer ce type de répéteur à bord de leurs propres satellites géostationnaires.

Pour démontrer la qualité d'un système combiné, la «National Aeronautics and Space Administration» des Etats-Unis d'Amérique (NASA) a entrepris l'exécution d'un programme visant à mettre au point un processeur au sol qui fonctionne à 406 MHz et un répéteur sur l'engin spatial GOES-7. Le Centre national d'études spatiales (CNES) en France, Morflot en Union soviétique et le Ministère des Communications du Canada élaborent actuellement un processeur au sol similaire.

L'expérience réalisée à 406 MHz avec des satellites géostationnaires fera intervenir le processeur au sol et l'engin spatial GOES-7 en combinaison avec le système COSPAS/SARSAT utilisé in situ pour déterminer le rôle que joue l'alerte instantanée dans l'amélioration du fonctionnement global des opérations de recherche et de sécurité.

Avec l'ensemble répéteur amélioré monté à bord de la série GOES-NEXT, on s'attend à gagner 3 ou 4 dB d'amélioration globale sur le rapport  $C/N_0$  reçu à la station terrienne. Cette amélioration résultera des trois modifications suivantes sur l'engin spatial:

- réduction d'environ 120 kHz à 80 kHz de la largeur de bande du filtre RF du récepteur;

\* Avant son lancement, en février 1987, le satellite GOES-7 était connu sous la désignation GOES-H.

- amélioration de 1 à 2 dB du facteur de qualité G/T due à une variation graduelle du signal provenant de l'antenne grâce à un diplexeur optimisé pour éviter le partage de la puissance avec la voie de plate-forme de collecte de données; et
- adjonction d'une liaison descendante réservée à 1 544,5 MHz avec puissance de sortie accrue qui occupera une largeur de bande d'environ 200 kHz.

### 6.3 *Mise à jour de la position dans les systèmes de RLS par satellite géostationnaire*

#### 6.3.1 *Mise à jour de la position à l'aide des données de navigation*

La mise à jour des positions dans le système de RLS par satellite sur orbite polaire est faite en mesurant la dérive Doppler dans le signal reçu à bord du satellite en mouvement en le combinant à la position du satellite au moment de la réception du signal provenant de la RLS par satellite. Dans un système de navigation par satellite, une position s'obtient en utilisant la dérive Doppler dans le sens opposé, c'est-à-dire qu'à bord du navire, la dérive Doppler est mesurée dans le signal transmis par le satellite en mouvement, combiné avec la position du satellite au moment de la transmission. Si la transmission d'un tel satellite en mouvement était reçue et si la RLS par satellite retransmettait ce signal par l'intermédiaire du système à satellites géostationnaires à une station terrienne côtière, on pourrait alors obtenir une mise à jour des positions en utilisant l'information de position du satellite de navigation et la dérive Doppler dans le signal.

Pour la mise à jour de la position dans les systèmes de RLS par satellite géostationnaire, on dispose actuellement de deux méthodes: l'entrée des données de positions réelles dans les RLS par satellite à des intervalles réguliers est obtenue, soit manuellement lors du changement de quart en utilisant un clavier, soit au moyen de transfert automatique de données à partir des systèmes de navigation de Terre ou par satellite utilisés à bord des navires. On pourrait aussi doter les RLS par satellite d'un dispositif de détermination de la position qui rendrait superflus aussi bien les interfaces avec les équipements des navires que les claviers.

Les systèmes de navigation par satellite peuvent seuls offrir un accès aléatoire mondial. Si le signal est reçu par un dispositif de détermination de la position incorporé, les RLS par satellite fonctionnant par l'intermédiaire de satellites géostationnaires permettent d'obtenir une alerte rapide liée à une mise à jour de la position, indépendante et proche du temps réel. Si des RLS par satellite sont mises au point avec cette possibilité, on doit réviser le cycle de fonctionnement pour introduire un fonctionnement sur 24 h au moins.

Le système global de détermination de la position (GPS) permet à présent de déterminer la position à l'intérieur de la RLS par satellite. Ce système est décrit dans le Rapport 766. Sa fréquence  $L_1 = 1575,42$  MHz sera proche de la fréquence de transmission de la RLS permettant ainsi d'utiliser la même antenne. Le GPS donne une précision de 150 m. La première fixation de la position s'obtiendra au bout de 15 min environ si la RLS est mise en route sans connaissance des éphémérides.

