

RAPORT 1036-1*

FREQUENCES POUR LE RALLIEMENT DANS LE SYSTEME MONDIAL
DE DETRESSE ET DE SECURITE EN MER (SMDSM)

(Question 45/8)

(1986-1990)

1. Introduction

1.1 Les Règles III/6.2.2 et IV/7.1.3 des Amendements de 1988 à la Convention SOLAS de 1974 exigent la présence à bord de répondeurs radar de recherche et de sauvetage (SART) fonctionnant dans la bande des 9 GHz pour repérer le navire lorsqu'il est en détresse ou repérer ses embarcations ou radeaux de sauvetage après l'abandon du navire et la Règle IV/7.1.6 exige la présence d'une RLS par satellite pour donner l'alerte de détresse et indiquer la position.

1.2 Ces prescriptions supposent que, dans le cadre des satellites du système COSPAS-SARSAT, les RLS donneront la position du navire en détresse ou de ses embarcations ou radeaux de sauvetage à 10 milles marins près, aux fins des opérations de recherche et de sauvetage. Dès que leur radar déclenchera le répondeur radar, un navire ou un aéronef qui recherche le navire ou ses embarcations ou radeaux de sauvetage les localiseront avec précision.

1.3 Nonobstant les prescriptions des Amendements SOLAS de 1988, la Résolution A.616(15) de l'OMI intitulée: "Radioralliement dans le cadre de la recherche et du sauvetage", recommande aux Gouvernements Membres de l'OMI:

- a) d'examiner la nécessité et, le cas échéant, d'équiper les unités de sauvetage relevant de leur juridiction de dispositifs de radioralliement ou de radiogoniométrie pouvant fonctionner en modulation de fréquence, sur les fréquences appropriées de la bande des ondes métriques énumérées à l'Appendice 18 du Règlement des radiocommunications, et en modulation d'amplitude, sur la fréquence 121,5 MHz de la bande des ondes métriques;
- b) d'examiner la nécessité et, le cas échéant, d'équiper les aéronefs SAR qui relèvent de leur juridiction de dispositifs leur permettant de procéder au radioralliement sur les RLS à satellite émettant dans la bande des 406 MHz.

1.4 Les Actes finals de la CAMR MOB-83 recommandent que des études soient entreprises au sujet de la possibilité d'utiliser des répondeurs radar pour le radioralliement et ils indiquent les fréquences attribuées à la détresse et à la sécurité. Celles-ci comprennent, dans la bande des ondes hectométriques, la fréquence 2182 kHz, dans la bande des ondes métriques, des fréquences d'environ 121, 156 et 243 MHz et, dans d'autres bandes, les fréquences 406 et 1645 MHz.

* Le Directeur du CCIR est prié de porter ce Rapport à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI) et de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

1.5 Les fréquences énumérées au § 1.4 ont toutes libres et disponibles pour la fonction de ralliement du SMDSM, et plusieurs administrations ont évalué certaines d'entre elles pour cette application. On trouvera ci-après le résumé de ces essais ainsi que des considérations sur le choix des fréquences de ralliement pour compléter les spécifications de base de l'OMI.

2. Considérations relatives au choix des fréquences pour le radioralliement

2.1 Facteurs techniques

2.1.1 Emetteur

- Puissance d'émission.
- Facteur d'utilisation/durée de vie de la batterie.
- Caractéristiques et emplacement de l'antenne.
- Caractéristiques de modulation et polarisation.
- Environnement.

2.1.2 Récepteur

- Facteur de bruit.
- Caractéristiques et emplacement de l'antenne.
- Brouillage radioélectrique et brouillage dû au bruit.
- Largeur de bande.

2.1.3 Trajet de transmission

- Effets de la propagation.

2.2 Généralités

- Compatibilité avec les appareils actuels et à venir.
- Fiabilité.
- Coût.
- Compatibilité avec d'autres fonctions du FSMDSM.
- Technologie disponible et future.

2.3 Chacun de ces facteurs est traité dans l'Annexe I.

3. Essais effectués par les administrations

3.1 République fédérale d'Allemagne

La République fédérale d'Allemagne a effectué plusieurs essais à bord de navires et d'un aéronef, ainsi qu'avec le réseau de radiogoniométrie terrestre en utilisant une première fréquence proche de 2182 kHz, une deuxième proche de 121,5 MHz et une troisième aux environs de 243 MHz. Les résultats sont consignés dans l'Annexe II. Ces données répondent également en partie à la Question 31/8.

3.2 Royaume-Uni

On a examiné l'emploi des fréquences 121,5, 243, 406 MHz et 9 GHz afin de déterminer leur aptitude à remplir les conditions posées par l'OMI pour une distance de ralliement de 10 milles marins au minimum. Il convient cependant de noter que la fréquence 121,5 MHz est, selon le Règlement des radiocommunications, désignée comme fréquence d'urgence aéronautique.

Des essais de transmissions en mer sur les fréquences citées ci-dessus ont donné des résultats qui font douter de la validité des courbes de prévisions du CCIR (voir le Deuxième atlas, Atlas des courbes de propagation de l'onde de sol pour les fréquences comprises entre 30 et 10 000 MHz, 1959) lorsque l'on considère une RLS dont l'antenne est très près de la surface de la mer. La portée maximale du signal audible reçu dépasse ce que donnent les prévisions de l'Atlas du CCIR car, dans les conditions des essais, le module du coefficient de réflexion du rayon réfléchi

était inférieur à 1 et par conséquent l'annulation par trajets multiples avait une limite finie. Cette hypothèse n'a pas été vérifiée au moyen de mesures directes du niveau du signal mais confirmée par un réexamen de la théorie à la lumière des coefficients de réflexions révisés publiés [Skolnik, 1962] qui suggère des distances bien plus proches de celles qu'on a obtenues au cours des essais.

On a donc constaté une extension de la distance utile au-delà de l'horizon radioélectrique couramment admis en ondes m et dm dans le cas de la réception d'émissions sur ces fréquences en provenance de radiobalises de détresse à antennes au ras de la surface de l'eau, c'est-à-dire flottantes ou à bord d'embarcations de sauvetage.

Un système de ralliement qui utilisait les appareils qui avaient servi aux essais de propagation a été conçu, construit et mis en oeuvre dans un navire et sur un hélicoptère. Les distances de ralliement obtenues confirment les résultats des expériences de propagation. On trouvera de plus amples détails sur les résultats de ces essais en Annexe III.

La faisabilité de l'extension à l'intervalle 9,2 - 9,55 GHz de la bande de fréquences employée par les répondeurs de recherche et sauvetage (SART) a été prouvée avec succès, ce qui les rend compatibles avec un plus grand nombre de radars SAR côtiers ou aéroportés. Au Royaume-Uni, les radars SAR aéroportés fonctionnent au-dessus de 9,5 GHz. Par conséquent, l'extension de la couverture de fréquence jusqu'à 9,55 GHz est jugée indispensable. On trouvera de plus amples détails sur les résultats de ces essais dans l'Annexe III.

3.3 Japon

Le Japon a procédé à des essais en mer sur un nouveau répondeur radar utilisé à bord d'embarcations (SART), fonctionnant dans la bande des 9 GHz. Le SART est conçu pour faciliter les opérations de recherche et de sauvetage en mer. Les résultats des essais sont indiqués dans l'Annexe IV et figurent en détail dans le Rapport 775.

3.4 URSS

L'URSS a procédé à des essais en mer sur un répondeur radar fonctionnant sur 9 GHz incorporé dans une radiobalise du système COSPAS.

Les résultats de ces essais figurent dans l'Annexe V.

3.5 Etats-Unis d'Amérique

3.5.1 Essais

Aux Etats-Unis d'Amérique, on a testé le fonctionnement d'une RLS flottante fonctionnant sur 156 MHz et d'un répondeur de recherche et de sauvetage (SART: Search and Rescue Transponder) fonctionnant sur 9 GHz. La portée de détection du SART a été mesurée avec des radars de navire et des radars d'aéronef. Les résultats de ces essais sont donnés dans l'Annexe VI.

3.5.2 Conclusions

Pendant ces essais, une étude des fréquences de fonctionnement des radars utilisés par les aéronefs de recherche et de sauvetage en mer aux Etats-Unis d'Amérique a été effectuée: on a constaté que la plupart fonctionnaient sur des fréquences centrales proches de 9250, 9345 ou 9375 MHz. Etant donné que le SART ne fonctionnait que dans la bande 9300-9500 MHz, un grand nombre de radars n'auraient pu détecter une réponse envoyée par le SART.

Les résultats ont également montré que la portée de détection du SART par les aéronefs n'excède jamais 20 milles marins. Une analyse a montré qu'une augmentation de la sensibilité du récepteur du SART permettrait d'améliorer considérablement la portée de détection sans affecter grandement la conception du SART.

3.6 Canada

Des essais ont été effectués au Canada pour déterminer si un aéronef peut effectuer le ralliement sur l'émission de RLS fonctionnant dans la bande des 406 MHz, conformément aux caractéristiques recommandées par le CCIR. Les résultats de ces essais sont donnés dans l'Annexe VII.

