

RAPPORT 919-2*

**CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES RLS UTILISANT
DES SATELLITES A DÉFILEMENT SUR ORBITE POLAIRE BASSE**

(Question 90/8)

(1982-1986-1990)

1. Introduction**1.1 Historique**

Le programme COSPAS/SARSAT** représente un effort de coopération internationale entre les Etats-Unis d'Amérique, le Canada, la France (SARSAT) et l'URSS (COSPAS). La Norvège, le Royaume-Uni, la Finlande, la Bulgarie et le Danemark participent également à ce programme et des négociations sont en cours en vue d'obtenir la participation du Brésil et d'autres pays.

Les objectifs de ce programme sont les suivants:

- en premier lieu, soutenir les activités de recherche et de sauvetage en fournissant la détermination de position aux émetteurs de localisation d'urgence (ELT) d'aéronef et aux radiobalises de localisation des sinistres (RLS) émettant sur 121,5 MHz;
- en second lieu, démontrer les avantages offerts par un nouveau système fonctionnant sur 406 MHz dont les caractéristiques sont meilleures et qui répond aux besoins des usagers en matière de couverture mondiale et d'identification;
- en troisième lieu, pousser à la mise au point d'un système opérationnel international dès que possible.

Un résumé de la description du système figure dans le Rapport 761, et les détails sont donnés dans la référence [URSS et autres, 1984a]; en conséquence, ils ne seront pas repris dans le présent Rapport.

Les satellites Cospas-1 (C1), 2 (C2) et 3 (C3) ont été lancés respectivement le 30 juin 1982, le 25 mars 1983 et le 21 juin 1984. Sarsat-1 (S1), le premier satellite transportant la charge utile SARSAT, a été lancé le 28 mars 1983. Il perdit sa stabilité d'orientation et fut mis hors fonctionnement en juin 1984, mais a été remis en fonctionnement avec succès en mai 1985. Sarsat-2 (S2) a été lancé en décembre 1984. Il est prévu de lancer Sarsat-3 (S3) en 1986. Lors des premiers lancements, on a poursuivi les efforts sur les mesures techniques et sur la démonstration et l'évaluation (D et E). Le but des mesures techniques était de déterminer que la réalisation fonctionnait comme prévu. Le but du programme D et E était de mettre en évidence les caractéristiques du système à 406 MHz et les possibilités du système en matière d'assistance lors d'opérations de recherche et de sauvetage (SAR).

Les mesures techniques consistent à bien vérifier les essais techniques à 121,5 MHz et à 406 MHz et on continue à les effectuer après le lancement de chaque nouveau satellite. Le programme D et E met en évidence les caractéristiques du système dans un milieu ambiant qui, pour l'utilisateur, est plus conforme à la réalité. Le programme D et E a été achevé en juillet 1984. Toutefois, les mesures additionnelles permettent de rassembler en permanence des données. Par la suite, les données D et E seront désignées sous le nom de «en milieu ambiant» pour les différencier des données techniques. On peut trouver les résultats préliminaires du programme dans différents rapports (voir les Références).

On doit noter que le sous-système COSPAS/SARSAT exploité à 406 MHz vient d'entrer en service et que ses caractéristiques de fonctionnement ne cessent de s'améliorer. D'autre part, le sous-système exploité à 121,5 MHz a déjà prouvé qu'il était performant dans un certain nombre de situations de détresse réelles auxquelles on a pu apporter une solution satisfaisante.

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

** COSPAS: Kosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynykh Sudov (Système spatial de recherche des navires en détresse);
SARSAT: Système de poursuite et satellite pour les opérations de recherche et de sauvetage.

1.2 *Objet du Rapport*

Le présent Rapport a pour objet de présenter une confirmation des résultats préliminaires provenant de nombreuses mesures techniques, de rapports D et E et de documents dans lesquels sont décrits les caractéristiques du système à 406 MHz et les essais en milieu ambiant effectués par tous les participants de COSPAS/SARSAT.

Les résultats d'essai généraux du système à 121,5 MHz sont également présentés pour permettre à l'utilisateur de se faire une opinion sur les possibilités d'exploitation de COSPAS/SARSAT et pour donner une base de comparaison de l'efficacité de ce système avec celle du système à 406 MHz.

1.3 *Portée du Rapport*

En examinant les divers rapports de résultats d'essai présentés par les pays participants, on a noté qu'il existait des différences dans les méthodes et les présentations lors de l'exécution des essais et de l'enregistrement des résultats. En conséquence, on a jugé nécessaire de n'utiliser que les résultats qui ont été établis pour des caractéristiques de fonctionnement ayant des définitions semblables et dont les dimensions d'échantillonnage des données recueillies étaient connues.

Les pays dont les données ont été utilisées dans le présent Rapport sont:

- les associés du système COSPAS/SARSAT: Etats-Unis d'Amérique, Canada, France et URSS, et
- les investigateurs du système COSPAS/SARSAT: Bulgarie, Norvège et Royaume-Uni.

Les rapports utilisés figurent dans les références. Les résultats d'essai communiqués correspondent à la période comprise entre le 1^{er} février 1983 et le 31 août 1985.

Des essais complémentaires sont prévus aussi bien pour les RLS flottantes que pour les estimations des caractéristiques d'une extrémité à l'autre du système. Les RLS flottantes feront de plus l'objet de recherches de probabilité de localisation dans différentes conditions, y compris par mer fortement agitée; pour les essais d'une extrémité à l'autre, on continuera à étudier les caractéristiques de système en utilisant une constellation de quatre satellites ayant une sensibilité aux brouillages réduite.

Les résultats de certains de ces essais sont présentés dans les Annexes II et III et la comparaison de ces données avec les paramètres similaires mesurés au cours des phases D et E figurent à l'Annexe IV.

2. **Caractéristiques mesurées du système à 406 MHz**

Ce paragraphe met l'accent sur les caractéristiques mesurées du système COSPAS/SARSAT utilisant des balises expérimentales à 406 MHz.

2.1 *Introduction*

Les mesures techniques et les essais en milieu ambiant avaient pour objet de déterminer la possibilité du système COSPAS/SARSAT de détecter, identifier et localiser les balises expérimentales à 406 MHz fonctionnant sur mer et dans les terres, ce qu'on a obtenu en évaluant les caractéristiques suivantes avec des données recueillies lors d'un seul passage:

- probabilité de détection de balise,
- erreur de localisation de balise,
- levée d'ambiguïté,
- probabilité de localisation de balise,
- capacité,
- portée de ralliement à 121,5 MHz et à 406 MHz,
- temps de notification.

Au cours de la période mentionnée, le système COSPAS/SARSAT a expérimenté:

- la suite de la mise au point du système au sol;
- l'addition des satellites C3 et S2 au secteur spatial;
- la mise en œuvre de nouvelles procédures d'exploitation;
- l'amélioration de l'équipement à bord de satellite.

Pour ces raisons, les résultats des essais reflètent un système en évolution. Ils offrent une base d'estimation préliminaire des caractéristiques indiquées ci-dessus qu'on s'attend à voir continuer de s'améliorer.

Les essais se divisent en deux catégories: essais techniques et essais en milieu ambiant.

Les essais techniques sont définis comme des essais soigneusement contrôlés pour évaluer à quel degré les objectifs de réalisation du système ont été satisfaits. Les essais en milieu ambiant sont des essais en service réel moyennement contrôlés destinés à évaluer l'influence de facteurs du milieu ambiant (tels que l'état de la mer, le terrain et le temps) et qui se rapprochent davantage des conditions d'exploitation.

Les essais techniques ont été effectués dans de très bonnes conditions pour lesquelles le milieu ambiant était stable et connu. L'emplacement vrai de chaque balise était connu avec une précision qui se tenait approximativement dans les limites de 0,5 km, la puissance de sortie était vérifiée et les angles de site de chaque balise vers l'engin spatial étaient calculés avec précision.

D'autre part, les essais en milieu ambiant ont été exécutés avec une gamme étendue de conditions qui n'étaient ni enregistrées avec précision, ni vérifiées. Par exemple, les emplacements vrais de balise ont été évalués avec une erreur qui souvent dépassait 0,5 km, les mesures de puissance de sortie n'étaient généralement pas effectuées et les angles de site n'étaient généralement pas enregistrés; toutefois, avec des dimensions d'échantillonnage suffisantes, on peut s'attendre à ce que ces données caractérisent le système en exploitation.

2.2 Description des essais

Les essais ont été effectués dans des conditions et à des emplacements choisis par les nations participantes. Généralement, les balises étaient actionnées suffisamment tôt pour assurer leur réchauffement avant de prendre les mesures afin de garantir que les balises allaient fonctionner dans les limites des spécifications. Les angles de site des balises en direction des satellites ont été déterminés de façon à permettre le calcul des emplacements d'émission des messages. Pour figurer ce qui pourrait se produire lors de l'actionnement d'une balise dans des circonstances réelles, on a sélectionné une gamme de conditions du milieu ambiant. Dans les terres, les milieux ambiants comprenaient des terrains plats et montagneux, secs et humides, des altitudes élevées et basses par rapport au niveau de la mer, des températures ambiantes variables, etc. Sur mer, on a exécuté des essais par mer calme avec des RLS situées sur des ponts de navire et/ou flottantes. Les balises utilisées des émetteurs de localisation d'urgence (ELT) et des RLS à 406 MHz étaient nouvellement mises au point et conçues pour satisfaire aux spécifications internationales pour les balises expérimentales exigées dans les spécifications sur les ELT/RLS à 406 MHz de COSPAS/SARSAT [Canada et autres, 1982].

Pour savoir à quel pays d'origine correspondent les divers résultats d'essai mentionnés dans le présent Rapport, on devra se servir de la liste suivante:

<i>Série</i>	<i>Pays</i>
A	Bulgarie
B	Canada
C	France
D	Norvège
E	URSS
F	Etats-Unis d'Amérique
G	Royaume-Uni

2.2.1 Probabilité de détection de balise

La probabilité de détection de balise est définie comme la probabilité de détection par une station terminale d'usager local (voir la Note) d'au moins un message de balise avec une section protégée par un code correct pour le premier satellite dont on suit le passage.

Note. — La station terminale d'usager local est la station terrienne de réception du système COSPAS/SARSAT.

2.2.1.1 Description des essais

2.2.1.1.1 Essais sur terre ferme

Les résultats des essais techniques de la série C ont été obtenus en juin 1985 à la station terminale d'usager local implantée à Toulouse, au cours d'essais comparatifs de qualité de fonctionnement effectués pour Sarsat-1 et Sarsat-2. Une balise locale d'orbitographie et une balise de référence installées sur le toit d'un bâtiment ont été utilisées au cours de ces essais.

Les résultats des essais en milieu ambiant de la série E ont été obtenus au cours d'essais effectués en janvier-février 1985 [CSSC, 1985a]. Une balise d'essai (prototype industriel) a été placée sur le toit de la station terminale d'usager local implantée à Moscou. La balise était alimentée par des batteries internes. Au cours de la période d'essai qui a duré 30 jours, la température a oscillé entre 0 °C et -24 °C.

On a obtenu les résultats des essais techniques de la série F en août 1985 en testant simultanément deux balises d'essai installées sur terre ferme et une balise d'essai installée sur un pont de navire ainsi qu'un certain nombre de RLS flottantes. Pour les essais sur terre ferme, une balise était placée sur le toit de l'Atlantic Marine Center, près de Norfolk (Virginie), et l'autre sur le toit du NASA/Goddard Space Flight Center, à Greenbelt (Maryland). Ces deux balises, ainsi que la balise installée sur un pont de navire et les RLS flottantes, émettaient à pleine puissance.

2.2.1.1.2 *Essais sur pont de navire*

Comme on vient de le voir, les résultats des essais techniques de la série F ont été obtenus en août 1985. On a utilisé une balise d'essai dont l'antenne était placée sur la passerelle du navire utilisé, lequel mouillait au large de la côte de Norfolk (Virginie).

2.2.1.1.3 *Essais avec balises flottantes*

Les résultats des essais en milieu ambiant de la série C ont été obtenus en avril et en juin 1985 avec trois RLS à l'attache et deux RLS flottant librement [CSSC, 1985b]. Les essais se sont déroulés par temps calme dans l'océan Atlantique le long de la côte sud-ouest de la France, près de Bordeaux. Au cours de ces essais, on a uniquement suivi les passages de satellite pour lesquels l'angle de site prenait des valeurs supérieures à 5°; d'autre part, seul le mode local (régional) a été utilisé.

Les essais techniques de la série F relatifs aux RLS flottantes se sont déroulés en août 1985 au large de Norfolk (Virginie), avec des creux allant jusqu'à 5 pieds (environ 1,50 m). Les données obtenues pour les 6 RLS ont été collectées simultanément avec celles des essais techniques sur terre ferme et sur pont de navire.

2.2.1.2 *Résultats des essais*

Les résultats des mesures de la probabilité de détection de balise apparaissent au Tableau I. Les résultats des essais techniques indiquent, pour la probabilité globale, une valeur de 0,999. La probabilité étant quelque peu inférieure pour les essais en milieu ambiant, soit 0,98, la probabilité cumulative mesurée de détection de balise est donc de 0,99. On a obtenu ces résultats en utilisant un type de message court avec un code de protection BCH. Si on avait utilisé le message long, on aurait obtenu des résultats inférieurs étant donné l'absence de code de correction pour les 32 derniers bits d'information.

2.2.1.2.1 *Essais sur terre ferme*

Au cours des essais techniques de la série C, on a mesuré la probabilité de détection de balise pour 66 passages de Sarsat-1 et 67 passages de Sarsat-2 et on a obtenu la valeur 1,0. De même, au cours des essais techniques de la série F, la probabilité mesurée a atteint 1,0 pour 246 détections possibles.

Pendant les essais en milieu ambiant de la série E, la probabilité de détection de balise mesurée pour 262 passages de Cospas-2 et 253 passages de Cospas-3 a atteint 0,98.

2.2.1.2.2 *Essais sur pont de navire*

Les essais techniques sur pont de navire de la série F ont permis d'obtenir une probabilité de détection de balise égale à 0,99 pour 130 détections possibles et des résultats essentiellement identiques à ceux des essais techniques de la série F réalisés avec la balise installée sur terre ferme et avec la RLS flottante.

2.2.1.2.3 *Essais avec balises flottantes*

Au cours des essais techniques de la série F, on a mesuré la probabilité de détection de balise et on a obtenu 1,0 pour 260 détections possibles.

Au cours des essais en milieu ambiant de la série E, la probabilité mesurée de détection de balise pour de nombreux passages de Cospas-2, Cospas-3, Sarsat-1 et Sarsat-2 a atteint 0,98.

TABLEAU 1 – Probabilité de détection de balise

Balise	Série	Essais techniques		Essais en milieu ambiant		Valeur cumulative	
		Probabilité	Nombre de détections possibles	Probabilité	Nombre de détections possibles	Probabilité	Nombre de détections possibles
Sur la terre ferme	C	1,0	266	–	–	1,0	266
	E	–	–	0,98	515	0,98	515
	F	1,0	246	–	–	1,0	246
Sous-total		1,0	512	0,98	515	0,99	1027
Sur pont de navire	F	0,99	130	–	–	0,99	130
Flottante	C	–	–	0,98	377	0,98	377
	F	1,0	260	–	–	1,0	260
Sous-total		1,0	260	0,98	377	0,99	637
Total		0,999	902	0,98	892	0,99	1794

2.2.2 Erreur de localisation

On définit l'erreur de localisation comme la différence entre l'emplacement calculé par le système qui utilise des fréquences Doppler mesurées et l'emplacement réel de la radiobalise qui est communiqué par le personnel d'exploitation.

