

HISTOIRE ET EXPÉRIENCE DU PROGRAMME INTERNATIONAL COSPAS-SARSAT DE SATELLITES POUR LES RECHERCHES ET LE SAUVETAGE

COMITÉ CONSULTATIF IAF / IAA / IISL POUR LES ACTIVITÉS HISTORIQUES

Publié par la Fédération Astronautique Internationale 2016

IAF/IAA/IISL ADVISORY COMMITTEE ON HISTORY ACTIVITIES

HISTOIRE ET EXPÉRIENCE DU PROGRAMME INTERNATIONAL COSPAS-SARSAT DE SATELLITES POUR LES RECHERCHES ET LE SAUVETAGE

Directeur de publication : Daniel Lévesque, rédacteur en chef
Fédération internationale d'astronautique (IAF), Paris
30 juillet 2016

Table des matières

		Page
	Avant-propos du Président de la Fédération internationale d'astronautique	i
	Préface du Président du Conseil Cospas-Sarsat	ii
	Résumé	iv
	Album photo du Programme Cospas-Sarsat	ix
Chapitre 1	**Politiques spatiales, systèmes à satellites et balises de détresse avant Cospas-Sarsat**	
1.1	Les politiques spatiales dans les années 1960 et 1970	1-1
1.2	Le nouveau gisement des télécommunications mobiles par satellite et de la localisation par satellite	1-5
1.3	Les communications d'urgence et les balises de détresse avant Cospas-Sarsat	1-12
Chapitre 2	**Naissance des systèmes de détection et de localisation des alertes de détresse par satellite**	
2.1	Tour d'horizon des politiques spatiales et de la coopération spatiale internationale chez les partenaires Cospas-Sarsat dans les années 1960 et 1970	2-1
2.2	La genèse de Sarsat	2-8
2.3	La genèse de Cospas	2-16
2.4	Le projet conjoint Cospas-Sarsat : un mariage de raison réussi	2-19
2.5	Les systèmes GEOSAR	2-32
Chapitre 3	**Conception, développement, démonstration et évaluation du Système Cospas-Sarsat**	
3.1	Le système LEOSAR	3-1
3.2	Démonstration et évaluation du système LEOSAR	3-13
3.3	Le système mixte LEOSAR-GEOSAR 406 MHz	3-21
Chapitre 4	**Le long cheminement vers une nouvelle organisation internationale**	
4.1	L'acceptation au niveau international : un objectif global	4-1
4.2	Points marquants des négociations de l'Accords relatif au Programme international Cospas-Sarsat	4-7
4.3	L'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat (ICSPA)	4-24
4.4	Une nouvelle organisation internationale	4-31
4.5	Le passage de débuts informels à une organisation internationale mature	4-39

Chapitre 5 Mise en service opérationnelle du Système Cospas-Sarsat et développements ultérieurs

5.1 La construction d'un système opérationnel 5-1
5.2 Fiabilité du système, mise en service des équipements et procédures de certification 5-12
5.3 Principaux résultats opérationnels jusqu'en 2009 5-13
5.4 Arrêt des services d'alerte par satellite à 121,5 MHz 5-19
5.5 Réactions des utilisateurs de balises de détresse : du scepticisme à l'acceptation désinvolte 5-28

Chapitre 6 Aspects économiques des alertes de détresse par satellite

6.1 Coût des opérations SAR et aspects économiques des services SAR utilisant le satellite 6-1
6.2 La réglementation et le marché des balises de détresse 6-10
6.3 Les LUT et les MCC Cospas-Sarsat : un marché étroit 6-15

Chapitre 7 Au-delà de 2009 – l'avenir du Système Cospas-Sarsat

7.1 La révolution des systèmes de télécommunications mobiles dans les années 90 7-2
7.2 MEOSAR et l'avenir de Cospas-Sarsat 7-5
7.3 Conclusion provisoire de l'étude historique Cospas-Sarsat 7-9

Annexe 1 Sigles et acronymes A1-1

Annexe 2 La coopération internationale en matière de recherche et sauvetage (SAR)

1 Le dispositif SAR maritime A2-1
2 Le dispositif SAR aéronautique A2-6
3 Autres opérations SAR sur terre A2-9
4 Rôle de l'Union internationale des télécommunications (UIT) A2-10

Annexe 3 États et organisations participant au Programme Cospas-Sarsat A3-1

Annexe 4 Bibliographie et références de l'étude A4-1

Annexe 5 Participants à l'étude et remerciements A5-1

Avant-propos

En ma qualité de Président de la Fédération internationale d'astronautique, j'ai l'immense plaisir de saluer la publication du rapport d'étude sur l'histoire et l'expérience du Programme international Cospas-Sarsat de satellites pour les recherches et le sauvetage. Lancé à la fin des années 1970, une période difficile d'affrontement Est-Ouest, le Programme Cospas-Sarsat atteste du pouvoir de la coopération internationale lorsqu'elle s'appuie sur les technologies spatiales pour répondre aux besoins de l'humanité. En offrant un moyen rapide et fiable de relayer des signaux de détresse aux quatre coins de la planète, les satellites Cospas-Sarsat sont capables de détecter les situations de détresse dans les lieux les plus reculés et d'alerter les services de secours en quelques minutes. Des dizaines de milliers de vies ont pu ainsi être sauvées depuis le déploiement des premiers récepteurs-processeurs Cospas-Sarsat à bord des satellites russes et américains en orbite polaire au début des années 1980, et le service n'a pas cessé de fonctionner depuis.

Cet ouvrage retrace dans un style très vivant les origines des systèmes d'alerte de détresse en expliquant l'apport majeur des satellites aux systèmes préexistants. Il décrit le fonctionnement du Système Cospas-Sarsat et les excellents résultats obtenus pendant la phase expérimentale, puis relate le long processus d'acceptation par des organisations internationales telles que l'OMI et l'OACI, jusqu'à ce que l'organisation Cospas-Sarsat trouve sa structure juridique et sa forme définitives.

Je suis extrêmement reconnaissant à Daniel Lévesque, Chef du Secrétariat de Cospas-Sarsat durant de longues années, d'avoir accepté de diriger les travaux d'étude, ainsi qu'à toutes les personnes ayant participé à l'élaboration de ce rapport. Je tiens à remercier également le Comité consultatif conjoint IAA-IAF-IISL sur l'histoire de l'astronautique (ACHA), qui a supervisé la production du document.

Kiyoshi Higochi
Président
Fédération internationale d'astronautique

Préface

C'est un honneur et un grand plaisir pour moi, en tant que Président du Conseil Cospas-Sarsat, de présenter cette remarquable étude consacrée à l'histoire et à l'expérience du Programme international Cospas-Sarsat.

Le Programme Cospas-Sarsat pour les recherches et le sauvetage a mis en place un système à satellites unique, capable de détecter et de localiser les balises activées par des avions, des navires ou des aventuriers (randonneurs, alpinistes, motoneigistes, etc.) en détresse. Le système fournit dans un délai très court des données d'alerte et de position précises et fiables aux autorités de recherche et de sauvetage qui ont pour mission de porter secours aux personnes en détresse, même dans les lieux les plus reculés de la planète. Le service est totalement gratuit pour les personnes secourues. Aujourd'hui, le Système comprend plusieurs constellations de satellites, un grand nombre de centres de contrôle de mission et de stations terriennes, et environ 1 800 000 balises de détresse. Il a contribué à secourir plus de 40 000 personnes dans le cadre de plus de 11 000 opérations de recherche et de sauvetage. Ces dernières années, Cospas-Sarsat a permis de sauver en moyenne 7 vies chaque jour.

Tout au long de cet ouvrage, Daniel Lévesque, qui a dirigé le Secrétariat Cospas-Sarsat durant de nombreuses années, nous fait partager sa vaste expérience alliée au savoir d'autres contributeurs de plusieurs pays pour analyser en profondeur l'histoire du programme depuis ses débuts jusqu'en 2009, et faire apparaître de façon saisissante l'inspiration et la détermination de ses initiateurs. L'auteur apporte un éclairage unique sur les multiples facettes de cette aventure, qui dut surmonter nombre de problèmes techniques, opérationnels, financiers, juridiques, organisationnels, stratégiques et diplomatiques. Ce document remonte le fil des événements ayant abouti au système actuel, en passant par les premiers pas du système dans le contexte singulier de la Guerre froide et son acceptation par les organismes de recherches et de sauvetage dans le monde ainsi que par des organisations internationales comme l'OACI et l'OMI.

Si le récit et l'analyse contenus dans cet ouvrage s'arrêtent en 2009, le Programme international traverse depuis d'importants changements. Cospas-Sarsat a commencé en effet à travailler sur le cahier des charges d'une nouvelle génération de balises de détresse et à préparer la transition progressive des satellites en orbite basse vers des satellites en orbite moyenne qui devraient commencer à fournir des données opérationnelles en 2016. Comme le montre l'étude, le Système Cospas-Sarsat s'est adapté en permanence à l'évolution de son environnement. Les participants au Système travaillent aujourd'hui à la mise au point de balises de détresse aéronautiques qui répondront aux nouvelles exigences de veille des détresses aéronautiques du Système mondial de détresse et de sécurité aéronautique de l'OACI. Tous ces nouveaux développements, qui sont probablement les plus importants de toute l'histoire du programme, attestent de sa vitalité exceptionnelle.

Je remercie ici chaleureusement Daniel Lévesque, les membres de l'équipe de rédaction ainsi que toutes les personnes ayant apporté leur concours à cet ouvrage particulièrement instructif et précieux. Cette préface est l'occasion pour moi de rendre hommage à l'ensemble de la communauté Cospas-Sarsat : les quatre pays fondateurs – le Canada, la Russie, les États-Unis et la France – et les trente-huit autres pays et organisations participants, le Secrétariat de l'organisation éponyme basée à Montréal, leurs partenaires privés et publics et, parmi eux, les services de recherches et de sauvetage. Ils ont tous consacré de formidables efforts à l'une des causes les plus nobles : sauver des vies humaines. C'est pourquoi je considère Cospas-Sarsat comme l'un des plus remarquables programmes internationaux dans le secteur spatial, dont l'histoire et l'expérience méritaient d'être transmis à ses acteurs présents et futurs, ainsi qu'à tous ceux qui s'intéressent aux programmes de coopération internationale ayant des composantes techniques et opérationnelles. Daniel Lévesque et l'équipe de rédaction se sont brillamment acquittés de cette mission.

Bruno Chazal
Président du Conseil Cospas-Sarsat

RÉSUMÉ

Le projet Cospas-Sarsat de satellites pour les recherches et le sauvetage (SAR) est lancé en 1979 par quatre institutions basées au Canada, aux États-Unis, en France et en Union soviétique. Aujourd'hui, le Système Cospas-Sarsat transmet dans des délais très brefs de nombreuses alertes de détresse émises à terre ou en mer, accompagnées de données de position fiables, évitant ainsi aux équipes SAR de longues et coûteuses opérations de recherches parfois infructueuses après la disparition d'un aéronef, d'un navire ou de personnes. À l'aube du vingt et unième siècle, Cospas-Sarsat reste un modèle unique de coopération internationale rassemblant 42 États et organisations, qui assure un service par satellite permanent, accessible à tous et fourni gratuitement aux usagers en détresse en tout point du globe. Il convient ici de souligner la clairvoyance des pionniers du Système et le dévouement exceptionnel de nombreux professionnels de l'industrie et du secteur public au sein des pays et des organisations participants.

Politiques spatiales, contexte SAR international et ELT 121,5 MHz

Après la course à la Lune des années 1960, les politiques spatiales de la décennie suivante sont réorientées vers les applications spatiales en orbite terrestre, notamment les systèmes satellitaires de télécommunications mobiles et de navigation. Les années 70 voient aussi l'essor extraordinaire du commerce maritime et de l'aviation commerciale. La navigation de plaisance et l'aviation privée se développent également. Les balises de détresse deviennent abordables grâce à la technologie analogique VHF des émetteurs de localisation d'urgence (ELT) 121,5 MHz et, à la suite de plusieurs incidents d'aviation très médiatisés, des réglementations nationales rendent l'emport d'ELT obligatoire sur les aéronefs aux États-Unis et au Canada. Les balises ELT sont ensuite adoptées par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et intégrées dans les normes internationales. Néanmoins, outre quelques sérieux défauts techniques sur les premiers modèles d'ELT 121,5 MHz, il manque un système de veille mondiale pour augmenter les chances de détecter et de localiser les alertes de détresse. Un système à satellites en orbite terrestre basse (LEO) utilisant la technique de localisation Doppler inaugurée par le Canada apparaît comme la seule réponse viable au besoin urgent d'un dispositif de veille et de localisation des alertes de détresse à 121,5 MHz.

À la fin des années 70, une Convention internationale sur la recherche et le sauvetage maritimes[1] est adoptée et l'Organisation maritime internationale (OMI) travaille activement à l'élaboration d'un nouveau Système mondial de détresse et de sécurité en mer (le SMDSM)[2]. Le système Inmarsat de télécommunications mobiles par satellites qui entre en service en 1982 semble promis à devenir un élément central du SMDSM, combiné à des systèmes de radiocommunications terrestres. Le SMDSM prévoit également un dispositif d'alerte de détresse automatique utilisant des radiobalises de localisation des sinistres (RLS ou EPIRB en anglais – *Emergency Position-Indicating Radio Beacon*).

Le projet Cospas-Sarsat : deux systèmes à satellites interopérables

La technique analogique 121,5 MHz des balises ELT déjà utilisées dans l'aviation limite beaucoup les performances du système à satellites envisagé par le Canada et les États-Unis du point de vue de la couverture, de la capacité et de la précision de localisation. Une bande de fréquences à 406 MHz a été réservée aux RLS satellite par l'Union internationale des télécommunications (UIT) et la technique

1/ La Convention SAR de Hambourg de 1979.

2/ Voir l'annexe 2 pour plus de détails sur la coopération internationale en matière de recherches et de sauvetage aéronautique et maritime.

numérique mise au point par la France pour le système de collecte de données et de localisation Argos est considérée comme la meilleure option si l'on veut avoir un système à satellites plus perfectionné pour assurer la transmission et la localisation des alertes de détresse. Cependant, il est impossible de ne pas tenir compte des 150 000 ELT fonctionnant sur la fréquence 121,5 MHz qui sont déjà déployées aux États-Unis et au Canada. Le projet de coopération Sarsat relatif à des « satellites pour les recherches et le sauvetage », conclu entre le ministère canadien des Communications (MDC), le Centre national d'études spatiales (CNES) de la France et l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA) des États-Unis, est donc conçu pour répondre à un double objectif :

- mettre en place le système de veille et de localisation nécessaire pour les ELT existantes à 121,5 MHz ;
- expérimenter la nouvelle technologie 406 MHz dans le but d'améliorer les performances (couverture mondiale, identification de la balise émettrice et localisation Doppler précise).

En URSS, le ministère soviétique de la Marine marchande (MORFLOT) a engagé un projet similaire en vue d'apporter une assistance aux navires en détresse. Son système à satellites Cospas privilégie la technologie numérique 406 MHz, qui doit donner de bien meilleurs résultats en mer que l'ancien système 121,5 MHz. Dans un contexte pourtant marqué par la Guerre froide, la coopération spatiale internationale est revenue dans l'air du temps et l'idée de combiner les deux projets pour rendre les systèmes interopérables présente incontestablement des avantages immenses. Si les émissions des balises de détresse sont relayées par n'importe quel satellite du Système Cospas-Sarsat vers n'importe quelle station terrienne de réception, le temps d'attente avant qu'un satellite passe en visibilité d'un site de détresse sera divisé par deux. Les quatre partenaires se lancent donc dans l'élaboration, la mise en œuvre, la démonstration et l'évaluation du système conjoint à satellites Cospas-Sarsat pour les recherches et le sauvetage. Le projet démarre officiellement en 1979 avec la signature d'un arrangement entre le MDC, le CNES, la NASA et MORFLOT. Le succès est au rendez-vous et l'aventure se poursuit avec un second arrangement signé en 1984 pour permettre l'utilisation opérationnelle du système à satellites.

L'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat

Très peu de temps après le lancement du premier satellite (Cospas 1 en 1982), le Système Cospas-Sarsat démontre sa capacité à assister les autorités SAR[3], et après les résultats probants de la phase de démonstration et d'évaluation, les partenaires peuvent déclarer le système à satellites opérationnel. Mais il est encore loin d'être accepté sur le plan international. La communauté SAR mondiale s'inquiète de l'absence de fondements institutionnels permettant de garantir un libre accès au système à satellites et sa continuité à long terme. Même si le cadre de coopération unique en son genre qui a servi à mettre en place le Système Cospas-Sarsat donne la possibilité à d'autres pays de participer et de contribuer au Système, il est jugé insuffisant pour assurer la gestion d'un système opérationnel international. Les quatre partenaires ayant des politiques spatiales divergentes et des contraintes juridiques incompatibles, il faudra trois ans de négociations tendues pour parvenir à un consensus sur les dispositions institutionnelles propres à satisfaire la communauté internationale. Le 1er juillet 1988, l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat (ICSPA, *International Cospas-Sarsat Programme Agreement*) est signé à Paris (France). Il garantit l'avenir du Système Cospas-Sarsat et ouvre la voie à son adoption par l'OMI en tant que composante du SMDSM.

L'ICSPA encourage d'autres États, non Parties à l'Accord quadripartite, à participer en qualité de « Fournisseur du segment sol » ou d'« État utilisateur », ce qui donne un nouvel élan à la transformation

3/ Voir le cas SAR Ziegleheim au chapitre 2, section 2.4.3.

du système expérimental en un service satellitaire véritablement opérationnel, ouvert à tous les pays et gratuit pour l'utilisateur final en situation de détresse. Il institue un Secrétariat servant d'organe administratif permanent du Programme, chargé d'assister le Conseil Cospas-Sarsat. L'ICSPA contribue incontestablement à protéger le Système des bouleversements politiques qui conduisent à la dissolution de l'URSS en décembre 1991. La Fédération de Russie reprend ensuite tous les engagements de l'URSS dans le Programme Cospas-Sarsat. En 2009, un total de 42 États et organisations participent activement au fonctionnement du Système et à la gestion du Programme conformément aux dispositions de l'ICSPA.

Passage d'un système à satellites expérimental à un dispositif SAR opérationnel

Les fondements institutionnels du Programme se sont fait attendre longtemps et, en 1988, il reste encore beaucoup à faire pour atteindre les objectifs d'un service satellitaire véritablement opérationnel. Des stations terriennes de réception sont installées dans un nombre croissant de pays participants. Il faut garantir et régulièrement évaluer l'exactitude des données d'alerte et la fiabilité des performances du Système. Il faut aussi concevoir et mettre en place un réseau de communication mondial permettant de distribuer de manière fiable et rapide les alertes de détresse aux autorités SAR, ainsi que des procédures appropriées pour gérer efficacement le flux continu de données d'alerte. Tout cela est réalisé dans les années 90, parallèlement au développement d'une nouvelle capacité d'alerte en temps quasi-réel pour le système 406 MHz, avec l'utilisation de répéteurs embarqués sur des satellites géostationnaires (GEO) opérationnels mis à disposition par les États-Unis, l'Inde et l'organisation EUMETSAT[4].

Déménagement du Secrétariat Cospas-Sarsat à Montréal (Québec, Canada)

Pour des raisons politiques, les Parties à l'ICSPA n'avaient pas accordé un statut juridique indépendant au nouveau « Programme ». Ce choix impliquait que les services du Secrétariat seraient assurés par une organisation internationale existante aux termes de dispositions contractuelles séparées. L'organisation Inmarsat basée à Londres (Royaume-Uni) avait été retenue pour fournir les services du Secrétariat. Mais en 1999, la propriété et l'exploitation du système à satellites Inmarsat sont transférées à une nouvelle entité privée, Inmarsat Ltd. L'ancienne « organisation internationale Inmarsat » est maintenue dans le cadre d'une convention révisée et sous une nouvelle identité, l'« Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites » (IMSO), qui devient ainsi la nouvelle demeure du Secrétariat Cospas-Sarsat. Néanmoins, cet épisode a mis en évidence la fragilité des arrangements institutionnels existants, puisque le Conseil Cospas-Sarsat n'a aucun contrôle sur l'organisation accueillant le Secrétariat. Il est donc décidé de trouver un statut juridique indépendant pour le Programme et son Secrétariat. En 2005, un nouvel Accord conclu entre le Canada, les États-Unis, la Fédération de Russie et la France donne au Programme le statut juridique d'une personne morale, selon la loi canadienne, jouissant des privilèges et immunités d'une organisation internationale. Le Secrétariat déménage à Montréal (Québec, Canada) en juillet 2005.

Fausses alertes et arrêt du traitement par satellite des signaux 121,5 MHz

Les succès du Système Cospas-Sarsat ne peuvent effacer quelques problèmes fâcheux, notamment une grande quantité de fausses alertes (c'est-à-dire des alertes générées en l'absence de détresse) dues principalement à des dysfonctionnements de balises activées automatiquement et à des interférences dans la bande de fréquences 121,5 MHz. Les fausses alertes sont une source de préoccupation majeure pour les autorités SAR, en particulier celles provoquées par les ELT 121,5 MHz qui ne donnent pas l'identité de l'émetteur et nécessitent un long processus de traitement par le personnel des centres de coordination de

4/ EUMETSAT : Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques.

sauvetage (RCC). S'ajoute à cela le développement aussi rapide qu'inattendu des « balises de localisation personnelle » (BLP ou PLB en anglais) – des terminaux portatifs à usage personnel. La multiplication des BLP 121,5 MHz bon marché qui équiperont aussi, à terme, des navires, et les conséquences potentielles sur le fonctionnement des RCC d'une hausse des fausses alertes risquent d'entraîner un rejet du Système s'il est jugé peu fiable et contraignant pour les services SAR. Face à ces inquiétudes, l'OMI puis finalement l'OACI demandent à Cospas-Sarsat de programmer et d'organiser l'arrêt du traitement par satellite des émissions des balises 121,5 MHz.

La question est extrêmement délicate et les organismes de réglementation qui avaient autorisé ou imposé l'usage des balises 121,5 MHz sont placés devant un dilemme. Le nombre estimé de balises 121,5 MHz a franchi la barre des 600 000 unités en l'an 2000 et continue d'augmenter. En outre, les associations de propriétaires d'avions privés en Amérique du Nord sont fortement opposées à l'abandon de la fréquence 121,5 MHz au profit de la nouvelle balise 406 MHz, essentiellement à cause du coût élevé du rééquipement des aéronefs.

Malgré les résistances et après de longs débats difficiles, Cospas-Sarsat décide en 2000 de mettre fin au traitement par satellite des signaux 121,5 MHz le 1er février 2009 et adopte un calendrier de retrait détaillé afin de préparer la transition. Cette décision entraîne une hausse spectaculaire du nombre de balises ELT, RLS et BLP à 406 MHz, qui atteint presque les 950 000 en 2009. Toutefois, elle ne parvient pas à convaincre tous les propriétaires d'aéronefs privés, et certains pays autorisent les propriétaires à conserver les anciennes ELT fixes 121,5 MHz, à condition d'emporter aussi à bord une BLP 406 MHz.

Aspects économiques des services d'alerte de détresse par satellite Cospas-Sarsat

En 2006, Inmarsat Ltd décide de mettre fin au système de RLS en bande L, une alternative à la solution 406 MHz Cospas-Sarsat qui n'avait pas été largement adoptée par les utilisateurs. Le système d'alerte de détresse Cospas-Sarsat à 406 MHz devient alors l'unique norme internationale. Néanmoins, la fourniture d'un service d'alerte par satellite gratuit pour les propriétaires de balises de détresse et pour les autorités SAR demeure une préoccupation financière légitime. Une analyse coûts/avantages réalisée aux États-Unis en 1996 montre clairement les économies qui pourraient découler du passage des ELT 121,5 MHz à des balises 406 MHz plus performantes. Des analyses sont effectuées en 2000 au Canada sur les gains effectivement induits en termes de coûts de recherches lorsqu'un signal de balise et des données d'alerte Cospas-Sarsat sont disponibles pour l'opération de sauvetage.

Sur la base des données de ces études et d'un recensement des coûts d'investissement dans les systèmes à satellites LEO et GEO, une analyse prudente montre que, sur les dix premières années de fonctionnement du Système Cospas-Sarsat (1990-1999), les économies annuelles estimées sur les coûts de recherche de navires et d'avions disparus sont du même ordre de grandeur que les coûts annuels d'investissement typiques (33 millions USD). Pendant la décennie suivante (2000 à 2009), elles s'élèvent à 1,6 fois les coûts annuels moyens d'investissement, selon des estimations basées sur l'augmentation de l'utilisation du Système. Seul le coût des recherches a été pris en compte dans ces estimations.

Durant la première décennie (1990 à 1999), la valeur annuelle moyenne du marché des balises 406 MHz est du même ordre que les coûts moyens annuels d'investissement dans le système à satellites. Pendant les dix années suivantes (2000 à 2009), le marché des balises 406 MHz est en moyenne 2,7 fois supérieur aux coûts annuels d'investissement dans le système à satellites.

MEOSAR : l'avenir du Système Cospas-Sarsat

Activités de Cospas-Sarsat

Entre septembre 1982 et la fin 2014, les données d'alerte Cospas-Sarsat ont été utilisées dans plus de 11 070 événements SAR au cours desquels au moins 39 565 personnes ont été secourues.

Source : Données relatives au Système Cospas-Sarsat n°41 (déc. 2015)

Les années 1990 voient arriver une vague de nouveaux projets de systèmes de télécommunications mobiles par satellite, susceptibles de concurrencer Cospas-Sarsat. À de rares exceptions près, la plupart ont disparu en 2002. Les partenaires Cospas-Sarsat commencent à envisager de remplacer le système LEO à 406 MHz par les constellations GNSS en orbite terrestre de moyenne altitude (MEO), qui peuvent offrir des performances supérieures. En 2009, la transition de Cospas-Sarsat vers un système mixte GEO/MEO est bien engagée. La mise en place du système MEOSAR devrait assurer la poursuite du succès du Programme Cospas-Sarsat dans les années à venir.







Les écussons Sarsat et Cospas-Sarsat successifs illustrent le caractère de plus en plus international du projet, qui a réuni d'abord trois puis quatre parties avant de s'ouvrir à l'association officielle d'autres pays. Les balises personnelles (BLP) sont aussi apparues comme une nouvelle dimension de la base des utilisateurs, à côté des avions et des navires.



Ottawa (Canada) – juillet 1979

Le premier Arrangement Cospas-Sarsat est préparé en juillet 1979 lors d'une réunion organisée à Ottawa (Canada) et signé officiellement en novembre 1979 à Léningrad (URSS). Cette photo prise à la réunion d'Ottawa immortalise la conclusion fructueuse des discussions préliminaires (voir la section 2.4).

De gauche à droite :

M. Youri Zourabov, Morsviazsputnik (URSS)
M. Jean-Louis Moalic, CNES (France)
D. Bert Blevis, MDC (Canada)
D. John McElroy, NASA (États-Unis)



Une contribution canadienne rapidement adoptée par tous. Décrypter le jeu de mots*, pas forcément évident à comprendre pour les délégués des autres pays, fut utilisé comme un exercice collectif de « team building ».
* Soutenez les services de recherches et le sauvetage : **ALLEZ AU DIABLE** ! (sens littéral : PERDEZ-VOUS !)

Toutes les photos et images des pages ix à xii sont fournies avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat



Premier sauvetage utilisant les données d'alerte Cospas-Sarsat à 121,5 MHz - 10 septembre 1982

Le récit du cas SAR Ziegleheim, survenu dans les grandes étendues sauvages de Colombie-Britannique, au Canada, se trouve au chapitre 2, section 2.4. En 2009, lorsque le traitement par satellite des signaux 121,5 MHz est arrêté, plus de 3 500 situations de détresse à 121,5 MHz ont été enregistrées, au cours desquelles près de 9 000 personnes ont été secourues.



CSCG-4
Williamsburg (Virginie, États-Unis) – octobre 1982

Des toasts à la vodka pour célébrer les premiers succès de la coopération internationale.
De gauche à droite :
M. Bob Lowell, NASA
M. Tom McGunigal, représentant des États-Unis, NASA
M. Youri Zourabov, représentant de l'URSS, Morsviazsputnik
M. Gérard Brachet, représentant de la France, CNES
M. Don McKinnon, représentant du Canada, MDC
M. Bernie Trudell, Directeur technique du projet Sarsat, NASA
Derrière, de droite à gauche :
M. Claude Augoyard, CNES
M. Laurie Moore, ministère britannique des Transports
M. Fred Flatow, NASA



Premier sauvetage en mer utilisant les données d'alerte Cospas-Sarsat à 121,5 MHz - 10 octobre 1982

Le bateau de plaisance *Gonzo* chavire avec trois personnes à bord dans l'Atlantique, à 300 milles au large de la Nouvelle-Angleterre. Les seules données d'alerte et de position sont fournies par le Système Cospas-Sarsat à 121,5 MHz. L'équipage est secouru par le patrouilleur *Vigourous* de la Garde côtière américaine avec l'assistance du pétrolier *California Gerry* et du cargo *Atlantic Ace*, par une mer de 7 mètres.