3.7 France

La France a mené des essais en mer en utilisant un matériel de radioralliement nouveau, spécialement conçu pour les radiobalises de localisation des sinistres fonctionnant dans le système COSPAS-SARSAT à 406 MHz suivant les caractéristiques recommandées par le CCIR (Recommandation 633). Ces caractéristiques et notamment l'identification contenue dans le message permettent à l'équipement de radioralliement d'assurer différents modes de fonctionnement : sur une radiobalise déterminée, ou sur le signal le plus puissant.

Le matériel de radioralliement utilisé dans cette expérience comprend une mallette portable (10 kg), et une antenne à balayage électronique assurant une couverture en azimuth de 360° pouvant être fixée facilement sur un navire ou un hélicoptère (40cm x 40cm).

Avec une antenne placée à 4 mètres au-dessus de la surface de la mer, on a obtenu une portée de 4,5 milles au cours des essais. Les conditions de l'essai et les résultats figurent à l'annexe VIII.

4. Résumé

4.1 Le texte ci-dessous est un résumé des travaux présentés.

4.1.1 On peut augmenter les distances de ralliement en plaçant les antennes des navires aussi haut que possible. Plus la fréquence est élevée, plus l'antenne est petite, et plus les dispositions à prendre pour compenser un relèvement radiogoniométrique sont complexes.

4.1.2 Etant donné que l'utilisation de la fréquence 406 MHz permettrait d'utiliser la même émission pour l'alarme et pour le ralliement, et que l'utilisation de la bande des 9 GHz permettrait, dans la plupart des cas, d'utiliser l'équipement radar de navigation à bord des navires et des aéronefs pour le ralliement, il apparaît que le choix de l'une de ces fréquences ou des deux pourrait être la solution la plus rentable.

4.1.3 A toutes les fréquences utilisées au cours des essais de l'Annexe III, compte tenu de la distance de 10 milles marins spécifiée par l'OMI, on a noté:

- que, dans le cas du repérage d'un navire par un autre navire, ladite spécification peut être satisfaite;
- que, dans le cas du repérage d'un engin de sauvetage par un navire, ladite spécification peut être satisfaite, avec quelques réserves en ce qui concerne le cas d'une mer démontée;
- que, dans le cas du repérage par un navire d'une radiobalise de localisation et sauvetage située au niveau de la mer, ladite spécification ne sera pas remplie sans optimisation de la conception et de la hauteur de l'antenne de la radiobalise et de celle du navire, et aussi, dans le cas de quelques fréquences, sans optimisation du récepteur de la radiobalise et de celui du navire.

4.1.4 Les essais à 2182 kHz effectués en mer du Nord ont indiqué que, dans les trois cas énumérés au § 4.1.3, la spécification de l'OMI serait satisfaite dans les zones géographiques où les niveaux de bruit sont analogues à ceux de la zone de la mer du Nord.

4.2 2182 kHz

4.2.1 Une RLS ayant une p.i.r.e. de 4 mW a été testée en mer du Nord. Les résultats sont reproduits à l'Annexe II.

4.3 121,5 et 243 MHz

Pour satisfaire aux spécifications en ce qui concerne le repérage des navires à partir de la terre, il y aurait lieu d'examiner les éléments de conception des systèmes ci-après, en ce qui concerne les matériels construits selon les normes actuelles:

4.3.1 Radiobalises de localisation des sinistres en mer

- Augmentation de la puissance d'émission au-delà de 250 mW p.a.r. Toutefois, un tel accroissement de puissance à la fréquence 121,5 MHz augmenterait les risques de dégradation pour le service de secours aéronautique.
- Augmentation de la hauteur de l'antenne de la radiobalise et révision de la conception de l'antenne.

4.3.2 Navires

- Conception d'un réseau d'antennes de navire à effet directif, installé aussi haut que possible.
- Traitement du signal dans le récepteur de navire pour tirer le maximum d'avantages du format de l'émission provenant de la radiobalise. Il n'existe actuellement pour les navires aucune obligation d'être munis d'appareils pour la réception ou le ralliement sur les émissions provenant de radiobalises à 121,5 ou 243 MHz.

4.4 156,8 MHz

4.4.1 Les caractéristiques techniques et les paramètres de conception d'une RLS à 156 MHz sont les mêmes qu'à 121,5 et 243 MHz.

4.4.2 En ce qui concerne le système à bord des navires, il n'existe actuellement pas de spécifications pour une antenne ou un récepteur optimisé pour le ralliement dans la bande 156 MHz.

4.5 406 MHz

4.5.1 Radioralliement par aéronef

L'émission de RLS fonctionnant dans un système à satellites sur orbite polaire basse, conformément aux caractéristiques indiquées dans la Recommandation 633, consiste en une impulsion de 5 W en crête, d'une durée de 440 ms et émise toutes les 50 s. Bien que l'intervalle de 50 s risque de ne pas être compatible avec tous les types d'équipements radiogoniométriques, on a pu déterminer que de légères modifications permettraient à certains types d'équipements de fournir une information de radioralliement.

4.5.2 Une durée d'impulsion de 440 ms convient au moins à certains types d'équipements conçus pour fournir à l'opérateur une information de radioralliement.

4.5.3 On ne doit pas écarter la possibilité d'utiliser l'effet Doppler pour la recherche d'un aéronef. Le décalage est d'environ 300 Hz dans le cas d'un avion volant à une vitesse normale. Des études portant sur l'utilisation de ce décalage sont en cours.

4.5.4 Radioralliement par navire

L'antenne de la radiobalise d'essai avait été conçue à l'origine pour le radioralliement par satellite et non pas pour les communications au niveau de la mer. Ce défaut sera corrigé grâce à de légers remaniements dans la conception de l'antenne.

Les équipements de radiogoniométrie pour la fréquence 406 MHz installés à bord des navires seraient différents de ceux utilisés actuellement. La gamme de fréquences des équipements actuels ne couvre pas la bande des 406 MHz, et le ralliement automatique qui serait nécessaire devrait tenir compte du protocole de transmission par salves du signal utilisé par les RLS du système COSPAS/SARSAT. Au cas où le ralliement à 406 MHz serait nécessaire, il faudrait installer à bord des navires des équipements de radiogoniométrie à 406 MHz, conformes à la Convention de 1974 pour la sécurité de la vie humaine en mer.

4.5.5 Afin de satisfaire aux spécifications du SMDSM en ce qui concerne la distance de 10 milles marins, il serait nécessaire d'examiner les facteurs ci-après.



Radiobalise COSPAS/SARSAT

- Remaniements mineurs de l'antenne.

Système de navire

- Conception d'un réseau d'antenne optimisé à 406 MHz et, à effet directif, installé aussi haut que possible.
- Conception d'un récepteur optimisé pour le format d'émission du COSPAS/SARSAT.

Il n'existe aucune spécification pour les navires équipés pour la réception dans la bande des 406 MHz.

4.6 9 GHz

4.6.1 Repérage *par aéronef*

Selon des calculs détaillés, un radar avec antenne classique et une p.a.r. de 1 kW, installé à bord d'un aéronef volant à 18 000 m environ (~ 60 000 pieds) d'altitude, conviendrait pour exciter une radiobalise dont le facteur de bruit est 30 dB et dont l'antenne est une simple antenne demi-onde, à une distance de 300 milles marins. Si l'aéronef volait à une altitude de 4500 m environ (~ 15 000 pieds), la distance serait de 150 milles marins.

4.6.2 Repérage *par navire*

Pour atteindre des distances convenables pour un état de la mer moyen, il est nécessaire d'examiner divers paramètres de systèmes pour les répondeurs SAR:

- la hauteur maximale pratique de l'antenne permettant de réduire l'occultation par les vagues;
- une augmentation de la sensibilité du récepteur pour assurer la fiabilité des interrogations à la distance nécessaire pour un état de la mer mauvais.

L'avantage principal de la bande des 9 GHz est qu'il existe une demande pour l'installation de radars à bord de bateaux de transport de passagers et de bateaux de transport de marchandises de 300 tonneaux de jauge brute et plus et que plus de 90% des radars de marine fonctionnent dans ladite bande. Un autre avantage: le système serait en mesure de fournir des renseignements sur la distance et d'indiquer le relèvement sur lequel l'émission est reçue. Les caractéristiques du radar de navire, y compris la hauteur de l'antenne, conviennent parfaitement pour l'interrogation d'un répondeur SAR. De plus, aucune modification dans la conception du radar ne serait nécessaire, à l'exception peut-être des radars qui comportent un traitement du signal dans le récepteur, ce qui pourrait déformer ou éliminer le code du répondeur SAR.

Dans les cas de détresse lorsque le repérage d'un navire par un autre navire est faisable, le répondeur SAR serait en mesure de fournir une identification positive et satisferait clairement à la spécification des 10 milles marins exigés concernant la distance étant donné que l'on disposerait de la hauteur voulue pour placer le répondeur.