On doit savoir qu'il est prévisible que la mesure d'une erreur de localisation relevée au cours d'essais techniques soit plus précise que celle qui est relevée au cours des essais en milieu ambiant parce qu'on peut déterminer les emplacements réels de balise avec plus d'exactitude. Les emplacements réels des ELT sont souvent connus avec plus d'exactitude que les emplacements réels des RLS. En conséquence, la fiabilité des positions réelles des balises, obtenue lors des essais en milieu ambiant avec des ELT sur terre ferme, est généralement supérieure à la fiabilité des positions réelles des balises, obtenue lors des essais avec des RLS effectués sur mer.

2.2.2.1 Descriptions des essais

2.2.2.1.1 Essais sur terre ferme

Les résultats de la série B ont été obtenus à partir d'un essai unique dans lequel on a placé deux balises expérimentales sur le toit d'un bâtiment, alimentées par une source d'énergie externe [Canada, 1985a].

Les essais techniques de la série C ont donné lieu à un grand nombre de mesures et ont été effectués dans une zone où il y avait des brouillages très importants à 406 MHz [URSS et autres, 1984b; Castetbert, 1984a; France, 1984a].

Les essais en milieu ambiant de la série C ont été effectués dans différents aéroports du monde [CSSC, 1985c].

Les résultats des essais techniques de la série D ont été obtenus avec une balise unique dont les transmissions étaient assurées par l'intermédiaire du satellite S1 [Hovmork, 1984a].

Les essais en milieu ambiant de la série D comportaient des balises à 406 MHz situées en 16 emplacements différents sur terre ferme et dans l'eau, y compris les emplacements d'anciens accidents d'aéronefs et de navires [Hovmork, 1984b].

Les résultats des essais techniques de la série E ont été obtenus avec deux essais distincts [URSS et autres, 1984c]. Un essai utilisait cinq balises actionnées simultanément par des sources internes composées d'accumulateurs au lithium. Le second essai utilisait une balise unique alimentée par une source d'énergie externe.

Les essais techniques de la série F ont été effectués avec des niveaux de puissance variables en vue d'obtenir les données de seuil en concordance avec la précision de l'emplacement [Westinghouse, 1985].

Les essais en milieu ambiant de la série F se sont poursuivis sur une période d'une année [NASA, 1984a et NASA, 1985a].

Les essais de la série G ont été effectués à l'aide de trois stations terminales d'utilisateur local pour la comparaison des données [Royaume-Uni, 1985].

Un essai technique des séries conjointes G et C a été effectué afin de permettre la comparaison entre deux stations terminales d'utilisateur local [Department of Transport, 1984; URSS et autres, 1984b].

2.2.2.1.2 *Essais sur pont de navire (ce sont tous des essais en milieu ambiant)*

Les essais de la série A comprennent à la fois des RLS installées à bord de navires et des RLS flottantes [URSS et autres, 1984d].

Les essais de la série B ont été assez étendus et ont été effectués sur terre ferme et en plein océan [Canada, 1985b].

Les essais de la série C comprennent des navires à l'arrêt et en marche [URSS et autres, 1984b; CSSC, 1985d].

Les essais de la série E comprennent plusieurs navires différents [URSS et autres, 1984e].

Au cours des essais de la série F [NASA, 1984b et NASA, 1985b] il a pu se poser au début quelques problèmes de procédure qui ont été corrigés par la suite. Les effets sur les résultats ne sont pas connus.

2.2.2.1.3 *Essais avec balises flottantes (ce sont tous des essais en milieu ambiant)*

On a utilisé pour les essais B des RLS amarrées [Canada, 1985b].

Les essais de la série C ont été effectués aussi bien sur la terre ferme que pour différents états de la mer [CSSC, 1985d; URSS et autres, 1984b].

Les essais de la série F ont été effectués en utilisant à la fois des RLS amarrées et des RLS flottant librement [NASA, 1984c; NASA, 1985b].

Les essais de la série G ont été effectués à l'aide de données recueillies à partir de trois stations terminales d'utilisateur local différentes [Royaume-Uni, 1985].

2.2.2.2 *Résultats d'essai*

Les résultats des essais d'erreur de localisation figurent au Tableau II et sont décrits ci-dessous. Les diagrammes indiquant la ventilation des données sont présentés en Annexe I.

TABLEAU IIa — Erreur de localisation mesurée pendant les essais techniques réalisés avec des balises installées sur terre ferme *

Série	Erreur moyenne (km)	Nombre de localisations	Erreur médiane au 50 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 90 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 95 ^e percentile (km)	Nombre de localisations
B	2,2	675	1-2	675	2-4	675	2-4	675
C	3,6	3733	0-1	3682	1-2	3682	5-10	3682
D	1,6	23	0-1	23	5-6	23	6-7	23
E	1,8	66	1-2	66	3-4	66	5-6	66
F	3,2	89	2,0	89	6,3	89	7,7	89
G	3,5	136	0-2	136	5-10	136	5-10	136
Sous-total	3,4	4722	0-1	4671	2-3	4671	5-10	4671

* L'erreur de localisation est la différence entre la position véritable et la position mesurée.

TABLEAU IIb — Erreur de localisation mesurée pendant les essais en milieu ambiant réalisés avec des balises installées sur terre ferme *

Série	Erreur moyenne (km)	Nombre de localisations	Erreur médiane au 50 ^e percentile (km)	Nombre de sources de données	Erreur au 90 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 95 ^{ème} percentile (km)	Nombre de localisations
C	2,5	961	0-1	961	1-5	961	5-10	961
D	3,1	149 ⁽¹⁾	1-2	149 ⁽¹⁾	7-8	149 ⁽¹⁾	10-15	149 ⁽¹⁾
F	5,8	260	—	—	—	—	—	—
Sous-total	3,2	1370	0-1	1110	1-5	1110	5-10	1110

* L'erreur de localisation est la différence entre la position véritable et la position mesurée.

⁽¹⁾ Y compris les données obtenues à partir de RLS flottantes.

TABLEAU IIc — Erreur de localisation mesurée pendant les essais en milieu ambiant réalisés avec des balises installées sur pont de navire *

Série	Erreur moyenne (km)	Nombre de localisations	Erreur médiane au 50 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 90 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 95 ^e percentile (km)	Nombre de localisations
A	7,6	38 ⁽¹⁾	1-2	38 ⁽¹⁾	10-20	38 ⁽¹⁾	30-50	38 ⁽¹⁾
B	4,5	92 ⁽²⁾	2-3	92 ⁽²⁾	9-10	92 ⁽²⁾	16-17	92 ⁽²⁾
C	3,5	327	1-2	146	4-9	146	4-9	146
E	3,5	82 ⁽¹⁾	1-2	82 ⁽¹⁾	4-7	82 ⁽¹⁾	7-11	82 ⁽¹⁾
F	8,5	130	—	—	—	—	—	—
Sous-total	4,8	669	1-2	358	5-10	358	10-20	358

* L'erreur de localisation est la différence entre la position véritable et la position mesurée.

⁽¹⁾ Y compris les données obtenues à partir de RLS flottantes.

⁽²⁾ Les données ne comprennent pas le mode global pour lequel on disposait à la fois de données relatives aux modes régional et global.

TABLEAU IId – Erreur de localisation mesurée pendant les essais en milieu ambiant réalisés avec des balises flottantes *

Série	Erreur moyenne (km)	Nombre de localisations	Erreur médiane au 50 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 90 ^e * percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 95 ^e percentile (km)	Nombre de localisations
B	3,8	258 ⁽¹⁾	1-2	189	7-8	189 ⁽¹⁾	14-15	189 ⁽¹⁾
C	3,0	395	1-2	284	4-5	284	5-10	284
F	8,5	256	—	—	—	—	—	—
G	4,1	90	1-2	90	5-10	90	15-20	90
Sous-total	4,7	999	1-2	563	5-10	563	5-10	563

* L'erreur de localisation est la différence entre la position véritable et la position mesurée.

⁽¹⁾ Les données ne comprennent pas le mode global pour lequel on disposait à la fois de données relatives aux modes régional et global.

TABLEAU IIe – Récapitulation des erreurs de localisation

Type d'essai	Erreur moyenne (km)	Nombre de localisations	Erreur médiane au 50 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 90 ^e percentile (km)	Nombre de localisations	Erreur au 95 ^e percentile (km)	Nombre de localisations
Essais techniques	3,4	4722	0-1	4671	2-3	4671	5-10	4671
Essais en milieu ambiant	4,0	3038	1-2	2031	5-10	2031	5-10	2031
Total	3,7	7760	0-1	6702	3-4	6702	5-10	6702

2.2.2.2.1 Résultats d'essai sur terre ferme

L'erreur moyenne de localisation mesurée au cours des essais techniques a été de 3,4 km pour 4722 localisations. L'erreur aux 50^e, 90^e et 95^e percentiles a été comprise respectivement entre 0-1 km, 2-3 km et 5-10 km pour 4671 localisations.

L'erreur moyenne de localisation des essais en milieu ambiant a été de 3,2 km pour 1370 localisations. L'erreur aux 50^e, 90^e et 95^e percentiles a été comprise respectivement entre 0-1 km, 1-5 km et 5-10 km pour 1110 localisations. Les essais en milieu ambiant font apparaître une précision semblable à celle des résultats des essais techniques.

2.2.2.2.2 Résultats d'essai sur pont de navire

L'erreur moyenne de localisation pour les essais en milieu ambiant a été de 4,8 km pour 669 localisations. L'erreur aux 50^e, 90^e et 95^e percentiles a été comprise respectivement entre 1-2 km, 5-10 km et 10-20 km pour 358 localisations. Bien qu'il soit possible que la détérioration du résultat sur terre ferme puisse s'être produite, il est plus vraisemblable que la connaissance moins précise des positions du navire au moment des passages de satellite soit la raison des petites divergences entre les résultats obtenus sur terre ferme et sur pont de navire.

2.2.2.2.3 Résultats d'essai avec balises flottantes

L'erreur moyenne de localisation pour les essais avec balises flottantes a été de 4,7 km pour 999 localisations. L'erreur aux 50^e, 90^e et 95^e percentiles a été comprise respectivement entre 1-2 km, 5-10 km et 10-20 km pour 563 localisations. La détérioration par rapport au résultat obtenu sur pont de navire était prévue. Cependant, le manque de connaissance de l'emplacement vrai des balises pendant la durée de passage de satellite a une influence sur les résultats.

2.2.2.2.4 *Autres données*

Plusieurs séries d'essais effectués sur pont de navire et avec balises flottantes n'ont pas été comprises dans l'évaluation de l'erreur moyenne sur la position parce que les conditions dans lesquelles ces essais ont été effectués n'étaient pas valables du point de vue de l'exploitation (par exemple, un navire en marche ou une RLS flottante perdue) et il était inapproprié de les associer aux autres essais.

2.2.3 *Levée de l'ambiguïté*

Pour chaque signal réel, l'estimation de la localisation par effet Doppler donne deux solutions des images spéculaires (comme réfléchies dans un miroir) par rapport à la sous-trajectoire du satellite. La levée d'ambiguïté est définie comme l'aptitude du système à sélectionner la localisation de la position vraie plutôt que celle de la position spéculaire, en tant que partie du processus de la détermination de la position. La rotation de la Terre introduit un effet d'asymétrie qui donne une indication sur la localisation de la possibilité vraie. Le système se sert de cet effet d'asymétrie pour fixer à chaque solution la probabilité qu'elle soit la solution vraie. C'est pourquoi la mesure de la caractéristique de levée de l'ambiguïté est exprimée par le pourcentage des messages de localisation de la balise pour lesquels le système fixe correctement la probabilité la plus élevée de la solution vraie.

2.2.3.1 *Description de l'essai*

La levée de l'ambiguïté a été enregistrée généralement au cours des mêmes essais que l'erreur de localisation moyenne. Excepté les essais dans lesquels la levée d'ambiguïté n'a pas été relevée, tous les essais sont décrits dans le § 2.2.2.1.

Les essais en milieu ambiant (série C) de RLS flottantes [CSSC, 1985e] ont été effectués dans des conditions de mer peu agitée.

2.2.3.2 *Résultats d'essai*

Les résultats des essais figurent au Tableau III et sont décrits ci-après.

TABLEAU III — *Résolution d'ambiguïté*

Emplacement de la balise	Série	Essais techniques		Essais en milieu ambiant		Résultat cumulatif	
		Probabilité	Nombre de localisations	Probabilité	Nombre de localisations	Probabilité	Nombre de localisations
Sur terre ferme	B	0,97	675	—	—	0,97	675
	C	0,98	831	—	—	0,98	831
	D	0,87	23	0,84	149 ⁽¹⁾	0,84	172
	E	0,82	66	—	—	0,82	66
	F	0,94	410 ⁽²⁾	0,92	260	0,94	670
Sous-total		0,96	2005	0,89	409	0,95	2414
Sur pont de navire	B	—	—	0,87	92	0,87	92
	C	—	—	0,98	372	0,98	372
	E	—	—	0,95	82 ⁽¹⁾	0,95	82
	F	—	—	0,93	130	0,93	130
Sous-total				0,95	676	0,95	676
Flottante	B	—	—	0,91	243 ⁽³⁾	0,91	243
	C	—	—	0,91	234	0,91	234
	D	—	—	0,89	45	0,89	45
	F	—	—	0,81	256	0,81	256
	G	—	—	0,92	90	0,92	90
Sous-total		—	—	0,88	868	0,88	868
Total		0,96	2005	0,91	1953	0,93	3958

⁽¹⁾ Comprend les données obtenues avec RLS flottantes.

⁽²⁾ On a effectué les essais en faisant varier la puissance de sortie de la balise de 22 à 37 dBm. Le nombre exact d'essais effectués à la p.i.r.e. nominale de la balise (37 dBm) n'est pas connu.

⁽³⁾ Lorsqu'on disposait de données tant en mode régional qu'en mode global, ce sont les données en mode régional qui ont été utilisées. Les données relatives aux balises embarquées et flottantes de la série B auraient été respectivement de 0,97 pour 92 emplacements et de 0,99 pour 214 emplacements si on avait utilisé le mode global.

2.2.3.2.1 *Essais sur terre ferme*

La probabilité de 0,96 de levée d'ambiguïté correcte obtenue au cours des essais techniques a été très bonne. En outre, les résultats d'essai de la série F ont indiqué qu'il n'y avait pas de relation entre la levée d'ambiguïté et le sens de passage de l'engin spatial ou du satellite (ascendant ou descendant).