Un peu de détente
après une réunion tendue du Conseil
Inmarsat, Londres (Royaume-Uni), 1989

De gauche à droite :
Youri Zourabov (URSS), Jim Bailey (États-Unis)



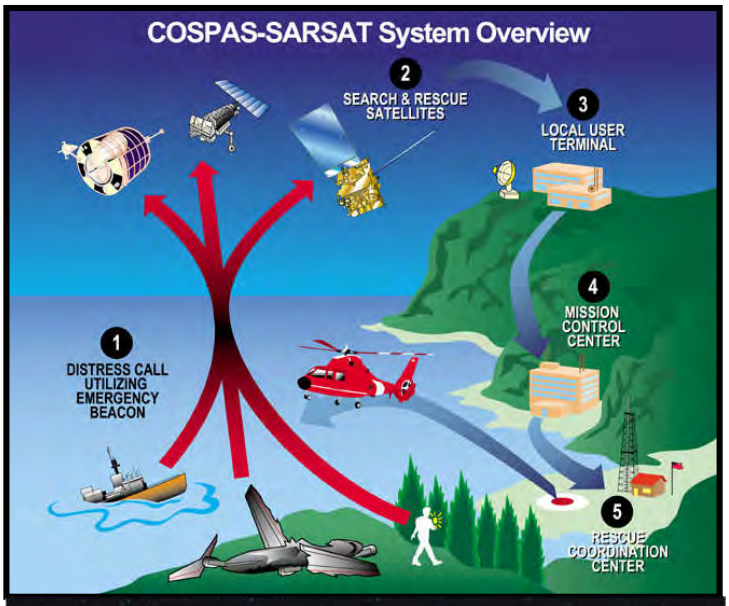
Radiobalises de localisation des sinistres maritimes (RLS 406 MHz)

Balises de localisation personnelles (BLP 406 MHz)





Émetteurs de localisation d'urgence aéronautiques (ELT 406 MHz)





Segment spatial Cospas-Sarsat
Vues d'artiste du système polaire LEO de la NOAA Advanced Tiros N (Sarsat), des satellites LEO Nadejda (Cospas) et, derrière, le satellite géostationnaire américain GOES.

LEOLUT Cospas-Sarsat
Station de réception pour le système à satellites LEOSAR (modèle CAL 1981)





Ministère français des Affaires étrangères à Paris (France) – 1er juillet 1988
Cérémonie de signature de l'ICSPA dans le Salon de l'horloge au Quai d'Orsay

De gauche à droite :

M. C. P. Srivastava, Secrétaire général de l'Organisation maritime internationale (OMI)
M. William Evans, Ministre adjoint du Commerce des États-Unis
M. O. A. Savine, Vice-ministre de la Marine marchande de l'URSS (MORFLOT)
M. Gilbert Perol, Secrétaire général du ministère des Affaires étrangères de la France
M. David S. Wright, Ambassadeur par intérim du Canada en France
M. Dieter Bartkowski, Directeur régional du Bureau régional de l'OACI à Paris, représentant du Secrétaire général de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)



Paris, 1er juillet 1988 – Dernières corrections au compte rendu de la réunion du CDCS

De gauche à droite :
M. Dick Hodgson, représentant du Canada
M. Youri Zourabov, représentant de l'URSS
M. Jim Bailey, représentant des États-Unis



Avril 2003, Moscou (Russie)

De gauche à droite :
M. Valery Bogdanov – Directeur général de Morsviazsputnik, représentant de la Russie au Conseil
M. Ajay Mehta – représentant des États-Unis, NOAA

Lors de sa 30e réunion en 2003, le Conseil Cospas-Sarsat décide d'explorer les solutions possibles pour donner au Programme un statut juridique indépendant. Cette réflexion aboutit en 2005 à la signature d'un nouvel Accord et au déménagement du Secrétariat à Montréal (Québec, Canada).

Chapitre 1

Politiques spatiales, systèmes à satellites et balises de détresse avant Cospas-Sarsat

1.1 Les politiques spatiales dans les années 1960 et 1970

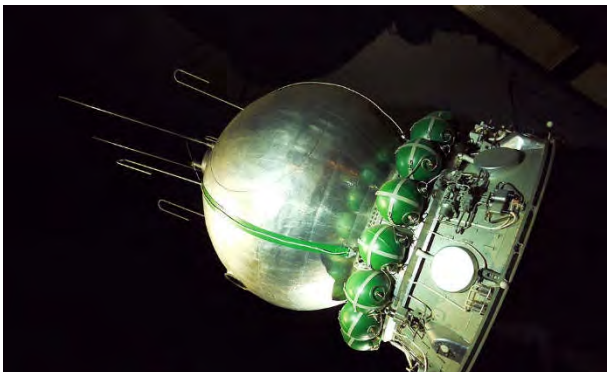
Il est difficile d'imaginer aujourd'hui la stupéfaction des médias et du grand public à l'annonce du lancement du premier Spoutnik en 1957. Dans les années 1960 l'événement est encore dans toutes les mémoires et le monde entier se passionne pour la course à la Lune. Au cours de la décennie suivante l'état d'esprit n'est déjà plus le même et, avec le premier choc pétrolier en 1973, les habitants de notre planète se rendent compte que les victoires remportées dans l'espace ne font pas avancer des problèmes plus terre-à-terre. Les politiques spatiales vont devoir s'adapter au nouveau contexte pour continuer à bénéficier du soutien nécessaire à de nouvelles avancées.

1.1.1 Les débuts de la compétition spatiale

Premier satellite à être placé en orbite autour de la Terre, Spoutnik 1 est lancé le 4 octobre 1957 par l'URSS. Cet exploit qui ouvre de nouveaux horizons déclenche l'enthousiasme aux quatre coins du monde, mais ses incidences militaires et stratégiques ne sont pas sans susciter une certaine agitation et quelques inquiétudes sur le plan politique. Une course à la conquête de l'espace – ainsi qu'au prestige et au pouvoir associés à cette conquête – s'engage entre les deux super-puissances : les États-Unis et l'Union soviétique. Elle n'est que le prolongement et l'extension de la « Guerre froide » qui vise la suprématie politique.

L'exploration de l'espace semble progresser à pas de géant et la course à la Lune bat son plein. Le premier engin inhabité à atteindre le satellite naturel de la Terre, Luna 2, est lancé par l'URSS et s'y pose le 13 septembre 1959. Il est suivi par Luna 3, qui transmet les premières images de la face cachée de la Lune, jamais observée auparavant, puis par trois vaisseaux américains Ranger.

Le premier vol orbital habité est réalisé par l'URSS le 12 avril 1961[1] avec le vaisseau Vostok, talonné par le premier vol suborbital américain du vaisseau Mercury le 5 mai 1961.[2] Les États-Unis envoient sur la Lune les premiers êtres humains[3] : ils atterrissent sur la mer de la Tranquillité le 20 juillet 1969 durant la mission Apollo 11, moins de 10 ans après le premier vol spatial habité. Cette formidable prouesse marque le début d'une série de succès répétitifs et l'engouement du public commence à faiblir, bien que les péripéties de la mission Apollo 13 ravivent temporairement l'intérêt des



Le vaisseau Vostok
utilisé pour le premier vol habité en 1961

1/ Youri Gagarine

2/ Alan Shepard

3/ Neil Armstrong et Buzz Aldrin

médias pour ce qui demeure une entreprise périlleuse. Le dernier vol habité vers la Lune a lieu en 1972 et n'a pas été renouvelé à ce jour, après plus de 40 ans. La compétition Est-Ouest dans l'espace et sur la Terre n'est pas terminée, mais les États ont d'autres priorités et les financements sont à la baisse pour une course qui n'apporte pas de bénéfices économiques clairs.

Ainsi que l'écrivain de science-fiction Arthur C. Clark l'avait rêvé en 1945, l'ère moins prestigieuse des « applications spatiales » avait en réalité commencé dans les années 1960 mais était passée relativement inaperçue à l'ombre du succès des vols habités. Dans les années 1970, les priorités évoluent progressivement de l'exploration habitée de l'espace à l'observation du ciel et de la Terre par des satellites automatiques.

1.1.2 Les méandres de la coopération spatiale Est-Ouest dans les années 1960 et 1970

La concurrence féroce que se font les États-Unis et l'Union soviétique donne naissance à deux programmes spatiaux extraordinaires. Dans le domaine spatial, les deux pays ont essentiellement un double objectif de sécurité nationale et de politique étrangère, qui transforme l'espace en un terrain d'affrontement intense dans le but d'acquérir des avantages politiques et militaires. Entre 1957 et 1991, les relations agitées entre les États-Unis et l'Union soviétique sont souvent ponctuées de périodes de défiance ou d'hostilité ouverte.

L'Année géophysique internationale (AGI), un programme multinational de recherches scientifiques lancé en 1957 afin d'étudier la Terre d'une manière approfondie et coordonnée, offre la première occasion de coopération internationale dans le domaine de l'espace. L'AGI comporte un certain nombre de lancements de fusées-sondes. Durant la préparation de l'AGI, les organisateurs ont appelé les États-Unis et l'Union soviétique à réfléchir à la possibilité de lancer des satellites scientifiques. Le 4 octobre 1957, ce qui semblait n'être qu'un énième essai de lancement d'un missile balistique intercontinental soviétique (la fusée R7) met en orbite le premier satellite artificiel, Spoutnik 1, suivi du Spoutnik 2 en novembre 1957. Le premier satellite des États-Unis, Explorer 1, est lancé en janvier 1958. L'une des principales découvertes de l'AGI est l'identification, la localisation et la confirmation des ceintures intérieure et extérieure de radiations de Van Hallen.[4]

En 1957 et 1958, les États-Unis et l'Union soviétique explorent des initiatives de coopération possibles, notamment la mise en place d'un processus visant à garantir les utilisations pacifiques de l'espace. Dans le même temps, les États-Unis travaillent activement à un programme international sous l'égide des Nations Unies en vue d'élaborer un cadre juridique pour les activités spatiales pacifiques. Ces efforts aboutissent à la création du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique des Nations Unies[5] et à la signature du Traité de l'espace.[6]

4/ Étude de l'IAF/ACHA : « The International Geophysical Year: Initiating International Scientific Space Cooperation », publiée en 2012.

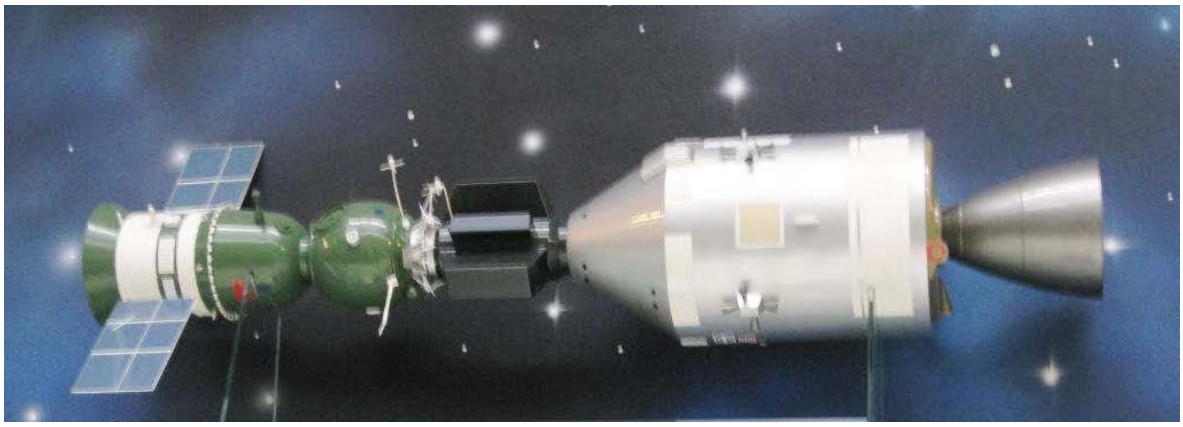
5/ Le COPUOS, Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, est un comité permanent de l'ONU créé par l'Assemblée des Nations Unies en 1959.

6/ Le « Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes », appelé également « Traité de l'espace », est signé le 10 janvier 1967 et entre en vigueur le 10 octobre 1967.

Début 1962, un échange de lettres entre le Président J.F. Kennedy et le Premier ministre N. Khrouchtchev amorce une nouvelle phase de la coopération spatiale entre les États-Unis et l'Union soviétique, qui porterait sur trois grands domaines :

- l'échange de données météorologiques obtenues par satellite et, à terme, le lancement coordonné de satellites météorologiques ;
- la cartographie du champ magnétique terrestre ;
- l'utilisation expérimentale de satellites pour le relais des radiocommunications.

La crise des missiles de Cuba en octobre 1962 met un coup d'arrêt à toutes les activités publiques de coopération spatiale entre les États-Unis et l'Union soviétique. Il faut attendre les années 70, c'est-à-dire la fin de la course à la Lune et la définition de nouveaux objectifs d'exploration de l'espace, pour voir la coopération spatiale reprendre. L'amarrage en orbite des deux vaisseaux Soyouz et Apollo, en juillet 1975[7], est une manifestation d'amitié américano-soviétique aussi rare que sensationnelle pendant la Guerre froide. Né de la volonté des dirigeants politiques des deux pays, le projet Apollo-Soyouz s'avère très compliqué à gérer des deux côtés, en particulier à cause des incompatibilités entre les conceptions des deux engins. Chaque partie poursuit ensuite ses propres objectifs de vols habités en orbite basse. L'idée d'une station spatiale internationale ne germera que plusieurs décennies plus tard et le projet Apollo-Soyouz n'a pas réellement de suites.



Maquette des vaisseaux Apollo et Soyouz amarrés
(Musée de l'astronautique de Moscou - Photo D. Levesque 2011)

Peu après la mission Apollo-Soyouz, les deux parties se rencontrent pour réfléchir à d'éventuels projets spatiaux communs et décident de créer un groupe de travail bilatéral spécial. Un certain nombre d'expériences américaines dans les domaines des sciences de la vie et des biosciences sont placées sur des vaisseaux Cosmos entre 1977 et 1979 (voir le chapitre 2, section 2.1).

À la suite de l'intervention de l'URSS en Afghanistan en décembre 1979, tout espoir d'une coopération Est-Ouest importante dans l'espace s'évanouit. La Maison-Blanche n'autorise plus que des projets de coopération de faible envergure avec l'Union soviétique, au cas par cas. Le programme multilatéral humanitaire engagé par le Canada, les États-Unis, la France et l'Union soviétique pour

7/ Projet Apollo-Soyouz, en anglais « Apollo-Soyuz Test Project » (ASTP) / en russe Экспериментальный полёт «Аполлон» - «Союз».

élaborer et mettre en place un système à satellites permettant de localiser les avions et les navires en détresse fait partie des quelques activités autorisées.

Les États-Unis poursuivent leur coopération avec l'Europe dans le cadre de projets comme le module Spacelab embarqué à bord de la navette spatiale, tandis que l'Union soviétique continue d'axer ses efforts sur les stations spatiales habitées Saliout. Ce n'est qu'à la fin des années 80, avec le réchauffement des relations politiques, qu'un véritable élan est imprimé à la coopération spatiale entre l'URSS et les États-Unis.

1.1.3 Le pourquoi de la coopération dans les applications spatiales

L'industrie spatiale des années 1970 n'est pas assez développée pour attirer des investissements privés importants. Une fois la course à la Lune terminée, les responsables de la politique spatiale doivent trouver de nouveaux moyens pour s'assurer des soutiens publics et maintenir le niveau élevé de financement nécessaire à de nouveaux développements. Il faut que l'industrie spatiale devienne « utile » au grand public et mette au point des technologies permettant de proposer de nouveaux services aux clients. Les radiocommunications, y compris les services de radionavigation et de localisation par satellite, et l'observation de la Terre sont les domaines promis à un développement rapide dans les années 70. Ces deux domaines peuvent offrir des applications pratiques au public, mais ont aussi des utilisations militaires évidentes, ce qui constitue un avantage appréciable dans un contexte de concurrence pour l'attribution de fonds publics. De grands programmes de télécommunications et de navigation par satellites sont ainsi lancés par les États-Unis et l'URSS dans les années 70 (Intelsat, Interspoutnik, Aerosat, Marisat/Inmarsat, Transit, Tsikada). On trouvera à la section 1.2 une présentation succincte de quelques-uns de ces programmes, destinée à illustrer le développement rapide des applications spatiales et le contexte dans lequel le système Cospas-Sarsat a été mis en place.

La course à la Lune avait eu essentiellement pour but d'acquérir une supériorité stratégique et militaire. À mesure que ces motivations s'estompent et qu'une nouvelle volonté de détente s'affirme tant en Occident qu'à l'Est, la coopération Est-Ouest dans le domaine spatial revient dans l'air du temps. La mission Apollo-Soyouz en juillet 1975 est la première réponse au nouvel environnement. Ce premier essai de coopération spatiale est bien accueilli au plan international, et les deux parties peuvent mesurer les bénéfices politiques qu'elles retirent de « l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique ». Elles sont donc prêtes à trouver de nouveaux sujets de coopération dans l'espace, à condition que leurs intérêts nationaux stratégiques respectifs ne soient pas affectés.

Les deux puissances spatiales développent des systèmes de navigation et des systèmes de télécommunications fixes ou mobiles par satellite. Ces applications spatiales suscitent aussi un grand intérêt chez les puissances spatiales montantes, en particulier en France et au Canada. Néanmoins, la technologie spatiale associée à ces évolutions a d'évidentes implications stratégiques et peut avoir des applications militaires immédiates. C'est également le cas pour l'observation de la Terre. La concurrence est vive et rend difficile une coopération Est-Ouest directe à grande échelle dans ces domaines. Des travaux de coopération bilatérale ont pourtant déjà démarré entre le Canada et les États-Unis sur des projets de télécommunications par satellite et des expériences scientifiques, ainsi qu'entre les États-Unis et la France, et entre l'URSS et la France.

1.2 Le nouveau gisement des télécommunications mobiles par satellite et de la localisation par satellite

Après ses premiers succès en orbite basse et l'enthousiasme généré par la course à la Lune dans les années 70, la technologie spatiale ouvrait tout un monde de nouvelles applications. On se mit à rêver de mettre au point des services de communication mobile et de navigation par satellite accessibles à tous en permanence, partout dans le monde, avec une fiabilité et une qualité inégalées. Bien sûr, le passage de la science-fiction à la réalité ne fut pas toujours pleinement couronné de réussite.

1.2.1 AEROSAT

Les organismes chargés de gérer la circulation aérienne, qui connaissent les limites des technologies de télécommunications mobiles terrestres, en particulier au-dessus des océans et des zones continentales reculées, imaginent d'utiliser l'ubiquité des communications mobiles par satellite pour résoudre les problèmes de sécurité et de gestion du trafic. La nouvelle technologie satellitaire serait certainement utile au-dessus de l'océan Atlantique, où les volumes de trafic augmentent, et dans des régions comme le désert du Sahara en Afrique centrale, pratiquement dépourvu de moyens de communication fiables. À la fin des années 1960, les avions à réaction révolutionnent le transport aérien. Le premier vol transatlantique du nouveau gros porteur Boeing 747 de la compagnie Pan Am a lieu le 12 janvier 1970. En Europe, la France et le Royaume-Uni ont lancé un programme de coopération en 1960 en vue de mettre au point un véhicule de transport aérien supersonique, le Concorde, qui fait son vol inaugural en 1969. Des projets d'avion supersonique du même type sont envisagés aux États-Unis (L 2000, B 2707) et sont en développement en URSS (TU 144). Les constructeurs et les États voient déjà des centaines de Concorde supersoniques traverser l'océan Atlantique chaque jour d'ici le milieu des années 70, en plus des « jumbo jets ».

La communauté de l'aviation civile commence alors à étudier avec attention la possibilité d'utiliser des satellites pour fournir des communications longue distance, principalement pour remplacer les communications haute fréquence (HF) en survol des régions océaniques et reculées qui sont d'une qualité et d'une fiabilité médiocres et qui ne permettent pas de gérer de gros volumes de trafic. Les premières expériences de communications par satellite se concentrent sur le spectre des très hautes fréquences (VHF, de 118 MHz à 136 MHz). La faisabilité est démontrée avec le satellite expérimental ATS 3 de la NASA et, en 1968, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) crée un groupe d'experts chargé d'explorer l'application des techniques spatiales à l'aviation (projet ASTRA). Cependant, les communications mobiles par satellite en VHF vers et depuis un avion posent un défi technique, en particulier à cause des antennes orientables de grande dimension qui doivent être montées sur l'aéronef.

Entre 1971 et 1975, plusieurs expériences sont réalisées avec les satellites ATS 5 et ATS 6 de la NASA, démontrant la faisabilité des communications par satellite pour les avions dans les bandes de fréquences 1,5 GHz et 1,6 GHz avec la technologie disponible à l'époque.

Un programme international de satellites aéronautiques (AEROSAT) est institué au début des années 70 en vue d'élaborer, construire et gérer un système expérimental à satellites propre à l'aéronautique. Ce programme, créé en vertu d'un protocole d'accord signé en août 1974, est financé par le Canada, l'Agence spatiale européenne (ESA) et les États-Unis.

Le programme AEROSAT a pour objectif de mettre au point et de lancer plusieurs satellites pour réaliser différentes expériences visant à déterminer les caractéristiques souhaitables d'un système

aéronautique opérationnel. Mais les coûts des satellites s'envolent bien au-delà des prévisions et le premier choc pétrolier de 1973 change la donne économique en augmentant considérablement le coût du carburant des réacteurs d'avion. La croissance du trafic qui était attendue ne se matérialise pas et les compagnies aériennes retirent leur soutien au programme, mettant fin au rêve d'un système de communications mobiles par satellite spécifique à l'aéronautique.

1.2.2 INMARSAT

Conscient des potentialités offertes par les communications mobiles par satellite pour contribuer à la sécurité des transports maritimes, le Comité de la sécurité maritime (MSC) de l'Organisation maritime internationale (OMI) décide en février 1966 d'étudier les besoins opérationnels d'un éventuel système de communication maritime utilisant la technologie satellitaire.

En 1973, l'OMI convoque une conférence diplomatique en vue de mettre en place un nouveau système de communication maritime par satellite destiné à « *améliorer les communications maritimes, contribuant ainsi à améliorer les communications de détresse et les communications pour la sauvegarde de la vie humaine en mer ainsi que l'efficacité et la gestion des navires, les services maritimes de correspondance publique et les possibilités de radiorepérage*[8] *».*

La « Convention portant création de l'Organisation internationale de télécommunications maritimes par satellites (Inmarsat) », signée à Londres (Royaume-Uni) le 3 septembre 1976, entre en vigueur le 16 juillet 1979. L'organisation Inmarsat a son siège à Londres. Le système à satellites Inmarsat commence à fonctionner le 1er février 1982 avec de la capacité louée sur trois satellites Marisat fabriqués par Hughes Aircraft Corporation (HAC) pour COMSAT Corp, quatre satellites Intelsat V construits par Ford Aerospace et Communications Corp., et deux satellites Marecs fabriqués en Europe pour l'Agence spatiale européenne (ESA). Les trois satellites géostationnaires Marisat ont été lancés en 1976 pour desservir la Marine américaine dans l'océan Atlantique, l'océan Pacifique et l'océan Indien. Ils ont à bord trois charges utiles de communication : une en UHF (de 240 à 400 MHz) pour la Marine américaine, une en bande L (de 1,5 à 1,6 GHz) pour les communications mobiles maritimes de type voix, télex, télécopie et données haut débit, et une en bande C (de 6 à 4 GHz) pour les communications vers les stations côtières fixes. Les quatre satellites Intelsat V sont lancés entre 1982 et 1984 et fournissent 30 canaux de communication chacun pour le système Inmarsat A dans la bande L. Trois satellites Marecs sont lancés respectivement en 1981 (Marecs A), 1982 (Marecs B) et 1984 (Marecs B2), mais Marecs B n'atteint pas son orbite. Chaque satellite Marecs fournit 40 canaux de communication Inmarsat A.

La création de l'organisation Inmarsat garantit la continuité du service, en conséquence l'intégration du système de communications mobiles par satellite d'Inmarsat en bande L dans le Futur système mondial de détresse et de sécurité en mer (FSMDSM) ne soulève aucune objection. Cette intégration au FSMDSM est par ailleurs une incitation forte au développement des communications maritimes mobiles par satellite. Pendant les décennies suivantes, à l'exception du service d'alertes de détresse Cospas-Sarsat, Inmarsat va rester l'unique fournisseur de communications maritimes mobiles par satellite utilisables pour les services de détresse et de sécurité mais aussi pour des applications commerciales.

8/ Radiorepérage : détermination de la position, de la vitesse ou d'autres caractéristiques d'un objet ou obtention de données relatives à ces paramètres, à l'aide des propriétés de propagation des ondes radioélectriques (RR 2012-Vol. I, chapitre 1, article 1, paragraphe 1.9).

En pleine Guerre froide, Inmarsat est la seule organisation internationale assurant des services de télécommunications par satellite qui soit ouverte aux pays du bloc de l'Est comme aux pays occidentaux. L'URSS n'était pas membre de l'organisation Intelsat, créée en 1964, qui fournissait des télécommunications du service fixe par satellite au monde occidental. Une Organisation internationale de télécommunications spatiales, appelée communément Interspoutnik, avait été fondée en novembre 1971 par le bloc de l'Est pour concurrencer Intelsat. Cette position unique dans les relations Est-Ouest explique qu'Inmarsat ait été choisie pour assurer le secrétariat du partenariat Cospas-Sarsat en 1987.

En 1994, l'Assemblée d'Inmarsat rebaptise l'organisation « Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites (Inmarsat) ». En remplaçant « maritimes » par « mobiles », l'organisation intergouvernementale affiche son ambition de fournir des communications mobiles par satellite non seulement aux navires, mais aussi aux avions et aux mobiles terrestres, dans le monde entier.

Aux États-Unis et dans quelques autres pays, la situation de monopole d'Inmarsat, unique prestataire de télécommunications mobiles par satellite, et les privilèges et immunités attachés à son statut d'organisation internationale, sont vus comme des avantages déloyaux par rapport à d'autres éventuels prestataires de services. En 1998, à l'issue de longues et difficiles discussions, l'Assemblée d'Inmarsat accepte la privatisation réclamée par ces pays et, le 15 avril 1999, Inmarsat devient une société anonyme de droit anglais. La nouvelle société, Inmarsat Ltd, reçoit tous les actifs de l'ancienne organisation internationale et reprend les activités commerciales de celle-ci. La principale difficulté juridique porte sur les obligations de service public d'Inmarsat en tant que prestataire de services de sécurité maritime. En effet, les amendements à la Convention SOLAS[9] adoptés en 1988 imposent aux navires naviguant dans certaines zones océaniques d'emporter des équipements Inmarsat pour les communications de détresse et de sécurité. Il n'existe à cette date aucun autre matériel de communication mobile par satellite et le Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM) doit devenir entièrement opérationnel en 1999. La Convention SOLAS oblige donc les navires à embarquer des équipements fournis par une seule entité commerciale privée, sans aucun contrôle sur la fourniture des services requis. Une telle situation est contraire aux pratiques internationales et évidemment inacceptable pour beaucoup d'États.

Le problème est résolu par la création le 15 avril 1999 de l'Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites (IMSO), qui prend juridiquement la suite de l'ancienne organisation internationale mais avec une mission redéfinie[10]. Le nouveau mandat de l'IMSO est de veiller à ce que la société Inmarsat Ltd :

- satisfasse à ses obligations de service public, notamment celles relatives au SMDSM ;
- assure les services sans aucune discrimination et de manière pacifique à toutes les personnes vivant ou travaillant dans des zones inaccessibles par les moyens de télécommunication terrestres classiques ;
- respecte les principes de concurrence loyale.

9/ SOLAS : Convention pour la sauvegarde de la vie humaine en mer – voir à l'annexe 2 « Le dispositif SAR maritime ».

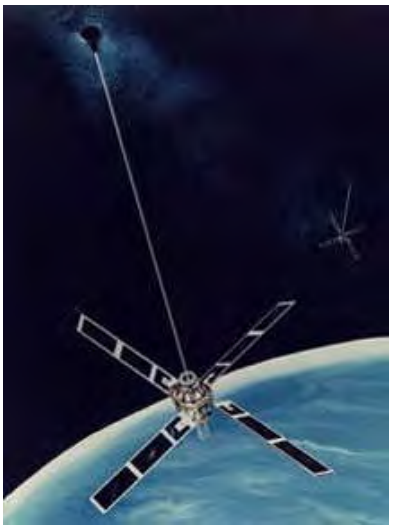
10/ Convention portant création de l'Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites, signée à Londres le 24 avril 1998. Voir aussi le chapitre 4, section 4.5.2 sur la privatisation d'Inmarsat.

1.2.3 Les systèmes Doppler de localisation et de navigation par satellite

Peu après le lancement de Spoutnik 1 par l'URSS le 4 octobre 1957, des physiciens du Laboratoire de physique appliquée Johns Hopkins aux États-Unis mesurent l'effet Doppler observé sur les signaux diffusés par Spoutnik 1 lorsqu'ils sont reçus par une station fixe au sol. Ils réussissent à déterminer l'orbite du satellite à partir de ces mesures.

Si l'on peut calculer l'orbite d'un satellite à partir des mesures de l'effet Doppler pendant le passage du satellite au-dessus d'un point fixe connu sur la Terre, il est relativement facile d'imaginer qu'une position sur la Terre puisse être déterminée à partir des mesures de l'effet Doppler sur des ondes radio émises par un satellite, dès lors que l'on connaît l'orbite du satellite (c'est-à-dire sa position dans l'espace au moment de la mesure).

C'est là le principe physique de base qui sera utilisé dans tous les systèmes de localisation et de navigation par satellite développés dans les années 1960, jusqu'au lancement et à la démonstration du système Navstar/GPS (Global Positioning System) dans les années 80.



Satellite Transit opérationnel

Transit

Le système américain Transit est le premier système Doppler de navigation par satellite à entrer en service opérationnel en 1964, malgré un certain nombre de défaillances ayant affecté les premiers lanceurs et la plateforme satellite. Le système comprenait jusqu'à 10 satellites en orbite polaire basse, dont des satellites de remplacement, cinq satellites étant nécessaires dans des conditions de fonctionnement normales.