Deux autres systèmes de navigation possibles sont à l'étude. NAVSAT est un système proposé par l'ASE aux usagers civils. Avec 24 satellites placés sur des orbites de 12 h, au moins 6 satellites demeurent visibles de n'importe quel point de la Terre. La technique de réception est basée sur des mesures Doppler avec des précisions de l'ordre de celles du GPS. L'estimation du temps nécessaire pour la première fixation de position est de 3 min.

GRANAS (système global de radionavigation) est un système proposé par la République fédérale d'Allemagne. Avec 20 satellites placés sur des orbites de 12 h, 5 satellites au moins demeurent visibles de n'importe quel point de la Terre. Chaque satellite Granas détermine lui-même sa position par une mesure de distance à deux voies. Chaque salve employée pour le calcul de la position de l'utilisateur basé sur des mesures de pseudo-distance contient l'information complète de la position du satellite. Ainsi l'estimation du temps nécessaire pour la première fixation de la position est réduite à 20 s.

#### 6.3.2 *Autres méthodes de mise à jour de la position*

Une autre méthode qui permettrait de fournir des informations de position mises à jour au centre de coordination des opérations de sauvetage consisterait à utiliser une RLS par satellite compatible avec le système à satellites sur orbite basse polaire (COSPAS/SARSAT) et le système à satellites sur orbite géostationnaire (voir également le § 2.4).

#### 6.4 *Signalisation de la localisation de la position et de détresse utilisant les systèmes du service de radiorepérage par satellite*

Un service de radiorepérage par satellite («Radiodetermination-satellite service» RDSS) est à présent proposé pour être exploité aux Etats-Unis d'Amérique et près des eaux côtières et sera mis en route en 1987-1988. Il devrait fournir une détermination de position et un service de message numérique court aux usagers se trouvant sur la terre ferme, sur la mer et dans les airs, dans la limite de sa zone de service. Le satellite, tel que proposé actuellement, émettra une onde entretenue à chacun de tous ses usagers dans la bande 2483,5-2500,0 MHz. Ceux des usagers qui souhaitent recevoir l'information de la position calculée par le système ou envoyer un message numérique bref (par exemple, conditions de détresse) devront répondre à un certain nombre de repères de temps de l'émission du satellite comportant une demande de position et/ou de message. La réponse donnée par l'utilisateur est émise dans la bande de fréquences 1610,0-1626,5 MHz et sera reçue par au moins 2 satellites géostationnaires RDSS et retransmise à la station terrienne centrale de commande. En se basant sur le temps de propagation des signaux retransmis par l'intermédiaire des satellites et sur l'information connue concernant l'angle de site à la surface de la Terre, un ordinateur de la station centrale calcule la position précise de l'utilisateur qui a envoyé la réponse. La position de l'utilisateur peut alors être transmise à l'utilisateur et/ou un message retransmis à d'autres usagers. Une description plus détaillée du système RDSS est contenue dans le Rapport 1050 et dans [O'Neill, 1985].

### 7. **Résumé**

On a étudié la possibilité de mettre en œuvre un système d'alerte à grande distance pour les cas de détresse en mer, avec utilisation de satellites et on a indiqué les facteurs qui devraient être pris en considération lorsqu'on fixera les caractéristiques d'exploitation.

Des études expérimentales de grande ampleur ont déjà été effectuées, elles ont donné des résultats favorables. Des démonstrations du système à satellites COSPAS-SARSAT fonctionnant avec des satellites à orbite basse à 406 MHz et du système à satellites géostationnaires fonctionnant à 1,6 GHz, ont déjà donné des résultats positifs concernant l'utilisation de RLS par satellite pour les opérations de recherche et de sauvetage.

Des démonstrations avant mise en service portant sur des RLS par satellite à 1,6 GHz utilisant des satellites INMARSAT ont été effectuées. Des démonstrations d'émissions de RLS par satellite à 406 MHz utilisant des satellites géostationnaires d'observation du milieu, GOES, des Etats-Unis d'Amérique, ont commencé en 1987 et ont été achevés en 1989.