Dans les cas de détresse lorsque le repérage d'un canot de sauvetage, d'un radeau, etc., est possible, le répondeur SAR fournirait le renforcement de l'écho radar et l'identification de la cible. La hauteur du répondeur peut être suffisante pour satisfaire à la spécification de l'OMI.

4.6.3 *Caractéristiques techniques des SART*

Un exemple d'études concernant les caractéristiques techniques des répondeurs radar SART à 9 GHz utilisés pour le repérage dans le SMDSM se trouve dans l'Annexe IV.

4.6.4 Critères de détection

Lorsque l'on envisage l'utilisation de répondeurs fonctionnant dans la bande des 9 GHz pour le repérage, le critère normal de détectabilité utilisé dans les opérations radar (c'est-à-dire le rapport top d'écho/balayage atteint à une portée donnée) n'est pas applicable.

Aux stades initiaux d'une recherche par des navires, lorsque le répondeur est à une distance relativement grande, la réception satisfaisante d'une émission de localisation environ par minute, peut suffire pour indiquer un cap au navire de recherche. Lorsque la distance diminue, la fréquence de réception du signal de repérage augmente.

Cette question nécessite un complément d'étude afin que des critères de détection puissent être mis au point à la fois pour les navires et pour les aéronefs.

5. Etudes techniques

Pour définir les caractéristiques techniques des systèmes de ralliement, et pour tenir compte des 10 milles marins exigés, les études suivantes sont nécessaires.

- 5.1 Examen de l'utilisation de l'effet Doppler pour les radiobalises COSPAS/SARSAT fonctionnant dans la bande 406 MHz pour la recherche d'aéronefs.
- 5.2 Etablissement des critères de détection pour les navires et aéronefs lors du ralliement au moyen de répondeurs SAR fonctionnant à 9 GHz.
- 5.3 Complément d'étude des caractéristiques, y compris l'emplacement des antennes, d'un système de réception de navire utilisé pour le ralliement à 406 MHz.
- 5.4 Complément d'étude des caractéristiques des répondeurs SAR fonctionnant à 9 GHz. (Voir également la Recommandation 628.)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

SKOLNIK, M. I., [1962] Introduction to Radar Systems. McGraw-Hill Book Company.

ANNEXE I

EXAMEN DES FACTEURS PRINCIPAUX DANS LE CHOIX DE LA FRÉQUENCE

1. Emetteur

- 1.1 Les caractéristiques de l'émission en fonction de la puissance, du facteur d'utilisation, du gain et de la directivité de l'antenne sont toutes liées. Dans le cas de RLS en mer ou d'un engin de sauvetage, la durée de vie de la batterie est un facteur important.
- 1.2 Les gammes de facteurs d'utilisation acceptables sont évidemment différentes selon qu'il s'agisse de la recherche d'un aéronef ou d'un navire, indépendamment de la longévité de la batterie.
- 1.3 Le gain et la directivité de l'antenne sont inséparables. Une valeur acceptable de directivité est très différente s'il s'agit de la recherche d'un avion ou de la recherche d'un navire.
- 1.4 La dimension de l'antenne d'une RLS (qui peut influencer sur son efficacité) est limitée du fait que cette antenne doit être autoportée et en même temps ne pas déstabiliser la balise en mer. De plus, la dimension physique et la structure de l'antenne ne doivent être exposées à quelque dommage que ce soit aussi longtemps que la balise n'est pas en fonctionnement. Plus la fréquence est basse, plus grande est la perte de rendement pour les configurations d'antennes utilisées dans ce cas.
- 1.5 Dans le cas d'une RLS qui est exposée à de fortes houles et dont la durée de vie de la batterie est limitée (voir la note), le facteur d'utilisation dépend avant tout de la puissance en crête de l'émission.
Note. — Les spécifications actuelles de l'OMI, telles qu'elles figurent dans les Amendements de 1983 à la Convention SOLAS de 1974, indiquent que les RLS des engins de sauvetage doivent tirer leur énergie d'une batterie faisant partie intégrante du dispositif et ayant une capacité suffisante pour faire fonctionner l'appareil pendant une période de 48 h.
- 1.6 Le choix de la modulation de l'émission et la polarisation, de même que les bruits et le rendement de trajet de transmission vers le récepteur (notamment dans le cas de la recherche d'un navire lorsque le trajet de transmission est très près de la surface de la mer), se répercuteront sur les caractéristiques du récepteur.

1.7 L'environnement, notamment dans le cas d'une RLS, est un facteur très important. L'état de la mer, généralement très mauvais dans les situations de détresse, aura de sérieuses répercussions sur la stabilité hydrodynamique du système, lequel est, à son tour, influencé par l'emplacement, la structure et les dimensions de l'antenne, ces dernières étant fonction de la fréquence.

2. Récepteur

2.1 Les sources de bruit sont diverses et proviennent de causes artificielles et de causes naturelles, elles proviennent aussi de la température de bruit de l'antenne et des composants utilisés dans le récepteur. Elles sont fonction de la fréquence et sont nettement différentes selon que le ralliement concerne un navire ou un aéronef. Tous ces effets peuvent être quantifiés avec une précision raisonnable.

2.2 Le facteur le plus important – et probablement celui qui, optimisé, permet de réaliser le plus grand gain en distance de ralliement – est l'ouverture de l'antenne de réception. Ce facteur englobe toutes les caractéristiques de l'antenne et, dans le cas d'un navire, il est influencé par la hauteur au-dessus du niveau de la mer. Le meilleur emplacement d'une antenne à bord d'un navire sera toujours l'objet de discussions. En ce qui concerne le radioralliement, les dimensions du système d'antenne se réduiront à mesure que la fréquence augmentera, mais la compensation des relèvements radiogoniométriques deviendra plus complexe. La compatibilité de la fréquence de ralliement avec celles qui sont déjà utilisées pour d'autres fonctions à bord d'un navire ou d'un aéronef et qui permettrait un fonctionnement avec antenne commune, mériterait grandement d'être prise en considération.

2.3 Il se peut que la largeur de bande du récepteur influence le choix de la fréquence pour autant qu'il s'agisse d'une variable qui pourrait être avantageusement utilisée, notamment dans le cas où l'équipement du navire n'est pas encore monté.

3. Trajet de transmission

Il est évident que, pour obtenir les portées exigées, l'intensité du signal capté par l'antenne de réception doit être celle qui convient. Dans le cas du ralliement par un navire, le trajet de transmission est très près de la surface de la mer, ce qui provoque des affaiblissements de la propagation qui sont d'autant plus prononcés que la fréquence est plus élevée. Les affaiblissements sont une combinaison d'annulation entre rayons directs et rayons réfléchis et l'absorption causée par les vagues. L'ensemble des affaiblissements est difficile à quantifier, étant donné que la nature de la surface de la mer dépend du temps. Les affaiblissements dépendent avant tout de la fréquence, car ils sont fonction de la diffusion à la surface, laquelle est liée à l'irrégularité de celle-ci en fonction de la longueur de l'onde émise.

4. Généralités

4.1 Le choix de la fréquence ne peut pas se faire sans tenir compte de l'équipement qui a déjà été installé ou dont l'installation a déjà été prévue. Cette condition concerne les aéronefs, les navires et les engins de sauvetage.

4.2 Le choix définitif devra nécessairement tenir compte de la fiabilité et du coût du système, ainsi que de la technologie disponible.

4.3 La compatibilité et la combinaison de la fréquence pour le ralliement avec celles des autres fonctions du SMDSM et autres fonctions de communication et de navigation des navires et des aéronefs, devront nécessairement être examinées.

ANNEXE II

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX COMMUNIQUÉS PAR LA RÉPUBLIQUE FÉDÉRALE D'ALLEMAGNE

Des essais ont été effectués à bord de deux navires (l'un le 3 août 1982 et l'autre le 7 février 1984) ainsi que sur un aéronef SAR (le 7 février 1984 seulement).

Les résultats expérimentaux recueillis à bord des navires sont indiqués aux Tableaux I et II. Pour des distances inférieures à environ 10 milles marins, aucune importante différence n'a été relevée, entre les deux fréquences, du point de vue de la qualité, de la stabilité et de l'exactitude. Toutefois, à mesure que les distances dépassaient cette limite, on a observé des différences de qualité toujours plus grandes entre les mesures réalisées sur ces deux fréquences. En ondes hectométriques, il n'a pas été possible d'atteindre la distance finale de ralliement satisfaisant, faute de temps. Néanmoins, une extrapolation du champ indique que l'on peut supposer un champ minimal de $10 \mu\text{V/m}$ à une distance d'environ 35 milles marins. En outre, les résultats d'essais effectués par une station expérimentale mobile ont indiqué que le ralliement en ondes métriques ne sera satisfaisant qu'en dessous de 10 milles marins.

Les résultats expérimentaux recueillis par un aéronef SAR sont récapitulés au Tableau II.