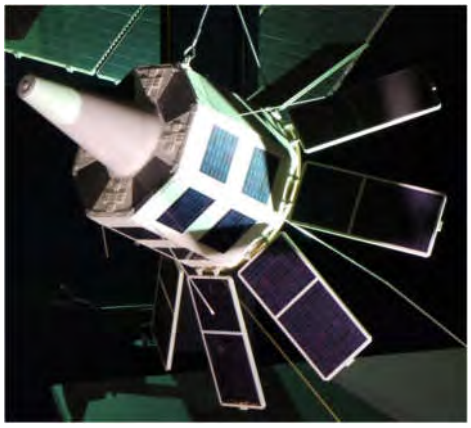
Le système Transit avait été conçu pour fournir des points aux sous-marins de la Marine américaine avec une précision avoisinant les 200 m en un seul passage. Il a été ensuite utilisé pour des applications civiles et largement employé en mer. Transit a aussi ouvert de nouvelles perspectives en permettant une géolocalisation précise au sol et a été le premier système de localisation par satellite à offrir dans le monde entier, avec le même système de référence géodésique, une précision inférieure au mètre lorsque les mesures de plusieurs survols successifs sont combinées. Comme tous les systèmes en orbite polaire basse (environ 1 100 km dans le cas des satellites Transit avec une période orbitale d'environ 106 minutes), la couverture était mondiale mais pas continue, et le temps d'attente entre deux passages de satellites visibles pouvait être de quelques heures à l'équateur.

Tsikada

Dans les années 1960, l'URSS met également au point un système Doppler militaire de navigation par satellite, du même type que le système américain Transit. Les deux systèmes émettent deux signaux de référence à 150 et 400 MHz, avec des données codées fournissant les informations orbitales. Le premier satellite du système soviétique est lancé en 1974.

La constellation initiale de ce système, principalement destiné à appuyer les forces armées, était constituée de six satellites répartis sur des plans orbitaux séparés de 30 degrés. Un autre réseau civil de navigation par satellite, appelé Tsikada (du mot russe Цикада, qui signifie « cigale »), a

commencé à être déployé en 1976 sur quatre plans orbitaux séparés de 45 degrés. Les plans orbitaux des satellites civils Tsikada étaient soigneusement décalés des plans orbitaux des satellites militaires de manière à réduire au minimum le délai moyen entre les créneaux de visibilité des satellites lorsque les deux systèmes étaient utilisés. À partir de 1982, certains satellites civils Tsikada ont embarqué des charges utiles SAR Cospas et ont été rebaptisés Nadejda (espoir).



Le satellite Eole
Photo : Musée de l'air et de l'espace, Paris (France)

Argos

En ces premières années d'exploration spatiale, aucun autre pays actif dans l'espace n'avait les moyens financiers nécessaires pour mettre en place, exploiter et maintenir un système de navigation par satellite équivalent à Transit ou Tsikada. Ces deux systèmes avaient été créés pour répondre à des exigences militaires, et leurs applications civiles n'étaient que des retombées accessoires d'activités de développement militaires stratégiques.

Néanmoins, ces systèmes de navigation par satellite avaient clairement démontré le potentiel de la technique de localisation par effet Doppler au moyen de satellites en orbite basse (LEO) et la demande de techniques de localisation précises pour une large gamme d'applications terrestres ne faisait que croître. Si un mobile pouvait déterminer sa propre position grâce à des transmissions satellitaires, la même technique Doppler pouvait servir à localiser un mobile, par la méthode inverse, en utilisant les signaux radio émis par le mobile, relayés par un satellite LEO et reçus au sol.

La technique de localisation Doppler a été appliquée à grande échelle pour la première fois dans le cadre d'un programme de recherche coopératif entre la France et les États-Unis en 1971 et 1972. Le satellite français Eole, lancé par la NASA, a suivi 500 ballons sondes dérivant à environ 10 000 m d'altitude pour étudier la haute atmosphère dans l'hémisphère sud. Le satellite Eole sera par la suite utilisé pour tester les technologies développées pour son successeur, Argos.

Le premier instrument Argos est lancé en 1979 à bord du satellite NOAA 6, et en 2016, après plus de 35 ans, le système est toujours en service avec plus de 8 000 plateformes de collecte de données. Le système Argos est constitué d'équipements de télécommunication fournis par la France et embarqués à bord des satellites météorologiques américains en orbite polaire de la série Advanced Tiros N, exploités par la NOAA. Son objectif est de collecter des données sur l'environnement à partir de bouées dérivantes ou de balises en mouvement et de relayer ces informations à un réseau de stations terriennes de réception. Les mesures de fréquence du signal radio reçu par le satellite permettent de calculer le décalage Doppler du signal, dont on déduit la position de l'émetteur.



Balises Argos conçues pour le suivi des animaux (2002)
Copyright CLS/Argos

En 1979, les balises équipées d'émetteurs Argos pouvaient être assez imposantes. Aujourd'hui, des émetteurs Argos miniaturisés peuvent être fixés sur des mammifères marins, des tortues ou des oiseaux pour suivre leurs migrations. Les balises Argos émettent à 401 MHz. Quelques années après les débuts d'Argos, cette technologie éprouvée a donné naissance

au système Cospas-Sarsat à 406 MHz et les deux systèmes ont évolué en parallèle au fur et à mesure des progrès technologiques.

1.2.4 La révolution des GNSS : GPS, GLONASS, Galileo

Tandis que Transit, Tsikada et Argos fournissaient de nouveaux services fiables de navigation et de localisation au moyen de la même technique Doppler éprouvée, une véritable révolution se préparait dans les systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS : Global Navigation Satellite System) avec le recours à une autre technique. Basé sur la mesure des temps de propagation et non plus des décalages de fréquence, le GPS des États-Unis allait offrir le premier système de navigation vraiment mondial, continu et précis, d'abord pour des usages militaires, et finalement pour toute application exigeant des données précises de position et de temps.

Cette technique nécessite des mesures de temps extrêmement fines avec la même référence temporelle dans un système comprenant jusqu'à 24 satellites en orbite moyenne (MEO), à environ 20 000 km d'altitude. La stabilité requise pour la référence de temps à bord des satellites ne peut pas être obtenue avec la technologie habituelle des oscillateurs ultra-stables (OUS). Des horloges atomiques de type masers à hydrogène doivent être installées sur les satellites et synchronisées à chaque instant. À la fin des années 1970, cette exigence représentait un formidable défi technique et financier. Seuls les États-Unis et l'Union soviétique possédaient les moyens nécessaires pour concevoir, construire et exploiter ce type de système à satellites. Une constellation de 24 satellites doit être maintenue en opération et contrôlée par des calculateurs sophistiqués au sol. Le récepteur de navigation, qui doit acquérir les signaux de plusieurs satellites après démarrage à froid, télécharger les données d'éphéméride des satellites et calculer sa propre position tout en estimant la référence de temps du système, est lui-même d'une complexité redoutable. Rappelons qu'à l'époque, les ordinateurs personnels faisaient tout juste leur apparition sur les bureaux des chercheurs et des ingénieurs, avec une puissance de calcul très limitée par rapport à ce que nous connaissons aujourd'hui.

GPS



Satellite Block III du GPS
Photo : GPS.gov

Le premier satellite du système de localisation par satellite des États-Unis, connu sous le nom de GPS, est lancé en 1978 et la constellation nominale de 24 satellites opérationnels plus quatre satellites de remplacement est achevée en 1995. Conçu pour répondre aux besoins de l'armée, le GPS est aujourd'hui accessible pour des usages civils, mais avec une précision de localisation moindre et sans garantie de qualité. L'Armée de l'air américaine, qui assure l'exploitation du système, se réserve le droit d'altérer le signal en cas de conflit et de dégrader la précision de la position pour les usagers non militaires, ou pour l'ennemi.

En dépit de ces limitations, le système rencontre un succès quasi-immédiat en raison de sa précision inégalée et de l'absence d'autre service du même calibre. En 1998, l'intégration haute densité de composants sur des puces électroniques dédiées ayant permis aux fabricants de réduire le poids et le coût des récepteurs, la technologie GPS commence à envahir pratiquement toutes les applications mobiles, y compris les smartphones et les balises de

détresse Cospas-Sarsat. Il est prévu que les futurs satellites GPS emportent un répéteur 406 MHz destiné au système Cospas-Sarsat MEOSAR.[11]

Glonass

Glonass a été conçu pour satisfaire les mêmes objectifs stratégiques que le GPS. Le développement du système commence en 1976 et les trois premiers satellites sont lancés en 1982 sur une seule fusée Proton. La constellation de 24 satellites opérationnels est achevée en 1995, mais le service de navigation Glonass se dégrade les années suivantes en raison des mutations politiques en cours en Russie et du manque de fonds pour entretenir le système. Aucun satellite n'est lancé entre 1995 et 1999, et en 2001, seulement 6 satellites sont encore pleinement opérationnels.



Satellite Glonass K
Photo: RussianSpaceWeb.com

À partir de 2003, une deuxième génération de satellites, Glonass M, est introduite avec une durée de vie prévue de sept ans au lieu de trois. Le président Poutine ayant rétabli les financements du programme, la constellation est reconstituée. En 2008, elle comprend 16 satellites en orbite. Mais à la suite d'un échec au lancement de la fusée Proton M, le calendrier prévu (24 satellites en orbite en 2010) a pris du retard.

Les deux systèmes GPS et Glonass utilisent une même technique de modulation de phase à 2 états (BPSK). Les signaux des satellites GPS sont identifiés par différents codes au moyen de la technique de l'accès multiple par répartition en code (AMRC), tandis que les satellites Glonass utilisent tous le même code standard mais avec une technique de séparation de fréquences fournissant un accès multiple par répartition en fréquence (AMRF) à 15 canaux.

En février 2011, le premier satellite de la série des Glonass K améliorés est lancé, emportant un répéteur expérimental à 406 MHz destiné au futur système Cospas-Sarsat MEOSAR.

Galileo



Satellite Galileo
Photo : ESA

Les systèmes GPS et Glonass ont été mis au point à l'origine pour satisfaire des besoins militaires essentiels. Par la suite, ils ont été ouverts aux usagers civils, avec néanmoins quelques restrictions sur les performances pour des raisons stratégiques. Les récepteurs GNSS font maintenant partie des équipements standard sur la plupart des appareils de télécommunications mobiles et ont sensiblement modifié les attentes du grand public en matière de capacités de navigation : une précision de l'ordre de dix à cent mètres est désormais considérée comme la norme, même pour des applications publiques générales.

11/ MEOSAR : système à satellites en orbite moyenne pour les recherches et le sauvetage. On trouvera au chapitre 7 une courte présentation du système Cospas-Sarsat MEOSAR.

Dans les années 80, l'Europe commence à développer son propre système GNSS, appelé Galileo. L'Union européenne n'ayant pas de mission de défense, il n'est pas possible de fonder ce développement sur un cahier des charges militaire. Après bien des hésitations et des changements dans la vision européenne du financement d'un GNSS « civil », en 2016, la mise en place de la constellation de 24 satellites est en bonne voie. Les premiers satellites ont été lancés et le déploiement complet est prévu d'ici 2020. L'Union européenne et l'Agence spatiale européenne sont responsables du développement et de la mise en œuvre du système Galileo.

Le caractère civil du projet se traduira par la fourniture d'un ensemble de services : le service ouvert (OS), le service commercial (CS), le service de sécurité de la vie (SOL), le service public réglementé (PRS) et le service de recherche et de sauvetage (SAR). Le service SAR Galileo disposera de répéteurs à 406 MHz pour relayer les transmissions des balises Cospas-Sarsat actuelles et futures vers les stations terriennes de réception (MEOLUT).

1.3 Les communications d'urgence et les balises de détresse avant Cospas-Sarsat

1.3.1 Communications d'urgence

Les communications radio d'urgence sont nées en même temps que la radio il y a plus de 100 ans. Au début du XX^{e} siècle, la fréquence 500 kilohertz est désignée comme fréquence internationale d'appel et de détresse pour les télécommunications maritimes en morse. Les lettres SOS qui forment en morse un message simple mais distinctif et peuvent être interprétées comme une abréviation de l'expression anglaise « Save Our Souls », indiquent une situation de détresse. Les normes internationales imposant la fréquence 500 kHz sont définies pour la première fois lors de la Seconde Convention radiotélégraphique internationale organisée à Berlin en 1906 et sont étendues par la Troisième Convention, qui se tient à Londres en 1912, peu après le naufrage du Titanic.

Au fil de l'évolution de l'aviation commerciale dans les années 1920, les télécommunications aéronautiques se développent aussi et, à la Quatrième Convention radiotélégraphique internationale qui a lieu à New-York en 1927, le message vocal « Mayday » (du français « m'aider ») est adopté pour signaler une détresse, en remplacement du code morse SOS.

En 1947, la Conférence mondiale des radiocommunications de l'UIT qui se tient à Atlantic City attribue une plage de fréquences de la bande VHF[12] au service de radiocommunications mobiles aéronautiques, comprenant la fréquence internationale d'urgence 121,5 MHz pour les appels aéronautiques de détresse. Les contrôleurs aériens, et les avions en vol, doivent rester à l'écoute de ce canal pour entendre les appels vocaux d'urgence. Cependant, la veille en vol n'est pas obligatoire pour les transports aériens civils, et, en pratique, la portée restreinte des transmissions ne permet de capter les appels de détresse qu'à proximité des terrains d'aviation.

L'UIT attribue aussi des fréquences d'urgence spécifiques au service mobile maritime pour les communications vocales (radiotéléphonie) dans les bandes HF et VHF, dont les canaux 2 182 kHz et 156,8 MHz. Toutefois, elle autorise aussi l'utilisation du canal 121,5 MHz dans le cadre du service mobile maritime pour les communications de sécurité avec les aéronefs.

12/ VHF : très hautes fréquences – de 30 à 300 MHz

1.3.2 Naissance des balises de détresse

Les tout premiers émetteurs radio automatiques de SOS apparaissent dans les années 30. Ces appareils fonctionnaient dans la bande HF [13] (à environ 4 MHz) et nécessitaient une antenne long-fil. Comme ils utilisaient des tubes à vide, ils avaient aussi besoin de batteries énormes et ne pouvaient donc pas être embarqués sur des petits avions. Dans les années 1950, le remplacement des gros tubes à vide par de minuscules transistors ouvre la voie à la fabrication de petits émetteurs de détresse fonctionnant sur piles. L'utilisation de fréquences plus élevées (bandes VHF et UHF[14]) permet d'avoir des antennes plus courtes et des appareils portatifs autonomes. À la place de l'ancien message vocal « *Mayday-Mayday-Mayday* », ces balises sont conçues pour émettre un signal d'alarme audio à fréquence glissante, simple à générer automatiquement, qui sera capté par les récepteurs de veille et immédiatement reconnu comme signal de détresse.

La fréquence 243 MHz est utilisée par plusieurs forces armées pour leurs communications d'urgence et est écoutée en permanence en vol. Dans beaucoup de pays, les avions militaires effectuent aussi les missions SAR de l'aviation civile. La fréquence 243 MHz étant exactement le double de 121,5 MHz (c'est-à-dire la deuxième harmonique), il était facile de faire émettre les balises aux deux fréquences en même temps avec un seul oscillateur, des composants électroniques communs et la même antenne, grâce à quoi les aéronefs aussi bien militaires que civils pouvaient surveiller les émissions de détresse. Des balises de localisation d'urgence avion (ELBA), activées manuellement et fonctionnant sur l'une de ces fréquences d'urgence, ou les deux, ont été mises au point et déployées dans les années 1950.

Peu avant la Seconde Guerre mondiale, un ingénieur canadien, Harry Stevinson, avait imaginé un indicateur de position d'écrasement (CPI) automatique – une radiobalise destinée à être éjectée d'un aéronef au moment de sa chute pour éviter qu'elle ne soit détruite pendant le crash ou un éventuel incendie consécutif au crash, ou qu'elle ne coule. La balise CPI pouvait ainsi continuer d'émettre un signal de radioralliement pour les aéronefs de recherche et de sauvetage. Dans la CPI, un émetteur radio fonctionnant à 121,5 et/ou 243 MHz et son antenne omnidirectionnelle étaient logés dans un boîtier en forme de frisbee, dont le profil aérodynamique permettait à la balise éjectée d'arriver au sol en douceur. La CPI devint un équipement standard sur de nombreux aéronefs canadiens et américains, y compris des avions militaires et des petits avions utilisés dans l'Arctique.



Harry Stevinson tenant une CPI à la main.

Les CPI étaient toujours fabriquées en 2015 et on les trouve principalement à bord d'aéronefs militaires et d'hélicoptères commerciaux. La plupart des nouvelles CPI ont intégré une balise de détresse fonctionnant à 406 MHz et 121,5 MHz, un enregistreur de vol et un enregistreur de conversation du cockpit, tous rassemblés dans une seule unité. L'appareil déployable doit pouvoir résister à des températures extrêmes, à une éjection et un atterrissage à grande vitesse, au feu, et flotter dans l'eau tout en continuant à émettre un signal de détresse pendant plus de 24 heures. Les CPI à déploiement automatique capables de survivre à la plupart des accidents étaient des appareils

13/ HF : hautes fréquences – de 3 à 30 MHz

14/ UHF : ultra-hautes fréquences – de 300 à 3 000 MHz

relativement complexes, beaucoup plus chers que les petits émetteurs de détresse fixes ou portatifs. De ce fait, les CPI n'ont pas pu être rendues obligatoires sur les petits avions privés.

En 1959, les premières balises de détresse automatiques à 121,5 / 243 MHz destinées aux embarcations de sauvetage sortent des usines au Royaume-Uni, ainsi qu'une gamme de balises 121,5 / 243 MHz pour les aéronefs, dont certaines comportent une radio permettant une liaison vocale entre les survivants et les équipes de secours. Dans les années 60, le sigle anglais ELT (Emergency Locator Transmitter – émetteur de localisation d'urgence) devient le nom courant pour les balises de détresse des petits avions fonctionnant à 121,5 et/ou 243 MHz, tandis que le sigle français RLS (radiobalise de localisation des sinistres) ou le sigle anglais EPIRB (Emergency Position-Indicating Radio Beacon) fait généralement référence aux balises de détresse maritimes. Le Règlement de l'UIT emploie toutefois le sigle RLS pour désigner toutes les balises de détresse, qu'il s'agisse de balises aéronautiques ou maritimes ou de balises personnelles portatives.



Quelques anciennes ELT 121,5/243 MHz
Photo : Programme international Cospas-Sarsat

Le nombre de balises déployées augmente régulièrement pendant les années 60, mais la législation américaine accélère brusquement les choses. Le 16 octobre 1972 deux parlementaires américains, Hale Boggs et Nick Begich, sont portés disparus après la chute de leur petit avion dans les contrées sauvages de l'Alaska. Trente-neuf jours de recherches intensives restent sans résultat. A la suite de cet accident, les États-Unis adoptent une loi rendant les ELT obligatoires sur tous les aéronefs civils.

Du fait de la réglementation de la FAA (agence de l'aviation civile des États-Unis), on comptait en juillet 1974 environ 150 000 aéronefs civils américains porteurs d'une ELT. À la suite d'autres accidents d'avion survenus dans le Nord canadien et jamais localisés, le Canada a aussi imposé l'emport d'ELT sur tous ses aéronefs civils. Cette évolution de la réglementation sur les petits avions a progressivement gagné l'Europe.

Dans le domaine maritime, les balises de détresse sont désignées par le sigle français RLS (radiobalise de localisation des sinistres) ou par le sigle anglais EPIRB. La Conférence de 1960 pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) adopte la Recommandation 48 qui énonce : « *La Conférence, prenant acte qu'une radiobalise de localisation d'urgence non directionnelle permettant de localiser les sinistres augmentera la sécurité de la vie humaine en mer en facilitant grandement les opérations de recherches et de sauvetage, recommande que les Gouvernements encouragent, lorsqu'ils le jugeront convenable, l'équipement de tous leurs navires d'un appareil de ce genre, qui sera de petites dimensions, léger, de type flottant, étanche à l'eau, résistant aux chocs, auto-alimenté et capable de fonctionner continuellement pendant 48 heures.* »

Les premières RLS maritimes étaient conçues pour émettre à 2 182 kHz et/ou 156,8 MHz sur le canal 16 de détresse maritime, mais ce sont finalement les fréquences 121,5 / 243 MHz, permettant le radioralliement des avions de recherche, qui ont été adoptées pour la plupart des RLS maritimes. L'adoption de la Recommandation 48 SOLAS conduit le Conseil national pour la sécurité des transports des États-Unis (NTSB) à recommander, en 1972, que la Garde côtière américaine fasse obligation à tous les navires américains soumis à la Convention SOLAS d'emporter une balise de

détresse à 121,5 MHz, 243 MHz et 2 182 kHz. Finalement, la réglementation américaine adoptée imposera une RLS 121,5 / 243 MHz sans la fréquence 2 182 kHz, et 1 700 navires américains seront équipés.

À la fin des années 1970, le nombre total de balises 121,5 / 243 MHz déployées dans le monde atteignait probablement les 250 000 unités, comprenant des ELT, des RLS et des BLP (balises de localisation personnelles).

1.3.3 Qualités et défauts des balises de détresse : synthèse des points faibles du système d'alerte

Les balises de détresse embarquées à bord des navires et des aéronefs ont indiscutablement aidé, que ce soit en mer ou à terre, à secourir un grand nombre de survivants d'accidents aéronautiques et de marins naufragés ou piégés sur des navires désemparés. Mais le dispositif était loin d'être parfait et présentait trois grandes faiblesses :

a) un nombre élevé de fausses alertes ;

b) des pannes fréquentes ;

c) une couverture de veille radio parcellaire.

Fausses alertes

Selon des sources de l'Armée de l'air américaine, 98 % du total des incidents signalés par des émissions d'ELT durant l'année 1976 se sont révélés être de fausses alertes. L'utilisation abusive des balises de détresse, qu'elle soit volontaire ou causée par une mauvaise manipulation ou un manque d'information, était une source d'activations intempestives, en l'absence de détresse, qui mettait en question l'efficience du système d'alerte, au moins dans les premières années de son déploiement. D'autres problèmes étaient plus difficiles à résoudre. Dans les avions, le système de déclenchement automatique (G-switch), conçu pour détecter des décélérations violentes en cas de crash, parfois ne réagissait pas du tout, et parfois réagissait aux vibrations d'un atterrissage dur ou simplement à un choc ou à un claquement de porte. La balise, généralement fixée vers la queue de l'avion pour améliorer ses chances de survie, ne pouvait pas être facilement contrôlée, et bon nombre de fausses alertes survenaient dans les hangars parce que les pilotes n'avaient pas coupé l'alimentation de leur balise après l'atterrissage.



Une ELT automatique est souvent fixée vers la queue de l'avion, supposée mieux résister lors d'un crash.
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Les choses s'améliorèrent avec le temps grâce à des G-switchs plus performants, des installations plus soignées et une meilleure formation des pilotes, mais les taux de fausses alertes restaient excessifs et pesaient lourdement sur les services SAR. Sur les navires, les RLS conçues pour être larguées automatiquement en cas de naufrage avaient d'autres types de défauts qui entraînaient aussi un taux élevé de fausses alertes. Sur les premiers modèles par exemple, un jet d'eau sur la balise pouvait la libérer. Seule une combinaison de plusieurs conditions simultanées contrôlant le déclenchement de la balise, comme un

interrupteur d'alimentation activé par immersion totale après le largage automatique de la RLS, a permis de diminuer les activations involontaires.

Dysfonctionnements des ELT et des RLS

En améliorant la conception des dispositifs et l'information des utilisateurs, on évitait certes une bonne quantité de fausses alertes, mais cela ne permettait pas toujours d'empêcher un mauvais fonctionnement. Dans les avions, la résistance des balises à un crash était et reste encore un problème majeur, en particulier dans le cas des gros porteurs commerciaux volant à grande vitesse. Les solutions qui sont explorées actuellement sont notamment la détection automatique de conditions de vol anormales, l'activation en vol d'émissions de détresse et/ou un mécanisme de largage avant impact couplé aux enregistreurs de vol et de conversation, comme dans le premier modèle de CPI décrit plus haut.

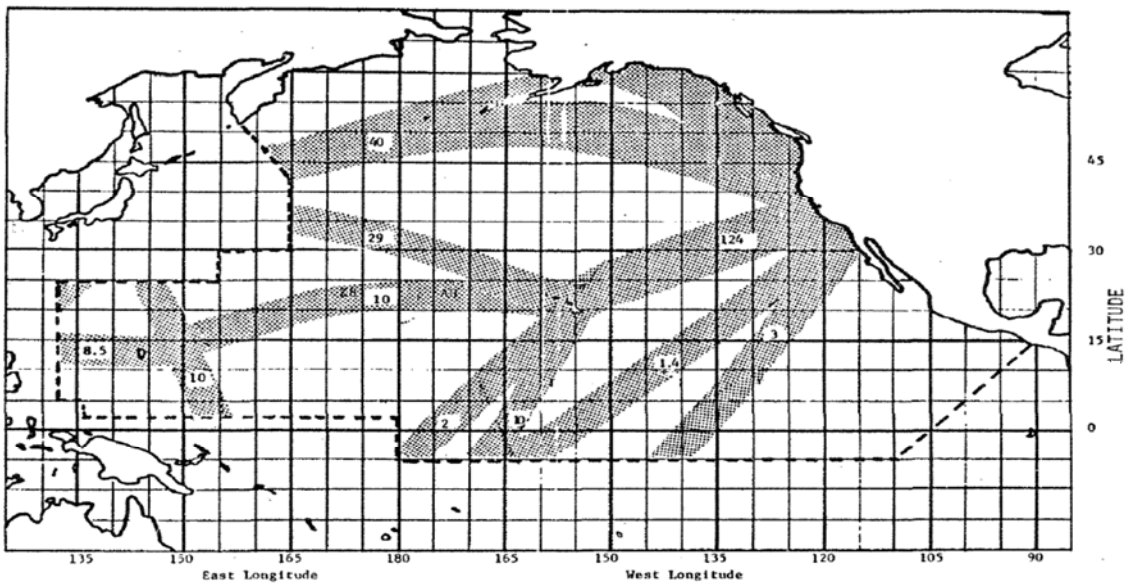
L'alimentation électrique des ELT comme des RLS était également une source de panne. Compte tenu des conditions d'utilisation des balises (entreposées de nombreuses années dans des environnements difficiles), on opta pour des piles au lithium. La technologie initialement employée utilisant le lithium-dioxyde de soufre, occasionna quelques problèmes, avec des fuites et des risques de dégagement de dioxyde de soufre, ou d'incendie, voire d'explosion. En mer, il y avait un risque de corrosion de la source d'alimentation et des circuits électriques en cas de caisson défectueux.

Couverture de veille

Les considérations ci-dessus n'empêchèrent pas le déploiement rapide des balises de détresse. Le troisième point faible du système en revanche, à savoir l'absence d'un réseau mondial et continu de veille des émissions à 121,5 / 243 MHz, devint rapidement le principal sujet de préoccupation. Lorsque les balises fonctionnaient et émettaient les signaux requis, il n'y avait aucune garantie qu'ils soient captés, en particulier en mer ou dans des zones reculées, loin des routes aériennes habituelles.

Les ELT et les RLS à faible puissance fonctionnant dans les bandes VHF avaient une portée relativement limitée, particulièrement lorsque la balise gisait au sol après un crash, avec une émission bloquée par des obstacles, ou flottait dans une mer agitée. Malgré l'absence d'obligation réglementaire faite aux pilotes de veiller la fréquence de détresse, les avions volant à haute altitude demeuraient la meilleure chance de détection à grande distance. Cette situation soulevait un autre aspect du problème : si la balise était détectée par un avion volant à haute altitude, la position de l'émetteur n'était pas connue avec précision. Il fallait organiser une mission SAR avec un ou plusieurs aéronefs pour des recherches longues, coûteuses et incertaines.

Le besoin d'un système de veille véritablement mondial apparaît clairement sur la carte de 1975 qui montre la couverture radio des routes pacifiques sous la responsabilité des États-Unis pour les services SAR. Même sur ces routes aériennes, la détection d'une balise était une question de chance et le temps d'attente pouvait être très long.



Couverture radio des routes aériennes océaniques dans la région SAR Pacifique des États-Unis (1975)

Heureusement, l'ère spatiale était arrivée. Les satellites étaient incontestablement le meilleur moyen de mettre en place le système de veille indispensable et, avec l'aide de chercheurs et d'ingénieurs astucieux, de localiser les balises de détresse. Les difficultés techniques étaient colossales car les balises 121,5 / 243 MHz n'avaient pas été conçues pour fonctionner via des satellites en orbite. Cependant, si un système satellitaire de ce type pouvait être construit, il aurait immédiatement de nombreux utilisateurs potentiels, impatients de voir arriver un système de recherche et de sauvetage plus performant.

Utilisation des ELT dans le Nord canadien avant Cospas-Sarsat

Ma première mission de recherche et de sauvetage réussie a permis de localiser un pilote qui avait survécu **30 jours** dans l'Arctique. Il était conscient de la durée de vie limitée des piles de l'ELT et l'avait soigneusement protégée, attendant qu'un avion passe à proximité. Il a eu beaucoup de chance car beaucoup d'ELT étaient activées automatiquement et les piles auraient été déchargées en quelques heures.

Au fil de mes missions aériennes, j'ai compris les limites du radioralliement des ELT dans les zones de montagne où la réflexion des signaux peut guider les pilotes dans la mauvaise direction et où les recherches peuvent être longues.