Comme prévu, les résultats en milieu ambiant de levée d'ambiguïté (0,89) se détériorent par rapport aux résultats techniques. Certaines des raisons de cette détérioration sont les suivantes: l'angle de site pour des séries d'essais était, soit inférieur à 10°, soit supérieur à 82°, valeurs qui rendent la détection Doppler extrêmement difficile; en outre, le temps de rapprochement au plus près permettant le passage de communications ne dure que 4 min pour une autre série d'essais, ce qui est critique si la transmission du signal est partiellement obstruée. Il est nécessaire d'effectuer des essais complémentaires pour comprendre parfaitement les raisons de la dégradation de cette caractéristique.

2.2.3.2.2 *Essais sur pont de navire*

Il apparaît que la probabilité de 0,95 de levée d'ambiguïté correcte obtenue au cours des essais en milieu ambiant est plus élevée que ce qu'on attendait lorsqu'on la compare aux autres résultats en milieu ambiant.

2.2.3.2.3 *Essais avec balises flottantes*

La probabilité de levée d'ambiguïté correcte obtenue au cours des essais de RLS flottantes a été de 0,88. Il apparaît que ce résultat est comparable au résultat en milieu ambiant obtenu sur terre ferme.

2.2.4 *Probabilité de localisation de balise*

La probabilité de localisation de balise est définie comme la probabilité de détecter et de décoder au moins quatre salves de messages individuels au cours d'un seul passage du satellite de façon que la station terminale de l'utilisateur local puisse donner une estimation d'un ensemble de courbes Doppler. La probabilité de localisation, telle qu'elle est définie ici, n'est pas un produit définitif; elle aboutit à deux positions ambiguës.

2.2.4.1 *Description d'essai*

La plupart des résultats de probabilité de localisation de balise ont été, en général, obtenus pendant les mêmes essais que ceux qui ont porté sur l'erreur de localisation et la levée d'ambiguïté, et ces résultats sont décrits au § 2.2.2.1. Les essais techniques de la série F ont été décrits au § 2.2.1.1 (Probabilité de détection de la balise). Les modifications concernant les autres essais sont indiquées ci-après.

Les essais techniques sur terre ferme de la série B [King, 1984] ont été très étendus et comprennent des angles de site inférieurs à 10°.

Des essais en milieu ambiant avec balises flottantes (série C) [CSSC, 1985e] ont été effectués avec des RLS amarrées et des RLS libres.

2.2.4.2 *Résultats des essais*

Le Tableau IV récapitule les probabilités de localisation de balise déterminées à l'issue d'essais techniques et d'essais en milieu ambiant. Les données de ce tableau se réfèrent à deux localisations possibles en raison de l'ambiguïté. Les essais techniques de la série F qui ont eu lieu en août 1985 ont permis d'obtenir de meilleurs résultats. Tous les problèmes posés par des balises défectueuses ou des erreurs de procédure ont été éliminés au cours de ces essais.

2.2.4.2.1 *Essais sur terre ferme*

On a déterminé que la probabilité de localisation obtenue au cours de mesures techniques sur la terre ferme et d'essais en milieu ambiant était égale respectivement à 0,86 et 0,90.

2.2.4.2.2 *Essais sur pont de navire*

Les mesures techniques effectuées sur pont de navire dans le cadre des essais de la série F d'août 1985 ont permis d'établir que la probabilité de localisation de la balise était de 0,98.

Les résultats d'essai de probabilité de localisation sur pont de navire ont été comparables aux données d'essais en milieu ambiant sur terre ferme, et on a déterminé que la probabilité de localisation était de 0,87.

TABLEAU IV – Probabilité de localisation de la balise *

Emplacement de la balise	Série	Essais techniques		Essais en milieu ambiant		Résultat cumulatif	
		Probabilité	Nombre de localisations possibles	Probabilité	Nombre de localisations possibles	Probabilité	Nombre de localisations possibles
Sur terre ferme	B	0,82	822 ⁽¹⁾	—	—	0,82	822
	C	0,84	61	0,94	362	0,92	423
	D	—	—	0,91	164 ⁽²⁾	0,91	164
	E	0,90	73	—	—	0,90	73
	F	0,95	350	0,86	302	0,91	652
Sous-total		0,86	1306 ⁽¹⁾	0,90	828	0,88	2134
Sur pont de navire	B	—	—	1,0	25	1,0	25
	C	—	—	0,87	634	0,87	634
	E	—	—	0,80	51	0,80	51
	F	0,98	130	—	—	0,98	130
Sous-total		0,98	130	0,87	710	0,89	840
Flottante	B	—	—	0,84	403 ⁽³⁾	0,84	403
	C	—	—	0,88	377	0,88	377
	D	—	—	0,94	34	0,94	34
	E	—	—	0,76	54	0,76	54
	F	0,99	260	0,77	331 ⁽⁴⁾	0,87	591
	G	—	—	1,0	9	1,0	9
Sous-total		0,99	260	0,83	1208	0,86	1468
Total		0,89	1696	0,86	2746	0,87	4442

* Ces données ont été obtenues sans que l'ambiguïté ait été levée.

⁽¹⁾ Si l'on prend en considération uniquement les données obtenues à un angle de site supérieur à 10°, la probabilité devient 0,93/617 pour la série B et 0,93/1101 pour le sous-total.

⁽²⁾ Comprend les données obtenues avec les RLS flottantes.

⁽³⁾ Lorsqu'on disposait de données tant en mode régional qu'en mode global, on a choisi le mode régional. Les données obtenues avec les RLS flottantes de la série B auraient été 0,84/476 si on avait utilisé le mode global.

⁽⁴⁾ Ces données comprennent les erreurs de procédure liées à la détermination des angles de site causées par certaines balises défectueuses.

2.2.4.2.3 Essais avec balises flottantes

Les mesures techniques effectuées sur des RLS flottantes au cours des essais de la série F d'août 1985 ont donné une probabilité de localisation de la balise de 0,99, valeur analogue aux chiffres relevés lors des essais sur terre ferme et des essais sur pont de navire de la même série.

On prévoyait une certaine détérioration de la probabilité de localisation par rapport aux données obtenues dans le cadre des essais techniques. On a déterminé que cette dégradation (la valeur obtenue est tombée à 0,83) tenait, tout au moins en ce qui concerne les essais de série F, à l'utilisation, dans certains cas, de balises intermittentes et à un enregistrement moins rigoureux des données.

2.2.4.3 Probabilité de localisation des balises en fonction de leur puissance de sortie

La diminution de la probabilité de localisation des balises est une mesure quantitative de la capacité du système à traiter les signaux de balises à des niveaux de signaux réduits. Dans l'essai décrit ci-dessous, on a mesuré la p.i.r.e. de la balise pour laquelle sa probabilité de localisation diminue de 10% par rapport à la valeur de cette probabilité avec la p.i.r.e. nominale.

2.2.4.3.1 Description d'essai

Un essai technique de la série B a été effectué sur terre ferme pour mesurer la probabilité de localisation des balises en fonction de la puissance de sortie des balises, au cours de la période d'essai de septembre à novembre 1983 [King, 1985]. 482 passages de satellites C2 et S1 ont été suivis au total par la station terminale d'utilisateur local d'Ottawa. Cet essai a été réalisé en actionnant deux balises à 406 MHz situées au même emplacement que la station terminale d'utilisateur local d'Ottawa. Une balise a été utilisée comme référence et a toujours fonctionné à la puissance de sortie nominale de 37 dBm (5 W), tandis que pour l'autre balise, des affaiblisseurs fixes déterminés ont été insérés dans le câble d'antenne. Chaque balise émettait à partir d'une antenne unipolaire quart d'onde distincte mais semblable (avec plan de sol) montée sur le toit d'un bâtiment à un étage. Les balises émettaient à intervalles de 50 s, avec un décalage de 25 s, de manière qu'il n'y ait pas d'émissions simultanées.

2.2.4.3.2 Résultats des essais

Le Tableau V présente les données obtenues pendant les essais de la série B susmentionnés. Les résultats indiquent que, pour les passages de satellite dont l'angle de site maximal dépassait 10° (passages préférés pour une exploitation optimale du système), une diminution de la puissance des balises équivalant à 13 dB se traduisait par une réduction de la probabilité de localisation des balises égale à 9%. Cependant, lorsqu'on considère tous les passages (c'est-à-dire, y compris les passages au-dessous d'un angle de site de 10°), la réduction de puissance équivalente mesurée était de 6 dB.

TABLEAU V — Probabilité de localisation des balises en fonction de leur puissance de sortie

Angle de site maximum du passage	Niveau d'affaiblissement de la p.i.r.e. nominale (dB)	Nombre total de localisations		Probabilité de localisation relative (¹) (Puissance affaiblie/puissance nominale)
		Balise à puissance nominale	Balise à puissance affaiblie	
> 10°	0	51	51	1,00
	3	55	54	0,98
	6	96	91	0,95
	9	100	94	0,94
	13	44	40	0,91
> 0°	0	57	57	1,00
	3	70	63	0,90
	6	116	104	0,90
	9	122	101	0,83
	13	54	41	0,76

(¹) Pour l'essai considéré, on ne connaît pas les données relatives à la probabilité effective de localisation des balises.

2.2.5 Capacité

La capacité est définie comme l'aptitude du système à traiter simultanément les données des balises qui sont dans un champ de visibilité commun avec l'engin spatial au cours d'un seul passage. Le système à 406 MHz est conçu pour pouvoir finalement traiter les données de plus de 90 balises simultanément dans le champ de visibilité du satellite. On a fait une tentative de vérification en utilisant Cospas-2, Sarsat-2 et une installation spéciale d'essai en France. En 1984 et en 1985, ces essais ont fait apparaître qu'en présence de brouillage le processeur à 406 MHz à bord du satellite pouvait traiter simultanément les transmissions simulées de plus de 90 balises [Castetbert, 1984b; CSSC, 1985f].

2.2.6 Portée de ralliement

La portée de ralliement d'un dispositif de ralliement aéroporté est sa distance (en fonction de son altitude) à une balise à 406 MHz, cette balise émettant un signal de ralliement à 121,5 MHz. La Fig. 1a décrit les résultats d'essai exprimés en portée de ralliement en fonction de l'altitude d'un aéronef au-dessus du terrain sur lequel se trouve la balise.

Certains essais ont été effectués à l'aide d'un dispositif de ralliement d'aéronef à 121,5 MHz, modifié pour répondre directement au signal en salve à 406 MHz. Les résultats de performance pour ces essais en vol sont indiqués sur la Fig. 1b.

Les Fig. 1a et 1b montrent que, si des aéronefs de recherche et de sauvetage sont utilisés, une portée de ralliement de 10 km est suffisante pour trouver 95% des RLS par satellite à 406 MHz, comme le montre le Tableau IIe.

Les résultats des essais de ralliement en mer sont décrits dans le Rapport 1036.

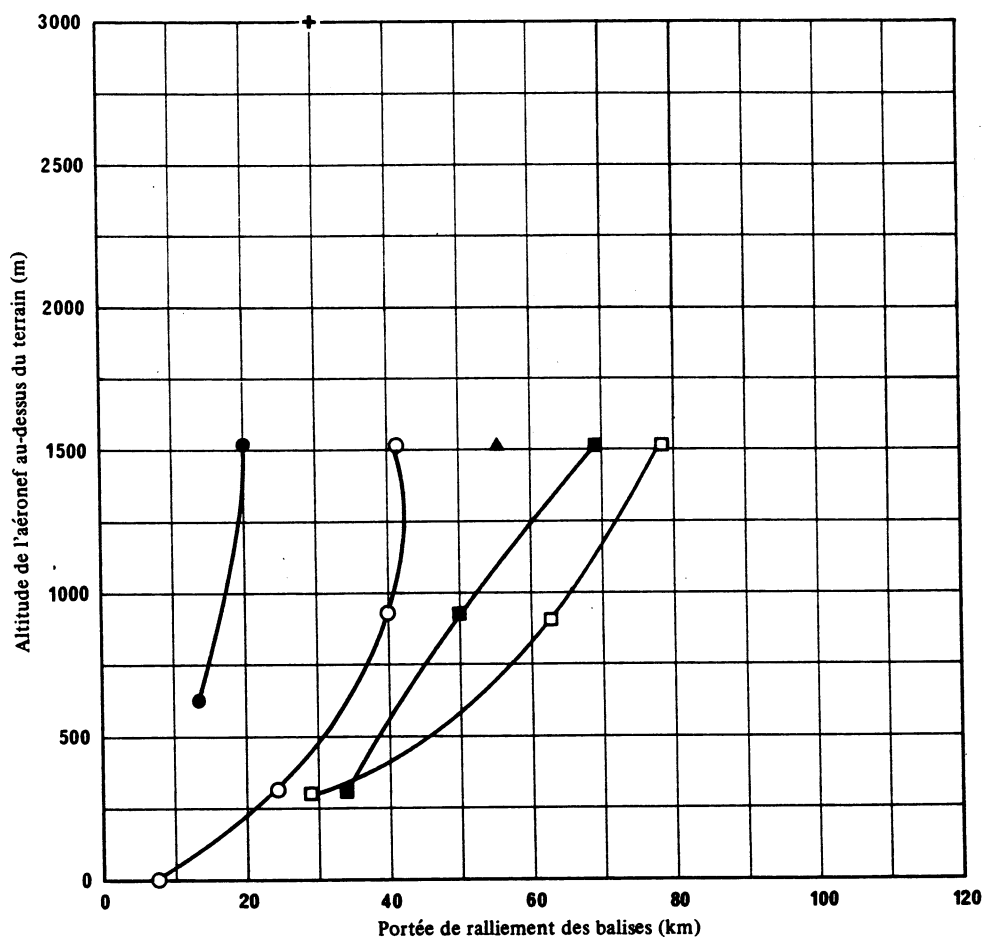


FIGURE 1a – Résultats des essais de ralliement effectués à l'aide d'un émetteur de 20 mW à 121,5 MHz*

* Il s'agissait d'un émetteur de ralliement de 20 mW à 121,5 MHz placé dans une balise à 406 MHz

Données d'essai en mer

- Dispositif de ralliement des gardes-côtes des Etats-Unis d'Amérique
- ▲ SAR Royaume-Uni/France
- + URSS – Mer Noire

Données d'essai sur terre ferme

- Dispositif de ralliement de l'USAF A
- Dispositif de ralliement de l'USAF B1
- Dispositif de ralliement de l'USAF B2