TABLEAU I - Résultats expérimentaux à bord d'un navire - 3 août 1982

Position	Latitude	Champ (dB(μ V/m))		Heure (UTC)	Distance à partir d'une RLS à deux fréquences ⁽¹⁾ en libre flottaison (milles marins)	Remarques sur la qualité de ralliement	
	Longitude	2198,5 kHz	122,95 MHz			2198,5 kHz	122,95 MHz
Position de mouillage	54°08,2' N	34	Non déterminé	1020	0	Satisfaisante	Satisfaisante
	08°42,8' E						
I	54°06,8' N	30	Non déterminé	1044	2,70	Satisfaisante	Satisfaisante
	08°38,9' E						
II	54°06,5' N	26	Non déterminé	1100	5,85	Satisfaisante	Satisfaisante
	08°33,3' E						
III	54°06,4' N	23	Non déterminé	1120	8,90	Satisfaisante	Satisfaisante
	08°28,1' E						
IV	54°06,7' N	20	Non déterminé	1145	12,00	Satisfaisante	Ralliement possible, erreurs importantes
	08°22,8' E						
V	54°06,8' N	18	Non déterminé	1200	15,05	Satisfaisante	Ralliement impossible
	08°17,8' E						
VI	54°07,4' N	14	Non déterminé	1250	19,76	Satisfaisante	Aucun signal
	08°09,2' E						

⁽¹⁾ Caractéristiques techniques analogues à celles applicables aux fréquences 2198,5 kHz et 122,95 MHz de la RLS à trois fréquences en libre flottaison décrites dans le Tableau II.

TABLEAU II – Comparaison des distances de détection et de raliement pour différentes fréquences – 7 février 1984

Equipement	Fréquence	p.i.r.e. (mW)	Distance maximale de détection (aéronef SAR)		Distance maximale de raliement (navire)	
			Distance (milles marins)	Champ ($\mu\text{V}/\text{m}$)	Distance (milles marins)	Champ ($\mu\text{V}/\text{m}$)
RLS de trois fréquences, en libre flottaison	245,80 MHz	100	62	Non mesuré dans l'aéronef ~ 1-2	5,3	4
	122,95 MHz	100	53		6,0	1
	2198,5 kHz	1	130		6,0 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
Emetteur (prototype d'engin de sauvetage)	2198,5 kHz	2,3	180	~ 1-2	6,12 ⁽¹⁾	28,2 ⁽¹⁾
RLS manuelle d'engin de sauvetage	245,80 MHz 122,90 MHz 2198,5 kHz	800 800 5000	Aucun résultat. Une brève période de transmission seulement due à des brouillages inacceptables causés par cet équipement sur la fréquence 2182 kHz			
Répondeur de radar de sauvetage	Bande des 9 GHz	400	Non détectée par l'aéronef		1,5 (à 50% du taux de détection)	<i>Hauteur de l'antenne (m)</i> Navire: 15,0 Répondeur: 1,20

⁽¹⁾ On a effectué des mesures à 2198,5 kHz au-delà des distances maximales de détection des fréquences en ondes métriques/décamétriques. Selon des mesures antérieures effectuées à 2198,5 kHz, on suppose une distance de raliement ($2,5 \mu\text{V}/\text{m}$) de 40 milles marins pour la RLS de trois fréquences, en libre flottaison et de 60 milles marins pour l'émetteur d'engin de sauvetage (prototype).

ANNEXE III

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX COMMUNIQUÉS PAR LE ROYAUME-UNI

1. Essais à 121,5 et 243 MHz

La conception des radiobalises de localisation des sinistres (RLS) et des émetteurs de localisation d'urgence (ELT), en particulier en fonction de la puissance et du diagramme de rayonnement de l'antenne, a été optimisée pour la recherche des aéronefs. Des essais ont été conduits à 121,5 et 243 MHz avec une radiobalise dont la puissance apparente rayonnée est 250 mW et dont l'antenne est au minimum de hauteur. Ces essais ont permis d'atteindre des distances fiables depuis la terre vers des navires, d'environ 2 à 4 milles marins. De nouveaux essais à 243 MHz ont été conduits avec la radiobalise de 250 mW et une antenne dipôle à manchon coaxial, montée avec son centre à 0,6 m au-dessus de la surface de la mer. Ces essais ont permis d'atteindre une distance fiable de 12 milles marins lorsqu'une antenne Yagi à 8 éléments, située à 10 m de haut, fut utilisée pour la réception des signaux.

2. Essais à 156 MHz

Aucun essai spécifique n'a été entrepris, mais on est en droit de s'attendre à des résultats semblables à ceux qui ont été obtenus à 121 et 243 MHz.

3. Essais à 406 MHz

On utilisait le format d'émission des radiobalises spécifié pour celles de COSPAS/SARSAT, c'est-à-dire des impulsions de 0,5 s répétées toutes les 50 s. Au cours de tous les essais la p.i.r.e. des balises était de 5 watts.

On a effectué les essais de propagation d'une RLS en mer au moyen d'un récepteur de marine en ondes dm à bord d'un navire, avec une antenne yagi à 8 éléments, à 10 dB de gain et montée à une hauteur de 10 m. En prenant comme critère le niveau du signal d'une RLS à 10 dB au-dessus du seuil audible, on a obtenu des portées maximales reproductibles d'environ 15 milles marins.

On avait mis au point un système de ralliement directionnel au moyen de deux antennes yagi voisines, comme celles qu'on utilisait lors des expériences de propagation, faisant entre elles un angle de 45° en azimut et qui alimentaient un récepteur en ondes dm muni de circuits supplémentaires pour passer d'une antenne à l'autre et comparer les signaux reçus. Le montage permettait aussi de mesurer le niveau du signal et la direction pendant les impulsions de 0,5 s et de stocker et de faire apparaître ces quantités sur des appareils de mesure pendant l'intervalle entre impulsions.

Les essais statiques du système de ralliement ont indiqué que l'ouverture de ralliement sans ambiguïté était d'environ $\pm 90^\circ$ de part et d'autre de l'axe. La courbe de la différence en dB du niveau de signal des deux antennes yagi en fonction du décalage du signal en direction était raisonnablement uniforme à environ $\pm 30^\circ$ de part et d'autre de l'axe avec une précision calibrée de $\pm 2^\circ$.

Le système de ralliement était monté sur un petit navire avec antenne directionnelle à une hauteur de 10 m. Il s'est confirmé comme prévu, à la suite des essais de propagation, que la distance de ralliement maximale reproductible était de 15 milles marins; le ralliement à environ 7 noeuds ne présentait pas de difficulté jusqu'à la limite de visibilité, en dépit d'un courant transversal de 4 noeuds. On savait qu'on approchait de très près la RLS lorsque le signal croissait brusquement.

Le système de ralliement était aussi installé à bord d'un hélicoptère; pour des raisons mécaniques les antennes yagi se trouvaient séparées chacune d'un côté de l'appareil. Etant donné que pour le ralliement d'aéronefs la précision de la direction est plus critique, car la distance couverte entre les mesures est plus grande, le système était soigneusement recalibré. En gros les caractéristiques du système étaient les mêmes qu'auparavant.

Les essais ont été effectués au-dessus de la terre, pour les faciliter; on disposait les RLS et on mesurait la qualité. On estimait que les conditions de propagation donneraient des résultats pessimistes par rapport à ceux qu'on obtiendrait au-dessus de la mer.

La distance maximale de ralliement augmentait avec l'altitude de l'hélicoptère; elle atteignait environ 30 milles marins à une altitude de recherche normale de 1 000 pieds.

L'hélicoptère évoluait selon les instructions verbales données par le responsable des essais. La poursuite était manuelle et ne corrigeait pas le cap de l'hélicoptère en fonction du vent de travers.

On a effectué des passages de ralliement à diverses altitudes, jusqu'à 1 000 pieds pour des vitesses inférieures à 100 noeuds et pour des vents variables. Le vent de travers posait des problèmes pour la poursuite mais pour évaluer son influence on n'a guère essayé d'optimiser les directions d'approche. On est parfois passé à quelque distance de la cible, généralement au cours des essais à basse altitude, mais chaque fois il y avait au moins un passage à 200 m au plus d'une RLS. Le Tableau III présente les résultats des essais, au nombre de 4; chaque fois on faisait à une vitesse de 70 noeuds, par rapport à l'air, trois passages dans la zone visée en commençant à une distance de quelque 10 km et avec des caps choisis pour former des triangles d'erreur avec des angles voisins de 60°.

TABLEAU III

N° de l'essai	Hauteur en pieds	Distance de la cible (km)			Erreur de localisation* (km)
		Passage 1	Passage 2	Passage 3	
1	200	0,15	0,15	0,45	0,33
2	200	0,25	1,30	0,00	1,35
3	500/800	0,60	0,55	0,20	0,75
4	500/800	0,75	0,60	0,20	0,75

* L'"erreur de localisation" est la distance de l'emplacement vrai au centre de gravité du triangle d'erreur. On observait un vent de 20 noeuds; la vitesse par rapport au sol variait de 50 à 90 noeuds en fonction de l'angle entre le cap de l'hélicoptère et la direction du vent.