Major (à la retraite) Herbert Edward (Ted) King,
Officier responsable du premier MCC canadien
à Trenton, Ontario (Canada)

Chapitre 2

Naissance des systèmes de détection et de localisation des alertes de détresse par satellite

2.1 Tour d'horizon des politiques spatiales et de la coopération spatiale internationale chez les partenaires Cospas-Sarsat dans les années 1960 et 1970

Les pages qui suivent proposent une courte présentation des politiques spatiales nationales des quatre partenaires du programme Cospas-Sarsat (l'Union soviétique, les États-Unis, le Canada et la France) et de leur participation à des projets de coopération spatiale internationale dans les années 1960 et 1970.

2.1.1 L'effort spatial de l'URSS avant le projet Cospas

Le haut savoir-faire russe et soviétique dans le domaine spatial trouve son origine dans certains travaux théoriques majeurs publiés dans l'Empire russe du XIX^{e} siècle, notamment par Constantin Tsiolkovski, considéré comme le père de l'astronautique théorique.

Premières réalisations soviétiques

Le palmarès soviétique en matière de vols spatiaux pendant la « Guerre froide » est impressionnant : le premier missile balistique intercontinental (R7), le premier satellite placé en orbite autour de la Terre (Spoutnik 1), le premier animal en orbite (la chienne Laïka sur Spoutnik 2), le premier être humain dans l'espace et en orbite (le cosmonaute Youri Gagarine sur Vostok 1), la première femme dans l'espace et en orbite (la cosmonaute Valentina Terechkova sur Vostok 6), la première sortie dans l'espace (le cosmonaute Alexeï Leonov sur Voskhod 2), le premier impact sur la Lune (Luna 2), la première image de la face cachée de la Lune (Luna 3) et le premier alunissage en douceur d'un vaisseau inhabité (Luna 9), le premier véhicule lunaire (Lunokhod 1), le premier échantillon du sol lunaire prélevé automatiquement et rapporté sur Terre (Luna 16) et la première station spatiale (Saliout 1).

Il conviendrait d'ajouter à cette liste les sondes interplanétaires soviétiques Venera 1 et Mars 1 (premier survol de Vénus et de Mars, respectivement), Venera 3 et Mars 2 (premiers impacts sur la surface de ces planètes), et Venera 7 et Mars 3 (premiers atterrissages en douceur sur Vénus et Mars, respectivement). Enfin, les sondes Venera 15 et Venera 16 ont fourni les premières images de la surface de Vénus.

Objectifs du programme spatial de l'Union soviétique

Le programme spatial de l'ex-URSS avait deux principaux objectifs : la mise au point de fusées et l'exploration spatiale. Le programme de développement de fusées démarre en 1946, conformément à une résolution du Comité central du Parti communiste de l'Union soviétique et du Conseil des ministres de l'URSS. Toutefois, il ne commence à être réellement mis en œuvre qu'en 1957, une fois créés les nouveaux instituts de recherche, les bureaux d'études et les usines de fabrication pour

l'industrie spatiale. Le programme spatial soviétique est divisé entre différents bureaux d'études dirigés par Sergueï Korolev, Mikhaïl Riazanski, Valentin Glouchko, Nikolaï Piliouguine, Alexeï Bogomolov, Vladimir Barmine et Victor Kouznetsov. Sergueï Korolev, qui porte le titre officiel d'« ingénieur en chef », est à la tête du principal bureau d'études chargé de concevoir une fusée.

Au milieu des années 60, l'Union soviétique cherche à améliorer son image de puissance technique, scientifique et militaire et élargit les objectifs de son programme spatial en lançant de nouveaux types de satellites pour des applications militaires et civiles. Tandis qu'une gigantesque publicité est faite autour des applications axées sur la météorologie et les radiocommunications civiles, d'autres applications, comme celles conçues pour la reconnaissance photographique et électronique (ELINT), l'étalonnage des radars, les communications furtives, la navigation, la géodésie et l'interception de satellites, font partie d'un programme permanent de recherches scientifiques.

À la fin de la décennie, l'Union soviétique commence à tester des moteurs-fusées et des engins spatiaux plus gros et plus complexes, mais après la course à la Lune, les moyens consacrés aux missions lunaires habitées sont réorientés vers les stations spatiales en orbite autour de la Terre. L'intérêt suscité par la construction de stations spatiales orbitales habitées remonte à 1896, année où Constantin Tsiolkovski développe cette idée dans son livre *Au-delà de la Terre.*

Au début des années 70, l'URSS veut à tout prix accroître les capacités de ses satellites de reconnaissance ELINT et photographique et met en place des réseaux de satellites de télécommunication géosynchrones. Le pays s'efforce également de maintenir l'image du savoir-faire soviétique dans l'espace en faisant une large publicité autour des missions de la station spatiale Saliout et en choisissant de mettre en avant les objectifs purement scientifiques de ces missions, tels que la recherche biomédicale, l'étude des ressources de la Terre et le traitement des matériaux.

Coopération internationale

Malgré les relations difficiles avec l'Occident et en particulier avec les États-Unis pendant la Guerre froide, le programme spatial soviétique comprend une part de coopération internationale sur des sujets scientifiques. Dans les années 1960, la coopération américano-soviétique dans l'espace porte sur trois domaines principaux : l'échange de données météorologiques provenant de satellites, la cartographie du champ géomagnétique de la Terre, et la transmission expérimentale de radiocommunications. L'URSS coopère également avec la France sur des expériences scientifiques et sur la mise au point du système de télévision en couleur Secam au moyen du satellite relais Molnia 1.

Dans les années 70, la coopération avec les États-Unis est étendue aux sciences de la vie et à la recherche biomédicale. À la suite de la mission emblématique Apollo-Soyouz en 1975, sept expériences biologiques et dispositifs médicaux des États-Unis sont placés à bord de la mission Cosmos 936, qui embarque également des expériences de la France et de plusieurs pays du bloc de l'Est. En 1979, la mission Cosmos 1129 emporte 17 autres expériences et dispositifs américains.

Après la chute de l'Union soviétique en 1991, la Russie hérite du programme spatial engagé par l'ex-Union soviétique et crée l'Agence spatiale fédérale russe (Roscosmos) pour gérer le nouveau programme spatial russe.

2.1.2 L'effort spatial des États-Unis dans les années 1960 et 1970

Dans les années qui suivent immédiatement la Seconde Guerre mondiale, les États-Unis concentrent leur programme de vols spatiaux sur la recherche et les applications militaires en raison des menaces de Guerre froide. À partir de 1946, le Comité consultatif national pour l'aéronautique (NACA) commence à faire des essais d'avions-fusées comme le Bell X-1 supersonique. Au début des années 50, l'objectif américain est de lancer un satellite artificiel pour l'Année géophysique internationale (AGI) (1957–58), ce qui devient le projet Vanguard.

La NASA et les objectifs de coopération internationale des États-Unis

Après le lancement par les Soviétiques du premier satellite au monde (Spoutnik 1) en octobre 1957, les États-Unis réévaluent rapidement leur programme spatial naissant. En juillet 1958, le président Eisenhower signe le National Aeronautics and Space Act, portant création de l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA). Lorsqu'elle commence à fonctionner en octobre 1958, la NASA absorbe le Comité consultatif national pour l'aéronautique qui existe depuis 46 ans, y compris son personnel, ses actifs physiques et ses installations de recherche, et son budget annuel. Par ailleurs, l'Agence pour les projets de recherche avancée (ARPA) est fondée afin de poursuivre le développement de technologies spatiales pour des applications militaires.

En sa qualité de chef de file des activités spatiales civiles américaines, quelques mois après sa création, la NASA engage des discussions techniques préliminaires avec des chercheurs canadiens en vue d'une coopération sur des projets spatiaux utilisant des fusées-sondes et des satellites. En mars 1959, la NASA autorise le délégué de l'Académie nationale des sciences au COSPAR[1] à proposer, au nom des États-Unis, de placer en orbite des expériences individuelles ou des charges utiles complètes préparées par des scientifiques d'autres pays. La NASA commence aussi à explorer les possibilités de coopération internationale avec des gouvernements et de grandes institutions scientifiques des pays d'Europe. Le schéma de coopération envisage des contributions importantes sous la forme d'instrumentation et de services, sans échange de fonds. Lorsque leur ampleur ou leur contenu le nécessitent, les programmes de coopération peuvent être formulés à l'échelon diplomatique, mais cet accord officiel des autorités gouvernementales sera toujours précédé de discussions techniques et d'arrangements informels[2].

En 1960, les États-Unis s'entendent avec le Canada, représenté par le Conseil canadien de recherche pour la défense, sur un projet commun de sondage de l'ionosphère : la mission Alouette. Dans les années 60 et 70, outre la participation des États-Unis à INTELSAT, d'autres projets de coopération spatiale internationale voient le jour, notamment[3]: le projet Helios avec la République fédérale d'Allemagne pour étudier les processus solaires et les relations Soleil-Terre, le projet de radiodiffusion directe de programmes éducatifs télévisés avec l'Inde, et l'étude des ressources de la

1/ COSPAR : Comité de la recherche spatiale du Conseil international pour la science (ICSU), une organisation non gouvernementale. En 2015, l'ICSU comptait parmi ses membres 121 organismes scientifiques nationaux et 32 unions scientifiques internationales.

2/ Hugh L. Dryden, Administrateur adjoint de la NASA ; déjeuner-conférence à l'Institut des sciences aéronautiques, Hotel Astor, New York – 27 janvier 1960.

3/ Arnold W. Frutkin, Administrateur assistant chargé des affaires internationales à la NASA ; Sous-commission de la coopération internationale dans le domaine des sciences et de l'espace au sein de la Commission des sciences et de l'astronautique de la Chambre des Représentants des États-Unis – 18 mai 1971.

Terre. Les États-Unis concluent également un accord avec l'Organisation européenne de recherche spatiale (ESRO), qui réunit à l'époque dix pays d'Europe, pour le lancement de plusieurs satellites.

Aléas de la coopération avec l'Union soviétique pendant la Guerre froide

Début 1962, des négociations sur une coopération dans le domaine de l'espace sont entamées entre les États-Unis et l'Union soviétique à la suite d'un échange de lettres entre le président Kennedy et le premier ministre Khrouchtchev, dans lequel ils formulent tous deux des suggestions détaillées sur la forme que ces projets coopératifs pourraient prendre[4]. Les propositions portent, entre autres, sur des satellites de télécommunications, des satellites météorologiques, des services de localisation et de données par satellite, la médecine spatiale, et la cartographie du champ magnétique terrestre.

La crise des missiles de Cuba qui survient en octobre 1962 met un coup d'arrêt temporaire à la coopération publique entre les États-Unis et l'Union soviétique dans le domaine de l'espace. À partir de ce moment, les États-Unis concentrent leurs travaux sur le projet unilatéral de vol spatial habité, avec la volonté de remporter la course contre la montre engagée avec l'Union soviétique pour envoyer un homme sur la Lune et le ramener sain et sauf sur Terre. Le premier alunissage a lieu pendant la mission Apollo 11 en juillet 1969. Les États-Unis ont gagné la course, mais Apollo 17 est la dernière mission à s'envoler vers la Lune en décembre 1972.

Au début des années 70, après six alunissages réussis, d'autres priorités s'imposent. Les États-Unis revoient à la baisse leur programme spatial. Certaines missions Apollo sont abandonnées et une seule des deux stations spatiales Skylab est finalement construite. La coopération avec l'Union soviétique revient à l'ordre du jour. La nouvelle phase des relations entre les deux pays s'ouvre en 1969 avec le début de discussions sur des systèmes de rendez-vous en orbite et d'amarrage compatibles, ainsi que sur des possibilités de coopération plus vastes. L'accord final prévoit une combinaison d'actions indépendantes et coordonnées qui aboutissent à la mise au point de systèmes d'amarrage compatibles et à la consécration de la mission Apollo-Soyouz en 1975.

2.1.3 La coopération spatiale bilatérale Canada–États-Unis dans les années 1960 et 1970

Du fait de l'étendue de son territoire et du besoin urgent de trouver une alternative aux systèmes terrestres de communications fixes et mobiles, le Canada s'est d'abord intéressé aux technologies spatiales sous l'angle des capacités de radiocommunication des satellites.

Avec la création de la NASA en juillet 1958, l'un des objectifs des États-Unis était de favoriser la coopération scientifique internationale et le Canada salua cette occasion de travailler avec son voisin sur de nouveaux projets spatiaux. Cette année-là, les scientifiques canadiens et américains mènent des discussions sur un nouveau satellite équipé pour émettre des signaux radio et étudier leur réflexion par la couche supérieure de l'ionosphère. Le but est de compléter les connaissances acquises avec les équipements au sol émettant des signaux radio réfléchis par la couche inférieure de l'ionosphère, dans l'espoir d'améliorer les radiocommunications longue distance, vitales dans le Grand Nord canadien.

4/ Robert C. Seamans, Jr., Administrateur associé de la NASA ; discours prononcé devant l'American Ordnance Association, à San Francisco (Californie) – 24 mai 1962.



John H. Chapman et le satellite Alouette 1
Photo avec l'aimable autorisation du ministère canadien des Communications

Alouette et les satellites de télécommunication

Le Conseil canadien de recherche pour la défense propose une sonde d'étude de l'ionosphère supérieure, et un accord est conclu en 1959 entre le Canada et les États-Unis : la NASA fournit un lanceur et le Canada est chargé de concevoir et construire le satellite au DRB. Baptisé Alouette, le satellite est fabriqué sous la direction du physicien John H. Chapman, qui sera plus tard reconnu comme le père du programme spatial canadien. Les équipements devant être embarqués sur Alouette, qui comprennent une nouvelle antenne déroulable de grande longueur, sont testés sur des fusées-sondes, et en 1960, la Marine américaine lance le satellite de navigation Transit 2A qui emporte le premier équipement canadien envoyé en orbite, préparant ainsi la mission Alouette par des essais sur le bruit de fond radio dans l'espace.

Le satellite Alouette 1 est lancé en 1962. Bien qu'ayant été conçu pour ne fonctionner qu'un an, Alouette 1 est toujours actif dix ans plus tard. Lorsqu'il est enfin mis hors service, il a déjà envoyé deux millions de mesures de l'ionosphère aux chercheurs du Canada, des États-Unis et du Royaume-Uni. Fort de ce succès, le Canada construit le satellite Alouette 2 lancé par la NASA en 1965, suivi de ISIS 1[5] en 1969 et de ISIS 2 en 1971. L'industrie canadienne participe de plus en plus à la construction de ces satellites, qui font progresser les connaissances scientifiques sur l'ionosphère et ses effets sur les radiocommunications.

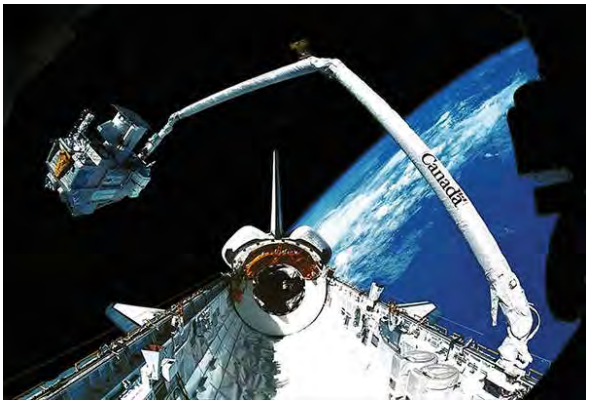
Cependant, d'autres expériences ont montré que les satellites relais en orbite géosynchrone à 35 800 km d'altitude au-dessus de l'équateur étaient appelés à devenir le moyen de télécommunication spatial dominant dans les décennies à venir. Les signaux de télévision relayés par les satellites allaient être beaucoup plus importants que les signaux radio réfléchis par l'ionosphère. Le Canada décide de revoir sa politique spatiale en privilégiant les télécommunications.

En 1967, un groupe d'études mené par le Dr Chapman publie un rapport sur les programmes spatiaux canadiens, appelant le Canada à mettre en place un système national de satellites géostationnaires de télécommunications. Les autorités canadiennes sont soucieuses d'améliorer les systèmes de télécommunication dans l'ensemble du pays. L'année 1969 voit la création du ministère fédéral des Communications (MDC) et de son Centre de recherches sur les communications (CRC), ainsi que de Telesat Canada, société à capitaux publics et privés, chargés de mettre en œuvre cette politique. Le satellite Anik A1 de Telesat est lancé en 1972 et devient le premier satellite géostationnaire national de télécommunications exploité par une société commerciale.

Participation du Canada au programme de navette spatiale des États-Unis

Le Canada est invité par la NASA à participer au programme de navette spatiale et accepte, en 1975, de mettre au point et de construire une série de bras robotiques, les « télémanipulateurs de la navette spatiale », surnommés par la suite « Canadarm ». Ces bras ont été installés sur les cinq navettes et utilisés pour une multitude d'applications au cours de plus de 90 missions, de 1981 jusqu'au retrait du service des navettes spatiales en 2011.

5/ ISIS : satellites internationaux pour l'étude de l'ionosphère.



Le bras télémanipulateur de la navette, appelé aussi « Canadarm »

La coopération Canada–États-Unis se poursuit dans les années 1970. Le nouveau et puissant satellite CTS (Communications Technology Satellite), baptisé Hermes, est conçu et fabriqué par le Canada et lancé par la NASA en 1976. Il inaugure de nouvelles technologies satellitaires dans la bande de fréquences Ku (12-18 GHz), notamment pour la diffusion directe vers de petites antennes paraboliques, et a permis au Canada de jouer un rôle important jusqu'à ce jour en tant que constructeur de systèmes pour les satellites de télécommunication. Également au milieu des années 70, des discussions sont engagées entre le Canada et les États-Unis et des expériences sont menées sur la faisabilité d'un nouveau système de recherche et sauvetage par satellite – SARSAT, qui évoluera pour devenir le système international Cospas-Sarsat dont le succès n'est plus à démontrer.

2.1.4 La coopération spatiale bilatérale et multilatérale de la France dans les années 1960 et 1970

Après une période consacrée à reconstruire ses capacités industrielles dans les années 60 et dans un environnement politique plus stable après le long épisode de la décolonisation, la France cherche activement à acquérir et développer ses propres compétences dans les technologies spatiales. Le CNES [6], l'agence spatiale française créée en 1961, est ouverte à toutes les opportunités de coopération avec les États possédant des capacités spatiales confirmées.

Premiers pas du CNES et coopération avec la NASA

La première occasion est offerte par la NASA. En mai 1962, les participants du CNES à la conférence COSPAR sont invités à la Maison-Blanche par Jerome Wiesner, conseiller scientifique auprès du président Kennedy, à venir discuter des relations France–États-Unis dans le domaine spatial[7]. Les règles de la coopération bilatérale sont vite établies : les États-Unis apportent leur concours dans le secteur des technologies satellitaires, mais aucune aide pour la mise au point d'un lanceur. Dans le cadre d'un arrangement avec la NASA sur le projet de satellite d'études de géophysique externe FR1, qui doit être développé par la France et lancé par la NASA, douze ingénieurs français sont accueillis au GSFC [8] par la NASA pour une formation d'un an. Lancé en 1965, FR1 est un succès et en 1966, le CNES et la NASA élargissent leur coopération à un satellite météorologique expérimental, Eole.

Avec le satellite Eole lancé par la NASA en 1971, la France démontre ses compétences en matière de collecte in situ de données météorologiques. Il est suivi en 1979 par un système plus permanent de collecte de données environnementales, Argos, mis au point par le CNES et embarqué sur des

6/ CNES : Centre national d'études spatiales.

7/ « Les trente premières années du CNES, l'agence spatiale française » - La Documentation Française - (Claude Carlier, Marcel Gilli).

8/ GSFC – Goddard Space Flight Center : Centre spatial Goddard, situé près de Washington.

satellites météorologiques opérationnels américains exploités par la NOAA[9]. On trouvera au chapitre 1, section 1.2, une brève description des systèmes Eole et Argos. Le système Argos fonctionne encore aujourd'hui et son succès a ouvert la voie à la participation de la France au projet Sarsat aux côtés du Canada et des États-Unis. En particulier, Argos a inauguré la technique de localisation par effet Doppler utilisée dans le système Sarsat à 406 MHz.

Autres horizons pour la coopération spatiale internationale

Les domaines de coopération possibles avec les États-Unis restent toutefois limités et la France a des ambitions dépassant les applications scientifiques. En 1965, elle a réussi à mettre un satellite en orbite avec sa fusée Diamant. L'objectif de mettre au point des lanceurs nationaux indépendants, sans les États-Unis ni l'URSS, est poursuivi jusqu'en 1975, date à laquelle la France réoriente ses efforts pour jeter les bases de la fusée européenne Ariane sous les auspices de la toute nouvelle Agence spatiale européenne (ESA). En parallèle, le pays s'emploie à développer ses capacités de télécommunications fixes par satellite via le programme franco-allemand de satellites Symphonie, puis avec des projets nationaux ou européens comme les satellites OTS[10].

La météorologie demeure également une priorité de la politique spatiale française avec les satellites géostationnaires Meteosat, proposés par la France mais conçus sous la responsabilité de l'ESA et exploités par l'Organisation européenne de satellites météorologiques (EUMETSAT). Même si la recherche spatiale française s'est poursuivie ensuite essentiellement dans le cadre de l'ESA, le CNES a conservé des capacités importantes de développement national indépendant, en particulier concernant les programmes de télécommunications et d'observation de la Terre.

La coopération avec l'Union soviétique offre des ouvertures supplémentaires qui sont activement exploitées par le CNES. En 1966, un accord est signé à Moscou durant la visite du Président français Charles de Gaulle en URSS. La coopération franco-soviétique dans l'espace est placée sous la responsabilité du CNES pour la France et du Conseil Intercosmos pour l'URSS, qui doivent rendre compte chaque année à une « Grande Commission » franco-soviétique. L'accord relatif à « l'étude et l'exploration pacifique de l'espace » porte sur les sciences spatiales, la météorologie, l'aéronomie et les télécommunications. La partie scientifique de la coopération est la plus productive et est élargie à la géophysique, l'astronomie, la biologie et la médecine spatiale. Un certain nombre d'obstacles à la coopération liés aux difficultés de communication pendant la Guerre froide et à des méthodes de travail sensiblement différentes, doivent cependant être surmontés. Lorsque les scientifiques français demandent à intégrer leurs expériences eux-mêmes sur le site de lancement, comme ils le font avec leurs confrères américains, leurs partenaires soviétiques de l'Académie des sciences font discrètement savoir au Directeur général du CNES que même l'Académie des sciences de l'URSS n'est pas autorisée à le faire car l'opération a toujours relevé du personnel militaire. Devant le refus du CNES de poursuivre la coopération dans ces conditions, les autorités soviétiques assouplissent leur position, ce qui profite au bout du compte à l'Académie des sciences[11].

9/ NOAA : Administration nationale des États-Unis pour les océans et l'atmosphère.

10/ OTS : satellites d'essais en orbite – satellites européens expérimentaux de télécommunications en orbite géostationnaire lancés en 1977 et 1978 par l'Agence spatiale européenne.

11/ Source : « Les trente premières années du CNES, l'agence spatiale européenne » - La Documentation Française.

2.2 La genèse de Sarsat



Bernard D. Trudell,
Directeur technique du projet Sarsat à la NASA
Première réunion quadripartite Cospas-Sarsat au GSFC à Greenbelt (Maryland, États-Unis) (juin 1978)
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

2.2.1 Définition d'un système à satellites pour la transmission et la localisation des alertes de détresse aux États-Unis

L'installation d'émetteurs de localisation d'urgence (ELT) sur les aéronefs privés à voilure fixe devient obligatoire aux États-Unis en 1974, via un amendement de 1970 à la loi américaine sur la sécurité et l'hygiène au travail (U.S. Occupational Safety and Health Act). Cependant, les graves faiblesses du système des ELT à 121,5 MHz apparaissent rapidement, en particulier la fiabilité médiocre des premiers équipements installés sur les avions légers et l'absence de système de veille permanente offrant une couverture suffisante. Si les défauts des balises peuvent être résolus par des améliorations du matériel et une meilleure formation des utilisateurs, il n'existe pas de solution simple au problème de la couverture de veille.

La NASA commence à étudier la faisabilité d'un système de surveillance des alertes de détresse par satellite. M. Bernard (Bernie) Trudell, directeur d'étude au sein du groupe Applications du Centre spatial Goddard de la NASA à Greenbelt (Maryland, États-Unis), est chargé de faire le point sur les travaux antérieurs et les besoins des utilisateurs, et de développer un concept de « satellite en orbite pour les recherches et le sauvetage » (projet SOS). Des études préliminaires avaient mis en évidence le potentiel de satellites placés en orbite à environ 1 000 km d'altitude pour assurer des activités de surveillance et de collecte de données. Une démonstration réalisée en 1975 avec le satellite radioamateur OSCAR 6 avait confirmé la faisabilité du concept par une simulation de relais d'émissions de balises 121,5 MHz.

En novembre 1975, encouragé par les recommandations de l'Association américaine des pilotes et des propriétaires d'avion (AOPA) et de l'Association nationale de recherche et de sauvetage (NASAR), le Comité inter-agence des États-Unis pour la recherche et le sauvetage (ICSAR), composé de représentants de la FCC[12], de la NASA et des ministères du Commerce, de la Défense et des Transports, constitue un groupe de travail spécial sur la transmission et la localisation des alertes de détresse par satellite. Après avoir fait le tour des solutions possibles pour cette fonction, notamment l'utilisation de systèmes de navigation existants (Omega, Loran, Decca) et futurs (GPS), le groupe de travail de l'ISCAR publie son rapport en octobre 1976 avec les recommandations suivantes :

- *Une démonstration d'un système à satellites d'aide aux recherches et au sauvetage, capable de surveiller et localiser les véhicules équipés de balises ELT ou RLS existantes, devrait être réalisée immédiatement afin*

> Après avoir examiné les études et programmes antérieurs sur l'utilisation des satellites pour les services SAR, j'ai été convaincu que seul un programme desservant les balises ELT et RLS existantes à 121,5/243 MHz aurait une chance d'obtenir le feu vert et le budget nécessaire. J'étais persuadé aussi que le programme devrait être associé à un système conçu pour le suivi par satellite, structuré comme les systèmes de collecte de données, tels que le système RAMS sur Nimbus et le système Argos embarqué sur les satellites NOAA A à G de la série Tiros N. Mon leitmotiv était « fournir à 121,5 MHz un service limité tout en permettant la transition progressive vers la fréquence 406 MHz – un système conçu pour la localisation par satellite ».
>
> Bernard D. Trudell
> Directeur technique du projet Sarsat à la NASA

12/ FCC : Commission fédérale des Communications.

d'apporter aux organisations utilisatrices une expérience opérationnelle et des données concernant le rapport coûts-bénéfices du système.

- *Une balise de détresse ELT/RLS évoluée destinée aux avions et aux navires, conçue pour fonctionner avec un système à satellites et émettant à la fréquence 406 MHz acceptée au niveau international, devrait être mise au point.*
- *La RLS évoluée devrait comporter une identification et un code de situation facultatif pour les ELT.*
- *Dans la mesure où le caractère international d'un système de type SARSAT[13] a été reconnu et peut permettre de réduire les coûts du SAR, une participation étrangère est encouragée dans tout système de satellites de démonstration afin de favoriser son acceptation à l'échelon international.*
- *Tout projet de système à satellites devrait être présenté à l'OACI et à l'OMCI[14] afin de garantir une participation internationale et un système mondial uniforme.*
- *Les communautés aéronautique et maritime et les organismes publics devraient être associés à toutes les démonstrations de satellites et y participer activement.*
- *Des organisations gouvernementales et civiles devraient étudier la mise en œuvre d'un système SARSAT opérationnel sur le plan de la gestion, des coûts et des opérations, y compris la participation internationale.*
- *La poursuite du développement de techniques permettant d'utiliser les futurs systèmes à satellites tels qu'INMARSAT, AEROSAT[15], et autres, pour les activités SAR […] devrait être encouragée.*

Le rapport de l'ICSAR pointe clairement les solutions techniques et les objectifs prioritaires du système à satellites proposé, notamment la double nécessité de :

- répondre aux besoins actuels de veille et de localisation des alertes de détresse émises par les ELT et les RLS existantes sous la forme d'un signal analogique à 121,5 MHz et 243 MHz ;
- étudier l'amélioration des performances attendues d'un nouveau système qui utiliserait une technologie numérique évoluée et fonctionnerait à 406 MHz, fréquence déjà attribuée par l'UIT aux alertes de détresse émises par des RLS satellite de faible puissance.

Le rapport de l'ICSAR énonce aussi l'objectif d'un système mondial à satellites ouvert à la coopération internationale et visant à être accepté partout dans le monde. Bernie Trudell avait joué un rôle déterminant dans le développement du concept et son adoption par le groupe de travail de l'ICSAR. Il continua avec un enthousiasme inébranlable à promouvoir ses idées, d'abord dans le cadre de la coopération États-Unis–Canada déjà en discussion à propos de la partie 121,5/243 MHz du futur système, puis dans les discussions avec le CNES en vue de la mise au point du système à 406 MHz.

13/ C'est la première fois que l'acronyme SARSAT (défini comme étant un « système à satellites pour les recherches et le sauvetage ») est utilisé. Il sera ensuite adopté pour le projet de coopération entre le Canada, la France et les États-Unis, avec la définition « système de localisation par satellite pour les recherches et le sauvetage ».

14 / L'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (OMCI) a été rebaptisée « Organisation maritime internationale » (OMI) en 1982.

15/ INMARSAT, AEROSAT : on trouvera une brève description des deux projets au chapitre 1, section 1.2.