L'obligation faite aux navires d'avoir à bord des RLS par satellite figure dans la Règle IV/7.1.6 des amendements de 1988 à la Convention SOLAS de 1974 et les normes de fonctionnement de l'OMI applicables à la RLS par satellite à 406 MHz et à la RLS par satellite à 1,6 MHz sont décrites respectivement dans les Résolutions A.611(15) de l'Assemblée de l'OMI et A.661(16) de l'OMI.

Des fréquences sont attribuées dans les bandes 1,5/1,6 GHz pour les télécommunications et pour les opérations de détresse et de secours; par contre, dans la bande des 406 MHz, les fréquences sont attribuées en exclusivité aux RLS par satellite dans le sens Terre vers espace. Ces attributions de fréquences semblent être satisfaisantes.

Les amendements de 1988 à la Convention SOLAS de 1974 porteront sur l'utilisation des satellites géostationnaires et des satellites sur orbite basse quasi polaire qui utilisent des fréquences différentes. On est en train de déterminer les incidences techniques, opérationnelles et économiques des RLS par satellite fonctionnant sur une fréquence, par l'intermédiaire de plus d'un système à satellite, tant sur les stations terriennes côtières que sur les satellites.

Au point de vue de l'exploitation, il est hautement souhaitable que chaque système soit conforme à une norme internationale unique.

La résolution des Questions appelant un complément d'étude, dont la liste figure au Tableau III de l'Annexe I, est considérée comme une étape indispensable sur la voie de la normalisation.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CNES [avril 1984] Proc. International Symposium on Satellite Aided Search and Rescue, Toulouse, France.
- COSPAS-SARSAT [décembre 1981] System Summary. NASA Headquarters, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.
- DAVISSON, L., DAVIS, K., NARDI, J. et KHORRAMI, J. [avril 1984] 406 MHz ELT processor for geostationary satellites. Proc. International Symposium on Satellite Aided Search and Rescue, Toulouse, France.
- DUMONT, P., FRIEDMAN, M. L., HAYES, E.J. et ROGALSKI, W. I. [octobre, 1986] 406 MHz geostationary SAR experiment. XXXVII Congress, International Astronautical Federation, Innsbruck, Autriche.
- FRIEDMAN, M. L., GOUDY, Ph. et KAMINSKY, Y. [avril 1984] 406 MHz geostationary satellite SARSAT experiment. Proc. International Symposium on Satellite Aided Search and Rescue, Toulouse, France.
- JOHNSON, M. A. [7-9 juin 1983] CCIR Satellite EPIRB Trials. IEE Conference on Satellite Systems for Mobile Communications and Navigation, Londres, Royaume-Uni, 176-179.
- KAMINSKY, Y., SCALES, W. et DIEUDONNE, J. E. [octobre 1983] Test and evaluation of the Satellite-Aided Maritime Search and Rescue System (SAMSARS): Vol. 1: System description and test results. Rapport N° MA-RD-770-83067, Appendice B. US Dept. of Transportation, Maritime Administration and Coast Guard, Washington, DC.
- O'NEILL, G. K. [mars 1985] GEOSTAR: un système de satellites à usages multiples pour les besoins de l'aviation civile. *Bulletin de l'OACI*, Vol. 40, 3, 12-17.
- ORI [11 mai 1979] Satellite search and rescue coverage, SARSAT and COSPAS. Technical report No. 1500. National Aeronautics and Space Administration, Greenbelt, Maryland 20771, Etats-Unis d'Amérique.
- REDISCH, W. et TRUDELL, B. [9 novembre 1978] The search and rescue satellite mission – A basis for international co-operation. *IEEE*, Position Location and Navigation Symposium (PLAN-78), San Diego, Ca., Etats-Unis d'Amérique.
- ZOURABOV, Y. G., PCHELIAKOV, L. S., BOGDANOV, V. A. et BRONITSKY, I. S. [17-22 septembre 1979] COSPAS Project – A satellite aided experimental system for SAR applications. XXX<sup>e</sup> Congrès de la Fédération internationale d'astronautique, Document IAF-79-A-33, Munich, Allemagne (République fédérale d').

## BIBLIOGRAPHIE

- CHAO, A. M. [mars 1983] Low cost RF/LSI technologies for commercial GPS receivers. Microwave Systems Applications Technology Conference, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.
- DIEDERICH, P., LAUE, H. et ROSETTI, C. [mai 1984] NAVSAT, a global civil navigation satellites system. NAV 84, Conference of the Royal Institute of Navigation, Londres, Royaume-Uni.
- EULER, H. et HOEFGEN, G. [mai 1984] GRANAS (Global Radio Navigation System), a new satellite-based navigation system. NAV 84, Conference of the Royal Institute of Navigation, Londres, Royaume-Uni.