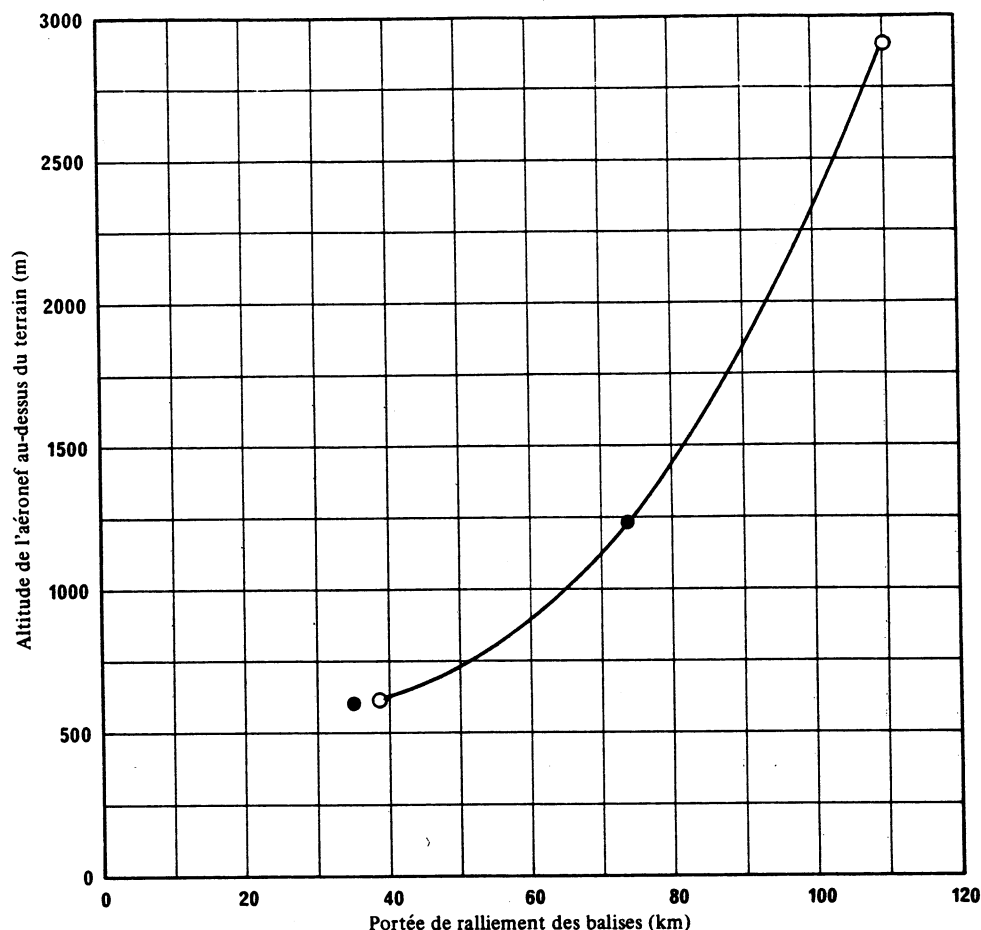


FIGURE 1b – Résultats des essais de ralliement effectués à l'aide d'un signal de salve COSPAS/SARSAT de 5 W à 406 MHz

Dispositif de ralliement canadien – Le radiogoniomètre 301 E est modifié

- Données d'essai sur terre ferme
- Données d'essai en mer

2.2.7 Temps de notification

Aux fins du présent Rapport, le temps de notification est défini comme la période de temps comprise entre l'actionnement d'une radiobalise et l'instant où un message valable d'alerte est reçu au centre de contrôle de mission (MCC: «Mission Control Center») chargé de retransmettre le message au centre de coordination de sauvetage (RCC: Rescue Coordination Center). Dans le mode régional (en temps réel) le temps de notification comprend: la période de temps comprise entre l'actionnement de la balise et le moment de l'établissement d'un champ commun de visibilité entre la balise et l'engin spatial, et entre la station terminale d'utilisateur local et l'engin spatial; toute la durée de traitement de l'information par la station terminale d'utilisateur local; et toutes les durées de traitement des communications pour la réception du message par le MCC.

Dans le mode mondial (avec mise en mémoire), le temps de notification comprend: la période de temps comprise entre l'actionnement de la balise et le moment de contact en visibilité directe avec l'engin spatial; la période de temps comprise entre la réception du message d'alerte par l'engin spatial (y compris la mise en mémoire et le traitement de l'information) et sa décharge à la station au sol; et toutes les durées de traitement des communications/traitement de l'information par la station terminale d'utilisateur local à partir du temps d'actionnement de la balise jusqu'à la réception du message d'alerte par le MCC.

Les résultats limités qui apparaissent au Tableau VI ont été obtenus à partir des essais des séries B, C et E [Canada, 1985b; URSS et autres, 1984f; France, 1984b; CSSC, 1985e]. Les valeurs du temps de notification dépendent du nombre de satellites, de la latitude des positions de détresse, de la répartition des stations terminales d'utilisateur local dans le monde et de l'évolution de la position des satellites dans le temps. Tous les essais considérés plus haut ont été réalisés avec des balises et des stations terminales d'utilisateur local situées à des latitudes mi-septentrionales de l'ordre de 45° N, et les résultats fournis

correspondent à des valeurs moyennes obtenues en mode à la fois régional et mondial. A l'avenir, on pourra faire des simulations supplémentaires sur ordinateur et procéder à des essais pour vérifier les simulations afin de déterminer le temps de notification en fonction d'autres latitudes, en mode mondial et régional, et avec différentes géométries de l'ensemble balise-station terminale d'utilisateur local-engin spatial. Les résultats de ces essais supplémentaires seront rapportés dans le détail et ne seront pas moyennés.

TABLEAU VI — Temps moyen de notification *

Emplacement de la balise	Série	Temps (min)	Nombre de localisations
Sur terre ferme	B	77	2
	C	114	51
	E	90	44
Sous-total		102	97
Sur pont de navire	C	87	279
Balise flottant	C	98	89
Total		92	465

* De un à trois satellites ont été utilisés avec des balises et des stations terminales d'utilisateur local situées à une latitude approximative de 45° N.

3. Brouillages à 406 MHz

La Fig. 2 reproduit les zones au-dessus desquelles les satellites COSPAS/SARSAT ressentent les effets des signaux brouilleurs à 406 MHz [URSS et autres, 1984b]. Le cas des brouillages a été soulevé au cours de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour les services mobiles de 1983 (CAMR MOB-83) et une Résolution relative à la protection de la bande de fréquence 406,0-406,1 MHz faisait partie des Actes finals de la Conférence (Résolution N° 205). Par cette Résolution, la CAMR MOB-83 a invité l'IFRB à organiser un programme de contrôle des émissions dans cette bande de fréquences et a invité les administrations à prendre toutes les mesures nécessaires en vue d'éliminer de cette bande toutes les émissions non autorisées.

En outre, en utilisant à la fois Cospas-1 et le répéteur SAR, les associés de SARSAT ont mis au point un programme d'analyse pour localiser les signaux brouilleurs. Certains de ceux-ci ont des composantes spectrales bien caractérisées dans lesquelles la variation de fréquence due à l'effet Doppler peut être bien identifiée. Il est donc possible de déterminer la position de la source brouilleuse en faisant appel à une technique de localisation similaire à celle qui est utilisée pour les ELT/RLS. Une description de cette méthode a été soumise à la Commission d'études 1 (voir le Rapport 979).

Jusqu'à maintenant, plusieurs sources d'émissions non autorisées ont été localisées et éliminées de la bande de fréquences SAR. Pour d'autres sources, on poursuit les investigations au moyen de contacts bilatéraux. Il s'est trouvé que la plupart des émetteurs brouilleurs utilisaient des liaisons à faible débit de données. Cette utilisation de la bande de 406 MHz était autorisée avant la CAMR-79. Les niveaux des signaux reçus par les satellites provenant d'émissions non autorisées sont comparables à ceux des signaux émis sur 406 MHz par les RLS. On s'attend à ce que les actions de l'IFRB et les actions bilatérales aboutissent dans un proche avenir à l'élimination de la plupart des sources des signaux brouilleurs.

4. Mesures effectuées à 121,5 MHz

Bien que le présent Rapport soit destiné à présenter les résultats de la phase de démonstration et d'évolution (D et E) à 406 MHz, il est important de signaler les résultats des essais à 121,5 MHz simultanés et qui ont des rapports avec les essais D et E. Ces résultats se rapportent principalement au fait que la fréquence de 121,5 MHz est, à présent, celle qui est la plus communément utilisée dans le monde pour le soutien des opérations de recherche et de sauvetage et qui est utilisée mondialement dans les balises de détresse des communautés aéronautique et maritime dans leur ensemble. Bien qu'on ne s'attende pas à ce que les possibilités des balises à 121,5 MHz soient aussi bonnes que celles des nouvelles balises expérimentales à 406 MHz en cours de mise au point, les résultats de la phase D et E ont déjà montré que l'utilisation de satellites placés sur orbite terrestre basse en relation avec un système de balises de détresse améliore sensiblement les possibilités du SAR. Dès le 31 août 1985, le système à 121,5 MHz a fourni des localisations de position et des notifications d'alerte qui ont contribué au sauvetage de 474 victimes (238 incidents aéronautiques, 217 incidents maritimes et 19 incidents terrestres). Dans certains de ces cas, le système COSPAS/SARSAT a été la seule source de notification; et, dans d'autres cas plus nombreux, le système COSPAS/SARSAT a été la première source de notification.

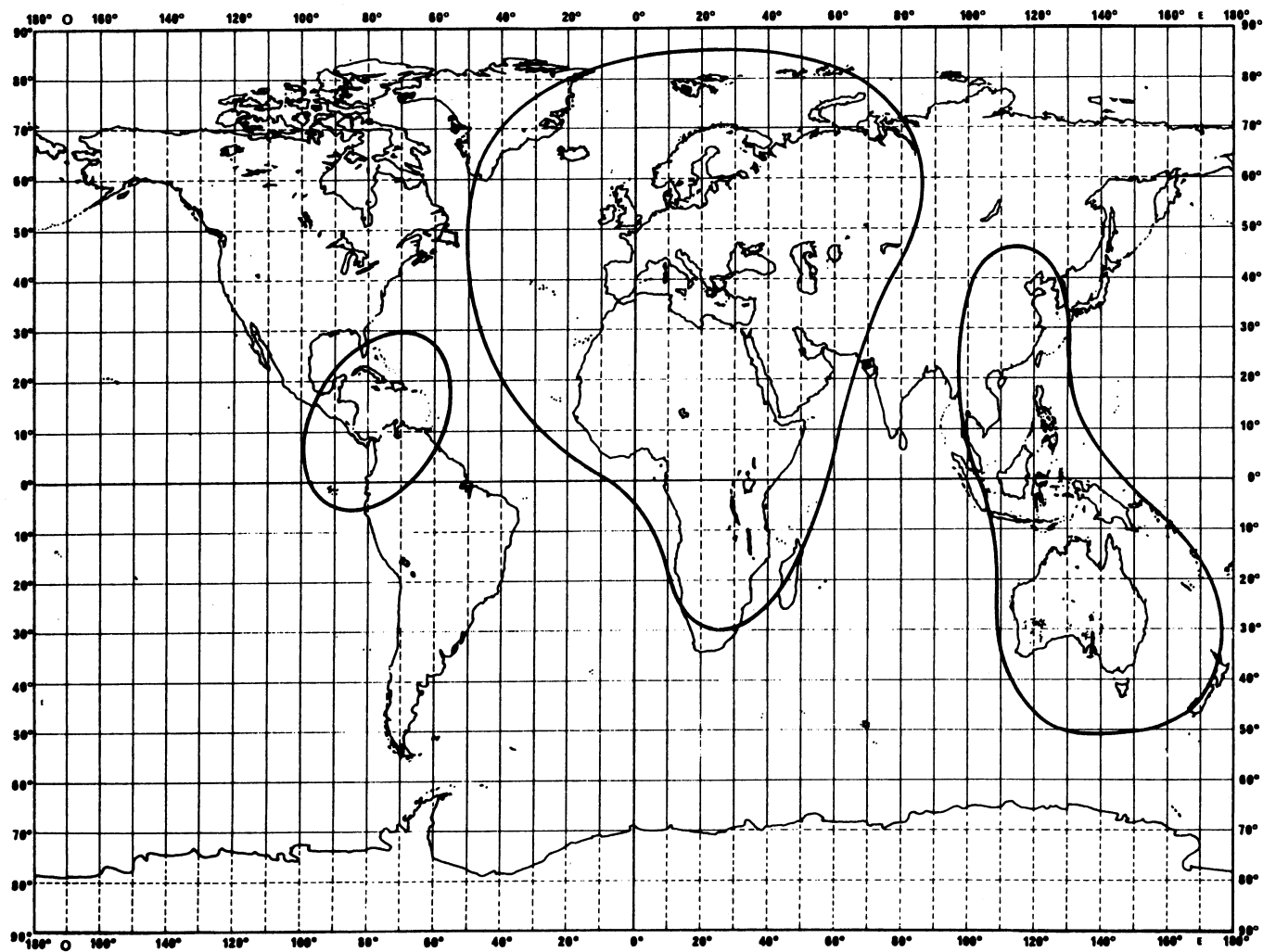


FIGURE 2 – Zones de brouillages

Les participants au projet COSPAS/SARSAT reconnaissent généralement qu'on s'attend à ce que le système à 406 MHz fournisse un soutien à la communauté SAR de loin supérieur à celui que fournit le système actuel à 121,5 MHz. Pour donner à l'utilisateur le moyen de se rendre compte des caractéristiques du système à 121,5 MHz, on a présenté au Tableau VII les résultats généraux des essais en milieu ambiant effectués à cette fréquence par les participants à SARSAT au cours de la période allant de février 1983 à février 1984. On a reproduit les résultats des essais obtenus sur terre ferme et sur mer. Les essais sur terre ferme ont été effectués par les pays participants dans presque toutes les conditions de milieu ambiant possibles (les conditions allaient du désert aux montagnes, aux forêts denses; de -40° à $+55^{\circ}\text{C}$; du temps clair aux orages et aux blizzards et comprenaient de nombreuses combinaisons de tous ces cas extrêmes). Il convient de noter que ces essais utilisaient des configurations d'émetteur de localisation d'urgence (ELT) appropriées et connues, c'est-à-dire: signal cohérent (voir la Note), intensité de signal nominal, source d'énergie convenable, une bonne antenne et des dispositions géométriques compatibles. Les essais en milieu ambiant sur mer étaient exécutés en grande partie de la même manière que les essais sur terre ferme. La variable essentielle dans les essais sur mer est l'état de la mer; il y a aussi le problème inhérent à ces essais qui est de ne pas avoir une connaissance exacte de l'emplacement tant qu'on se trouve sur mer. Ces deux conditions peuvent expliquer les raisons pour lesquelles les résultats d'essais effectués sur mer ne peuvent pas bien se comparer aux résultats d'essais effectués sur terre ferme.

Note. — Dans ce contexte, la définition donnée à un signal cohérent est un signal ayant un spectre contenant une composante de fréquence constante et identifiable; un signal incohérent n'a pas de composante de porteuse prédominante dans le spectre.

TABLEAU VII — *Mesure des caractéristiques de fonctionnement du système à 121,5 MHz*

Paramètre de fonctionnement	Mesure des caractéristiques
Erreur de localisation moyenne ⁽¹⁾	
Essais en mer (km)	23,4
Essais sur terre ferme (km)	17,2
Probabilité de localisation	
Essais en mer (%)	76
Essais sur terre ferme (%)	91
Levée de l'ambiguïté	
Essais en mer (%)	72
Essais sur terre ferme (%)	73
Nombre d'orbites	
Essais en mer	174
Essais sur terre ferme	139
Nombre de localisations	
Essais en mer	189
Essais sur terre ferme	166

⁽¹⁾ L'erreur de localisation est la différence entre la position véritable et la position mesurée, c'est-à-dire, sans tenir compte de l'ambiguïté.