Le satellite Advanced Tiros N
avec ses antennes et sa charge utile Sarsat
Photo avec l'aimable autorisation de la NOAA

La conception et la construction de la série de satellites météorologiques opérationnels de la NOAA en orbite polaire basse avaient été confiées à la NASA. Le satellite devait emporter une panoplie d'instruments météorologiques, dont le système de collecte de données Argos à 401 MHz fourni par le CNES français. Il sembla logique d'essayer de modifier la plateforme satellite pour héberger les charges utiles SAR, sous réserve de pouvoir maintenir l'intégrité du système. Pour la NASA, la difficulté serait d'accueillir de nouvelles antennes sur la plateforme satellite, en particulier l'hélice 121,5 MHz relativement encombrante, et de fournir l'alimentation électrique nécessaire aux charges utiles SAR qui comprenaient un émetteur en bande L supplémentaire destiné à diffuser en permanence les bandes de fréquences SAR relayées (121,5 MHz, 243 MHz et 406 MHz, plus le flux de données traitées du système 406 MHz).

2.2.2 Les travaux canadiens sur la détection des balises 121,5 MHz par satellite

En 1971, une étude théorique[16] de Harry Stevinson, l'inventeur des CPI[17] dans les années 1950, et de son collègue du Conseil national de recherches du Canada, D.A. Baker, conclut que les satellites peuvent probablement relayer et localiser les signaux de détresse des CPI et des ELT, et que différentes orbites pourraient être envisagées.

Les premières discussions sur un système à satellites pour les recherches et le sauvetage ont lieu pendant une pause-café au Centre de recherches sur les communications (CRC), au sein du groupe des systèmes spatiaux dirigé par Larry Maynard. Le CRC, au départ rattaché au Centre de recherches sur les télécommunications de la défense du ministère de la Défense nationale (MDN), a été créé peu de temps auparavant sous la forme d'une agence civile en lien avec le ministère des Communications (MDC) nouvellement constitué. Un matin, Larry Maynard raconte la fausse alerte provoquée par la balise ELT de son avion personnel. Le petit groupe commence à discuter de l'apport possible des technologies spatiales pour localiser ces incidents et réaliser ainsi d'importantes économies sur les coûts de recherche d'un avion au sol. Etant donné l'importance vitale du facteur temps dans une situation de réelle urgence dans l'Arctique et les régions reculées du Canada, un système de ce type serait précieux car il permettrait de lancer et de mener plus rapidement l'opération de sauvetage.

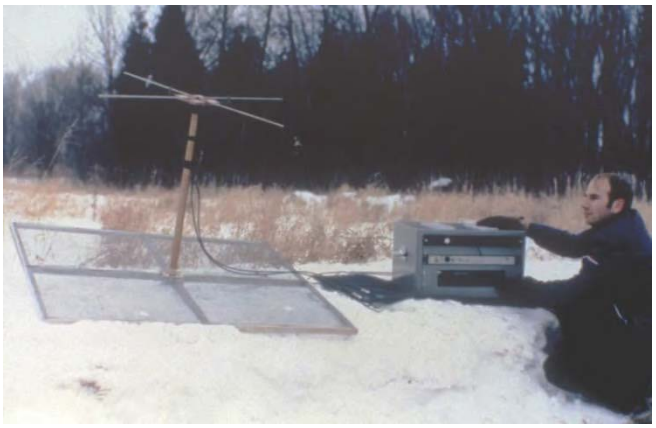
Le système américain de navigation par satellite Transit, qui permettait à l'utilisateur de déterminer sa position en utilisant le décalage Doppler du signal descendant du satellite, était déjà en orbite. On imagine donc une solution « Transit inversé ». L'effet Doppler sur le signal de l'ELT reçu par un satellite en orbite serait mesuré et utilisé pour calculer la position de l'ELT. La puissance d'émission des ELT de l'époque étant très limitée, le choix s'orientait vers un satellite en orbite basse, et plus spécifiquement un satellite en orbite polaire.

16/ Stevinson, H.T., et Baker, D.A. (1971). « Locating People in High Latitudes ». Rapport technique de laboratoire LTR-FR-32 and –32A, Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches, Ottawa (Canada).

17/ CPI : indicateur de position d'écrasement – Voir la section 1.3.2.

Une difficulté majeure était de savoir si le décalage en fréquence du signal et son rapport signal sur bruit seraient suffisamment importants pour permettre une localisation fiable et précise. Néanmoins, si vous aviez le satellite approprié pour relayer les signaux, si vous connaissiez la position du satellite à tout moment et si vous étiez en mesure de traiter les signaux, alors la seule inconnue du problème était la position de l'ELT. L'idée était née, mais il faudra du temps avant qu'elle ne se transforme en un projet bien réel, financé par de l'argent bien réel lui aussi, d'autant que ces travaux ne rentraient pas dans les missions définies et n'étaient pas considérés comme un domaine de recherche essentiel.

À l'époque, les radio-amateurs de l'organisation AMSAT ont un satellite en orbite, appelé OSCAR, qui utilise une fréquence de 145 MHz en liaison montante, très proche de la fréquence 121,5 MHz des ELT. Procéder à des expériences à la fréquence de fonctionnement des ELT serait difficile en raison des risques d'interférences avec des incidents réels. En revanche, la proximité de la fréquence de liaison montante d'OSCAR produit des effets de propagation et des effets Doppler très proches de ce que l'on peut attendre d'un système opérationnel à 121,5 MHz. L'idée de tenter une démonstration en utilisant le satellite OSCAR est développée sous l'impulsion de Larry Maynard et progresse en grande partie grâce à LeRoy Pearce, Doug Lambert et Menno Stoffels, rejoints plus tard par Alan Winter.



Démonstration de validation du concept Sarsat par Alan Winter au CRC à Ottawa (Canada) via le satellite OSCAR 6 en 1975
Photo avec l'aimable autorisation du MDC du Canada

Pour réaliser cette démonstration, une technique de traitement du signal est élaborée, consistant à utiliser un logiciel prédictif basé sur les éléments orbitaux afin de localiser le satellite sur son orbite à n'importe quel moment, ainsi qu'un programme d'optimisation pour corréler la courbe de l'effet Doppler observé sur la liaison montante aux gabarits de courbes qui seraient obtenues pour différentes positions supposées de l'ELT. On fait varier la position supposée de manière à obtenir la meilleure corrélation possible avec la courbe observée. Ce processus aboutit à deux positions de part et d'autre de la trace de l'orbite au sol : la position réelle et une position miroir qui peut habituellement être éliminée si l'on connaît la région probable du crash, ou après un deuxième passage de satellite. Une « ELT expérimentale » est fabriquée en déplaçant la fréquence centrale de l'émetteur d'une ELT opérationnelle pour la caler sur la fréquence de liaison montante du satellite OSCAR, à savoir 145 MHz.

Les travaux avaient été menés jusqu'alors par le CRC sur une base de récupération des coûts, dans le cadre du programme de recherche et développement (R&D) des télécommunications militaires par satellite commandité par le MDN. Les forces armées canadiennes étaient chargées des activités de recherches et de sauvetage sur le territoire national, mais le soutien apporté aux premières études était minime car on s'intéressait aux télécommunications spatiales davantage pour les missions militaires opérationnelles que pour les services SAR nationaux. Malgré le faible niveau de financement initial, l'intérêt potentiel du concept fut reconnu et les travaux de R&D poursuivis. Larry Kaiser, de l'organisation AMSAT, fut contacté et le groupe obtint l'autorisation de réaliser

des expériences avec le satellite OSCAR 6 en 1975. Sans la coopération d'AMSAT, la démonstration n'aurait pas pu avoir lieu et le projet opérationnel ultérieur n'aurait probablement pas bénéficié d'un soutien plein et entier.

> Nous n'aurions jamais été pris au sérieux par le MDN et la NASA si nous n'avions pas pu faire la démonstration du concept de Sarsat avec le satellite OSCAR. Le fait d'avoir réussi à localiser via OSCAR l'hélicoptère du général Mackenzie, alors que lui et son pilote étaient les seuls à connaître son emplacement a été décisif. À partir de ce moment, nous avons eu l'appui du MDN pour négocier un système Sarsat commun avec la NASA et d'autres pays !
>
> Alan E. Winter, chef de projet des systèmes Sarsat au CRC

Les expériences furent un succès total, en particulier pendant une démonstration destinée à un haut responsable du MDN. L'ELT expérimentale utilisée avec OSCAR fut embarquée sur un hélicoptère qui alla se poser à proximité d'un lac reculé dans le nord du Québec et fut camouflée sous des feuillages. Le site de l'essai avait été sélectionné par le général du MDN et le pilote de l'hélicoptère et n'était connu que d'eux seuls. Peu après le passage du satellite OSCAR, la position « secrète » de l'ELT fut calculée et communiquée au général, qui fut immédiatement convaincu de l'intérêt et de la faisabilité de l'idée. Cette démonstration permit de s'assurer le soutien à la fois du MDN et du MDC. Un deuxième grand pas en avant fut réalisé lorsque Larry Maynard reçut un coup de téléphone de Bernie Trudell, de la NASA. Ce dernier avait entendu parler de la démonstration réussie et expliqua qu'ils avaient exploré une idée du même genre. Après avoir vu les résultats des essais, la NASA fut convaincue de la faisabilité de l'entreprise. Les deux parties furent d'accord qu'un projet de coopération États-Unis-Canada pourrait produire une solution plus efficace et serait économiquement plus rationnel pour les deux pays. Avec l'aide du MDN, le feu vert fut donné pour le projet commun avec la NASA. L'agence spatiale française, le CNES, rejoignit le projet peu de temps après. Le MDN octroya un financement au CRC pour qu'il mette sur pied et gère un bureau chargé du projet technique. M. Harvey Werstiuk fut nommé responsable du projet en 1977 et chargé d'engager la phase expérimentale suivante du projet Sarsat.

L'industrie canadienne joua un rôle important durant cette phase du projet, en particulier dans la mise au point du système opérationnel Sarsat 121,5 MHz au début des années 80. En 1975, l'expérience de validation du concept avait été réalisée avec du matériel de laboratoire et des calculs mathématiques faits à la main pour déterminer la position de la balise, puisqu'aucun algorithme informatique n'existait encore pour exécuter automatiquement ce type de traitement. Il était hors de question d'effectuer les calculs à la main pour un système d'alerte par satellite qui devait fonctionner 24 heures sur 24, mais l'obstacle restait à surmonter.

La société Canadian Astronautics Ltd. développa un nouvel algorithme de traitement du signal, appelé Constant Bin Correlator (CBC), capable de détecter automatiquement et d'extraire les signaux très faibles reçus des balises de détresse 121,5 MHz. Michael Stott et Richard Renner, de Canadian Astronautics, firent la démonstration des performances de leur algorithme lors d'une réunion internationale des partenaires Sarsat à Ottawa en mai 1978. La société fut sollicitée plus tard pour construire un processeur Doppler plus évolué (ADDP – Advanced Development Doppler Processor), précurseur d'une station terrienne de réception satellite complète.

Maintenant que le traitement automatique du signal s'avérait possible, d'autres éléments d'un système satellite expérimental allaient pouvoir être élaborés par l'industrie canadienne, notamment la conception et la construction des charges utiles des satellites (les répéteurs SAR) par SPAR Aerospace, un centre de contrôle de mission canadien par SED systems, des prototypes de balises d'essai 406 MHz par Bristol Aerospace Ltd et MPR Teltech, et plus tard des testeurs de balises portatives par WS Technologies.

2.2.3 Le savoir-faire de la France dans les systèmes de localisation Doppler et de collecte de données par satellite

L'administration française de l'aviation civile, la DGAC[18], avait rendu obligatoire l'utilisation des ELT 121,5 MHz sur les vols commerciaux conformément aux prescriptions de l'OACI édictées en 1967. Cette obligation fut étendue à tous les aéronefs de l'aviation générale en 1979. Cependant, même si le système 121,5 MHz présentait les mêmes insuffisances qu'aux États-Unis et au Canada, il n'existait pas en France de demande pressante pour un système de veille par satellite, probablement parce que l'aviation générale était moins développée en Europe. La participation de la France au projet Sarsat est entièrement due au savoir-faire du CNES[19] en matière de localisation Doppler et de collecte de données par satellite, acquis dans le cadre de la coopération avec la NASA sur l'expérience Eole puis sur le système opérationnel Argos (voir le chapitre 1, section 1.2.3).

Les instruments français du système Argos à 401 MHz étaient embarqués sur les satellites météorologiques Advanced Tiros N de la NOAA. Argos était conçu pour recueillir des données environnementales de bouées légères et localiser l'émetteur n'importe où sur la planète, après chaque passage du satellite LEO[20] en visibilité des bouées dérivantes. Il n'y avait pas grande différence avec la détection et la localisation des balises de détresse 406 MHz. En revanche, le cahier des charges de la mission SAR à 406 MHz n'était pas le même que celui du système Argos. La détection du signal à bord et la mesure de l'effet Doppler, son stockage et sa retransmission vers le sol étaient identiques sur le principe mais la mise en œuvre était différente.

Du fait de la situation de détresse supposée, une probabilité de détection plus élevée était souhaitable sur les premiers signaux 406 MHz reçus par le satellite, et une bonne précision des calculs de position Doppler était nécessaire dès le premier passage du satellite en visibilité de la balise. Ceci devait être obtenu dans un environnement potentiellement défavorable et éventuellement juste après le déclenchement de la balise, pendant la phase de montée en température. Avec les oscillateurs disponibles dans le commerce à l'époque, les signaux émis par la balise avant qu'elle n'atteigne une température de fonctionnement stable auraient une fréquence porteuse instable, ce qui pouvait avoir un impact majeur sur la précision de la localisation Doppler. Tous les autres problèmes techniques étaient identiques. La véritable difficulté du projet était d'atteindre les objectifs de performance sur le plan du délai de détection qui devait être le plus court possible, et sur la précision et la fiabilité de la localisation Doppler, avec des balises d'un prix accessible pour les utilisateurs mais beaucoup plus évoluées que les modèles 121,5 MHz existants.

Pour le CNES, le projet était essentiellement un défi technique et une nouvelle occasion de développer son propre savoir-faire. Il fut présenté comme une extension mineure du système Argos, qui devait devenir opérationnel avec le lancement du premier satellite Advanced Tiros N en 1978[21]. L'instrument SAR à 406 MHz était presque identique au récepteur-processeur Argos à 401 MHz et venait du même fabricant, la société Dassault. Il ne devait donc pas générer de nouveaux coûts de développement importants.

18/ DGAC : Direction générale de l'aviation civile.

19/ CNES : Centre national d'études spatiales.

20/ LEO : satellites en orbite basse.

21/ Tiros N a été lancé le 13 octobre 1978. Le système Argos est entré en service opérationnel en 1979.

Au Centre spatial de Toulouse, l'équipe du CNES dirigée par Daniel Ludwig et Maurice Winterholer travaillait sur le système 406 MHz et au départ avait peu prêté attention au système 121,5 MHz mis au point par le Canada et les États-Unis. Beaucoup d'ingénieurs pensaient que le signal 121,5 MHz relayé par le satellite était trop faible pour qu'un traitement Doppler puisse lui être appliqué. Le premier projet de construction d'une station de réception à Toulouse en 1979 ne comprenait pas de moyens de traitement à 121,5 MHz. Ils furent commandés au Canada en 1981, après les résultats prometteurs obtenus lors des premiers essais des équipements disponibles. À la suite de contacts avec l'administration française de l'aviation civile, le CNES avait compris que, pour assurer une bonne visibilité à sa propre expérience Sarsat à 406 MHz, il ne pouvait ignorer les balises 121,5 MHz déjà déployées en France et dans d'autres pays d'Europe.

De 1979 à 1983, Daniel Ludwig dirigea les travaux de développement au CNES en tant que Chef du Département Argos et Sarsat, à la Direction des satellites du Centre spatial de Toulouse, avec Claude Gal chargé des charges utiles des satellites, Philippe Goudy ingénieur système, et Michel Alonso chargé du segment sol. À partir de 1983, Claude Gal prit la tête du Département et Claude Augoyard assuma la tâche difficile de créer le MCC français et d'organiser le passage à un système entièrement opérationnel, sous la direction de Pierre Bescond, alors Directeur des opérations satellite. Daniel Ludwig endossa de nouvelles responsabilités en tant que coordinateur général des projets à Toulouse, jusqu'à sa nomination à l'Autorité de surveillance de Galileo à Bruxelles où il engagea le processus de coopération avec Cospas-Sarsat sur le projet de système MEOSAR intitulé « SAR-Galileo ».

2.2.4 L'Arrangement Sarsat de 1979



Le projet expérimental Sarsat est né officiellement le 27 août 1979, le jour où la dernière signature fut apposée sur l'« *Arrangement entre la National Aeronautics and Space Administration des États-Unis d'Amérique, le ministère des Communications du Canada et le Centre national d'études spatiales de la France relatif à la coopération dans un projet expérimental d'aide à la recherche et au sauvetage par satellite* ».

L'Arrangement soulignait les résultats des études coordonnées réalisées aux États-Unis et au Canada, qui avaient confirmé la faisabilité technique d'un système expérimental commun (c'est-à-dire le système répéteur 121,5/243 MHz), et la volonté de « *répondre aux besoins actuels [dans le domaine de la recherche et du sauvetage], tels qu'ils sont définis par les organismes utilisateurs responsables aux États-Unis et au Canada* ». Les objectifs étaient « *d'améliorer la couverture de l'écoute des signaux de détresse, de diminuer le temps du repérage et d'assurer une localisation initiale plus exacte des sinistres* ». L'Arrangement rappelait en outre que « *le système SARGOS*[22] *du CNES, composé d'un récepteur-processeur embarqué fonctionnant dans la bande des 406 MHz, [était] compatible avec les spécifications du projet [SARSAT] qu'avaient conçu la NASA et le MDC* ». Enfin, l'Arrangement relevait que les Parties entreprenaient ce projet

22/ Le nom SARGOS du système du CNES était la contraction de SAR et de Argos, le système de collecte de données embarqué sur les satellites NOAA en orbite polaire et lancé pour la première fois en 1979. Cette terminologie fut abandonnée lors des discussions sur l'Arrangement Cospas-Sarsat qui comprenait un système similaire à 406 MHz fourni par l'URSS.

commun « *en pensant qu'il pourrait être le précurseur d'un système opérationnel d'aide à la recherche et au sauvetage par satellite, sous la direction ou au nom des organismes utilisateurs de recherche et de sauvetage dans chacun des pays participants.* »

L'Arrangement décrivait ensuite les attributions de chacune des parties pour la construction et la fourniture des équipements nécessaires : les répéteurs 121,5/243/406 MHz pour le MDC, y compris l'émetteur 1544,5 MHz en liaison descendante, et les récepteurs-processeurs 406 MHz pour le CNES, tandis que la NASA fournirait les antennes et assurerait l'intégration des équipements SAR sur la plateforme des satellites NOAA. La NASA conservait expressément la pleine responsabilité de l'intégrité globale du système à satellites. L'Arrangement précisait également que, du fait de la nature expérimentale du projet, le système SAR ne devait pas créer de contraintes sur la gestion du système à satellites de la NOAA, en particulier en cas de défaillance du satellite ou des instruments SAR. Par ailleurs, toutes les parties à l'Arrangement prenaient acte de ce que la NOAA ne prenait aucun engagement quant à un éventuel futur système opérationnel.

La gestion du projet fut confiée à un « Groupe de pilotage » tripartite, et un « Groupe de travail conjoint » fut chargé de préparer un « Plan de mise en œuvre conjointe du projet ». Compte tenu de la nature de la coopération, qui comportait le transfert de matériel et l'échange de données protégées par un droit de propriété, l'Arrangement incorporait des dispositions spécifiques concernant, entre autres, les aspects douaniers, l'usage restreint des informations et des données protégées, les questions de responsabilité légale ainsi que le règlement des différends.



Unité de commande d'antenne d'un prototype de LUT de 1981
Jim King au Centre de recherches sur les communications (Canada)

2.3 La genèse de Cospas

Les services SAR en Union soviétique

Dans les années 1970, l'OACI et l'OMI avaient défini certaines exigences pour les émetteurs de détresse à 121,5 MHz. Les caractéristiques du signal radio pour ces « radiobalises de localisation des sinistres » (RLS) avaient été récapitulées dans le Règlement de l'UIT[23] qui supposait que le signal de détresse 121,5 MHz serait reçu par des récepteurs radio standard et audiodétectés par les opérateurs radio ou les pilotes. Certains types d'émetteurs de détresse 121,5 MHz pour l'aviation étaient déjà utilisés en URSS (R855UM Komar), mais l'UIT n'imposait pas une grande stabilité en fréquence, ce qui rendait ce type d'émetteurs difficiles à localiser par satellite avec une technique Doppler. Une autre bande de fréquences à 406 MHz avait été identifiée par l'UIT et réservée exclusivement aux futurs dispositifs devant être relayés par des satellites.

En raison de l'immensité du territoire de l'Union soviétique, bordé de vastes étendues maritimes, et de sa population dispersée, la création d'un système efficace d'alerte et de recherche et sauvetage revêtait une très grande importance, sur le plan social mais aussi économique. L'URSS investissait beaucoup également dans le développement de systèmes spatiaux, ce qui conduisit tout naturellement à décider d'explorer les possibilités offertes par les satellites en orbite basse pour la transmission et la localisation des alertes de détresse.

L'assistance aux marins en détresse en mer étant considérée comme une priorité, le ministère de la Marine marchande (MORFLOT) fut chargé de mettre en œuvre le projet Cospas (transcription du mot russe *Космас,* l'acronyme de *Космическая система поиска аварийных судов,* qui signifie « système spatial de recherche de navires en détresse »). Compte tenu des caractéristiques médiocres du signal 121,5 MHz des émetteurs de détresse existants, l'URSS choisit de développer en premier lieu un nouveau type de RLS fonctionnant à 406 MHz et conçues spécialement pour un traitement par satellite, ce qui permettrait d'améliorer sensiblement les performances sur le plan de la détection des alertes et de la précision de la position.

L'URSS savait néanmoins que les Canadiens s'intéressaient au traitement des messages de détresse à 121,5 MHz relayés par satellites et qu'ils travaillaient à mettre au point des techniques de traitement Doppler pour localiser la source de ces émissions. C'est pourquoi, étant donné le grand nombre d'ELT/RLS à 121,5 MHz déjà en service – probablement plus de 250 000 dans le monde à la fin des années 70, l'Union soviétique apporta son soutien à la proposition d'une surveillance mondiale des signaux de balise 121,5 MHz par des satellites en orbite basse, qui offrait la perspective d'une amélioration de la probabilité de détecter ces signaux de détresse.

Le projet Cospas

Le premier contact entre une délégation menée par M. Youri Atzerov, Directeur général de Morsviazsputnik, une entreprise rattachée à MORFLOT, créée pour assurer les services de télécommunications mobiles maritimes par satellite — et la NASA au sujet d'un système SAR satellitaire a lieu en mars 1977 à Washington (États-Unis). La rencontre se conclut par un accord de principe sur une coopération, officialisé ensuite par un accord URSS–États-Unis à haut niveau sur une coopération dans les domaines des sciences et techniques, signé le 24 mai 1977.

23/ Appendice 37A du Règlement des radiocommunications – Caractéristiques techniques des radiobalises de localisation des sinistres fonctionnant sur les fréquences porteuses 121,5 MHz et 243 MHz.

En juin 1978, la deuxième rencontre d'une délégation soviétique avec la NASA à Washington marque véritablement les débuts de la coopération Est-Ouest sur le projet Cospas-Sarsat. La délégation soviétique est conduite par M. Youri Zourabov, Directeur général adjoint de Morsviazsputnik, qui allait rester le chef des délégations Cospas à de nombreuses réunions internationales jusqu'en avril 1999. Le projet Cospas est officiellement institué par la décision n°33-15 du Conseil des ministres de l'URSS du 12 janvier 1978, MORFLOT étant chargé de son exécution.



Youri F. Makarov,
Directeur technique du projet Cospas (1978-1982)

En juin 1978, la division Radiocommunications pour les systèmes spatiaux de l'Institut de recherche scientifique sur les constructions spatiales de l'URSS (RISDE) se voit confier le développement du nouveau système à satellites. Youri Makarov, Chef de la division Radio du RISDE, fort de 20 ans d'expérience dans le développement de systèmes de radiocommunications pour les satellites soviétiques et les engins spatiaux envoyés vers la Lune, Vénus et Mars, est nommé Directeur technique du projet. En 1982, il cède la place à Arnold Selivanov, lui-même remplacé en 2002 par Igor Nikouchkine. Un plan détaillé de mise en œuvre du projet est adopté en 1979 pour encadrer les travaux de développement.



Arnold Selivanov,
Directeur technique du projet Cospas (1982-2002)

Conçus pour être interopérables, les projets Cospas et Sarsat sont en fait développés séparément. Tandis que Sarsat utilise une grande plateforme américaine de satellite météorologique pour héberger les charges utiles SAR fournies par le Canada et la France, les charges utiles 406 MHz et 121,5 MHz fonctionnellement similaires, développées de manière indépendante en Russie, sont embarquées sur la plateforme de satellite du système de navigation Doppler Tsikada. Les satellites Tsikada, illustrés ci-dessous, sont lancés sur une orbite quasi-polaire à 1 000 km d'altitude, avec une inclinaison de 83°. L'hébergement des charges utiles Cospas nécessite l'installation d'antennes d'émission et de réception supplémentaires, notamment une antenne de réception 121,5 MHz d'assez grand gabarit, ainsi qu'une alimentation électrique supplémentaire pour la diffusion continue de données d'alerte en liaison descendante sur la fréquence 1544,5 MHz. Une autre difficulté technique à résoudre est la compatibilité électromagnétique de la charge utile Cospas avec la charge utile de navigation Doppler des satellites Tsikada émettant dans les bandes de fréquences autour de 150 MHz et 400 MHz, proches des fréquences de réception de la charge utile SAR. Ce problème est résolu par une division du RISDE dirigée par Youri Bekhterev. La station de réception (LUT) soviétique pour les satellites Cospas et Sarsat est mise au point au RISDE par la division de Evgueni Molotov, tandis que les logiciels sont conçus par Viatcheslav Arkhanguelsky pour le système Cospas et Vilen Kroupen pour la LUT soviétique.



Vladislav Rogalsky
Responsable de l'interopérabilité du système Cospas (1978-2009)

Autre aspect clé du projet : assurer l'interopérabilité totale des systèmes de télécommunication Cospas et Sarsat, qui suppose d'aligner les caractéristiques des signaux radio, les diagrammes d'antenne, les protocoles de communication, la structure des messages et le traitement des messages, etc. Sous la direction de Vladislav Rogalsky du RISDE, l'échange des spécifications techniques détaillées d'interface, rassemblées dans un Plan de

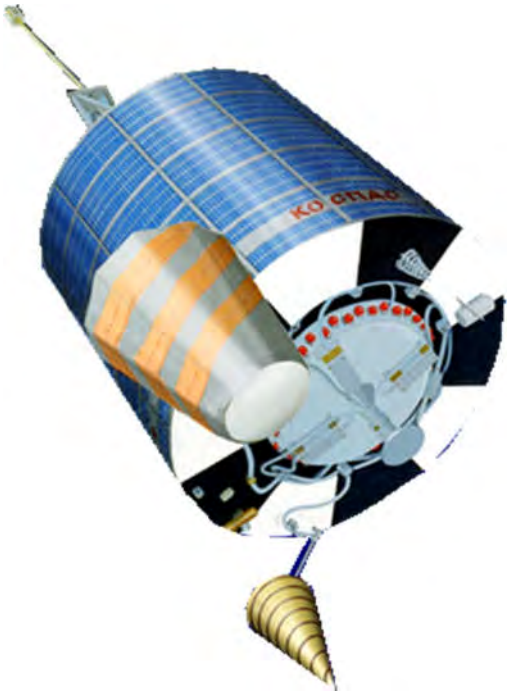
mise en œuvre Cospas-Sarsat conjoint (CSIP), permet de rendre les deux systèmes effectivement interopérables. Des « essais de compatibilité » sont réalisés par ailleurs conjointement avant le lancement par des experts techniques Cospas et Sarsat en 1982. Ces essais ont lieu à la fois en URSS au RISDE et en France au Centre spatial du CNES à Toulouse.

Le projet est achevé dans les délais prévus dans le Plan de mise en œuvre Cospas-Sarsat et le lancement du premier satellite Cospas 1 (Cosmos 1383) a lieu le 30 juin 1982 depuis la base de Plesetsk, en URSS. Le second satellite Cospas (Cosmos 1447) est lancé le 24 mars 1983, puis Cospas 3 (Cosmos 1574) le 21 juin 1984. Le lancement du premier satellite Sarsat le 28 mars 1983 parachève la constellation de quatre satellites souhaitée, permettant de conclure rapidement la phase de démonstration et d'évaluation commencée en octobre 1982.

En 1984, avec trois satellites Cospas en orbite, trois LUT en service (Moscou, Arkhanguelsk et Vladivostok) et un centre de contrôle de mission (MCC) installé à Moscou sous la direction de Viatcheslav Semikolenov, le système Cospas est déclaré pré-opérationnel. La voie est ainsi ouverte à une poursuite de la coopération internationale, qui se concrétise par la signature d'un nouvel Arrangement Cospas-Sarsat en 1984.

Le 8 décembre 1987, la Résolution n°1414-350 du Comité central du Parti communiste soviétique et du Conseil des ministres de l'URSS déclare le système Cospas pleinement opérationnel et recommande son utilisation par les navires de marine marchande et de pêche, l'aviation civile et les autres parties intéressées. Cette décision précède la signature de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat (ICSPA) en juillet 1988, qui met le système Cospas-Sarsat à la disposition de la communauté internationale sans discrimination.