4. Essais à 9 GHz

4.1 Des essais ont été effectués sur un SART fonctionnant dans la bande des 9 GHz, ayant une p.i.r.e. de 500 mW et une sensibilité de déclenchement de -46 dBm.

Des répondeurs placés à des hauteurs de 1 m et de 1,6 m en «mode flottant» et de 3,3 m en «mode monté sur pont» ont été utilisés pour représenter des engins de sauvetage de petite et de grande taille ainsi qu'une utilisation sur navire de faible tonnage.

Pour les radars de recherche, on a utilisé des hauteurs de 17 m, 20 m et 25 m. Un radar de 25 kW à faible facteur de bruit (7 dB) équipé d'une antenne d'un gain de +29 dBi sur un mât télescopique réglable a été utilisé.

L'état de la mer était calme la plupart du temps, c'est-à-dire pas moins bon que l'état de la mer 1; il était donc représentatif des conditions de propagation par trajets multiples sur la mer dans le cas le plus défavorable.

On a obtenu des résultats cohérents qui ont permis de définir la notion de SART pour une large gamme de situations de détresse.

En mode flottant, on a obtenu une portée d'environ 7 milles marins pour des SART d'une hauteur de 1,0 m et des antennes de radars de recherche d'une hauteur type, et une portée de 8 milles marins pour un SART d'une hauteur de 1,6 m; en mode de montage sur pont, une portée de 10 milles marins a été obtenue pour une hauteur de 3,3 m.

4.2 La technique de comptage consistait à prendre 50 blocs d'interrogation consécutifs et à compter les retours manquants.

4.3 Les échos de retour renvoyés par le SART n'étaient pas aussi brillants, sur une distance de 12 milles marins, que ceux renvoyés par les navires. Ce phénomène est prévisible: il est dû au fait que le signal balayé en fréquence en provenance du SART passe sur la fréquence du récepteur du radar de recherche pendant un temps plus court que la durée de l'impulsion émise (et donc réfléchi, dans le cas d'un navire).

4.4 Les Tableaux IV, V et VI donnent les résultats de ces essais.

Pour une probabilité de détection de 0,5, les portées de détection et les hauteurs des SART étaient les suivantes:

7-7,6 milles marins hauteur du SART: 1,0 m

8,3-8,8 milles marins hauteur du SART: 1,6 m

environ 11 milles marins hauteur du SART: 3,3 m

Ces portées sont fonction de la hauteur des antennes radar, comprise entre 17 et 25 m.

TABLEAU IV

		SART flottant d'une hauteur de 1,0 m		
Portée (milles marins)		Taux de visualisation en pourcentage pour un radar d'une hauteur de:		
		17 m	20 m	25 m
3		100	100	100
5		80	82	91
7		37	65	75
8,3		Nul	Nul	18

TABLEAU V

		SART flottant d'une hauteur de 1,6 m		
Portée (milles marins)		Taux de visualisation en pourcentage pour un radar d'une hauteur de:		
		17 m	20 m	25 m
5		100	100	100
6		100	100	100
7		100	84	97
8		63	76	86
9		Nul	10	40

TABLEAU VI

		SART embarqué a 3,3 m au-dessus du niveau de la mer		
Portée (milles marins)	Taux de visualisation en pourcentage pour un radar d'une hauteur de:			
	17 m	20 m	25 m	
3	100	100	100	
5	96	98	100	
6	90	88	90	
7,5	80	74	70	
9	88	92	83	
10,5	94	96	91	
11	Nul	Nul	Nul	

4.5 On a montré qu'il était possible d'élargir la bande de 9,2 à 9,55 GHz pour y loger des radars côtiers supplémentaires au bas de la bande et des radars SART d'aéronefs en haut de la bande.

4.5.1 Qualité en exploitation

Le SART d'origine était conçu pour fonctionner dans une plage de fréquence de 200 MHz et avait une période de 5 μ s qui se répétait 20 fois pour arriver à un temps de réponse total de l'ordre de 100 μ s. Pour une plage de fréquence de 350 MHz une période de 8,75 μ s répétée 11 fois donnerait à peu près la même durée de réponse et le même rythme de balayage.

On a procédé à une expérience pour s'assurer que la réponse d'un SART modifié pour couvrir la gamme 9 200 - 9 550 MHz pourrait être aisément identifiée sur un écran radar.

4.5.2 Essais

4.5.2.1 Les objectifs de ces essais étaient les suivants:

- vérifier si l'identification variait substantiellement entre un SART conforme à la Recommandation 628 et un qu'on aurait modifié pour couvrir la gamme de fréquences élargie;
- vérifier si le "retour" rapide des balayages de la bande convenait aux mesures de petites distances.

4.5.2.2 On a effectué les essais avec deux SART, l'un conforme à la Recommandation 628 et l'autre couvrant la bande de fréquences élargie 9 200 - 9 550 MHz et réglé de telle sorte que sa réponse commençât avec un "retour" rapide.

Les caractéristiques de SART étaient les suivantes:

	<u>Rec. 628</u>	<u>Modifié</u>
Période de répétition du balayage	5 μ s	12,5 μ s
Nombre de balayages	20	8 au minimum
Durée active du balayage	4,5 μ s	11,5 μ s
Retour de balayage	0,5 μ s	1,0 μ s
Bande de fréquences balayée	9,3 - 9,5 GHz	9,2 - 9,55 GHz
Vitesse de balayage (actif)	44,4 MHz/ μ s	30,4 MHz/ μ s

4.5.2.3 On a pris des photographies de l'écran radar avec les deux appareils; le Tableau VII résume les résultats. Ils confirment que l'élargissement de la bande balayée ne nuit en rien aux possibilités de détection.

Les essais ont aussi montré que si la région "retour" précède le balayage principal lent du SART, il peut être plus efficacement utilisé pour mesurer de faibles distances. Avec une durée de l'ordre de la microseconde, le "retour" devient nettement visible pour les faibles distances. Comme la vitesse du retour dans la bande balayée est supérieure d'un ordre de grandeur à celle du balayage principal; s'il est immédiatement déclenché par l'impulsion excitatrice du radar, l'erreur de mesure sur la distance sera aussi inférieure d'un ordre de grandeur.

TABEAU VII

	Gamme du SART (nm)	Echelle des distances sur l'écran (nm)	Nombre de balayages sur l'écran	Nombre de balayages visibles	Espacement (nm)
SART normalisé	3,8	12	19	19	0,4
SART modifié	2,0	12	9	9 retour 9 aller	1,0
SART modifié	4,3	12	8	5 retour 8 aller	1,0

4.5.3 Essais effectués avec l'aéronef SAR

Divers essais ont été effectués à l'aide de l'aéronef SAR (Nimrod) doté d'un radar de recherche à 9 GHz, avec des prototypes SART. Comme les résultats de ces essais n'ont pas été concluants, le constructeur du radar a fait une étude pour déterminer s'il était compatible avec la couverture de fréquence du SART ou, dans le cas contraire, s'il pouvait être modifié de manière à satisfaire à la spécification du SART. Les résultats de cette étude ont montré que le radar n'était pas compatible avec la couverture de fréquence du SART et qu'il serait extrêmement coûteux de le modifier. L'étude a confirmé, toutefois, que si la couverture de fréquence du SART était portée à 9 550 MHz, il existerait suffisamment de caractéristiques communes avec les bandes de fréquences en exploitation du radar aéroporté SAR du Royaume-Uni pour que la compatibilité soit assurée.

ANNEXE IV

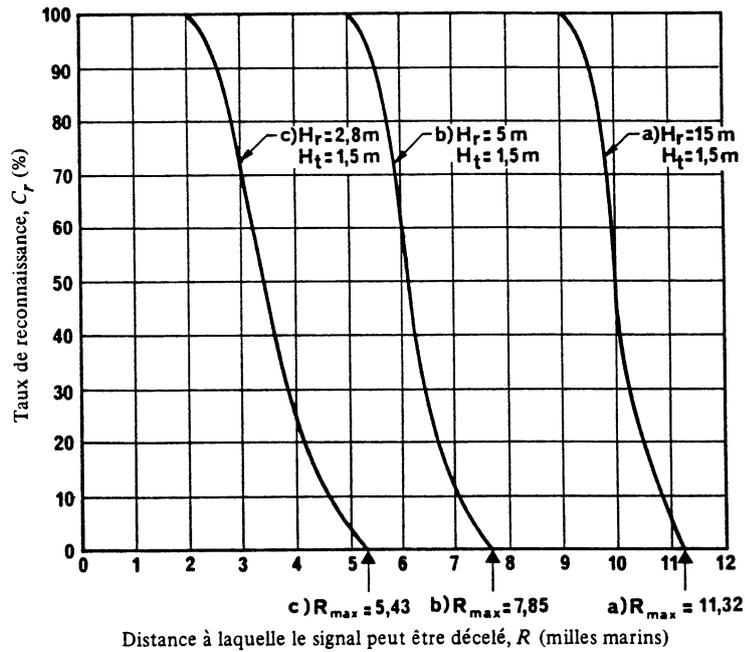
RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX COMMUNIQUÉS PAR LE JAPON

Les résultats des premiers essais en mer sont décrits dans le Rapport 775. Le SART-A, qui a alors fait l'objet d'essais, pourrait faciliter la localisation finale et les activités de sauvetage en tant que système de navigation faisant suite à l'alerte de détresse, à l'identification et à la localisation au moyen de radiobalises par satellite ou d'autres systèmes de radiocommunication.