En comparant les résultats d'essais à 121,5 MHz figurant au Tableau VII à ceux des essais à 406 MHz figurant aux Tableaux II à IV, on peut remarquer que les caractéristiques du système à 406 MHz dépassent celles du système à 121,5 MHz pour l'erreur de localisation et la levée de l'ambiguïté encore qu'il apparaisse ne pas y avoir d'amélioration notable pour les caractéristiques de probabilité de localisation par rapport aux balises de 121,5 MHz à signal cohérent utilisées dans l'essai.

Les contributions déjà apportées par le système à 121,5 MHz au soutien des opérations SAR sont notables, même si on utilise des balises de détresse aux conditions de fonctionnement inconnues, dont un grand nombre ont des caractéristiques de fréquences qui ne sont ni cohérentes, ni stables. On pourrait espérer un soutien bien meilleur des opérations SAR en utilisant le système à 406 MHz avec ses caractéristiques améliorées et la fourniture en plus d'un message d'information et d'identification.

Un avantage important du système à 406 MHz sur le système à 121,5 MHz est la réduction des fausses alarmes. Ce sujet est traité au § 5 ci-après.

5. Points qui posent des problèmes à 121,5 MHz

5.1 Réductions des fausses alarmes

Les fausses alarmes de détresse existent depuis que l'on a commencé à utiliser des balises de secours. Les fausses alarmes sont définies ici comme l'émission d'un signal par une balise de secours lorsqu'elle n'est pas en situation de détresse. (Des émissions courtes, conformes à des procédures spécifiées sont autorisées et ne provoquent pas de fausses alarmes.) Avec l'apparition de détection assistée par satellite de balises en exploitation à 121,5 MHz, on a commencé à détecter un grand nombre de fausses alarmes qui n'étaient pas détectées antérieurement, car le système COSPAS/SARSAT a fait apparaître son aptitude à détecter des balises même de puissance très faible. Les autorités responsables de SAR ont toujours adapté les procédures pour maintenir leur efficacité en dépit des problèmes de fausses alarmes aussi bien avant qu'après l'assistance par satellite. L'aptitude extraordinaire des satellites COSPAS/SARSAT à détecter même des balises de très faible puissance, a eu pour conséquence malencontreuse, de capter, en plus des signaux de détresse, toutes les fausses alarmes. Malgré la situation présente, où les fausses alarmes sont nombreuses à 121,5 MHz, les autorités SAR demeurent attentives aux cas de détresse. Il est manifeste que les systèmes opérationnels à venir nécessiteront des améliorations pour réduire le taux des fausses alarmes à un minimum.

Une des étapes les plus positives dans l'élimination des fausses alarmes pourra être franchie avec la mise en œuvre de balises à 406 MHz qui ont une identification unique, des spécifications pour la compatibilité avec les systèmes à satellites et qui n'ont plus les défauts des balises à 121,5 MHz. Le code d'identification unique de la balise à 406 MHz éliminera les recherches inutiles pour un grand nombre de fausses alarmes en permettant des vérifications de communications basées sur des données déterminées à partir du code ID. L'amélioration de la compatibilité avec les systèmes à satellites des balises à 406 MHz éliminera les fausses alertes qui se produisent dans le système au sol et qui sont dues aux particularités de bruit et de modulation qui provoquent des difficultés dans le système à 121,5 MHz. Les spécifications à 406 MHz et la modification des spécifications pour les détecteurs d'accidents des émetteurs de localisation d'urgence (ELT) à 121,5 MHz fourniront un système plus fiable que celui que fournissent actuellement les balises à 121,5 MHz et réduiront aussi les fausses alarmes. Aux Etats-Unis d'Amérique, des modifications sont apportées aux spécifications des balises à 121,5 MHz et des programmes de formation de pilotes et de marins sont en cours concernant le problème de la réduction des fausses alarmes avec les balises actuelles.

6. Conclusions préliminaires

Le système COSPAS/SARSAT fournit un excellent exemple de coopération internationale dont l'objectif est d'établir une compatibilité technique et opérationnelle entre deux systèmes spatiaux complètement indépendants. Le projet, qui est une synthèse des activités du projet soviétique COSPAS et du projet SARSAT du Canada, de la France et des Etats-Unis d'Amérique, projet conjoint en raison d'une technique commune et d'objectifs humanitaires, a été une réussite bien qu'il n'existe que depuis peu de temps. Tandis que l'évaluation détaillée des caractéristiques du système à satellites de recherche et de sauvegarde se poursuit, un certain nombre d'avantages prévus du système sont en train de se réaliser. Ce sont les suivants:

- sauvetage de vies humaines,
- réponse améliorée aux appels de détresse des stations mobiles maritimes, aéronautiques et terrestres,
- utilisation plus efficace des ressources SAR.

En résumé, la phase de démonstration et d'évaluation de COSPAS/SARSAT a fourni les informations suivantes:

- le système COSPAS/SARSAT permet de détecter et de localiser plus rapidement les personnes en détresse, avec pour effet de venir au secours de ceux qui souffrent et d'améliorer la protection des biens;
- il a été démontré que toutes les conditions nécessaires à l'interopérabilité des systèmes COSPAS et SARSAT étaient satisfaites;
- l'expérimentation et l'exploitation à 121,5 MHz ont été réussies. Depuis le 31 août 1985, le système a fourni des données pour l'alerte et la localisation dans 194 cas de détresse à travers le monde dans lesquels 474 survivants furent sauvés;
- l'expérimentation à 406 MHz a fait apparaître les avantages de l'utilisation de balises conçues pour la détection par satellite. Ces avantages comprennent: une couverture mondiale (en mode mondial), une identification des balises et une amélioration de la probabilité de localisation et de la précision de localisation par rapport aux performances de la balise 121,5 MHz actuelle.

7. Résumé et perspectives

Les résultats des essais techniques et relatifs au milieu ambiant présentés dans le présent Rapport démontrent que le système COSPAS/SARSAT a atteint tous les objectifs qui lui ont été assignés. Il fonctionne à 121,5 MHz depuis 1982 et des opérations supplémentaires à 406 MHz ont été lancées en juillet 1985. La démonstration de ce système a été menée à bien même si le nombre de satellites sur orbite était inférieur au nombre spécifié (quatre) durant une bonne partie de la phase de démonstration et d'évaluation. En outre, d'autres parties du système, telles que les techniques et les algorithmes de traitement du signal, ont continué d'être améliorées.

La configuration du satellite sur orbite est conforme à celle qui était prévue. Un plus grand nombre de terminaux d'utilisateur local a été ajouté, dont le premier de ce genre en Amérique du Sud. Un plan prévoyant la mise en place d'un système de centres régionaux de distribution de données dans l'optique d'une distribution mondiale des données de détresse a été élaboré et sera mis au point au cours des prochaines années.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CANADA, FRANCE, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE [septembre 1982] Specification for SARSAT experimental 406 MHz ELT and EPIRB electronics. SARSAT Doc. D-7.
- CANADA [février 1985a] Report of the Canadian Coast Guard 406 MHz EPIRB experiments, COSPAS/SARSAT D and E phase 1984, CCG/TE Report DGTE-106 (TP 6481E) 34-35. Canadian Coast Guard, Ottawa, Canada.
- CANADA [février 1985b] Report of the Canadian Coast Guard 406 MHz EPIRB experiments, COSPAS/SARSAT D and E phase 1984, CCG/TE Report DGTE-106 (TP 6481E). Canadian Coast Guard, Ottawa, Canada.
- CASTETBERT, H. [22 août 1984b] COSPAS-SARSAT programme; multiple access to the satellite, test report of the capacity testing performed with the COSPAS-2 satellite. CNES Doc. DRT/DI/LC number 0205. CNES, Toulouse, France.
- CASTETBERT, H. [20 septembre 1984a] COSPAS-SARSAT programme; système evaluation on COSPAS-3 satellite. CNES, Doc. DRT/DI/LC number 0227, 3, diapositives 1, 2 et 5. CNES, Toulouse, France.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [juillet 1985a] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, États-Unis d'Amérique. App. 11, 3.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [juillet 1985b] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, États-Unis d'Amérique. App. 22, 12 et 31.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [juillet 1985c] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, États-Unis d'Amérique. App. 22, 3.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [juillet 1985d] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, États-Unis d'Amérique. App. 22, 11.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [juillet 1985e] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, États-Unis d'Amérique. App. 22, diapositives 15, 19, 23, 27.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [juillet 1985f] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, États-Unis d'Amérique. App. 13.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT/MARINE DEPARTMENT [1984] Status report on UK COSPAS-SARSAT participation. DOT Paper GTX4/12.3.1/84, 3. Dept. of Transport, Londres, Royaume-Uni.
- FRANCE [septembre 1984a] Demonstration and evaluation results. Briefing at the Seventh COSPAS-SARSAT Coordinating Group meeting, 1^{er} au 5 octobre 1984, Leningrad, URSS. Diapositives 10 et 11.
- FRANCE [septembre 1984b] Demonstration and evaluation results. Briefing at the Seventh COSPAS-SARSAT Coordinating Group meeting, 1^{er} au 5 octobre 1984, Leningrad, URSS. Diapositives 4 et 10 à 12.
- HOVMORK, G. [octobre 1984a] COSPAS-SARSAT system evaluation in Norway. IAF Paper IAA-84-282, 6. International Astronautical Federation Congress, Lausanne, Suisse.
- HOVMORK, G. [octobre 1984b] COSPAS-SARSAT system evaluation in Norway. IAF Paper IAA-84-282, 7 et 8. International Astronautical Federation Congress, Lausanne, Suisse.
- KING, J. V. [mars 1984] COSPAS-SARSAT system performance test results. DOC/CRC/DSS Doc. SAR 84/1, 44 et 45. Dept. of Communications, Ottawa, Canada.
- KING, J. V. [19 août 1985] 406 MHz link margin analysis of the COSPAS-2 and SARSAT-1 satellite system. DOC/CRC Doc. SAR 85/9. Dept. of Communications, Ottawa, Canada.
- NASA/Goddard Space Flight Center [23 janvier 1984a] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1^{er} février 1983 au 31 juillet 1983, 4-2 à 4-8. NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, États-Unis d'Amérique.
- NASA/Goddard Space Flight Center [23 janvier 1984b] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1^{er} février 1983 au 31 juillet 1983, 4-11 à 4-16. NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, États-Unis d'Amérique.
- NASA/Goddard Space Flight Center [23 janvier 1984c] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1^{er} février 1983 au 31 juillet 1983, 4-8 à 4-11. NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, États-Unis d'Amérique.
- NASA/Goddard Space Flight Center [19 juillet 1985a] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1^{er} février 1983 au 31 juillet 1984, 4-7 à 4-8. NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, États-Unis d'Amérique.
- NASA/Goddard Space Flight Center [19 juillet 1985b] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1^{er} février 1983 au 31 juillet 1984, 4-1 à 4-6. NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, États-Unis d'Amérique.
- ROYAUME-UNI [juillet 1985] UK maritime trial, tethered beacon. Results submitted at the First COSPAS-SARSAT Steering Committee (CSSC) Meeting, Seattle, Washington, États-Unis d'Amérique.
- URSS, CANADA, FRANCE, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE [août 1984a] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report.
- URSS, CANADA, FRANCE, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE [août 1984b] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 4-6 à 4-11, 5-27 à 5-31 et 5-34 à 5-36.
- URSS, CANADA, FRANCE, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE [août 1984c] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-16 à 5-22.

URSS, CANADA, FRANCE, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE [août 1984d] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-36 à 5-38.

URSS, CANADA, FRANCE, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE [août 1984e] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-21 à 5-24.

URSS, CANADA, FRANCE, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE [août 1984f] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-19, 5-28 à 5-30.

WESTINGHOUSE [28 juin 1985] COSPAS-SARSAT field test results. Projet de Rapport, Tableaux B.1, B.2, B.8, B.9 et B.10. Westinghouse, Greenbelt, MD, États-Unis d'Amérique.

BIBLIOGRAPHIE

LUSSIER, A. E. [juillet 1985] 406 beacon homing trials. Presented to the SARSAT Joint Working Group meeting. Victoria, BC, Canada.

ANNEXE I

SYSTÈME COSPAS/SARSAT HISTOGRAMMES DES ERREURS DE LOCALISATION

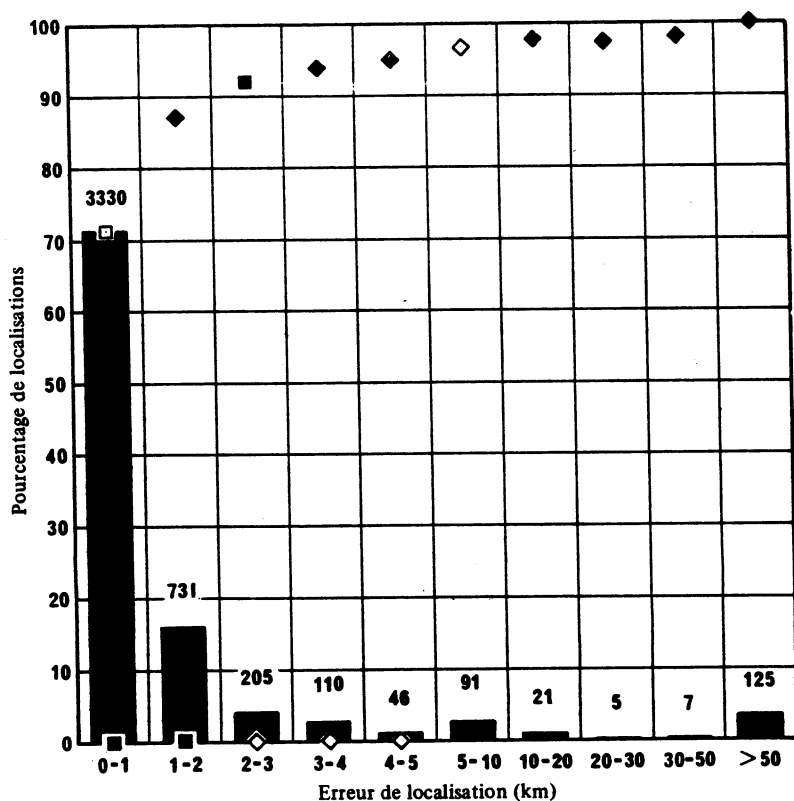


FIGURE 3 – Erreur de localisation mesurée lors des essais techniques de balises sur terre ferme en fonction du pourcentage de localisations