Youri Zourabov, ancien Directeur général adjoint de Morsviazsputnik, mena les délégations soviétiques et russes aux réunions Cospas-Sarsat entre 1978 et 1999 et présida de nombreuses réunions du Groupe de coordination du Comité directeur et du Conseil de Cospas-Sarsat, ainsi que de nombreuses réunions d'experts pendant les négociations de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat qui allait établir la structure institutionnelle du Programme international. Sa stature et ses qualités de diplomate jouèrent un rôle déterminant dans le succès du projet Cospas et du Programme international Cospas-Sarsat. Constantin Ivanov, ancien Directeur du département Cospas à Morsviazsputnik, présida un grand nombre de réunions Cospas-Sarsat et fut chef de la délégation Cospas entre 1999 et 2001. Valery Bogdanov, Directeur général de Morsviazsputnik de 1999 à 2010, qui participa également aux premières réunions Cospas-Sarsat entre 1978 et 1985, apporta aussi une contribution majeure au programme, de même que son successeur Andreï Kouroupiatnikov et son adjoint, Andreï Kouchev.



Le satellite Tsikada / Nadejda avec les antennes et la charge utile Cospas

Le principal défi scientifique et technique à relever dans le cadre du projet Cospas-Sarsat était d'assurer la compatibilité et l'interopérabilité des satellites, des signaux des balises et des messages d'alerte transmis entre les composantes du système.

Vladislav Rogalsky

2.4 Le projet conjoint Cospas-Sarsat : un mariage de raison réussi

Lorsque la spectaculaire mission Apollo-Soyouz prend fin en juillet 1975, la course à la Lune est bel et bien terminée [24]. Même si l'URSS et les États-Unis poursuivent activement des programmes habités d'exploration de l'espace, ils ne souhaitent aucunement s'engager dans une coopération directe dans ce domaine. Le développement d'applications spatiales « utiles » bat son plein, mais la Guerre froide domine encore les relations Est-Ouest et les préoccupations stratégiques limitent les opportunités réelles de coopération.

Néanmoins, les mérites et la faisabilité des télécommunications mobiles par satellite font l'objet de grandes discussions à l'OMI et à l'OACI et, pour les responsables des politiques spatiales, il devient évident que les systèmes à satellites utilisés pour le service de télécommunications mobiles devraient être accessibles aux usagers dans le monde entier. L'utilisation de satellites pour la transmission et la localisation des alertes de détresse est le type même d'application où les frontières de la Guerre froide n'ont aucun sens. En outre, la perspective de coopérer sur un projet humanitaire multilatéral, sans réel enjeu économique ou stratégique, séduit les politiciens comme les responsables chargés de définir les politiques spatiales.

2.4.1 Apprendre à coopérer par-delà les frontières de la Guerre froide

En octobre 1976, une réunion à haut niveau est organisée au siège de la NASA à Washington, entre la NASA et une délégation soviétique afin d'étudier d'éventuels futurs projets de coopération dans le domaine spatial. Bien que le projet SOS de satellites pour les recherches et le sauvetage ne soit pas encore approuvé aux États-Unis, le thème des satellites d'aide aux services SAR figure sur la liste des projets de coopération envisageables que la NASA présente à la délégation soviétique. La réunion ne produit aucun résultat immédiat. Mais un peu plus tard, la NASA reçoit un télégramme demandant qu'une équipe soviétique de 10 personnes puisse se rendre pendant 10 jours à Washington pour discuter de la proposition de satellites pour les services SAR. Il est clair que la perspective d'une coopération internationale sur le sujet intéresse l'URSS qui a prévu de son côté un système similaire au projet SOS de la NASA.

La première leçon de la réunion fut que la coopération internationale demande de la patience et de la persévérance.

À la demande de Bernie Trudell, promoteur du projet SOS à la NASA qui estime que 10 jours ne sont pas nécessaires, la durée de la réunion est réduite à 2 jours. Elle se tient au Centre spatial Goddard (GSFC) de la NASA à Greenbelt (Maryland, États-Unis) les 16 et 17 mars 1977. La délégation soviétique est conduite par Youri Atserov, Directeur général de Morsviazsputnik, l'entreprise de télécommunications mobiles maritimes par satellite rattachée au ministère soviétique de la Marine marchande (MORFLOT).



Bernie Trudell en pleine discussion
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

La première leçon de la réunion est que la coopération internationale demande de la patience et de la persévérance. L'interprétation consécutive de chaque intervention, présentation de document ou discussion prend inévitablement du temps, et instaurer un climat de confiance et de compréhension mutuelle ne se fait pas instantanément. Plus tard, Bernie

24/ Pour le projet Apollo-Soyouz, la capsule Apollo est lancée par le dernier exemplaire disponible de la fusée Saturne 1B, mise au point pour le programme lunaire américain.

Trudell reconnut que si une réunion de 10 jours semblait en effet excessive à des responsables techniques soucieux d'éviter les pertes de temps, deux jours ne suffisaient assurément pas. Outre les contraintes de traduction, chaque réunion doit se conclure par un résumé des débats, examiné scrupuleusement par les deux délégations et signé par les chefs de délégation. Des discussions sur la participation du Canada au projet SOS ont déjà commencé entre le Canada et les États-Unis, mais aucun document officiel n'a été encore finalisé. Une délégation canadienne assiste à la réunion bilatérale États-Unis–URSS en tant qu'observateur et le « protocole » final de la réunion mentionne bien la possibilité qu'un instrument canadien soit embarqué sur le satellite américain, mais le Canada n'est pas signataire du protocole entre la NASA et MORFLOT qui énonce leur intention de mettre en place un projet commun. La participation française au projet Sarsat en est encore au stade des contacts préliminaires, c'est pourquoi le CNES n'assiste pas à la réunion bilatérale NASA-MORFLOT. Après la signature du protocole, les participants sont invités à fêter dignement l'événement à l'Ambassade d'URSS, en portant un bon nombre de toasts à la vodka.

Lorsque les équipes Cospas et Sarsat se rencontrent à nouveau en juin 1978, toujours à Washington, un accord préliminaire a été conclu entre temps entre les partenaires Sarsat – le ministère canadien des Communications (MDC), le CNES français et la NASA côté américain – en vue d'entreprendre le projet de coopération trilatéral décrit plus haut à la section 2.2. Même si l'accord Sarsat n'est pas encore finalisé, la réunion quadripartite de juin 1978 entre MORFLOT, la NASA, le MDC et le CNES est en réalité une négociation bilatérale entre les partenaires Sarsat et la délégation soviétique représentée par le Directeur général adjoint de Morsviazsputnik, Youri Zourabov. La réunion est présidée par l'Administrateur associé de la NASA. La tension monte lorsque les trois partenaires Sarsat insistent pour que la partie soviétique fournisse un répéteur 121,5 MHz sur le satellite Cospas proposé, en plus du récepteur-processeur-émetteur 406 MHz. L'équipe Cospas propose seulement l'instrument 406 MHz, arguant du fait que les navires soviétiques ne sont pas équipés de balises 121,5 MHz. Il est probable aussi qu'ils estiment extrêmement minces les chances de réussite à 121,5 MHz, compte tenu du signal très faible émis par la balise et de la complexité prévisible du traitement au sol. Or, pour les partenaires Sarsat, le principal objectif de la coopération Est-Ouest est de faire passer de deux à quatre le nombre de satellites en service en même temps en orbite polaire, afin de diviser par deux le temps d'attente avant le passage d'un satellite en visibilité d'une balise. Si les satellites Cospas n'embarquent pas le système répéteur à 121,5 MHz, il n'y aura aucun avantage pour les nombreux utilisateurs actuels des ELT et RLS fonctionnant sur la fréquence 121,5 MHz [25].

L'équipe Sarsat maintient que l'intégration des deux fréquences est une condition préalable à la poursuite de tout projet de coopération Est-Ouest et la réunion s'achève sans que la délégation soviétique s'engage à ce sujet. Elle prévoit néanmoins de réexaminer la question une fois rentrée et d'étudier la faisabilité de la fourniture d'un répéteur 121,5 MHz présentant les caractéristiques de base exposées par l'équipe Sarsat. Après avoir signé le « résumé des discussions », la délégation soviétique ouvre un certain nombre de bouteilles de vodka pour fêter comme il se doit la fin de la réunion et commence à distribuer des petits cadeaux aux membres de l'équipe Sarsat. La surprise est bienvenue mais un peu gênante pour les délégués Sarsat qui n'ont rien prévu et ne peuvent rendre

25/ La contribution canadienne devait aussi comprendre un répéteur pour la fréquence 243 MHz, deuxième harmonique de la fréquence 121,5 MHz. Beaucoup d'ELT émettaient en réalité sur les deux fréquences 121,5 MHz et 243 MHz, ce que l'on s'était gardé de signaler à l'équipe soviétique car la fréquence 243 MHz était utilisée par l'OTAN sur les aéronefs militaires pour les communications et les alertes de détresse. La Guerre froide continuait d'influencer les comportements et le projet Cospas-Sarsat fit l'impasse sur la fréquence 243 MHz.

la pareille. L'initiative soviétique inaugure ainsi la tradition de terminer les réunions Cospas-Sarsat en échangeant quelques verres et des petits présents.

La réunion suivante se tient en France du 13 au 16 février 1979 dans le bâtiment historique de l'Observatoire de Paris. Les Soviétiques ont accepté d'embarquer un répéteur 121,5 MHz sur leur satellite Cospas, et le principal objectif de la réunion est d'étudier les détails techniques des deux systèmes interopérables : Sarsat et Cospas. Les partenaires ne veulent pas se retrouver dans la situation inextricable de la mission Apollo-Soyouz, où il avait fallu réunir des matériels de conceptions différentes et incompatibles sous bien des aspects. Les spécifications porteront uniquement sur l'interfaçage des communications avec les équipements radio à bord des satellites. Les moyens mis en œuvre de chaque côté pour réaliser le système de télécommunication seront laissés à la discrétion des concepteurs dès lors que le fonctionnement reste « transparent », c'est-à-dire tant que les deux systèmes à satellites sont capables de recevoir les émissions spécifiées des balises de détresse et de diffuser sur la liaison descendante un signal ayant des caractéristiques telles que toutes les parties peuvent le recevoir et le traiter.

Le principal point de négociation est d'essayer d'obtenir des Soviétiques qu'ils s'engagent à lancer deux satellites au lieu d'un seul. Le projet Sarsat comprend trois satellites et l'on estime que, pour démontrer de manière convenable l'interopérabilité des systèmes Sarsat et Cospas, il faut au moins deux satellites Cospas. L'équipe Sarsat a une vision à plus long terme d'une transition future vers un système opérationnel, et le but est de convaincre les autorités SAR du monde entier de l'intérêt des satellites pour détecter et localiser les alertes de détresse. Pour atteindre cet objectif, il est indispensable de parvenir à une certaine continuité du service avec un nombre suffisant de satellites. Cette fois encore, avec la prudence qui a caractérisé la précédente réunion à Washington et qui va devenir la marque de fabrique de la coopération future, la délégation soviétique annonce qu'elle examinera une fois rentrée la possibilité de s'engager sur un second satellite.

Comme à Washington, la réunion se termine par un échange de petits cadeaux et de toasts, la délégation soviétique fournissant gracieusement la vodka. La tradition est installée et va perdurer pendant les quelques années suivantes à chaque réunion Cospas-Sarsat. L'échange de petits cadeaux sans valeur commerciale prendra fin lorsque le nombre de participants aux réunions grossit tellement que l'opération devient compliquée. Elle sera remplacée par la distribution plus habituelle de pins, stylos et autocollants marqués de logos. Curieusement, la tradition de se retrouver autour de quelques verres sera maintenue, le vin et la bière côtoyant désormais la vodka, mais décalée dans le temps : au lieu de célébrer le travail accompli à la fin de la réunion, après la signature du compte rendu, un pot de bienvenue sera organisé à la fin du premier jour de réunion, contribuant à rompre la glace entre les délégations après le tour de chauffe des premières discussions de la journée. Ce petit changement s'avère tout à fait sage car à partir de 1985, les réunions du CDCS se prolongent régulièrement très tard dans la nuit le « dernier » jour de réunion, les délégués ayant ensuite juste le temps d'aller attraper leur vol de retour.

Une autre réunion des quatre partenaires se tient en juillet 1979 à Ottawa (Canada) pour préparer un projet d'arrangement destiné à définir le périmètre et le contenu de la coopération prévue sur le projet conjoint de satellites pour les recherches et le sauvetage. La réunion suivante a lieu à Léningrad (URSS) en novembre 1979, avec deux objectifs clairs : tout d'abord, s'entendre sur le projet d'arrangement officiel, et deuxièmement, rédiger un « Plan de mise en œuvre Cospas-Sarsat » (CSIP) afin d'expliciter les contributions techniques de chaque partenaire et le cahier des charges pour l'interfaçage des systèmes de communication.

2.4.2 Le premier Arrangement Cospas-Sarsat

L'« *Arrangement entre le Centre national d'études spatiales de la France, le ministère de la Marine marchande de l'Union des Républiques socialistes soviétiques, le ministère des Communications du Canada et, la National Aeronautics and Space Administration des États-Unis d'Amérique, relatif à la coopération dans le cadre d'un projet expérimental conjoint d'aide à la recherche et au sauvetage par satellite* » est signé à Léningrad[26] (URSS) le 23 novembre 1979. Le texte, en trois langues, est signé par MM. John McElroy, Administrateur assistant de la NASA, pour la NASA, Youri Zourabov, Directeur général adjoint de Morsviazsputnik, pour MORFLOT, Bert Blevis, Directeur général de la division Technologies et applications spatiales du CRC, pour le MDC, et Gérard Brachet, Directeur des programmes, pour le CNES.

Des difficultés de traduction retardent la bonne conclusion de la réunion de Léningrad, le texte étant finalisé vers 4 heures du matin le lendemain, mais la date de la signature est maintenue. Le document décrit les deux projets distincts Sarsat et Cospas et énonce l'objectif commun de rendre les deux systèmes interopérables afin de « *démontrer que des équipements embarqués à bord de satellites sur orbite basse quasi-polaire peuvent faciliter la détection et la localisation de signaux de détresse* ». L'Arrangement indique également que « *ce projet conjoint permettra aux Parties de*



Léningrad (URSS) – Novembre 1979 – Les délégations Cospas et Sarsat

En haut – Délégués Cospas, au 1er rang, de gauche à droite : Y. Zourabov, Y. Makarov, V. Rogalsky, Y. Beckterev.

En bas – Délégués Sarsat : Canada : 1er à partir de la gauche : H. Werstiuk,
États-Unis : 4e à partir de la gauche : J. McElroy, T. McGunigal, B. Trudell,
France : 9e à partir de la gauche : J.-L. Moalic, D. Ludwig, M. Winterholer.

Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

26/ Léningrad : aujourd'hui Saint-Pétersbourg (Russie).



Lancement de la fusée Zénith (URSS)



Lancement d'Atlas (États-Unis)

Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

faire des recommandations sur de futures applications mondiales opérationnelles ». À ces fins, Sarsat et Cospas « *lancent, chacun, et maintiennent en orbite un satellite équipé de répéteurs et de processeurs […] »* et « *feront tout leur possible pour lancer, chacun, et maintenir en orbite un second satellite […] ».*

Après que le premier satellite Sarsat et le premier satellite Cospas auront été lancés, une phase de démonstration et d'évaluation (D&E) d'au moins douze mois sera entreprise avec la participation active des « organismes utilisateurs » (les autorités SAR). La plupart des activités de test relèveront de chaque partie, mais la phase D&E comportera aussi un « *programme conjoint d'essais* » devant être défini dans le CSIP et se conclura par la publication d'un rapport conjoint.

L'Arrangement doit entrer en vigueur après confirmation par un échange de lettres entre les parties, échange qui intervient en 1980, non sans quelques inquiétudes. En janvier 1980, l'Union soviétique a lancé son intervention en Afghanistan et les relations Est-Ouest ont pris un sérieux coup de froid. Tous les liens scientifiques noués entre les États-Unis et le Canada d'une part, et l'Union soviétique d'autre part, sont interrompus. Le ministère canadien des Affaires extérieures suspend la signature de la confirmation de l'Arrangement, jusqu'à ce que les États-Unis décident que l'accord a une portée humanitaire et déclarent leur intention de le confirmer[27].

Malgré le profond désir de succès qui motivait la coopération franche et ouverte entre les équipes techniques, les considérations diplomatiques et politiques ne furent jamais oubliées. La phase de démonstration et d'évaluation devait commencer « *dès que le premier satellite Sarsat et le premier satellite Cospas, porteurs des équipements de recherche et de sauvetage, sont lancés et fonctionnent de façon satisfaisante »,* ainsi que l'énonçait le paragraphe 6.2.2 de l'Arrangement. Les formulations furent longuement débattues et le projet Cospas placé en premier dans le titre du programme de coopération (Cospas-Sarsat). Néanmoins, pendant les discussions, les États-Unis insistèrent pour que ce soit l'équipe Sarsat qui lance le premier satellite, et pour que l'équipe Cospas lance son premier satellite dans les six mois suivant le lancement Sarsat, ce que les Soviétiques acceptèrent.

Malheureusement pour la partie Sarsat, les contraintes opérationnelles de la NOAA primèrent, et le lancement du satellite NOAA E, qui dépendait de l'état de fonctionnement des autres satellites NOAA en orbite, fut différé à plusieurs reprises du fait de la bonne santé de la constellation existante [28]. Quand il devint manifeste que NOAA E ne serait pas lancé en 1982, date visée pour la phase D&E, l'équipe soviétique fit valoir que le projet ne pouvait plus être retardé et qu'elle devait être autorisée à lancer le satellite Cospas 1 qui était prêt. Consciente de l'embarras

27/ « Cospas-Sarsat Background Information » - Contribution de Bert Blevis, CRC Canada.

28/ Le lancement du satellite NOAA E fut aussi retardé pour une autre raison : un problème d'interférences électromagnétiques (IEM) avait été découvert pendant les essais du satellite, après l'intégration des instruments SAR. Les IEM affectaient le récepteur 121,5 MHz et un important programme de réduction des IEM était nécessaire, ce qui était en soi une bonne raison de reporter le lancement (voir le chapitre 3, section 3.1).

qu'un refus pouvait créer, la NASA finit par accepter. Lors de la troisième réunion du Groupe de coordination Cospas-Sarsat organisée en avril 1982 à Moscou, les parties adoptèrent un amendement au paragraphe 6.2.2 de l'Arrangement, prévoyant que la phase D&E commencerait une fois que le premier satellite Cospas ou Sarsat équipé d'une charge utile de recherche et de sauvetage serait lancé et fonctionnerait en orbite. Cette modification permit d'entamer la phase de démonstration et d'évaluation avec un seul satellite.

Un autre changement fit passer la phase D&E à 15 mois au lieu de 12, compte tenu de la date de lancement prévue pour le satellite Sarsat, et précisa que les deux satellites Cospas et Sarsat devaient fonctionner simultanément pendant au moins six mois pendant cette période.

L'amendement fut confirmé par le Canada le 13 juillet 1982 – alors que Cospas 1 avait été lancé le 30 juin 1982.

Si la réunion de 1979 à Léningrad fut marquée par la signature de l'Arrangement Cospas-Sarsat, elle échoua sur le second objectif, à savoir la rédaction d'un CSIP détaillé consensuel. En fait, il fallut un bon nombre de réunions et l'échange d'une quantité considérable de documents avant que le CSIP puisse être finalisé. Il sera en outre régulièrement révisé par la suite.

2.4.3 Premier lancement et premier succès à 121,5 MHz avec le cas SAR Ziegleheim

Le satellite Cospas 1 (Cosmos 1383 selon la désignation officielle en URSS) est lancé le 30 juin 1982 et la phase D&E démarre officiellement le 1er septembre 1982. Le premier véritable sauvetage d'aviateurs en détresse à avoir utilisé les données de Cospas 1 est enregistré le 10 septembre 1982 au Canada, deux mois et 10 jours après le lancement du premier satellite.



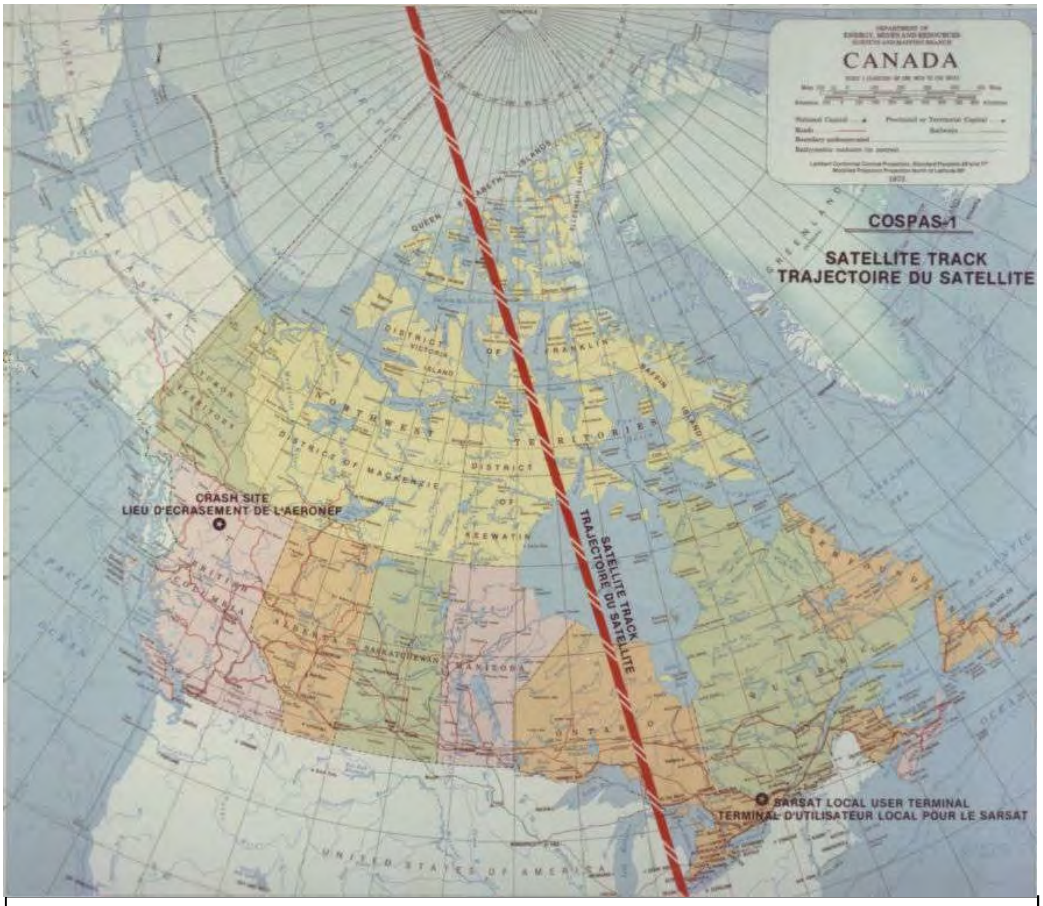
Le premier sauvetage à avoir utilisé des données Cospas-Sarsat, en Colombie-Britannique (Canada)
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Largement relayée par les médias du monde entier comme « le sauvetage venu de l'espace grâce à un satellite soviétique », l'histoire mérite d'être contée un peu en détail car elle représente un cas d'école du rôle et des avantages de la détection et de la localisation des détresses par satellite.

En juillet 1982, au Canada, un petit avion avec à son bord un jeune pilote travaillant pour une compagnie aérienne locale et une infirmière appelée pour une urgence médicale disparaît près de Dease Lake, une région montagneuse reculée du nord de la Colombie-Britannique. Les recherches sont arrêtées au bout de 21 jours et 1 800 heures de vol sans aucun résultat. Le père du jeune pilote décide toutefois de poursuivre les recherches en louant un avion monomoteur dans un aéroclub de Brampton, dans l'Ontario (près de Toronto), avec deux pilotes. Pendant une semaine, le Cessna 172 sillonne la région entre Dawson Creek et Dease Lake. Les recherches se soldent à nouveau par un échec et ils décident de retourner à Toronto. Le 8 septembre 1982, l'avion qui rentre sur Dawson Creek voit soudain la météo se dégrader et est piégé sous les nuages en pleine montagne. Après avoir suivi une rivière dans une vallée encaissée dans l'espoir d'arriver en terrain dégagé, le Cessna se retrouve dans une impasse à la sortie d'un méandre. Incapable de reprendre de l'altitude, l'avion touche la cime des arbres, décroche et s'écrase presque à la verticale à quelque 65 km/h. Les pilotes

Jonathan Ziegleheim et Gary VanAmelswoort, et leur passager George Heemskerk, sont vivants mais blessés. Le visage en sang, Gary VanAmelswoort a le nez cassé et une lèvre fendue par le manche à balai qui s'est brisé dans le crash. Jonathan Ziegleheim a une fracture de la jambe et saigne abondamment. George Heemskerk s'en sort avec un poignet douloureux.

Heureusement, ils parviennent à extraire la balise ELT 121,5 MHz et son antenne de l'avion écrasé et, après avoir grimpé tant bien que mal jusqu'à un endroit dégagé, ils la mettent en marche.



Cette carte montre la trajectoire du satellite Cospas 1 au-dessus du Canada et les sites du cas Ziegleheim en Colombie-Britannique et de la LUT expérimentale basée à Ottawa, dans l'Ontario. Comme le site du crash se trouve en bordure de la zone de visibilité du satellite, la durée de visibilité mutuelle entre le site de l'accident, le satellite et la LUT est courte, rendant la localisation Doppler difficile. Avec un seul satellite en orbite, les aviateurs en détresse ont eu de la chance d'être détectés et localisés aussi vite après le crash.

Carte avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Quelques jours auparavant, le répéteur 121,5 MHz du satellite Cospas a été activé par les contrôleurs soviétiques à l'issue des essais du satellite. Le signal de l'ELT émis depuis le site du crash, relayé par le répéteur du satellite, est reçu par la station de réception expérimentale canadienne du Centre de recherches sur les communications à Ottawa, encore en phase d'essais préliminaires. La LUT fournit une position pour la source du signal 121,5 MHz, transmise rapidement au centre de coordination de sauvetage de la base de l'Armée de l'air à Trenton. Pour la toute première fois, des données Cospas-Sarsat sont utilisées pour envoyer des moyens SAR, en l'occurrence un Buffalo canadien de transport militaire, à la recherche d'un avion.

Le lancement réussi de Cospas 1 avait été une excellente nouvelle et l'annonce du premier cas d'utilisation réelle du système au Canada fut une surprise totale.

Cospas-Sarsat devenait une entreprise sérieuse et le système était, enfin, considéré au plan international comme une réalité dont il fallait tenir compte.

Grâce aux données de position Cospas-Sarsat, le Buffalo repère rapidement le site de l'accident et une équipe médicale est parachutée pour porter secours aux blessés. Les survivants sont stupéfaits d'avoir été retrouvés aussi vite, le lendemain du crash. On leur explique qu'un satellite soviétique a relayé le signal de leur ELT, que le système d'alerte a fonctionné et a fourni une position, et que Jonathan Ziegleheim a eu beaucoup de chance car il serait mort de son hémorragie dès le lendemain. L'équipage est évacué en hélicoptère.

Sans les données de position fournies par Cospas-Sarsat, plusieurs jours et de nombreuses heures de vol auraient été nécessaires pour localiser les survivants, à supposer que le signal de l'ELT ait été détecté et signalé aux autorités SAR par un avion ayant survolé la zone. M. Ziegleheim est la première personne sauvée grâce au système à satellites.

Pour tous les participants à l'expérience Cospas-Sarsat, le lancement réussi de Cospas 1 avait été une excellente nouvelle. L'annonce du premier cas d'utilisation réelle du système au Canada fut une surprise totale. Même si chacun avait l'espoir que le système marcherait, tout le monde était conscient des défis et des risques associés aux innovations technologiques requises pour détecter et traiter les faibles signaux 121,5 MHz. Une attitude prudente avait régné après le lancement de Cospas 1, en partie en raison du contexte politique incertain. Le succès spectaculaire obtenu au Canada, arrivant si tôt après le début de l'expérience et largement relayé par les médias du monde entier, démontrait l'intérêt du projet et balayait tous les doutes sur sa faisabilité. Cospas-Sarsat devenait une entreprise sérieuse et le système était, enfin, considéré au plan international comme une réalité dont il fallait tenir compte.

2.4.4 Résultats et soucis inattendus pour le système 406 MHz

Les participants à la quatrième réunion du Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG-4) qui s'ouvre à Williamsburg (Virginie, États-Unis) en octobre 1982 avaient assurément de quoi se réjouir de la première utilisation réussie du système 121,5 MHz, mais les nouvelles n'étaient pas toutes aussi bonnes. À 406 MHz, le satellite Cospas 1 produisait un flux ininterrompu de « pseudo » messages d'alerte générés par de nombreuses interférences dans la bande de fréquences. L'amélioration du filtrage sur les futurs satellites pourrait certes diminuer le flux de pseudo-messages, mais les brouillages constituaient une menace très sérieuse dans certaines parties du monde car ils pouvaient masquer les vraies émissions à 406 MHz provenant de balises de détresse réelles, ce qui rendait le système inutilisable. À partir de ce moment, les partenaires Cospas-Sarsat durent s'attaquer à une tâche complexe et fastidieuse : éliminer les brouillages préjudiciables dus à des transmissions non autorisées dans la bande 406 MHz.

À brève échéance, avec un seul satellite en orbite, les chances de progresser rapidement dans la démonstration et l'évaluation du système à 406 MHz semblaient relativement compromises. Il était nécessaire de caractériser précisément le problème des interférences et pour cela de mettre au point des outils de traitement spécifiques permettant de localiser les sources de brouillage. Le lancement en mars 1983 du deuxième satellite Cospas[29] et du premier satellite Sarsat[30], sur lesquels le processus de filtrage des messages à bord avait été ajusté pour résoudre les problèmes de brouillage à 406 MHz, contribua grandement à cette tâche et permit une démonstration approfondie du système.