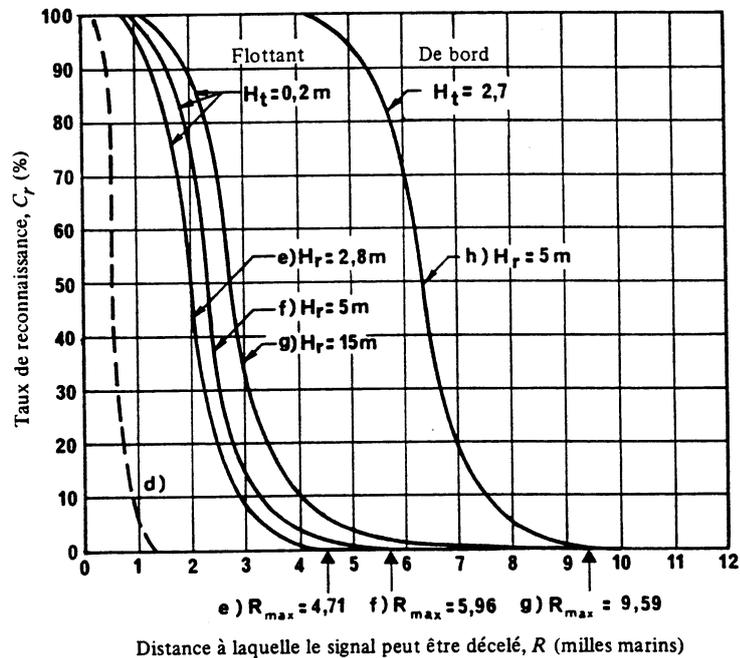
De nouveaux essais ont été effectués avec le dispositif SART-B conçu pour être installé sur le pont extérieur des petites embarcations qui ne sont pas équipées de radeaux de sauvetage, ni de RLS.

La Fig. 1a donne la consistance des caractéristiques de reconnaissance (C_r) en fonction de la distance de recherche (R) pour l'exploitation de bord du SART-B avec une hauteur d'antenne de 1,5 m fonctionnant avec plusieurs radars, l'état de la mer correspondant à un vent de force 1 sur l'échelle Beaufort. La valeur C_r correspond au pourcentage de balayages dans lesquels le code de 20 points apparaît sur l'écran panoramique du radar.

La Fig. 1b donne la consistance des caractéristiques C_r en fonction de la distance de recherche (R) pour l'exploitation flottante de l'équipement SART-B dans les mêmes conditions que pour la Fig. 1a. A une distance comprise entre 2 et 3 milles marins (de 3,7 à 5,5 km environ) les courbes C_r en fonction de R s'infléchissent brusquement, ce qui est dû au brouillage de phase causé par les réflexions du signal de réponse sur la surface de la mer.



a) Courbes C_r en fonction de R pour l'utilisation à bord



b) Courbes C_r en fonction de R pour l'utilisation du répondeur flottant

FIGURE 1 – Résultats de nouveaux essais en mer

H_t : hauteur du répondeur SAR (m)

H_r : hauteur de l'antenne du radar (m)

Hauteur de la vague significative: 0,3-0,5 m

Courbe d): observation visuelle de nuit au moyen de jumelles à une hauteur de 10 m en utilisant un projecteur de radeau de sauvetage avec lampes-repères et ruban réfléchissant.

C_r % signifie, pour le balayage radar, le pourcentage des balayages dans lesquels le symbole à 20 échos apparaît sur l'écran panoramique du radar et, pour l'observation visuelle au moyen de jumelles, le pourcentage d'observateurs qui ont décelé l'embarcation ou le survivant. Etant donné la persistance de l'image radar, le symbole peut être perçu adéquatement même s'il n'apparaît pas à chaque balayage, de sorte que les risques d'erreur d'identification dus à l'éclipse fortuite de l'objet ou à des différences entre les observateurs sont inexistantes. Compte tenu de ces facteurs, une valeur de C_r égale ou supérieure à 10 est considérée comme donnant une garantie suffisante de détection.

On a constaté en outre qu'un radar peut reconnaître séparément 5 équipements SART fonctionnant simultanément, alignés avec le radar et espacés de 0,2 mille marin (370 m).

On a également constaté qu'un équipement SART peut répondre à deux radars proches et opérant simultanément; dans ce cas, les signaux codés qui apparaissent sur les deux écrans panoramiques de radar se transforment en une série de cercles concentriques pour signaler la proximité immédiate de l'embarcation en détresse, comme indiqué dans le Rapport 775.

La Fig. 2 montre les résultats d'une simulation visant à étudier la qualité de fonctionnement qu'on peut obtenir selon l'état de la mer lorsque l'antenne radar du navire est à 15 m en dessus du niveau de la mer (H_r) et que l'antenne du répéteur est à 1,5 m au-dessus du niveau de la mer (H_t).

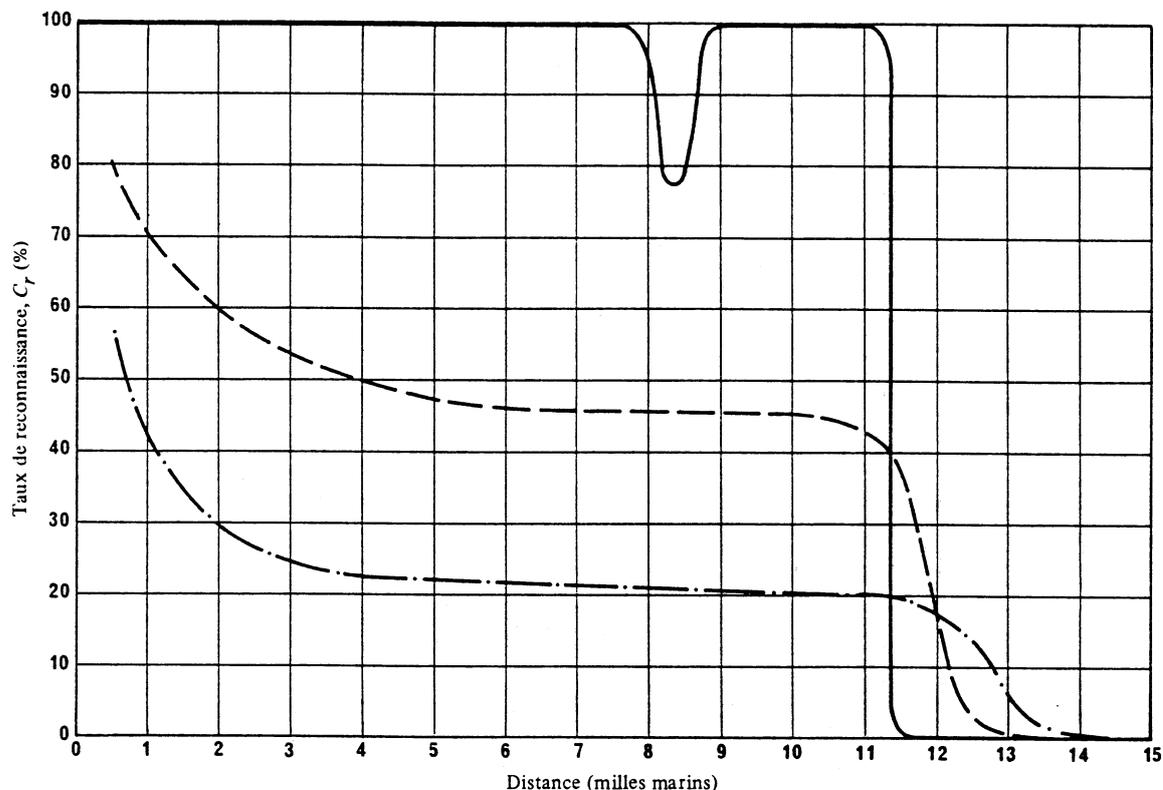


FIGURE 2 - Résultats de simulations: distance de recherche en fonction du taux de reconnaissance

Angle d'incidence, $\chi = 150^\circ$

Relèvement du radeau de sauvetage, $\varphi = 0^\circ$

Hauteur de l'antenne du radar, $H_r = 15,0$ m

Hauteur du répéteur SAR, $H_t = 1,5$ m

- Dégradation due à l'effet de la propagation par trajets multiples sur une mer calme (Beaufort 2: $\cong 0,42$ m (hauteur de la vague significative))
- - - - - Beaufort 6: $\cong 3,9$ m (hauteur de la vague significative)
- . - . - . Beaufort 8: $\cong 7,1$ m (hauteur de la vague significative)

C_r % signifie, pour le balayage radar, le pourcentage des balayages dans lesquels le symbole à 20 échos apparaît sur l'écran panoramique du radar et, pour l'observation visuelle au moyen de jumelles, le pourcentage d'observateurs qui ont décelé l'embarcation ou le survivant. Etant donné la persistance de l'image radar, le symbole peut être perçu adéquatement même s'il n'apparaît pas à chaque balayage, de sorte que les risques d'erreur d'identification dus à l'éclipse fortuite de l'objet ou à des différences entre les observateurs sont inexistantes. Compte tenu de ces facteurs, une valeur de C_r égale ou supérieure à 10 est considérée comme donnant une garantie suffisante de détection.