Nombre total de localisations sur lesquelles portent les distributions: 4671

■ Pourcentage du groupe

□ Repère 50%

■ Repère 90%

◇ Repère 95%

◆ Pourcentage cumulatif

Le nombre de localisations par groupe est indiqué au-dessus de chaque colonne

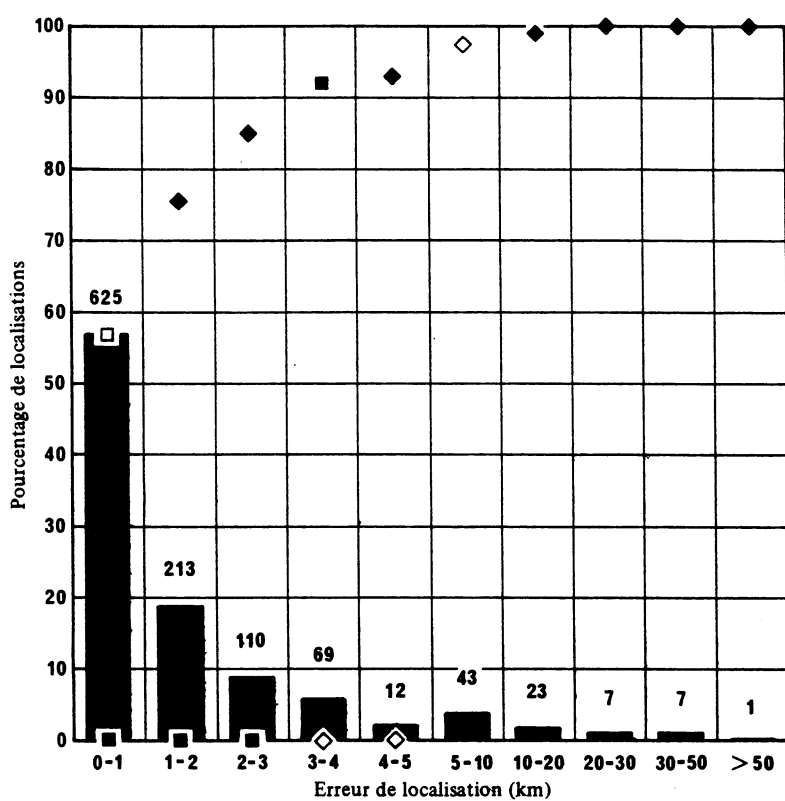


FIGURE 4 – Erreur de localisation mesurée lors des essais en milieu ambiant de balises sur terre ferme en fonction du pourcentage de localisations

Nombre total de localisations sur lesquelles portent les distributions: 1110

■ Pourcentage du groupe

□ Repère 50%

■ Repère 90%

◇ Repère 95%

◆ Pourcentage cumulé

Le nombre de localisations par groupe est indiqué au-dessus de chaque colonne

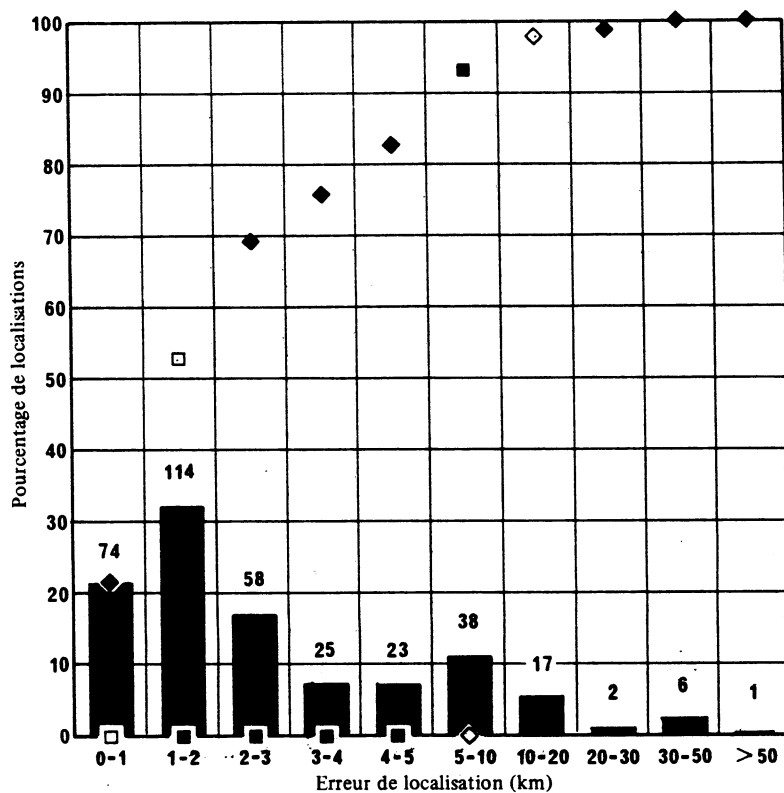


FIGURE 5 – Erreur de localisation mesurée lors des essais en milieu ambiant de balises sur pont de navire en fonction du pourcentage de localisations

Nombre total de localisations sur lesquelles portent les distributions: 358

■ Pourcentage du groupe

□ Repère 50%

■ Repère 90%

◇ Repère 95%

◆ Pourcentage cumulatif

Le nombre de localisations par groupe est indiqué au-dessus de chaque colonne

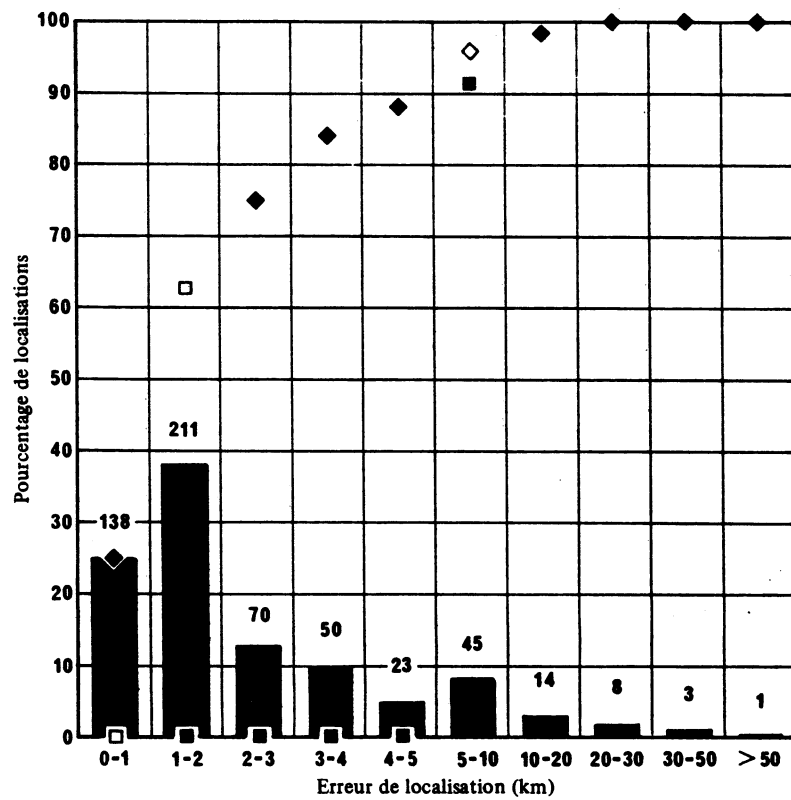


FIGURE 6 – Erreur de localisation mesurée lors des essais en milieu ambiant de balises flottantes en fonction du pourcentage de localisations

Nombre total de localisations sur lesquelles portent les distributions: 563

- Pourcentage du groupe
- Repère 50%
- Repère 90%
- ◇ Repère 95%
- ◆ Pourcentage cumulé

Le nombre de localisations par groupe est indiqué au-dessus de chaque colonne

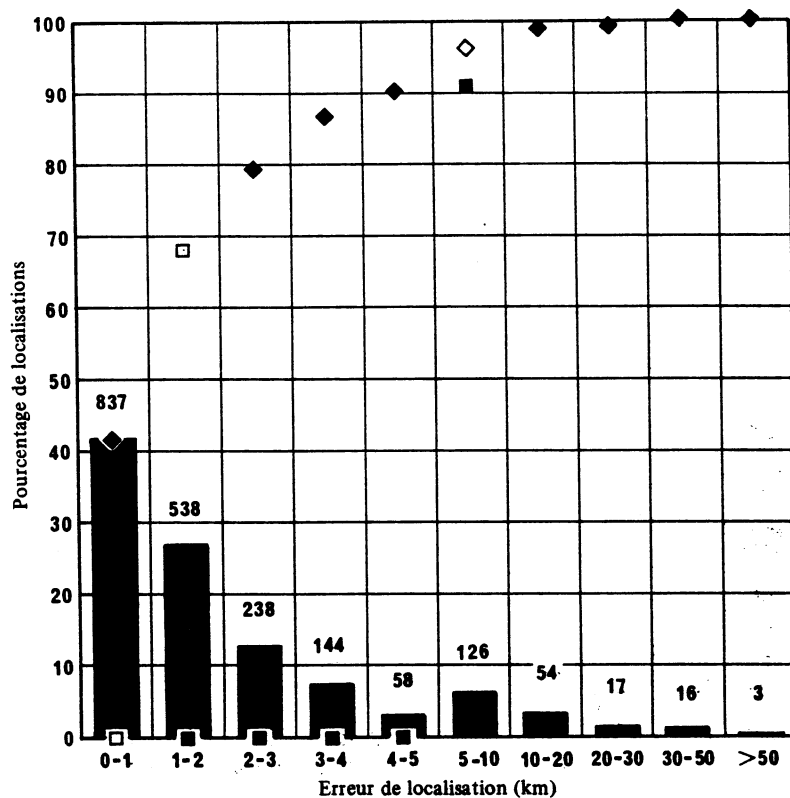


FIGURE 7 – Erreur de localisation mesurée lors des essais en milieu ambiant de toutes les balises en fonction du pourcentage de localisations

Nombre total de localisations sur lesquelles portent les distributions: 2031

■ Pourcentage du groupe

□ Repère 50%

■ Repère 90%

◇ Repère 95%

◆ Pourcentage cumulatif

Le nombre de localisations par groupe est indiqué au-dessus de chaque colonne

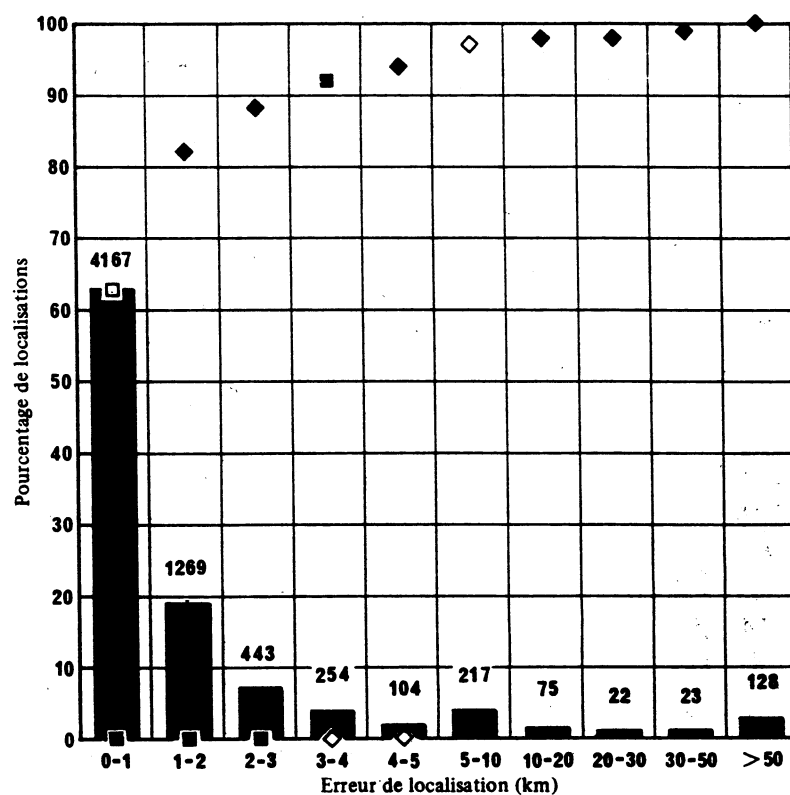


FIGURE 8 – Erreur de localisation mesurée lors de tous les essais de balises en fonction du pourcentage de localisations

Nombre total de localisations sur lesquelles portent les distributions: 6702

■ Pourcentage du groupe

□ Repère 50%

■ Repère 90%

◇ Repère 95%

◆ Pourcentage cumulé

Le nombre de localisations par groupe est indiqué au-dessus de chaque colonne

ANNEXE II

Résultats d'essai dans le cas de mer forte effectué
par l'Administration française

1. Introduction

Etant donné que les renseignements sur les caractéristiques de qualité dans le cas de mer forte étaient limités, l'Administration française a décidé d'effectuer un essai au large de la côte en Bretagne au cours d'un violent orage. La présente annexe contient la description détaillée des résultats de cet essai.

2. Description de l'essai

L'essai a débuté le 29 janvier 1988, lorsqu'un grand remorqueur a déployé deux radiobalises de localisation des sinistres (RLS) par satellite, à une position initiale de 48,43°N et 6,15°E. L'essai s'est terminé le 1er février 1988, lorsque les RLS par satellite ont échoué sur la côte.

La première localisation a été obtenue le 29 janvier à 18:10 UTC; la dernière localisation a été obtenue le 1er février à 14:18 UTC.

On a utilisé deux types différents de RLS par satellite surnageant librement. Tous les deux étaient du matériel du commerce d'un type approuvé par COSPAS-SARSAT. Ces RLS ont été livrées à elles-mêmes de manière à dériver librement. Leurs formes et leurs caractéristiques hydrodynamiques étaient complètement différentes: l'une était une sphère de 30 cm de diamètre et l'autre un cylindre de 30 x 10 cm.

Le terminal d'utilisateur local (LUT) de Toulouse a obtenu la plupart de leurs emplacements car les RLS par satellite étaient dans sa zone de couverture. Toutefois, le réseau mondial COSPAS-SARSAT a été partiellement utilisé et d'autres LUT ont fourni certaines localisations.

Cet essai a eu pour objet d'examiner l'influence de l'état de la mer sur la qualité du système. Le programme d'essai et les résultats présentés tiennent compte du fait que cette influence n'affecte que la liaison RLS vers satellite.

Le Tableau VIII décrit l'état de la mer et la force du vent durant l'essai:

TABLEAU VIII

Etat de la mer et force du vent au cours
de l'essai au large de la Bretagne

Date	29 janvier	30 janvier	31 janvier	1 février
Hauteur des vagues (m)	4 à 5	8 à 10	5 à 6	8 à 10
Force du vent (échelle de Beaufort)	8	10	9	9 à 10

3. Résultats d'essai

Le Tableau IX fournit une synthèse des résultats obtenus pour les probabilités de détection, de localisation et de levée d'ambiguïté ainsi que pour la durée d'attente. Les résultats de la durée d'attente ont été obtenus par des calculs effectués sur les séries d'intervalles entre deux localisations consécutives pour chaque balise. L'examen de ces données indique que la qualité du système n'a pas été effectuée par une mer forte.

Afin de pouvoir comparer la position exacte du navire, telle que calculée par les aides à la navigation, et l'emplacement des RLS, tel que calculé par le système COSPAS/SARSAT, deux RLS ont été activées à bord du navire pendant le passage du satellite, puis jetées à la mer. A la suite de quoi, il n'a plus été possible de comparer la localisation du navire et celle de la balise en raison de l'état de la mer (force 10 sur l'échelle de Beaufort), étant donné que les RLS par satellite dérivait librement pendant l'essai.

Il a été impossible de déterminer avec précision l'erreur de localisation étant donné que les RLS par satellite ont dérivé librement au cours de l'essai. Toutefois, une vérification précise du tracé des localisations montre que pour chaque RLS par satellite, la distance entre deux localisations adjacentes (mesurée en moyenne à des intervalles de plus d'une heure) a rarement dépassé 5 km (cette distance étant la somme de deux erreurs de localisation et de la dérive de la RLS par satellite). Une évaluation qualitative de cette observation montre que l'état de la mer n'a apparemment aucune influence sur l'erreur de localisation.