29/ Lancement de Cospas 2 le 24 mars 1983.

30/ Lancement de NOAA E (NOAA 8) le 28 mars 1983.

2.4.5 Présentation rapide de la phase de démonstration et d'évaluation

Un Plan de démonstration et d'évaluation relativement détaillé avait été élaboré et adopté avant le lancement de Cospas 1. Il comprenait une description des essais techniques et opérationnels que chaque partenaire avait prévu de réaliser de son côté, avec des émissions de balises « réelles » ou simulées, pour caractériser les performances de ses équipements et évaluer l'utilité pratique du système d'alerte par satellite pour les autorités SAR. Le Plan D&E comportait également une description d'essais communs destinés à fournir une base pour comparer les performances des différents satellites et stations de réception utilisés pendant la phase D&E, et démontrer les capacités de couverture mondiale du système 406 MHz. On trouvera au chapitre 3 une présentation détaillée des activités D&E et de leurs résultats.

La phase D&E de 18 mois fut pour tous les participants une période d'apprentissage intense et parfois frustrante, ponctuée de quelques succès éclatants et de problèmes épineux à résoudre d'urgence. À 121,5 MHz, le système affichait des performances conformes aux attentes en termes de probabilités de détection et de précision de la localisation, ce qui était en soi une immense réussite. Mais le flux constant de fausses alertes dues à des émissions en l'absence de détresse, auparavant non détectées par les récepteurs au sol ou d'une durée trop brève pour être signalées par les aéronefs, constituait une réelle surprise et une source de préoccupation pour les autorités SAR. À 406 MHz, les problèmes de brouillage et les pseudo-messages d'alerte générés par Cospas 1, qui avaient des répercussions majeures sur les perspectives opérationnelles du système, réclamaient une réponse rapide. L'équipe Cospas modifia le processus de filtrage à bord des signaux 406 MHz avant le lancement de Cospas 2, et l'équipe Sarsat vérifia les performances du SARP[31] Sarsat dans un environnement fortement brouillé à 406 MHz avant le lancement de Sarsat 1. Heureusement, le récepteur-processeur 406 MHz du CNES possédait un système de filtrage numérique qui éliminait la plupart des pseudo-messages d'alerte. Il avait aussi un mode sélectionnable sur commande de « récepteur non filtré » qui permettait de recevoir en continu ces pseudo-messages d'alerte. Cette fonction sera par la suite utilisée, avec le mode répéteur 406 MHz canadien disponible également sur les satellites Sarsat, pour établir une méthode de localisation des sources des brouillages à 406 MHz et entreprendre une action au niveau international afin de demander leur suppression.

2.4.6 L'enjeu des alertes de détresse réelles

Alertes « réelles » et pays investigateurs

Lors de la réunion CSCG-4 à Williamsburg (États-Unis), Cospas-Sarsat se retrouva plongé, sans grande préparation, dans un monde de responsabilités opérationnelles incontournables. Le Centre spatial norvégien et le ministère britannique des Transports avaient signé un arrangement séparé[32] avec les partenaires Sarsat pour devenir officiellement « *pays investigateurs* » pendant la phase D&E, en utilisant leurs propres stations de réception. La société maritime d'État bulgare en avait signé un avec Morsviazsputnik pour tester les balises de détresse à 406 MHz. D'autres partenaires étaient très désireux d'être associés. Il allait falloir organiser des réunions avec les investigateurs, en marge des réunions obligatoires Sarsat ou Cospas-Sarsat, pour coordonner leur participation.

31/ SARP (Search And Rescue Processor) : le récepteur-processeur à mémoire fonctionnant à 406 MHz sur les satellites Sarsat et Cospas.

32/ L'arrangement entre Sarsat (le ministère canadien des Communications, le CNES français et la NASA aux États-Unis) et le Centre spatial norvégien fut signé en 1981, et celui entre Sarsat et le ministère des Transports du Royaume-Uni fut signé par correspondance en octobre 1982.

Le problème des alertes de détresse réelles, comme le cas SAR Ziegleheim, réclamait une attention urgente. Il concernait essentiellement le système 121,5 MHz puisqu'il n'y avait aucune balise 406 MHz opérationnelle sur le terrain. Quelque 250 000 balises opérationnelles 121,5 MHz étaient déployées dans le monde, la plupart étant des ELT aéronautiques aux États-Unis et au Canada, mais aussi plusieurs milliers d'ELT en Europe. Il fallait élaborer des procédures pour traiter ces alertes, qu'elles soient réelles ou fausses, en particulier prévoir leur distribution aux services SAR du monde entier. On s'était peu intéressé à la question pendant la préparation de la phase D&E qui relevait principalement des agences spatiales. Comme le système 121,5 MHz n'assurait qu'une couverture « régionale » autour des stations de réception, l'immensité des territoires de l'URSS, du Canada et des États-Unis limitait les chances qu'une station de réception repère une émission de détresse à l'étranger.

Il en allait tout autrement en Europe de l'Ouest, où les couvertures des stations expérimentales basées à Toulouse (France), Lasham (Royaume-Uni) et Tromsø (Norvège) se chevauchaient assez largement. De ce fait, une alerte de détresse « réelle » à 121,5 MHz pouvait être détectée simultanément par les trois stations. D'autre part, le lieu de détresse pouvait être situé dans n'importe quel pays couvert par les stations, c'est-à-dire dans la quasi-totalité de l'Europe de l'Ouest et une partie de l'Afrique du Nord. La dimension internationale du problème était évidente, mais sa solution était loin de l'être car elle exigeait une coordination appropriée et le consentement de nombreuses autorités SAR, ainsi que des organisations internationales compétentes.

Passage à des responsabilités opérationnelles

À la fin de la phase D&E, les performances du système Cospas-Sarsat ayant été convenablement caractérisées, tant à 121,5 MHz [33] qu'à 406 MHz, le système fut déclaré techniquement prêt à l'usage. Sur le plan opérationnel, la question n'était pas aussi claire, et des discussions difficiles étaient en cours sur les principes à suivre pour la distribution internationale des alertes de détresse. Le concept de centres de contrôle de mission (MCC) chez chacun des principaux partenaires (Canada, États-Unis, France et URSS) avait été adopté et mis en œuvre pour permettre l'échange de données sur le système, les essais et les alertes en conditions réelles, entre les partenaires, y compris les pays investigateurs exploitant des stations de réception (les LUT).

Avec l'augmentation du nombre de pays rejoignant le Programme en tant que Fournisseurs de segment sol, c'est-à-dire opérateurs de LUT ou de MCC, la distribution des données d'alerte allait devenir une question centrale du passage des opérations à l'échelon mondial dans les années suivant la phase D&E. Même si le système à satellites fut déclaré « prêt pour une utilisation opérationnelle » lors de la première réunion du Comité directeur Cospas-Sarsat (CDCS-1) à Seattle (États-Unis) en 1985, il fallut des années et de nombreuses discussions animées avant que Cospas-Sarsat ne parvienne à établir un « Plan de distribution des données » et à harmoniser ses procédures, de manière à assurer une distribution rationnelle et fiable des alertes de détresse Cospas-Sarsat dans le monde entier.

L'affaire était complexe à tous points de vue : sous les angles technique, opérationnel et politique. En 1984, il n'existait pas de système de transmission de données mondial, sûr et économique

33 / Les performances du système répéteur 243 MHz sur les satellites Sarsat, fourni par le Canada, avaient également été testées avec le satellite Sarsat 1. Ce système était identique à celui du répéteur 121,5 MHz et présentait des résultats similaires.

permettant de distribuer très rapidement des alertes de détresse de façon fiable. Le télex et son équivalent aéronautique, le RSFTA[34], étaient les seules solutions. Sur le plan opérationnel, il n'existait aucune procédure ou norme définie pour l'échange automatique de données d'alerte générées par ordinateur. Sur le plan politique, le nouveau concept de zones de desserte des MCC avec des délimitations géographiques acceptées était difficile à mettre en œuvre. L'élaboration et l'exécution du « Plan de distribution des données Cospas-Sarsat » demandèrent des efforts considérables de la part de tous les participants, notamment des représentants des autorités SAR des partenaires Cospas-Sarsat et des pays exploitant des LUT ou des MCC qui jouèrent un rôle majeur en la matière. Ce plan fut déterminant pour assurer le passage d'un projet satellitaire expérimental à un système mondial opérationnel de transmission et de localisation des alertes de détresse par satellite.

La principale pierre d'achoppement était les alertes « réelles » (les messages d'alerte générés automatiquement par le Système et non associés à des essais programmés) lorsqu'elles étaient localisées par le Système en dehors des frontières nationales des États exploitant les LUT. Ces alertes « réelles » pouvaient être soit de véritables détresses, soit de « fausses alertes », émises en l'absence de détresse. Une obligation de distribuer les alertes de détresse aux autorités SAR de pays non participants, qui n'étaient pas préparés à les recevoir, créerait sans aucun doute une charge supplémentaire et des responsabilités juridiques pour le distributeur. Le problème se posait surtout en Europe, où les zones de couverture des LUT étaient vastes par rapport à la taille relativement limitée des territoires nationaux. Les agences spatiales exploitant le système estimaient qu'elles n'avaient pas ce type de compétences et préféraient transférer toutes les données à leurs propres autorités SAR nationales. De leur côté, les autorités SAR jugeaient qu'elles ne pouvaient pas assumer de nouvelles responsabilités de ce type, qui n'avaient pas fait l'objet de discussions officielles à l'OMI et à l'OACI.

Pour les partenaires Cospas-Sarsat, le problème de la distribution des données d'alerte deviendrait particulièrement ardu quand les balises 406 MHz commenceraient à se répandre dans les flottes de pêche. Il se compliquerait encore lorsque des satellites géostationnaires équipés d'un répéteur 406 MHz seraient mis en service, assurant quasi-instantanément la détection des signaux 406 MHz dans le monde entier, le plus souvent sans données de position associées à l'émission de la balise. Les chapitres 3 et 5 expliquent plus en détail tout l'enjeu de la distribution des données d'alerte.

2.4.7 Le second Arrangement Cospas-Sarsat

En 1984, les signataires de l'Arrangement Cospas-Sarsat de 1979 pouvaient déclarer le Système techniquement prêt à l'usage et recommander son maintien, mais ils n'avaient aucun mandat pour gérer un système opérationnel de recherche et de sauvetage. Le chapitre 4 analyse les conditions préalables qui ont dû être satisfaites pour que le Système soit accepté au

34/ Le RSFTA, Réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques, était disponible dans le monde entier, avec des capacités variables, mais gratuitement pour les usagers autorisés. Son utilisation était réglementée par l'OACI. Il allait être progressivement ouvert aux MCC Cospas-Sarsat après quelques années pour devenir la colonne vertébrale de la distribution des données dans certaines parties du monde, avant que les protocoles Internet ne deviennent disponibles sur toute la planète.

niveau international et adopté officiellement par l'OMI et l'OACI. Il décrit également le long cheminement des partenaires avant d'arriver à un consensus sur le nouveau cadre institutionnel qui garantirait la continuité du Programme Cospas-Sarsat. Le processus allait prendre encore quatre ans. Dans l'intervalle, il était urgent de gérer le Système existant et de faire en sorte que les services SAR reçoivent des données d'alerte fiables.

Un nouvel Arrangement était nécessaire, mais ni le MDC du Canada, ni la NASA aux États-Unis n'étaient mandatés pour exploiter un système opérationnel. La NOAA[35] était l'agence des États-Unis chargée des satellites météorologiques opérationnels, et le MDN[36] était la première instance responsable des services SAR au Canada. La charge de poursuivre le projet fut donc transférée à ces administrations. En réalité, les attributions de la NOAA ne prévoyaient pas l'exploitation d'un système SAR par satellite, mais aucune autre administration américaine (ni la Garde côtière chargée des services SAR maritimes, ni l'Armée de l'air assumant les services SAR aéronautiques) n'était prête à prendre en charge le Système, y compris financièrement. Le fait que John McElroy, qui avait démarré le projet Sarsat en qualité de Directeur de la division Communications à l'Office des applications spatiales et terrestres de la NASA, ait été à l'époque Administrateur adjoint pour les satellites à la NOAA, a probablement contribué à résoudre le problème.

En URSS, Morsviazsputnik était l'entreprise rattachée à MORFLOT chargée des télécommunications mobiles par satellite, par conséquent le passage à un système opérationnel ne posa pas de problèmes. En France, l'agence spatiale nationale, le CNES, n'avait aucune attribution en matière de SAR et aucun mandat pour exploiter un système opérationnel, mais il n'y avait pas d'autre solution. Le CNES était néanmoins toujours partant pour contribuer à la mise en place d'un nouveau système mondial de satellites ayant un but humanitaire et prêt à continuer de financer sa part pendant quelques années, jusqu'à ce que le système soit adopté au niveau international.

L'« *Arrangement entre le ministère de la Marine marchande de l'Union des Républiques socialistes soviétiques, la National Oceanic and Atmospheric Administration des États-Unis d'Amérique, le ministère de la Défense nationale du Canada et le Centre national d'études spatiales de la France concernant la coopération relative au système de satellites pour les recherches et le sauvetage Cospas-Sarsat »* est conclu à Léningrad (URSS) le 5 octobre 1984. Le texte, en trois langues, est signé par MM. Youri Zourabov, Directeur général adjoint de Morsviazsputnik, pour MORFLOT, John McElroy, Administrateur assistant pour les satellites, pour la NOAA, Robert Dagenais, Responsable Sarsat au Secrétariat national SAR, pour le MDN, et Daniel Lévesque, Responsable du secteur satellites de navigation et collecte de données à la Direction des programmes, pour le CNES.



John McElroy
Administrateur adjoint
pour les satellites à la NOAA
(1982-1985)
Photo avec l'aimable autorisation
de la NOAA

Si l'Arrangement de 1984 présente la même structure que celui de 1979, l'objectif affiché est clairement différent. Le premier objectif des Parties à l'Arrangement est maintenant de « *faire du système Cospas-Sarsat un système international, opérationnel et global de satellites pour les recherches et le sauvetage ».*

35/ NOAA : l'Administration nationale pour les océans et l'atmosphère des États-Unis.

36/ MDN : le ministère de la Défense nationale du Canada.

À cette fin, les Parties :

- *« conviennent d'assurer la capacité opérationnelle initiale et la disponibilité du système Cospas-Sarsat, pour fournir les services par satellites et les informations issues du système aux fins d'utilisation dans les opérations de recherches et de sauvetage* » ; et
- *« encourageront activement d'autres pays à faire un usage opérationnel du système Cospas-Sarsat ».*

Le document envisage résolument l'avenir du système Cospas-Sarsat sur le long terme : les Parties « *conviennent d'envisager des développements supplémentaires […], y compris la possibilité d'utiliser à l'avenir des satellites géostationnaires* ». Les Parties conviennent également d'établir, « *aussitôt que possible, dans le cadre des activités de coopération Cospas-Sarsat, la base institutionnelle pour l'établissement d'un système international, opérationnel et global de satellites pour les recherches et le sauvetage »,* en tenant compte « *des débats pertinents tenus au sein d'organisations internationales telles que l'Organisation maritime internationale (OMI), l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) et l'Union internationale des télécommunications (UIT)* ».

Le Système Cospas-Sarsat est ensuite décrit comme une constellation de trois satellites Sarsat (NOAA E déjà lancé, NOAA F et G à venir) et trois satellites Cospas (Cosmos 1383, 1447 et 1574 déjà lancés), plus trois autres satellites Sarsat devant être équipés de la charge utile SAR[37] (les futurs NOAA H, I et J). Les parties Cospas et Sarsat déclarent leur intention de maintenir deux satellites en service en orbite « *dans des conditions normales d'exploitation* » (c'est-à-dire sauf en cas de défaillance totale de la plateforme satellite ou de la charge utile). Aux termes de l'Arrangement de 1984, le Système est décrit comme étant constitué de segments spatial et sol interopérables (satellites, LUT et MCC). La poursuite de la participation de la Norvège et du Royaume-Uni est « *envisagée* » et la participation d'autres pays en tant qu'opérateurs du segment sol est encouragée, sous réserve de l'approbation des Parties à l'Arrangement et de la signature d'un accord approprié.

La nouvelle instance dirigeante chargée de gérer le Système Cospas-Sarsat est le Comité directeur Cospas-Sarsat (CDCS), qui remplace le Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG). Le CDCS dispose de pouvoirs généraux pour coordonner les activités de coopération, maintenir l'interopérabilité du Système et échanger des informations pour les besoins du fonctionnement du Système. Il est composé de deux représentants de chacune des Parties qui prennent des décisions d'un commun accord. D'autres pays peuvent être invités à participer aux réunions du Comité directeur, mais « *à l'appréciation du CDCS* ». L'Arrangement stipule également que « *Normalement, les organismes responsables des LUT ou des autres installations terriennes seront invités* ».

La dernière nouveauté de l'Arrangement est d'envisager la création d'un secrétariat permanent « *destiné à coordonner les actions et à aider le [Comité directeur] à administrer cet Arrangement* ». Pour les raisons expliquées au chapitre 4 le Secrétariat ne sera pas institué avant 1987, alors que les parties ont déjà adopté un nouvel instrument : l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat.

37/ Un nouvel arrangement Sarsat est préparé en parallèle et signé en 1984 entre la NOAA des États-Unis, le MDN du Canada et le CNES de la France, en vertu duquel les trois partenaires Sarsat s'engagent à poursuivre leur coopération et à fournir trois satellites supplémentaires embarquant les charges utiles SAR canadiennes et françaises.



Vue d'artiste des satellites NOAA/Sarsat (à gauche) et Tsikada/Cospas (à droite)

Les autres articles de l'Arrangement sont relativement standard et n'apportent pas de grands changements aux dispositions de l'Arrangement précédent en ce qui concerne la responsabilité, l'échange de fonds, le règlement des différends, etc. L'Arrangement signé le 5 octobre 1984 entre en vigueur 180 jours après sa signature et la confirmation de toutes les Parties. En revanche, l'article 14 prévoit une date d'expiration : l'Arrangement restera en vigueur « *jusqu'au moment où les Parties conviennent d'un autre cadre international, le cas échéant, ou jusqu'au 31 décembre 1990, si cette date intervient auparavant* ».

L'Arrangement de 1984 visait manifestement à préparer une transition vers des accords à plus long terme. L'intention était claire, mais les partenaires avaient des visions relativement différentes de ce qui devrait constituer le futur « cadre institutionnel approprié ». Pour les organisations travaillant dans le domaine spatial ou dans celui des télécommunications qui avaient été les acteurs du développement et de l'évaluation-démonstration du Système Cospas-Sarsat, la création d'un système mondial international opérationnel d'alertes de détresse était une nouvelle proposition sans précédent.

2.5 Les systèmes GEOSAR

Les bonnes idées germent souvent en même temps à plusieurs endroits. Le principe d'utiliser un émetteur radio de faible puissance déclenché automatiquement ou manuellement en cas de détresse pour envoyer une alerte de détresse via des satellites n'était pas la propriété exclusive des partenaires Cospas-Sarsat. Une même bonne idée peut aussi être mise en œuvre de différentes manières. Il n'est donc pas surprenant que des méthodes concurrentes de transmission des alertes de détresse au moyen de satellites aient été proposées aux utilisateurs potentiels à peu près à la même époque.

Dans les années 1970, il existait une alternative aux satellites en orbite polaire basse (LEO) qui relayaient des signaux dans la région des 400 MHz du spectre de fréquences : les satellites géostationnaires (GEO) de télécommunications mobiles, fonctionnant dans la bande L du spectre (1,6 GHz). Comme il a été expliqué au chapitre 1, section 1.2, ces satellites étaient proposés pour le réseau à satellites Inmarsat de télécommunications mobiles maritimes, et une largeur de bande d'un MHz dans la bande L avait été allouée par l'UIT aux alertes de détresse dans le service mobile par satellite [38].

L'approche LEOSAR du Système Cospas-Sarsat s'expliquait par la nécessité de localiser les ELT 121,5 MHz existantes émettant un signal analogique qui n'était pas exploitable via un relais par satellite géostationnaire. La localisation Doppler était le seul traitement du signal 121,5 MHz susceptible d'aider

38/ Note de renvoi 5.375 de l'article 5 du RR (Tableau de répartition des bandes de fréquences) : L'utilisation de la bande 1 645,5-1 646,5 MHz par le service mobile par satellite (Terre vers l'espace) et pour les liaisons intersatellites est limitée aux communications de détresse et de sécurité (voir l'article 31).

les services SAR. De même, le système 406 MHz dérivé du système Argos de collecte de données environnementales et de localisation Doppler était conçu pour fonctionner avec des satellites LEO. Pourtant, vers le milieu des années 70, l'OMI commença à réfléchir aux composantes du Futur système mondial de détresse et de sécurité en mer (FSMDSM) et, pour la plupart des administrations participantes, les communications voix et données du service mobile maritime par satellite utilisant une constellation de satellites géostationnaires étaient appelées à devenir un élément clé du futur système. Les satellites géostationnaires pouvaient assurer une couverture continue de la plupart des régions océaniques avec une constellation de seulement trois ou quatre satellites. À l'OMI, il semblait assez évident que les RLS satellite fonctionnant à l'intérieur du futur système maritime à satellites géostationnaires représentaient l'avenir.

2.5.1 Les conceptions concurrentes pour les RLS en bande L

Dans un certain nombre de pays (États-Unis, Japon, Norvège, République fédérale d'Allemagne, Royaume-Uni et Union soviétique), les administrations maritimes finançaient ou encourageaient des études visant à mettre au point des RLS satellite. Pour l'OMI, le principal problème était de choisir, parmi une multitude de propositions, la conception qui serait retenue comme norme pour la RLS satellite en bande L du SMDSM. Étant donné les technologies disponibles dans les années 70, la réalisation d'un système permettant de décoder un signal numérique de faible puissance, émis par une balise alimentée par piles flottant sur une mer déchaînée, puis relayé par un répéteur à bord d'un satellite en orbite à 36 000 km de la Terre, ne coulait pas de source. En 1982-1983, les différents concepts furent évalués dans le cadre d'un Programme d'essais coordonné (CTP) géré par le Groupe de travail intérimaire 8/7 du CCIR (IWP 8/7), avec des procédures d'essai prédéfinies et une méthode d'évaluation concertée, et notamment des essais d'équipements prototypes en conditions réelles.

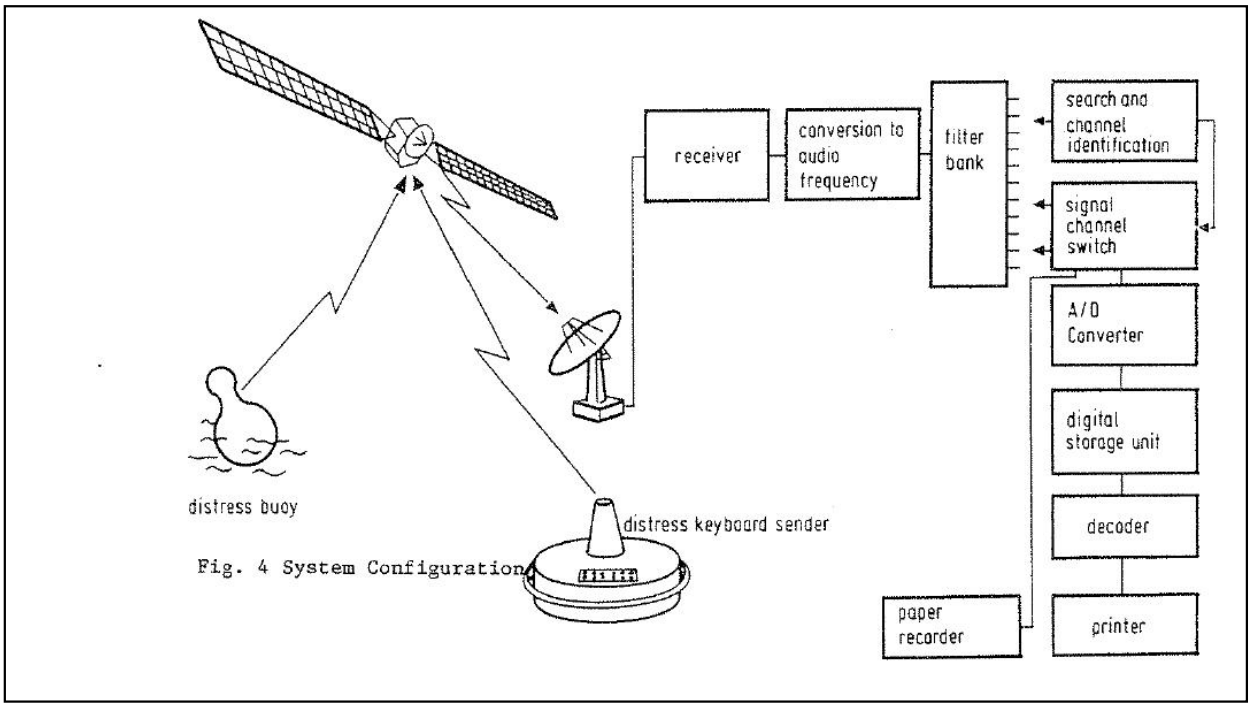
En 1984, le CCIR recommanda la RLS allemande conçue par le DFVLR[39] comme étant le système en bande L le mieux adapté pour le FSMDSM. En dehors de la déception des concurrents évincés, la conséquence immédiate de ce choix fut que la République fédérale d'Allemagne devint le porte-parole obligé de la bande L pendant les discussions sur les RLS satellite dans le FSMDSM, tandis que les pays qui avaient échoué lors de la compétition continuèrent à soutenir le concept et son application mais avec un peu moins d'enthousiasme.

Pour la plupart des délégations à l'OMI, le système de télécommunications mobiles d'Inmarsat à satellites géostationnaires, dont la disponibilité et la continuité étaient garanties par une convention internationale, allait devenir la pierre angulaire du FSMDSM. Il s'imposait naturellement pour la fourniture des services de RLS par satellite. C'est pourquoi peu de délégations aux réunions du Sous-comité des radiocommunications du Comité de la sécurité maritime de l'OMI soutenaient la solution LEO 406 MHz présentée par les partenaires Cospas-Sarsat. Toutes les administrations savaient qu'un système de RLS en bande L était en cours de développement et voulaient garder leurs options ouvertes. En outre, le projet Sarsat était porté par des agences spatiales ou des organismes de recherche sans liens directs avec les administrations maritimes représentant leur pays aux réunions de l'OMI. La seule exception était Morsviazsputnik, l'entreprise rattachée au ministère soviétique de la Marine marchande qui représentait l'URSS aux réunions des Sous-comités COM et SAR de l'OMI et qui était aussi à la tête du système Cospas. De ce fait, les premières propositions présentées pour intégrer les balises Cospas-Sarsat 406 MHz dans le FSMDSM furent accueillies à l'OMI avec un scepticisme poli.

39/ DFVLR : Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (Institut allemand de recherche aéronautique et spatiale).

2.5.2 Les problèmes opérationnels et les contraintes techniques des systèmes en bande L

Le gros point faible du système Cospas-Sarsat 406 MHz était le temps d'attente pouvant s'écouler avant qu'un satellite LEO ne soit en visibilité de la RLS, ce qui entraînait des retards dans la transmission et le traitement du message d'alerte. De son côté, le principal inconvénient du système en bande L était la nécessité d'acquérir des données de position et de transmettre ces données dans le message d'alerte, car un système à satellites géostationnaires ne pouvait pas utiliser la technique Doppler pour déterminer la position de manière indépendante. La saisie manuelle des données de position du navire directement sur la RLS au moyen d'un clavier posait trop de problèmes pratiques pour une bouée. Cette solution fut brièvement envisagée (voir le schéma ci-dessous) et rapidement rejetée [40].



Configuration de la RLS satellite et de l'émetteur de détresse à clavier dans le système de détresse radioélectrique (DRCS) en bande L de la RFA

Réf : Rapport de 1979 de l'IAF/IAA sur les systèmes mondiaux à satellites pour les recherches et le sauvetage

Les dispositifs de saisie à distance, qu'il s'agisse d'un clavier sur le pont du navire ou de l'intégration périodique automatique de données de position provenant des instruments de navigation du navire, introduiraient des points de défaillance et des risques d'inexactitude. En particulier, aucun dispositif à distance ne permettait d'actualiser les données de position une fois la RLS flottante larguée en mer lors d'un incident de détresse, ce qui soulevait la question suivante : comment retrouver la RLS, avec un peu chance amarrée à un canot de sauvetage, après plusieurs heures de dérive ? Une solution possible était de coupler un récepteur de navigation à la RLS, mais aucun dispositif de ce type fonctionnant avec les systèmes de navigation terrestres à longue portée ne pouvait raisonnablement

40/ Rapport du Groupe de travail mixte IAF/IAA sur les systèmes mondiaux à satellites pour les recherches et le sauvetage (1979) - Section 3.2 décrivant le système de détresse radioélectrique de la République fédérale d'Allemagne - Ce système comprenait un « émetteur de détresse à clavier » équipé d'une antenne omnidirectionnelle séparée de la RLS satellite, devant servir à communiquer la position du navire dans le cas où la principale station de radio satellite serait inutilisable.

être intégré à un système flottant, de faible puissance, à piles, d'une taille raisonnable. Compte tenu de la physique de la propagation des ondes radioélectriques, les systèmes de navigation terrestres à longue portée fonctionneraient obligatoirement dans la partie inférieure du spectre des fréquences, imposant des antennes relativement grandes pour le récepteur, incompatibles avec une bouée compacte censée pouvoir être portée par une seule personne.