## ANNEXE I

La présente Annexe traite de plusieurs points, dont certains se rapportent à des problèmes techniques et d'exploitation qui doivent encore être résolus ou publiés avant que l'un ou l'autre des systèmes de RLS par satellite puisse être mis à la disposition des utilisateurs. D'autres points ont trait à des problèmes administratifs et réglementaires qui influenceront sur la manière dont les équipements susmentionnés seront utilisés.

Dans le Tableau III suivant, un ———X indique qu'il est probable que l'organisation mentionnée s'intéressera activement à la question. Il convient de noter, bien que cela ne soit pas indiqué dans chaque rubrique du tableau, que les administrations ont un rôle à jouer dans chacun de ces domaines.

On s'est efforcé en outre d'indiquer par le symbole ⊗ les organisations qui pourraient avoir une responsabilité spéciale et s'intéresser plus particulièrement à l'étude ainsi qu'aux travaux techniques pertinents.

TABLEAU III

	UIT CCIR/ CCITT	OMI	INMAR- SAT	Adminis- trations	COSPAS- SARSAT	Construc- teurs
1. Le dispositif d'introduction de données			X	⊗	X	⊗
2. L'interface pour données avec l'équipement de navigation des navires		X	X	⊗		⊗
3. Les types de caissons pour RLS par satellite et les dispositions d'interface nécessaires à différentes applications et différents types de navire, ainsi que les normes relatives au câblage nécessaire		⊗		X		X
4. La spécification, la conception et la mise au point de la production de RLS par satellite de prix modique et leur installation			X	⊗	X	⊗
5. Les conditions relatives à l'environnement et aux caractéristiques mécaniques de RLS par satellite, y compris toutes celles qui pourraient influencer sur la probabilité de survie de l'équipement dans des situations dangereuses (par exemple: grosse mer, pétrole en feu, givrage)			X	X		X
6. Les mesures visant à réduire au minimum les déclenchements accidentels et non autorisés de RLS par satellite (par exemple, les moyens de déceler et d'indiquer le déclenchement d'une RLS par satellite)				⊗		X
7. Les règlements relatifs à l'essai du système complet, y compris tous les autocontrôles et les inspections périodiques nécessaires		X		X		
8. Le cycle de fonctionnement	⊗					
9. Le type de conditions et de procédures d'approbation			X	X		
10. Les procédures de mise en service des RLS par satellite			X	X		
11. Le danger éventuel des rayonnements et le blocage du trajet, notamment si une RLS par satellite est utilisée à bord d'une embarcation de sauvetage	X			X		
12. L'emplacement et le nombre de RLS par satellite de bord				⊗		
13. Mesures visant à réduire au minimum la répétition de l'impression d'un message d'alerte au CCS		X	X	⊗	X	
14. Les besoins en liaisons de communication nécessaires à l'application des dispositions d'acheminement des messages de détresse et des procédures d'exploitation de l'OMI	X	⊗	X	X	X	

TABLEAU III (suite)

	UIT CCIR/ CCITT	OMI	INMAR- SAT	Adminis- trations	COSPAS- SARSAT	Construc- teurs
15. Les conséquences de la mise en œuvre d'un système combiné de satellites en orbites polaire et géostationnaire	⊗	X	X		⊗	
16. L'effet sur la conception et le fonctionnement des RLS par satellite de l'adjonction d'un dispositif de radioralliment			X	X		X
17. L'adjonction de facilités de réception, de traitement et de gestion des messages de RLS par satellite à 1,6 GHz dans les stations côtières terriennes et les coûts que cela entraînerait		X	X	X		
18. L'effet sur la fiabilité du système de l'extension du système RLS par satellite à des utilisateurs autres que des navires qui appliquent la convention de l'OMI	X	X	X	X	X	
19. Le nombre de stations côtières terriennes à équiper d'un récepteur-processeur dans chaque région océanique		⊗	X	X		
20. Moyens d'obtenir la mise à jour de la position dans un système de RLS par satellite géostationnaires	⊗		X		X	
21. Les moyens de réduire au minimum les effets du brouillage potentiel	⊗		X	X	X	