Le Tableau X indique avec plus de précision les distances de séparation entre les deux RLS par satellite au fur et à mesure de la progression de l'essai. La localisation N° 1 a été relevée sur le pont du remorqueur. Les localisations N°s 2* à 10 permettent une évaluation relative de la précision de localisation, les localisations N°s 8 à 10 montrant l'accroissement progressif de la distance entre les deux RLS par satellite par suite des dérives différentes.

TABLEAU X

Distances de séparation des RLS par satellite lors
de l'essai au large de la côte en Bretagne

N° de localisation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Heure (UTC)	15:45	18:10	18:25	20:05	21:34	21:46	23:20	1:05	1:29	3:15
Distance de séparation (km)	0,7	2,16	2,86	0,41	0,83	5,9	3,2	4,81	5,4	6,9

* La localisation N° 2 a été relevée 10 à 20 minutes après le déploiement des RLS par satellite. L'erreur absolue, y compris la dérive, a été de 1,3 km pour la RLS par satellite N° 1 et de 3,4 km pour la RLS par satellite N° 2.

TABLEAU IX

Résultats relatifs aux caractéristiques de qualité du système par mer forte de l'essai
effectué au large de la côte en Bretagne
du 29 janvier au 1er février 1988*

Angle de site maximal vers le satellite (°)	> 0°									> 0°								
Hauteur des vagues (m)	4-6			8-10			E = 4-10			4-6			8-10			E = 4-10		
Balise	1	2	ε	1	2	ε	1	2	ε	1	2	ε	1	2	ε	1	2	ε
Caractéristique de qualité																		
Nombre de passages de satellite	27	27	54	36	36	72	63	63	126	39	39	78	50	50	100	89	89	178
Nombre de balises détectées	26	26	52	36	33	69	62	59	121	31	33	64	41	41	82	72	74	146
Probabilité de détection de balises (%)	96,3	96,3	96,3	100	91,7	95,8	98,4	93,6	96	79,5	84,6	82	82	82	82	80,9	83	82
Nombre de balises localisées	25	24	49	35	33	68	60	57	117	26	30	56	40	37	77	66	67	133
Probabilité de localisation de balises (%)	92,6	88,9	90,7	97,2	91,6	94,4	95,2	90,5	92,8	66,6	76,9	71,8	80	74	77	74,1	75,3	74,7
Nombre de solutions correctes de localisation de balises	25	23	48	34	33	67	59	56	115	26	29	55	38	37	75	65	65	130
Probabilité de levée d'ambiguïté au premier passage (%)	100	95,8	97,9	97,1	100	98,5	98,3	98,2	98,3	100	96,6	98,2	95	100	97,4	98,5	95	97,7
Durée d'attente (min): minimale																10	10	
Durée d'attente (min): 50% médiane																51	45	
Durée d'attente (min): 90%																92	82	
Durée d'attente (min): maximale																240	225	

* Durée de l'essai: 68 heures.

** La localisation des balises est définie au § 2.2.4 du corps principal du Rapport 919.

ANNEXE III

Résultats des essais effectués au Japon sur terre ferme et en mer1. Introduction

L'adoption du Système COSPAS-SARSAT comme élément essentiel du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM) et la participation active du Japon dans l'Organisation maritime internationale (OMI) ont conduit tout naturellement le Gouvernement japonais à s'intéresser au Système COSPAS-SARSAT. Le Japon avec l'approbation du Conseil COSPAS-SARSAT (CSC), au début de 1988, a procédé à une évaluation indépendante des possibilités du Système COSPAS-SARSAT en détection et en localisation par message à 406 MHz [Green, 1989].

L'évaluation japonaise du Système COSPAS-SARSAT s'est effectuée en réalisant un essai de fonctionnement du système dans lequel des RLS par satellite à 406 MHz ont été mises en service, les messages de localisation associés ont été reçus et traités et les résultats ont été évalués par l'administration pertinente chargée de l'essai. L'essai a été conçu et réalisé au Japon avec la coopération entière du CSC.

L'essai s'est déroulé en cinq phases: une phase de protection contre le brouillage, deux phases sur la côte dans lesquelles des RLS par satellite ont été déployées sur terre ferme et deux phases au large de la côte dans lesquelles des RLS par satellite ont été déployées en mer. L'essai s'est déroulé entre la mi-décembre 1987 et le début juillet 1988.

1.1 Objet de l'essai

L'essai japonais a eu pour premier objectif d'évaluer quantitativement les possibilités du Système COSPAS-SARSAT dans l'acquisition et le traitement des émissions disponibles à 406 MHz des RLS par satellite de qualité commerciale situées sur la terre ferme au Japon et en mer dans les eaux territoriales japonaises.

Pour atteindre cet objectif, des RLS par satellite à 406 MHz, ont été déployées comme l'indique la Figure 9, les données correspondantes ont été rassemblées, fournies par le réseau au sol COSPAS-SARSAT, et des analyses appropriées ont été effectuées.

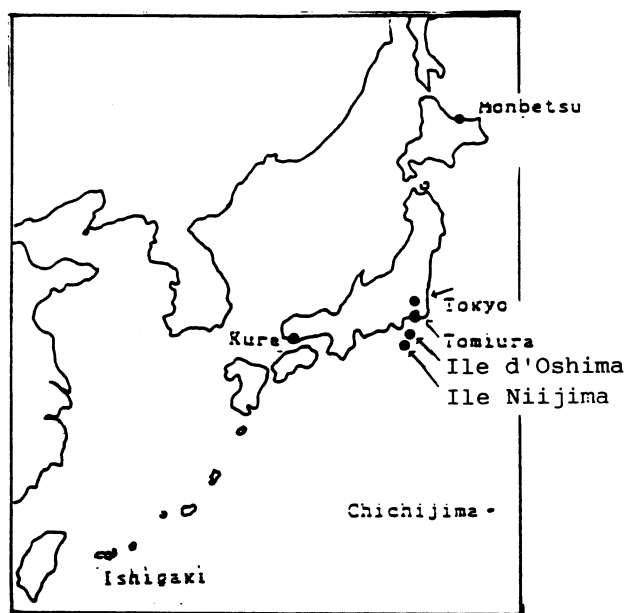


FIGURE 9

Localisation des RLS par satellite au cours de l'essai japonais

1.2 Structure de l'essai

La structure en cinq phases de l'essai japonais est représentée à la Figure 10. Il y a lieu de noter qu'il ne s'est trouvé aucun obstacle notable au fonctionnement au-dessus d'un angle de site de 5° à n'importe quel emplacement d'installation.

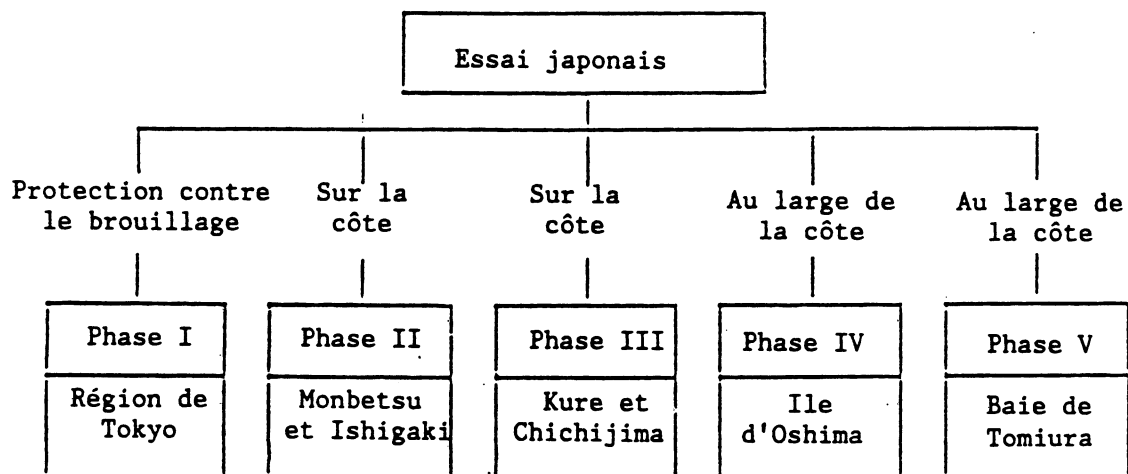


FIGURE 10

Structure d'essai de l'essai japonais

La phase I de l'essai, qui s'est déroulée entre mi-décembre 1987 et mi-janvier 1988, a été conçue pour effectuer des recherches sur la possibilité de brouillage à 406 MHz dans la région de Tokyo et de confirmer la fiabilité de l'interface opérationnelle entre le réseau au sol COSPAS-SARSAT et du point de contact de recherche et de sauvetage japonais (JSPOC). Au cours de cette phase, quatre RLS par satellite basées sur la terre ferme ont été mises en service simultanément dans la ville d'Higashimurayama dans la banlieue de Tokyo comme cela est indiqué sur la carte de la Figure 9.

La phase II de cet essai qui s'est déroulée au début de février 1988 a été conçue pour évaluer la réaction du Système COSPAS-SARSAT aux RLS par satellite situées sur la côte. Au cours de cette phase, quatre RLS par satellite ont été mises en service simultanément, deux près de la côte de Monbetsu et deux sur l'île de Ishigaki comme cela est indiqué sur la carte de la Figure 9.

La phase III de cet essai qui s'est déroulée à la fin de février 1988 a été conçue pour continuer d'évaluer la réaction du Système COSPAS-SARSAT aux RLS par satellite situées sur la côte. Au cours de cette phase quatre RLS par satellite ont été mises en service simultanément, deux à la ville de Kure et deux sur l'île de Chichijima comme cela est indiqué sur la carte de la Figure 9.

La phase IV de cet essai, qui s'est déroulée à la mi-mars 1988, a été conçue pour évaluer la réaction du Système COSPAS-SARSAT aux RLS par satellite situées au large des côtes. Au cours de cette phase, quatre RLS par satellite ont été mises en service simultanément en mer, au sud de Tokyo, entre l'île d'Oshima et l'île de Niijima comme cela est indiqué sur la carte de la Figure 9. Les RLS par satellite ont surnagé librement à la surface de la mer et ont été déployées en deux configurations. Initialement, chaque RLS par satellite a été reliée à un radeau de sauvetage gonflable par une corde de nylon de 4 mm environ de diamètre et de 10 m de long et une ancre marine a été attachée au radeau de sauvetage pour empêcher une dérive excessive provoquée par le vent. Par la suite au cours de cette phase, les RLS par satellite ont été redéployées à la surface de la mer à l'est de l'île de Niijima. A cet emplacement, les RLS par satellite surnageant librement ont été reliées à l'arrière d'un navire de patrouille en stationnement, avec une corde en nylon de 100 m.

La phase V de cet essai, qui s'est déroulée au début de juillet 1988, a été conçue pour continuer d'évaluer la réaction du Système COSPAS-SARSAT aux RLS par satellite situées au large des côtes. Au cours de cette phase, trois RLS par satellite ont été mises en service simultanément en mer près de Tokyo dans la baie de Tomiura comme cela est indiqué sur la carte de la Figure 9. Les RLS par satellite ont flotté librement à la surface de la mer et ont été attachées par des cordages à une petite bouée qui était ancrée au fond de la mer.

1.3 Conditions d'environnement

Les conditions d'environnement à chaque emplacement d'essai au moment de la mise en service de RLS par satellite sont résumées dans le Tableau XI.

TABLEAU XI

Conditions d'environnement

Phase d'essai	II	II	III	III	IV	V
Localisation Environnement	Monbetsu	Ishigaki	Kure	Chichijima	Niijima (mer)	Tomiura (mer)
Température de l'air (°C)	-18 à -2	18 à 26	4 à 15	17 à 23	8 à 17	21 à 28
Température de l'eau (°C)	-	-	-	-	18	22
Vitesse du vent (m/s)	-	-	-	-	5 à 15	0 à 5
Hauteur des vagues (m)	-	-	-	-	3 à 5	0 à 0,5
Temps	Beau	Beau Clair	Pluvieux Nuageux	Nuageux Beau	Orageux	Nuageux Beau

1.4 Réseau d'acquisition de données

Les localisations de RLS par satellite mises en service au cours de cet essai ont été calculées par le Système COSPAS-SARSAT et ces localisations calculées ont été transmises au JSPOC à Tokyo.

1.5 RLS par satellite

Quatre RLS par satellite à 406 MHz, fonctionnellement codées, utilisées dans les cinq phases de cet essai ont été du type COSPAS-SARSAT approuvé et leurs caractéristiques physiques sont décrites dans le Tableau XII.

Toutes les RLS par satellite ont été conçues pour des utilisations en surnageant librement mais fonctionnent également sur la terre ferme lorsqu'elles sont installées en conséquence. Aucune phase d'essai n'a dépassé 48 heures, c'est-à-dire la durée de vie des piles dont sont munies ces RLS par satellites, et toutes les piles ont été changées entre les phases d'essai.

TABLEAU XII

Caractéristiques physiques de RLS par satellite utilisées
dans l'essai japonais

Désignation	Pays de fabrication	Masse (kg)	Hauteur totale (mm)	Centre de gravité* (mm)
RLS A	Japon	12,410	990	250
RLS B	Japon	6,650	883	203
RLS C	France	6,215	310	125
RLS D	Norvège	3,515	570	191

* Mesuré à partir du bas de la RLS par satellite.

2. Evaluation des données

L'analyse des données associée à cet essai a tenu compte des quatre caractéristiques principales du système, définies ci-dessous:

- 1) Probabilité de localisation de balise: pourcentage de passages de satellite prédits au-dessus des RLS par satellite en service qui ont donné lieu à la production et à la transmission de message de localisation de balise au JSPOC.
- 2) Probabilité de détection de balise: pourcentage de passages de satellite prédits au-dessus des RLS par satellite en service qui ont donné lieu à la production et à la transmission de message de localisation de balise ou de détection de balise au JSPOC.
- 3) Levée d'ambiguïté: capacité du système à sélectionner la localisation correcte d'une RLS par satellite (plutôt que son image inversée) à partir de la couple de localisations calculée.
- 4) Erreur de localisation: distance entre la localisation réelle d'une RLS par satellite et sa localisation calculée.

Il y a lieu de noter que seuls les passages de satellite au-dessus des RLS par satellite en service pour lesquelles l'angle de site maximal balise-vers-satellite a été égal ou supérieur à 8 degrés ont été inclus dans le programme de prédiction de passage. Ceci a éliminé des résultats d'analyse toutes les caractéristiques de système correspondant à des angles faibles. La durée d'attente n'a pas été mesurée pendant l'essai.

3. Résultats d'évaluation

Les résultats de l'analyse des données sont représentées dans ce paragraphe par les caractéristiques principales du système.

Il y a lieu de noter qu'un centre de contrôle de mission (MCC) n'a pas eu la possibilité de transmettre les données, au cours d'une phase d'essai, au JSPOC en raison des incompatibilités entre activités d'essai et d'exploitation. C'est pourquoi, ces données ne sont pas comprises dans ces résultats.