APPENDICE

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES SART

Les études concernant les caractéristiques techniques du SAR à 9 GHz utilisé pour le radioralliement dans le FSMDSM sont les suivantes:

1. Signal et code

Le signal et le code concernant le SART sont indiqués dans le Rapport 775.

2. Récepteur du SART

La Fig. 3 donne les niveaux de puissance reçus par un radar et par un SART en fonction de leur distance respective (R) calculés en utilisant le § 2 du «Radar Handbook» (McGraw-Hill; 1970) pour une hauteur de vague (h) de 0,3 m.

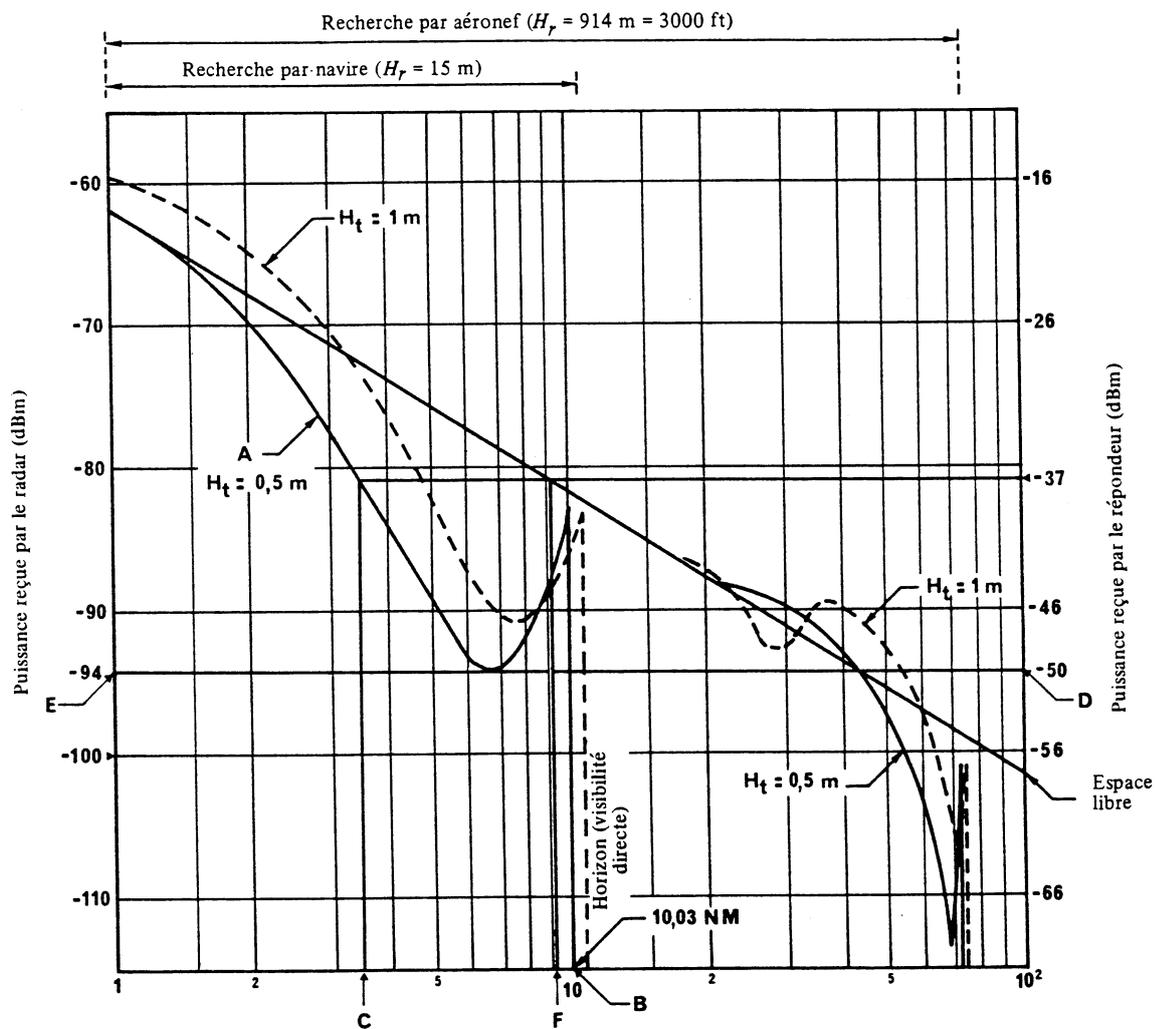


FIGURE 3 – Niveaux de puissance reçus par un radar et par un SART en fonction de leur distance respective R (en milles marins (NM))

Comme le montre la Fig. 3, la portée en visibilité directe dans le cas d'une recherche effectuée à partir d'un navire utilisant un radar type placé à une hauteur de 15 m au-dessus du niveau de la mer, devient égale à 10 milles marins pour un SART dont la hauteur d'antenne au-dessus du niveau de la mer (H_t) est de 0,5 m (point B).

La courbe A de la Fig. 3 concerne le niveau reçu par un SART avec une valeur de $H_r = 0,5$ m. Lorsque la sensibilité de réception équivalente (voir la Note) du SART est de -37 dBm, ainsi que le spécifie la Recommandation 628, le SART ne peut donner de réponse au-delà de 3,6 milles marins pour un radar placé à bord d'un navire ayant une puissance de crête de l'émetteur P_r de 10 kW, un gain d'antenne G_r de 30 dB et une hauteur au-dessus du niveau de la mer H_r de 15 m (point C).

Considérant les conditions ci-dessus et le fait que le SART doit répondre au radar à l'intérieur de la portée nominale en visibilité directe (10 milles marins), il convient de porter, de préférence, la sensibilité de réception équivalente à -50 dBm (point D).

Note. — Par «sensibilité de réception équivalente», on entend la sensibilité du récepteur plus le gain de l'antenne.

3. Emetteurs de SART

Etant donné que le facteur de bruit (FB) du récepteur radar se trouvant à bord du navire est généralement de 10 dB, la sensibilité de réception équivalente est calculée pour être égale à -94 dBm ($T = 27^\circ\text{C}$, $B = 10$ MHz et $G_r = 30$ dB), c'est-à-dire qu'une réponse du SART ayant une p.i.r.e. de 400 mW (valeur moyenne figurant dans la Recommandation 628) peut être reçue à l'intérieur de la portée nominale en visibilité directe (10 milles marins) par le radar, ainsi qu'il est montré à la Fig. 3 (point E).

Par conséquent, quand un SART est interrogé par un radar de navire classique, il apparaît que, pour le SART, une p.i.r.e. de 400 mW et une sensibilité de réception équivalente de -50 dBm, constituent un bon compromis.

4. Recherche effectuée par aéronef

Pour un radar aéroporté ($H_r = 914$ m (3000 pieds), $P_r = 10$ kW et $G_r = 30$ dB), lorsque la sensibilité de réception équivalente du SART est de -37 dBm, le SART ne peut répondre au-delà d'une portée de 9 milles marins (point F de la Fig. 3). Cependant, si la sensibilité de réception équivalente est portée à -50 dBm, une réponse est possible jusqu'à 40 milles marins.

5. Résumé

En considérant le Rapport 775 et les études ci-dessus, les caractéristiques techniques préférées pour un SART utilisé pour le radioralliment dans le SMDSM sont les suivantes:

5.1 Signal et code:

Voir le § 4.3.3.1 du Rapport 775.

5.2 Puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.): 200-800 mW

Cette valeur est considérée comme adaptée pour une recherche effectuée soit à partir d'un navire, soit à partir d'un aéronef.

5.3 Sensibilité de réception équivalente: meilleure que -50 dBm

Cette valeur accroît effectivement la portée discernable du SART pour des radars se trouvant à bord d'un navire ou d'un aéronef.

ANNEXE V

RÉSULTATS D'ESSAIS FOURNIS PAR L'URSS

En novembre 1983, l'URSS a fait des essais en mer sur un répondeur radar incorporé dans une radiobalise du système COSPAS.

Les données techniques du répondeur utilisé pour les essais sont énumérées au Tableau VIII.