3.1 Probabilité de localisation de balise

Une localisation de RLS par satellite est calculée et une prise en compte dans le désordre de localisation de RLS par satellite est émise à un LUT (ou MCC) pour chaque passage de satellite au-dessus d'une RLS par satellite en service, dans laquelle un nombre minimal requis d'émissions de RLS par satellite est reçu (c'est-à-dire trois ou quatre émissions de RLS par satellite, suivant le LUT).

Du total des 366 passages de satellite au-dessus des RLS en service à tous les emplacements couverts par cet essai, 348 passages ont abouti au calcul des localisations et à la production de messages de localisation de RLS par satellite; ceci correspond à 95,1% des passages disponibles qui ont eu pour résultat des messages de localisation. Lorsqu'on examine séparément les données pour des emplacements sur terre ferme et les données pour des emplacements en mer, les probabilités de localisation de balise ont donné les résultats suivants: 94,6% pour les emplacements "sur terre ferme" (244/258) et 96,3% pour les emplacements "en mer" (104/108).

3.2 Probabilité de détection de balise

Un message de détection de RLS par satellite est émis à un LUT pour chaque passage de satellite au-dessus d'une RLS par satellite en service, dans lequel au moins une émission de RLS par satellite est reçue mais moins que le nombre minimal requis pour déterminer la localisation d'une RLS par satellite.

Du total des 366 passages de satellite prédits au-dessus des RLS par satellite en service à tous les emplacements couverts par cet essai, 350 passages ont donné lieu à la production de message de détection ou de localisation; ce qui correspond à 95,6% des passages disponibles qui ont eu pour résultat des messages de détection ou de localisation. Lorsqu'on examine séparément les données des emplacements sur terre ferme et les données des emplacements en mer, les probabilités de détection de balise ont donné les résultats suivants: 95,3% pour les emplacements sur terre ferme (246/258) et 96,3% pour les emplacements en mer (104/108).

3.3 Levée de l'ambiguïté

Chaque calcul de localisation de RLS par satellite donne deux localisations, l'une étant la localisation correcte de la balise et l'autre une image inversée. Les algorithmes de localisation emploient des techniques variées pour lever l'ambiguïté et choisir la localisation correcte.

Des 718 couples de localisations de RLS par satellite qui ont été fournies par deux centres de contrôle de mission COSPAS-SARSAT, l'ambiguïté de localisation a été correctement levée dans 710 cas; c'est-à-dire que la levée de l'ambiguïté a été correcte pour 98,9% des localisations calculées.

Lorsqu'on examine séparément les données des emplacements sur terre ferme et les données des emplacements en mer, les levées d'ambiguïté suivantes ont été obtenues : 99,2 % pour la terre ferme (487/491) et 98,2 % en mer (223/227).

3.4 Erreur de localisation

L'erreur dans le calcul des localisations de RLS par satellite est décrite qualitativement dans les histogrammes des Figures 11 et 12 et est donnée quantitativement dans le Tableau XIII.

La répartition composite des localisations des RLS par satellite obtenues par le calcul autour des localisations réelles des balises est représentée par les points de dispersion de la Figure 13. Toutes les localisations calculées situées entre ± 10 km en latitude et ± 10 km en longitude de la position réelle, sont contenues dans cette figure.

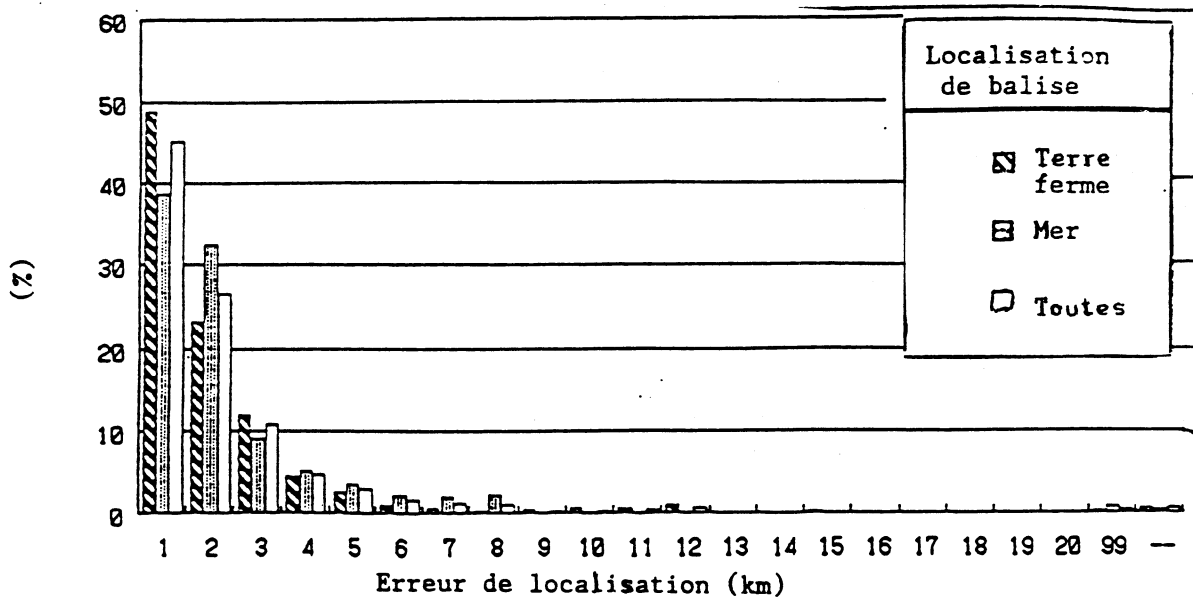


FIGURE 11

Répartition de l'erreur de localisation

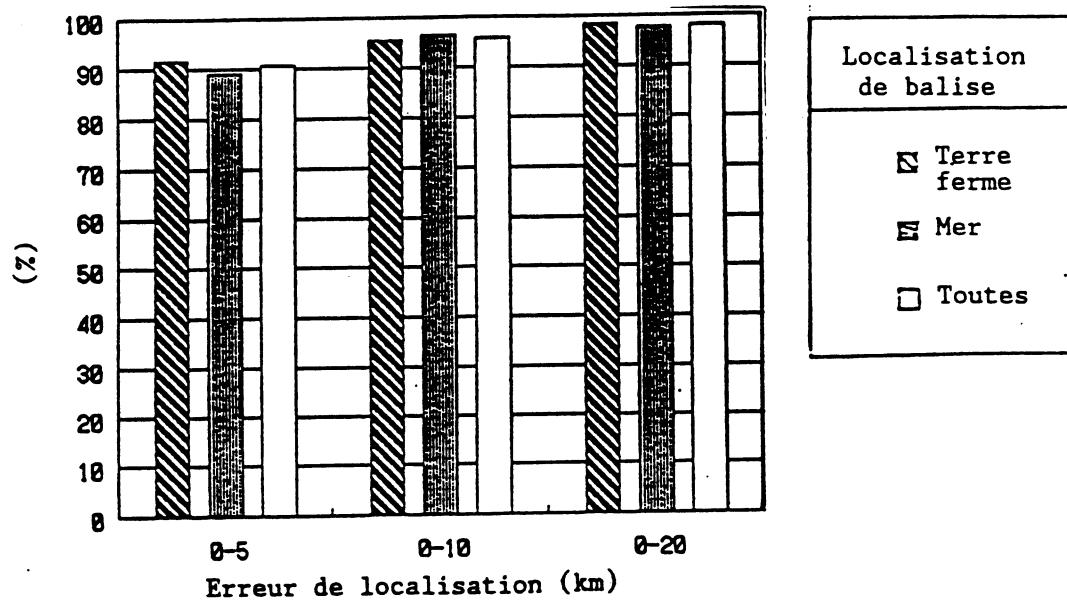


FIGURE 12

Erreur cumulative de localisation

TABLEAU XIII

Répartition des erreurs de localisation

Erreur de localisation (km)	Localisation de RLS par satellite (%)					
	sur terre ferme		en mer		toutes	
		cumulative		cumulative		cumulative
0-1	48,9	48,9	38,8	38,8	45,2	45,2
1-2	23,5	72,4	32,5	71,3	26,8	72,0
2-3	12,2	84,6	9,1	80,4	11,0	83,0
3-4	4,7	89,3	5,2	85,6	4,9	87,9
4-5	2,8	92,1	3,8	89,4	3,2	91,1
5-6	1,2	93,3	2,4	91,8	1,7	92,8
6-7	0,8	94,1	2,1	93,9	1,3	94,1
7-8	0,4	94,5	2,4	96,3	1,2	95,3
8-9	0,6	95,1	0,3	96,6	0,5	95,8
9-10	0,8	95,9	0,0	96,6	0,5	96,3
10-11	0,8	96,7	0,3	96,9	0,6	96,9
11-12	1,2	97,9	0,0	96,9	0,8	97,7
12-13	0,2	98,1	0,0	96,9	0,1	97,8
13-14	0,2	98,3	0,0	96,9	0,1	97,9
14-15	0,4	98,7	0,0	96,9	0,3	98,2
15-16	0,0	98,7	0,0	96,9	0,0	98,2
16-17	0,0	98,7	0,3	97,2	0,1	98,3
17-18	0,0	98,7	0,3	97,5	0,1	98,4
18-19	0,0	98,7	0,3	97,8	0,1	98,5
19-20	0,0	98,7	0,0	97,8	0,0	98,5
> 20	1,3	100,0	2,2	100,0	1,5	100,0

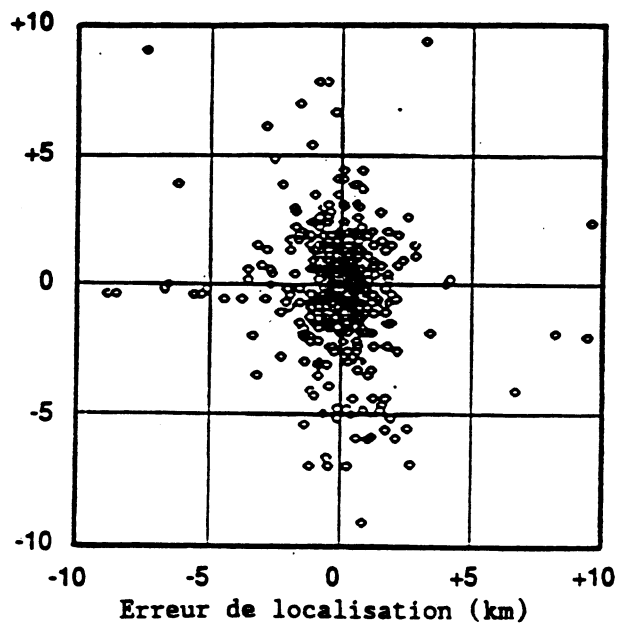


FIGURE 13

Tracé des points de dispersion de l'erreur de localisation

Il y a lieu de noter que:

- 1) 91,1% de toutes les localisations calculées sont dans les limites de 5 km de la localisation véritable.
- 2) 96,3% de toutes les localisations calculées sont dans les limites de 10 km de la localisation véritable.
- 3) 98,5% de toutes les localisations calculées sont dans les limites de 20 km de la localisation véritable.
- 4) Il apparaît qu'il n'existe pas de différences notables dans les erreurs de localisation entre les RLS par satellite déployées sur la terre ferme et celles qui sont déployées en mer.
- 5) Il apparaît qu'il n'existe aucune disposition systématique notable dans la répartition des localisations calculées des RLS par satellite autour des localisations réelles correspondantes.

4. Résumé et conclusions

En résumé, quatre types approuvés de RLS par satellite fonctionnant à 406 MHz ont été déployés et mis en service à sept emplacements au Japon et dans les eaux territoriales japonaises au cours d'une période de 7 mois, et les résultats ont été les suivants:

- 1) 95,1% des émissions de RLS par satellite disponibles ont donné lieu à la production de messages de localisation de balise.
- 2) 95,6% des émissions de RLS par satellite disponibles ont donné lieu à la production de messages de localisation ou de détection de balise.
- 3) 98,9% des ambiguïtés de localisation ont été levées correctement.
- 4) 91,1%, 96,3% et 98,5% des localisations calculées ont été correctes à l'intérieur des 5 km, 10 km et 20 km, respectivement, des localisations réelles.
- 5) Les caractéristiques de qualité du système mesurées au cours de cet essai ont fait ressortir une amélioration importante si on les compare à celles obtenues au moyen des données des phases D et E en ce qui concerne la probabilité de localisation de balise et la levée d'ambiguïté, et elles ont été approximativement les mêmes pour la probabilité de détection de balise et l'erreur de localisation de balise. Ces données comparatives sont présentées au Tableau XIV.

En fonction de ces résultats, on peut conclure que le Système COSPAS-SARSAT est efficace dans la localisation précise des RLS par satellite fonctionnant à 406 MHz et la transmission de ces localisations à la communauté de recherche et de sauvetage (SAR) existante.

ANNEXE IV

Données comparatives des caractéristiques de qualité du système

Le Tableau XIV permet de comparer les caractéristiques de qualité des RLS par satellite à 406 MHz obtenues durant l'essai sur l'environnement (en surnageant) de la phase D et E (démonstration et évaluation) et durant les tests consécutifs effectués par la France et le Japon. Les résultats de la phase D et E sont reproduits dans les Tableaux I, IIb, IIc, IIe, III et IV; les essais effectués par la France dans des conditions de forte houle sont reproduits dans le Tableau IX de l'Annexe II; les essais d'évaluation du système COSPAS-SARSAT effectués par le Japon sont décrits dans l'Annexe III. Un examen de toutes ces données fait apparaître que les meilleurs résultats ont été obtenus (amélioration de 10% environ) au cours des essais effectués par les Français et les Japonais, par comparaison avec les essais en phase D et E pour la probabilité de localisation de balise et la levée d'ambiguïté, et la même constatation s'applique à peu près à la probabilité de détection de balise et à l'erreur de localisation.

TABLEAU XIV

Données comparatives des caractéristiques de qualité du système

Type d'essai	Essais d'environnement D et E			Essais sur mer forte français	Essais japonais		
Localisation de balise Caractéristique du système	sur terre ferme	en mer (flottement)	toutes localisations	en mer (flottement)	sur terre ferme	en mer (flottement)	toutes localisations
Probabilité de localisation de balise (%)	90	83	85,9	92,8	94,6	96,3	95,1
Probabilité de détection de balise (%)	98	98	98	96,0	95,3	96,3	95,6
Levée d'ambiguïté (%)	89	88	88,3	98,3	99,2	98,2	98,9
Erreur de localisation (km):							
50ème percentile	0-1	1-2	1-2	-	1-2	1-2	1-2
90ème percentile	1-5	5-10	5-10	-	4-5	5-6	4-6
95ème percentile	5-10	5-10	5-10	-	8-9	7-8	7-8

* La probabilité de localisation de balise est définie au § 2.2.4 du corps principal du Rapport 919.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GREEN, L.G. et YOSHIDA, K. [avril 1989] Japan evaluates the COSPAS-SARSAT system. Proc. of the 1989 Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) Annual Assembly Meeting, Seattle, Etats-Unis d'Amérique.