TABLEAU VIII

Bande de fréquences (MHz)	9330-9470
Puissance de sortie (mW)	50
Sensibilité du récepteur (dBm)	-38
Temps de commutation de la fréquence du signal de réponse (μs)	10
Durée du signal de réponse (μs)	200
Masse (kg)	0,7

Pour les essais, on a utilisé une station radar de navire de type «Okean» dont les caractéristiques techniques et de fonctionnement satisfont aux spécifications de la Résolution A.477 (XII) de l'OMI du 19 novembre 1981. Les caractéristiques de la station radar sont énumérées au Tableau IX.

TABLEAU IX - *Caractéristiques techniques de la station radar*

Bande de fréquences (MHz)	Puissance de l'émetteur (kW)	Sensibilité du récepteur (dBm)	Bande passante (MHz)
9400-9460	70	-90	12/4 ⁽¹⁾

(¹) La bande passante est modifiée automatiquement lors du changement de l'échelle de portée.

Les essais ont été menés en pleine mer avec une houle correspondant à un état de mer compris entre 1 et 2. Les antennes de la station de radar ont été installées à une hauteur de 21 m au-dessus du niveau de la mer, le répondeur incorporé dans la RLS à satellite étant installé à 0,15 m au-dessus du niveau de la mer. La portée maximale de détection de la RLS à satellite a été déterminée au cours des essais.

La portée maximale de détection du répondeur radar incorporé dans la RLS à satellite du système COSPAS était de 4,1 à 4,5 milles pour une probabilité de détection de 0,5, c'est-à-dire qu'il était possible de détecter au moins cinq signaux sur dix.

ANNEXE VI

RÉSULTATS D'ESSAIS OBTENUS AUX ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE

1. Essais à 156 MHz

Des essais ont été effectués avec une RLS flottante de 8 × 30 cm, pesant 1,25 kg et rayonnant 1 W sur 156,75 MHz (le rayonnement sur 156,8 MHz était supprimé). Il s'agissait d'une RLS du commerce, coûtant approximativement 165 dollars. Au cours des essais, la RLS a été jetée par-dessus bord, dans une mer où les vagues avaient 1 m de haut. On a mesuré la portée du ralliement et la portée de l'alerte vers une embarcation de recherche et de sauvetage; ces portées étaient respectivement de 6,7 et 8,3 milles marins. On a également mesuré la portée de l'alerte vers un récepteur à ondes métriques placé sur la côte, à l'aide d'une antenne montée à 50 m au-dessus du niveau de la mer; cette portée était de 17,5 milles marins.

2. Essais à 9 GHz

Aux Etats-Unis d'Amérique également, on a effectué des essais avec deux petits SART flottants fonctionnant dans la bande des 9 GHz. Sur un de ces répondeurs, l'antenne était placée à 0,2 m environ au-dessus du niveau de la mer, sur l'autre à 1,5 m environ. Pour mesurer la portée de détection en direction du répondeur, on utilisait 5 radars de navigation de navire différents et un radar installé à bord d'un hélicoptère. On trouvera dans le Tableau X les résultats obtenus avec les radars de navire et dans le Tableau XI ceux obtenus avec le radar d'aéronef.

TABLEAU X - *Résultats d'essais avec radar de navire*

Radar	Hauteur de l'antenne radar (m)	Portée de détection du répondeur (milles marins)	
		Antenne d'une hauteur de 0,2 m	Antenne d'une hauteur de 1,5 m
A	10	2,3	5,7
B	4	1,2	3,2
C	15	2,2	5,7
D	15	2,9	7,8
E	10	(Non testé)	6



TABLEAU XI - Résultats d'essais avec radar d'aéronef

Altitude (m)	Portée de détection du répondeur (milles marins)	
	Antenne d'une hauteur de 0,2 m	Antenne d'une hauteur de 1,5 m
150	5,5-6	10
450	10	14-16
900	10	14,5

ANNEXE VII

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX COMMUNIQUÉS PAR LE CANADA*

- Des essais de ralliement sur une RLS fonctionnant à 406 MHz ont été effectués par un aéronef du gouvernement canadien, normalement utilisé pour les opérations de recherche et de sauvetage. Le récepteur avait été légèrement modifié pour pouvoir recevoir sur 406,025 MHz. Le radiogoniomètre, modèle Collins DF 301E, avait été modifié pour que l'aiguille de relèvement garde sa position sur la dernière indication en l'absence d'émission de la RLS. Chaque fois qu'une nouvelle émission de RLS était reçue, l'aiguille de relèvement s'alignait sur la nouvelle direction et l'opérateur pouvait mesurer la différence entre les deux relèvements et ajuster le cap de l'aéronef. Parallèlement à la modification visant à maintenir l'aiguille de relèvement en place, on avait installé un circuit faisant fonctionner un voyant lumineux au début de la réception d'une émission de RLS. Le voyant restait allumé pendant 7 s, indiquant à l'opérateur que l'information de relèvement fournie par l'aiguille venait d'être reçue ou, si le voyant n'était pas allumé, qu'une nouvelle information de relèvement serait reçue prochainement et que la direction de l'aiguille serait confirmée ou modifiée comme il convenait.
- La position exacte de la RLS était déterminée par ralliement sur la radiobalise et, après l'avoir dépassée, en tournant de 90° et en effectuant un deuxième ralliement sur la radiobalise. L'intersection des deux caps ainsi obtenue était précise dans tous les cas à 61 m près.
- Des vols de ralliement ont été effectués au-dessus de la mer et de la terre à diverses altitudes. Les résultats variaient en fonction de la hauteur et des conditions locales. Des relèvements précis ont été obtenus au-dessus de la terre, à des distances comprises entre 18 milles marins à 2000 pieds d'altitude et 60 milles marins à 9500 pieds d'altitude. Des relèvements précis ont été obtenus à 17 milles marins au-dessus de la mer, à une altitude de 2000 pieds. On a manqué de temps pour effectuer des essais au-dessus de la mer à des altitudes plus élevées.
- Dans tous les essais et opérations effectués à ce jour, le système COSPAS/SARSAT fonctionnant dans la bande des 406 MHz a fourni des renseignements d'une précision supérieure à trois milles sur la position réelle de la RLS. Il est évident, par conséquent, qu'un aéronef de recherche et de sauvetage qui se dirige vers un lieu de détresse, en exploitant les informations fournies par une RLS fonctionnant à 406 MHz, sera en mesure de détecter cette radiobalise et d'effectuer le ralliement sur elle à partir de distances beaucoup plus grandes que celle du lieu, déjà connu, de la radiobalise et supérieures à la distance de ralliement nécessaire dans le SMDSM (environ 10 milles marins).

5. Résumé

Toutes les données de relèvements fournies par le radiogoniomètre étaient positives et précises. L'équipage de l'aéronef a été en mesure de repérer la radiobalise à 61 m près de sa position réelle. Ce résultat a été confirmé lorsque l'aéronef passait au-dessus de l'emplacement identifié à vitesse réduite, à une altitude plus faible (300 m) et en repérant visuellement la RLS. Ainsi, il a été prouvé qu'un aéronef peut effectuer un ralliement de précision sur une RLS en utilisant des signaux dont les caractéristiques sont recommandées par le CCIR sur la fréquence de 406,025 MHz.

* Des résultats d'essais effectués avec une balise et des dispositifs de ralliement aéroportés à 406 MHz sont aussi décrits dans le Rapport 919.

A N N E X E VIII

RESULTATS DES ESSAIS EFFECTUES PAR LA FRANCE

1. Des essais ont été menés à bord d'une vedette de surveillance dans le Golfe de Gascogne, le 2 mars 1988.

Deux modèles de radiobalises de localisation des sinistres COSPAS-SARSAT pouvant surnager librement ont été utilisés ; ces radiobalises sont d'un type approuvé COSPAS-SARSAT et agréées par l'administration française.

2. CONDITIONS D'ESSAI.

- VENT : SO 20 noeuds
- MER : Force 3
- HOULE : SO, 1,50 mètres
- VISIBILITE : 5 à 8 milles
- VITESSE : navire portant le matériel de radioralliement : évoluant à 10 noeuds
- HAUTEURS : antenne du matériel de radioralliement : 4 mètres
au-dessus du niveau de l'eau
antenne des radiobalises : au niveau de l'eau
- RADIOBALISES : flottant librement
la surface de la mer constituant le plan de sol
des antennes demi-onde ou quart d'onde.

3. RESULTATS DES ESSAIS.

- ELOIGNEMENT d'une radiobalise à 10 noeuds :
 - perte d'indication de gisement à 5 milles.
 - RAPPROCHEMENT d'une radiobalise à 10 noeuds :
 - indication de gisement à partir de 4,5 milles ;
 - indication de gisement identique par matériel de radioralliement et contrôle visuel à 2 milles ;
 - pas de perte d'indication de gisement à proximité de la radiobalise
 - ESSAI DE DEUX radiobalises émettant simultanément :
 - distance entre les deux radiobalises : 50 mètres ;
 - indication de gisement donnée pour chaque radiobalise sans mélange d'information, que le navire soit en éloignement ou en approche.
-