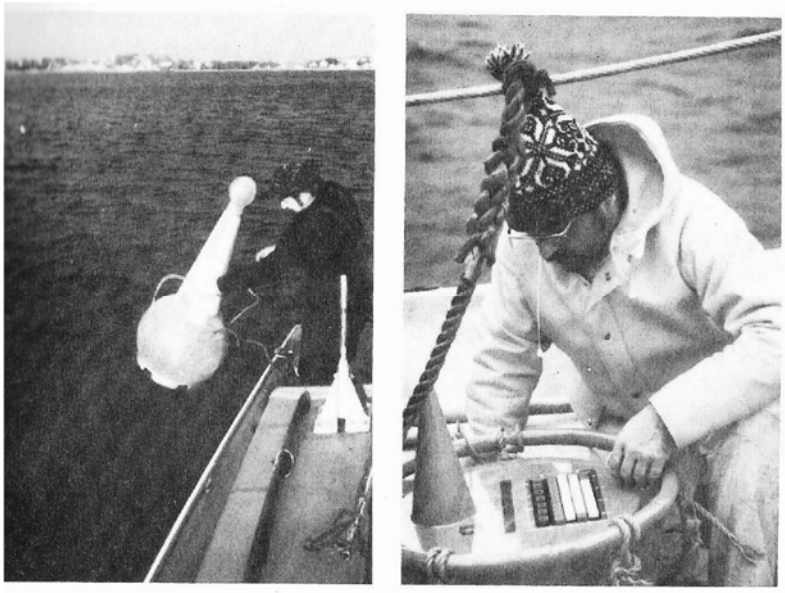


Illustration d'un prototype de balise de détresse flottante en bande L et son émetteur à clavier (1982)
(Le système de RLS satellite à 1,6 GHz recommandé par le CCIR, par Walter Goebel, DFVLR, in Actes du Colloque « Utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage », CNES 1984).

La seule méthode viable consistait à équiper la RLS flottante d'un récepteur de navigation par satellite (c'est-à-dire d'un récepteur GPS puisqu'à l'époque seul le système GPS des États-Unis était opérationnel). Toutefois, la technologie GPS n'était pas directement accessible pour les applications civiles, tout du moins pas à un coût abordable pour les marins. La conséquence de cette impasse technique temporaire fut qu'après la sélection de la solution allemande en 1984, le déploiement complet du système Inmarsat de RLS bande L fut retardé. Le service Inmarsat E, qui mettait en œuvre des RLS satellite fonctionnant dans la bande L avec un récepteur GPS intégré destiné à déterminer la position de la RLS flottante après sa mise à la mer, n'entra pleinement en service qu'en janvier 1992, sept ans après les débuts de l'utilisation opérationnelle des RLS Cospas-Sarsat 406 MHz.

2.5.3 Les débats d'experts à l'OMI et à l'UIT

À l'OMI, les débats allaient se poursuivre de longues années entre les défenseurs du système LEO à 406 MHz et ceux du système GEO dans la bande L et connaître de nombreux rebondissements. Il était clair que de multiples questions périphériques pouvaient peser dans la décision finale en faveur de l'un ou l'autre système. Un point qui intéressait particulièrement les marins et les sauveteurs était le « dispositif de radioralliement » équipant la RLS. À supposer que les services SAR côtiers aient reçu des informations sur la position du site de détresse, obtenues soit par localisation Doppler avec le système LEO, soit par la transmission de données codées relayées par le satellite GEO, cette position comporterait une certaine marge d'erreur de calcul, à laquelle s'ajouterait l'effet de la dérive en mer qui pouvait être importante. Dans tous les cas, un « radioralliement » vers la position finale du navire désemparé ou des canots de sauvetage, effectué par les sauveteurs équipés d'un radiogoniomètre, était nécessaire.

Pour les émetteurs de localisation d'urgence (ELT) à 406 MHz utilisés dans l'aviation, la solution évidente était d'intégrer un émetteur 121,5 MHz de faible puissance dans la balise de détresse, dans la mesure où la plupart des avions possédaient un équipement radiogoniométrique et où des radiogoniomètres portatifs bon marché étaient accessibles aux sauveteurs au sol. En mer, le problème était plus complexe pour les RLS en raison des nombreuses fréquences possibles pour la « gonio », de 2 182 kHz aux VHF (121,5 ou 156,8 MHz) ou aux UHF (406 MHz), y compris aussi la fréquence

9 GHz utilisée par les répondeurs radar (SART) sophistiqués. Le choix final aurait un impact à la fois sur les services SAR et sur les propriétaires de navires car des dispositifs compatibles seraient nécessaires sur les aéronefs de recherche et les bateaux de sauvetage. Il influerait aussi sur la conception et le coût des RLS satellite.

Un émetteur de radioralliement 2 182 kHz, proposé initialement par les partisans du système en bande L, demandait une antenne de plus grande dimension, et donc une grosse bouée, ce qui était possible pour les grands navires mais pas pour les bateaux de plaisance. Les premières RLS en bande L étaient constituées d'une bouée de 30 kg, de 1,2 m de haut et 0,5 m de large (voir la photo de la page précédente). L'idée qui avait prévalu pour la conception de ce premier modèle était d'éviter des mouvements rapides de l'antenne de la bouée par mer forte, qui pouvaient décaler la fréquence émise par effet Doppler. Le risque était que des décalages de fréquence brutaux aient des répercussions importantes sur la probabilité de détection à la station de réception. Après des essais réussis en mer avec des modèles plus petits, et compte tenu de la difficulté de manipuler une grosse bouée, la taille et le poids de la balise furent nettement revus à la baisse avant la commercialisation des premières RLS en bande L, et la fréquence 2 182 kHz pour le radioralliement fut abandonnée.

De la même façon, pour pouvoir fonctionner, le système SART à 9 GHz devait être doté d'une antenne suffisamment stable et haute sur l'eau, ce qui supposait là encore un équipement plus gros et plus cher que les RLS 406 MHz équipées d'un émetteur de radioralliement VHF. Chacun des dispositifs avait ses avantages et ses inconvénients et, sans le retour d'expérience des utilisateurs en mer qui aurait permis d'expliciter les problèmes et de trancher certains différends, le débat à l'OMI entre les SART et les émetteurs de radioralliement VHF ne fut jamais définitivement réglé. On établit une liste des solutions acceptées et on laissa le marché et les prix désigner la solution gagnante. Jusqu'à aujourd'hui, en 2016, aucune RLS Cospas-Sarsat n'a été conçue avec un système SART 9 GHz et toutes les RLS maritimes 406 MHz agréées comportent un émetteur de radioralliement à 121,5 MHz.

Il n'y avait pas qu'à l'OMI que l'on débattait entre les deux systèmes d'alertes de détresse par satellite. Durant la Conférence administrative mondiale des radiocommunications « Services mobiles » de 1983, la République fédérale d'Allemagne (RFA), porte-parole des RLS dans la bande L, s'opposa à l'utilisation de la bande 1 544-1 545 MHz par Cospas-Sarsat pour la liaison de connexion LEO vers les stations de réception. La bande était attribuée par l'UIT aux communications mobiles par satellite de l'espace vers la Terre et réservée aux émissions de détresse et de sécurité (RR 1982 Note 728 / RR 2012 Note 5.356). Toutefois, les liaisons de connexion étaient expressément exclues du service mobile par satellite dans la bande L (RR 2012 Note 5.351) et la RFA envisageait de déployer un système de diffusion d'alertes aux navires sur cette partie de la bande. Les partisans du système Cospas-Sarsat démontrèrent que le partage de la bande de fréquences d'un MHz était faisable, et l'objection de la RFA fut écartée. L'exception en faveur de la liaison de connexion Cospas-Sarsat fut maintenue pour cette plage particulière de la bande L réservée aux communications de détresse et de sécurité.

2.5.4 À la recherche du système par satellite « parfait » pour les alertes de détresse

Bien que souvent touffus, les débats aux Sous-comités COM et SAR du Comité de la sécurité maritime de l'OMI eurent le mérite de faire comprendre pourquoi aucun système, LEO ou GEO, n'était entièrement satisfaisant et quelles caractéristiques devrait avoir un système de RLS satellite complet.

L'OMI publia deux documents de prescriptions pour le FSMDSM, applicables aux navires de plus de 300 tonneaux de jauge brute. Les prescriptions d'emport définissaient le type d'équipement devant être embarqués sur les navires aux fins des télécommunications et des alertes de détresse automatiques, notamment les RLS satellite. Les prescriptions opérationnelles indiquaient les fonctions souhaitables et les caractéristiques de fonctionnement du système. Tous les experts de l'OMI admettaient que les navires devaient pouvoir envoyer immédiatement une alerte de détresse. Mais ce besoin pouvait être satisfait soit par l'équipement de communication du navire, soit par la RLS satellite flottante qui devait être larguée si le navire risquait de couler et/ou devait être abandonné. La seule question qui se posait était de savoir lequel des équipements devait être utilisé. Si la RLS satellite était censée assurer cette fonction d'alerte de détresse immédiate, le système Cospas-Sarsat à satellites en orbite polaire, qui ne disposait pas de relais géostationnaires à l'époque, ne pouvait pas être sélectionné pour les zones océaniques A1, A2 et A3[41]. À l'inverse, si seul le système de communication du navire était tenu d'assurer cette fonction, les RLS 406 MHz Cospas-Sarsat pouvaient être acceptées dans toutes les zones océaniques du FSMDSM.

Le besoin opérationnel d'une actualisation de la position de la RLS satellite après son largage en mer s'imposa progressivement, à la lumière des premiers enseignements tirés du système Cospas-Sarsat, essentiellement de l'utilisation des balises 121,5 MHz en mer.

À la cinquième réunion du Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG-5, du 20 au 24 juin 1983) tenue à Toulouse (France), le CNES proposa d'organiser un colloque à Toulouse l'année suivante. Toutes les parties intéressées par le projet d'utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage seraient invitées, notamment l'OMI, l'OACI, l'UIT et Inmarsat, ainsi que les concepteurs du système en bande L. L'idée du représentant français, Gérard Brachet, était clairement de montrer la réalité du système Cospas-Sarsat, faire connaître ses premiers succès et convaincre les participants qu'il avait sa place dans le FSMDSM. Le colloque de Toulouse avait aussi pour but de faire comprendre à toutes les parties les attentes des autres pays, des utilisateurs, des fabricants de balises et des organisations internationales.

A la date du Colloque de Toulouse sur l'utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage (du 10 au 13 avril 1984), la plupart des experts avaient admis la nécessité d'actualiser les positions. Le dernier jour du colloque (13 avril), le Capitaine E. Gilbert, de la Garde côtière des États-Unis, déclara pendant une table ronde :

« Je pense que dans le cas qui nous occupe, il s'agit comme pour d'autres problèmes de trouver un compromis [...] ; nous voudrions bien sûr une alerte immédiate et une position exacte. [...] Mais il me semble que [durant ce colloque,] nous avons mis le doigt sur un besoin plus important que ce que nous pensions jusqu'alors, à savoir une position exacte actualisée. [...] Moi qui ai été navigateur dans la marine, l'honnêteté m'oblige à dire que les navires ne connaissent souvent pas leur position avec précision ; or, [dans les services SAR] une bonne partie de nos interventions concernent des plaisanciers et des petits bateaux, et notre expérience à la Garde côtière confirme complètement que très souvent, surtout quand les conditions sont mauvaises, ces gens ont une idée très vague de l'endroit où ils se trouvent. Par conséquent, si nous comptons sur les navires, en particulier les petits bateaux, pour actualiser d'une manière ou d'une autre les données de position dans le système, il ne faut pas s'attendre à une grande précision. »

41/ On trouvera à l'annexe 2 une description des quatre « zones océaniques » du FGMDSS et les prescriptions d'emport associées.

M. Uwe Hammerschmidt, représentant de l'Institut hydrographique allemand et ardent défenseur du système de RLS en bande L, n'était pas d'accord avec cette déclaration, mais il conclut néanmoins : « *si nous pouvions combiner les efforts, le système géostationnaire en bande L serait utilisé pour lancer l'alerte initiale au moment où le navire coule et où la RLS est mise à l'eau automatiquement, puis les données de position seraient actualisées pendant la phase de recherches au moyen des RLS placées dans les canots de sauvetage, fonctionnant avec le système à satellites en orbite polaire, en l'occurrence Cospas-Sarsat, à 406 MHz ».*

Cette reconnaissance de la capacité du système polaire à assurer une localisation indépendante constituait une avancée décisive pour Cospas-Sarsat. En termes simples, le système idéal, « parfait », devait fournir une couverture mondiale et permanente pour permettre la transmission des alertes de détresse quasiment en temps réel et une fonction de localisation indépendante, idéalement en utilisant un seul type de RLS satellite fonctionnant sur une seule fréquence pour satisfaire toutes les exigences souhaitées.

2.5.5 La stratégie Cospas-Sarsat pour un système mixte LEO/GEO

Pour réaliser ce système idéal, les partenaires Cospas-Sarsat décidèrent de combiner deux méthodes. Les premiers essais de la NASA sur le canal de collecte de données à 402 MHz de ses satellites météorologiques géostationnaires GOES avaient montré qu'il était possible de relayer via un système GEO des signaux présentant des caractéristiques similaires à celles des messages des balises opérationnelles Cospas-Sarsat. En janvier 1983, lors d'une réunion régionale Sarsat à Toulouse, Bernie Trudell de la NASA informa les partenaires Sarsat que les États-Unis avaient décidé d'équiper deux futurs satellites GOES d'un répéteur 406 MHz *« à des fins de démonstration* ». Cette décision fut suivie en 1984 d'essais au moyen du satellite GOES 7, avec la participation du Canada et de la France, confirmant que les messages de balises Cospas-Sarsat 406 MHz à faible puissance pouvaient être effectivement relayés par un système GEO et décodés au sol.

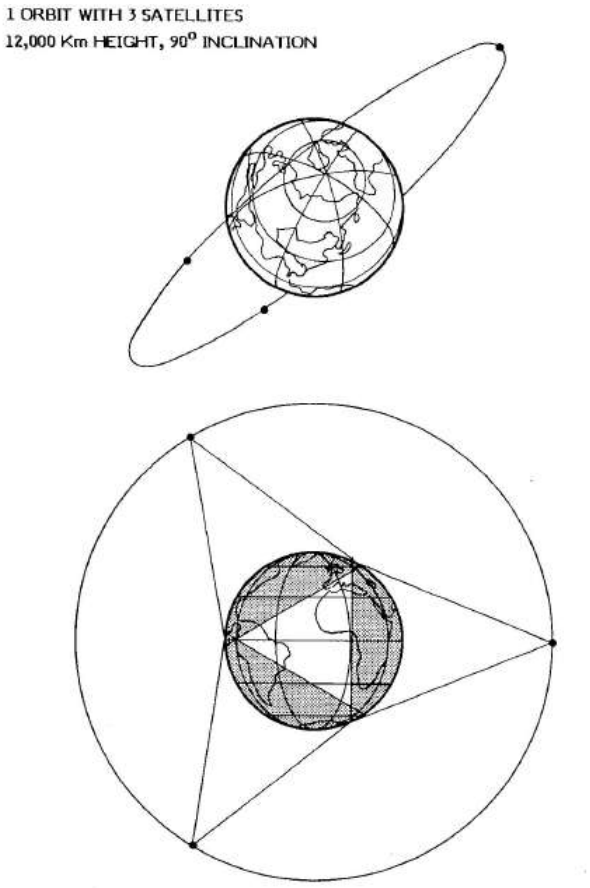
Les partenaires Cospas-Sarsat étaient tout à fait conscients du défi que représenterait la fourniture d'une couverture mondiale GEO à 406 MHz, et les résultats de l'expérience menée avec les satellites GOES étaient d'abord destinés à convaincre Inmarsat de la faisabilité d'avoir un répéteur 406 MHz sur leurs futurs satellites GEO de deuxième génération. Inmarsat et les partenaires Sarsat procédèrent à des études de faisabilité, mais la démarche ne se concrétisa pas pour des raisons de coûts et de problèmes de financement non résolus (voir la section 4.1). L'adaptation d'une antenne de réception 406 MHz déployable, relativement grande, sur un satellite GEO conçu pour des communications en bande L (autour de 1,6 GHz), était une opération coûteuse et techniquement complexe. En outre, il n'existait pas de structure institutionnelle pour partager les coûts de cet équipement embarqué supplémentaire, car les signataires d'Inmarsat attendaient de leurs investissements certains gains financiers que les services gratuits d'alerte SAR ne pouvaient pas leur apporter.

La démonstration de la capacité GEO à 406 MHz se poursuivit en 1985-1986 afin d'améliorer le système de traitement au sol. Les satellites géostationnaires NOAA suivants furent équipés de répéteurs 406 MHz perfectionnés, en complément de la charge utile 400 MHz de collecte de données météorologiques. En 1986, à la réunion CDCS-2, l'agence spatiale indienne (ISRO) proposa de placer un répéteur 406 MHz à bord de ses futurs satellites INSAT pour couvrir la région de l'océan Indien, faisant ainsi avancer l'objectif de Cospas-Sarsat d'assurer une couverture mondiale continue.

La couverture GEO « mondiale » fut achevée en 1995. Enfin, en 1998, après deux années de démonstration et d'évaluation des capacités GEO et plus de 10 ans après les premiers essais de

validation du concept, le complément GEOSAR au système LEOSAR à 406 MHz fut déclaré officiellement opérationnel par Cospas-Sarsat.

2.5.6 La possibilité d'un système polaire en bande L



Principe du système polaire SERES

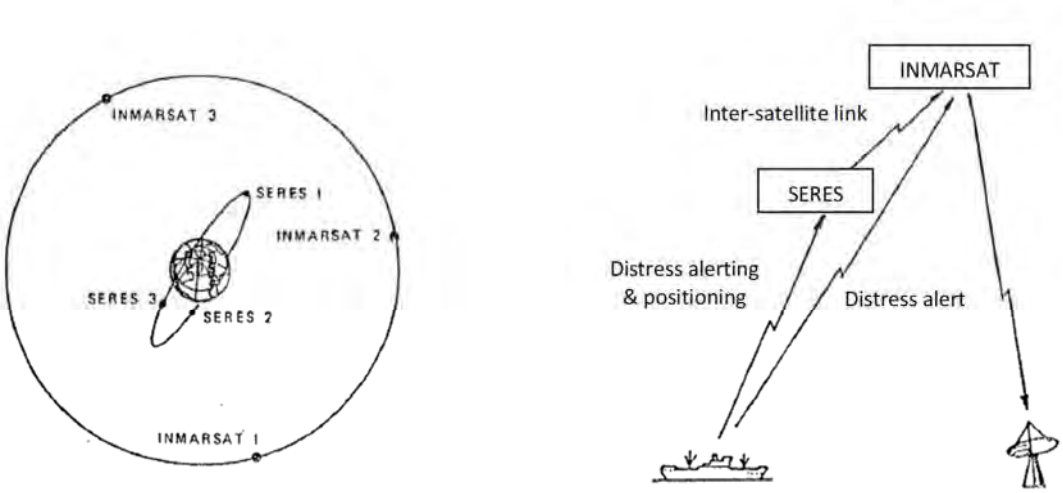
En 1984, le représentant de la France au Comité directeur Cospas-Sarsat, Gérard Brachet, rencontra le Directeur général d'Inmarsat, Olof Lundberg, à Londres. Tandis que M. Brachet vantait les mérites de la fréquence 406 MHz, M. Lundberg suggéra que Cospas-Sarsat réfléchisse à l'installation de répéteurs en bande L sur ses satellites LEO. Compte tenu des plateformes satellite disponibles, à savoir Advanced Tiros à la NOAA et Tsikada du côté soviétique, les difficultés techniques étaient probablement aussi ardues que pour embarquer des répéteurs 406 MHz sur les satellites GEO d'Inmarsat. Sur les plans politique et financier, c'était également une impasse car les États qui finançaient déjà le système 406 MHz ne pouvaient pas en même temps développer et financer une solution concurrente.

Le DFVLR allemand, promoteur du système de RLS en bande L, songeait aussi à compléter le service de balises en bande L d'Inmarsat par un système polaire en bande L pour assurer une localisation Doppler et une couverture permanente des régions polaires.

Un concept original, appelé SERES, fut élaboré par la société allemande MBB/ERNO qui imaginait trois satellites équidistants sur la même orbite polaire à 12 000 km d'altitude. Le projet fut présenté à l'OMI et au Conseil d'Inmarsat en 1982. Il prévoyait de fournir à la fois des communications et des services d'alerte de détresse dans les régions polaires, en complément des satellites GEO Inmarsat.

Avec ce type de constellation, il était possible d'avoir une couverture continue des pôles avec seulement trois satellites opérationnels, même si un nombre identique de satellites de remplacement serait sans doute nécessaire pour garantir la continuité de la couverture en cas de panne. Comme dans le cas de Cospas-Sarsat, la mesure de l'effet Doppler du signal reçu permettait de déterminer la position de l'émetteur de façon indépendante. D'autre part, il était envisagé de relayer les émissions des satellites SERES vers le sol en utilisant la constellation de satellites géostationnaires d'Inmarsat, ce qui permettrait de recevoir les alertes quasiment en temps réel, même aux pôles.

Pour les raisons déjà évoquées plus haut à propos de l'installation de répéteurs 406 MHz à bord des satellites GEO d'Inmarsat, c'est-à-dire les coûts et le financement, le système SERES resta dans les cartons.



Le système polaire SERES et la constellation Inmarsat

2.5.7 L'arrêt du système de RLS en bande L

Le service d'alerte de détresse Inmarsat E était gratuit pour les usagers. Les frais d'exploitation étaient entièrement supportés par la société Inmarsat Ltd. et par les opérateurs nationaux de stations terriennes côtières. L'investissement de départ dans les équipements de réception spécifiques aux stations terriennes côtières de l'organisation intergouvernementale INMARSAT avait été pris en charge par l'État allemand. En 2004, le moment était venu de remplacer ces équipements mais la société Inmarsat Ltd. et les opérateurs nationaux de stations étaient peu disposés à financer de nouveaux matériels, et la question fut soulevée du besoin réel du service.

Les RLS à 406 MHz, disponibles depuis 1985, avaient déjà été adoptées par un grand nombre de pêcheurs et de plaisanciers lorsque les RLS en bande L arrivèrent finalement sur le marché en 1992.

En 2004, il n'y avait que 1 300 RLS bande L en service dans le monde, dont seulement 100 installées sur des navires soumis à la Convention SOLAS conformément aux exigences du SMDSM. On était très loin des 260 000 RLS 406 MHz en service à l'époque (avec un total d'environ 380 000 balises 406 MHz en comptant les ELT utilisées dans l'aviation et les BLP[42]). Le contraste était frappant également avec le succès d'autres services Inmarsat (terminaux de communication Inmarsat A, B et C) qui affichaient quelque 100 000 clients. Par ailleurs, Inmarsat reconnaissait que le prix de détail de la RLS bande L, plus élevé que celui de la RLS 406 MHz équivalente avec récepteur GPS, laissait peu d'espoir de voir la situation s'améliorer.

Pour finir, le 7 septembre 2004, Inmarsat annonça l'arrêt du service à compter du 1er décembre 2006. Les 1 300 RLS bande L furent remplacées par les modèles équivalents à 406 MHz Cospas-Sarsat, achetés par Inmarsat Ltd et offerts aux usagers du service Inmarsat E en 2006.

42/ BLP : balise de localisation personnelle.

Chapitre 3

Conception, développement, démonstration et évaluation du Système Cospas-Sarsat

3.1 Le système LEOSAR

La genèse du projet Sarsat au Canada, aux États-Unis et en France, et celle du projet Cospas en URSS, sont présentées aux sections 2.2 et 2.3, respectivement. Les deux systèmes ont été conçus pour fonctionner avec des satellites en orbite basse (LEO) déjà existants et opérationnels :

- les satellites météorologiques NOAA héliosynchrones, en orbites quasi-polaires[1] à une altitude d'environ 850 km pour les charges utiles Sarsat ;
- les satellites de navigation Doppler Tsikada en orbites quasi-polaires[2] à une altitude de 1 000 km pour les charges utiles Cospas.

3.1.1 Principe de fonctionnement



Illustration de la couverture d'un satellite LEO en orbite polaire
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Satellites LEO

À 850 km d'altitude, un satellite circule en règle générale à la vitesse de 7 km/s. La période orbitale est d'environ 101 minutes. Le satellite a un cercle de visibilité d'environ 5 000 km de diamètre. Vu depuis la Terre, il traverse le ciel en moins de 15 minutes, en fonction de l'angle d'élévation maximum du passage du satellite considéré.

Comme la Terre tourne alors que le plan de l'orbite d'un satellite reste fixe, la surface complète du globe est balayée en moins de 12 heures par chaque satellite. Les pôles sont balayés à chaque révolution, tandis qu'aux latitudes plus basses, le temps d'attente moyen entre deux passages successifs d'un satellite en visibilité d'un point donné augmente. Il peut atteindre quelques heures à l'équateur, en fonction du nombre de satellites de la constellation. Aux latitudes moyennes, le temps d'attente pour la constellation nominale de quatre satellites LEO est généralement de moins d'une heure en moyenne. Le temps d'attente

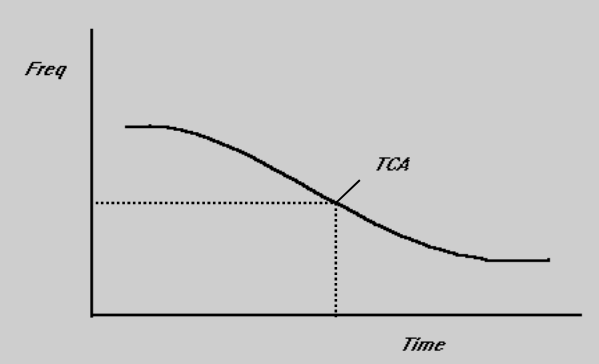
1/ L'inclinaison nominale des satellites du système polaire NOAA était de 98,7°. Un satellite héliosynchrone traverse l'équateur à la même heure locale chaque jour : l'axe du plan de l'orbite tourne lentement (360° en un an), de sorte que son angle avec la direction du Soleil reste fixe. Cette caractéristique permet aux satellites héliosynchrones d'observation de la Terre de la voir toujours sous le même angle d'illumination.

2/ L'inclinaison nominale des satellites du système Tsikada était de 83°. Ces satellites n'étaient pas héliosynchrones. De ce fait, les plans orbitaux des satellites Cospas et ceux des satellites Sarsat dérivaient les uns par rapport aux autres dans le temps, ce qui diminuait l'avantage opérationnel d'avoir plusieurs satellites pendant les périodes où les nœuds ascendants des plans orbitaux des satellites Sarsat et Cospas étaient rapprochés.

moyen est encore réduit lorsque la constellation opérationnelle comprend un plus grand nombre de satellites.

Les charges utiles Sarsat embarquées sur les satellites NOAA américains sont composées d'un système répéteur à 121,5 MHz, 243 MHz et 406 MHz avec un émetteur à 1 544,5 MHz pour la liaison descendante (canaux SARR – répéteur de recherche et de sauvetage), tous fournis par le Canada, et d'un récepteur-processeur à mémoire 406 MHz (canal SARP – processeur de recherche et de sauvetage), fourni par la France. Les charges utiles Cospas sur les satellites Nadejda du système Tsikada comprennent un répéteur 121,5 MHz (SARR) et un récepteur-processeur à mémoire 406 MHz (SARP), avec l'émetteur de liaison descendante à 1 544,5 MHz, tous conçus et fournis par la Russie (ou l'URSS avant 1992).

Les signaux des balises reçus par le répéteur 121,5 MHz[3] et les données générées par le processeur 406 MHz sont diffusés en continu sur la liaison descendante à 1 544,5 MHz : ils fournissent une couverture « en mode local » autour des stations terriennes (LUT) qui reçoivent et traitent le signal de liaison descendante lorsque les satellites sont en visibilité. Les données traitées provenant des émissions des balises 406 MHz stockées dans la mémoire des satellites sont également diffusées en continu à grande vitesse (2,4 kbit/s) et fournissent une couverture « en mode global » : chaque LUT reçoit tout le contenu de la mémoire à chaque passage des satellites qu'elle poursuit[4].



Décalage de fréquence du signal reçu par l'antenne du satellite en fonction du temps (courbe Doppler)

Effet Doppler – Ambiguïté Doppler

Les satellites en orbite autour de la Terre à basse altitude se déplacent très vite. La vitesse relative du satellite par rapport à la balise de détresse entraîne un décalage de la fréquence radio du signal de la balise reçu par l'antenne du satellite, décalage appelé « effet Doppler », comme illustré sur le schéma ci-contre.

Les caractéristiques de la courbe Doppler – le point TCA (instant de moindre distance) et la pente – sont utilisées

3/ Dans le système Sarsat, le spectre composite de la liaison descendante contient aussi les signaux relayés dans les bandes 243 MHz et 406 MHz.

4/ Sur les trois premiers satellites Sarsat, la charge utile SARP (processeur de recherche et de sauvetage) 406 MHz n'avait pas d'unité mémoire propre. Les données étaient diffusées en temps réel sur la liaison descendante à 1 544,5 MHz et stockées sur les enregistreurs à bande magnétique du satellite, avec les données provenant des différents instruments du satellite, pour être ensuite envoyées en bloc aux stations de la NOAA de Wallops (Virginie) et de Fairbanks (Alaska). Les données du SARP 406 MHz étaient ensuite transmises à l'USMCC situé à Suitland (Maryland), pour être traitées et distribuées aux services SAR des États-Unis ou aux autres partenaires Cospas-Sarsat selon le cas. Dans cette configuration, les données d'alerte n'étaient pas forcément récupérées après chaque révolution, mais le délai de transmission ne pouvait jamais dépasser trois révolutions. Ce mode global, dans lequel l'USMCC traitait les données 406 MHz stockées, continua de fonctionner jusqu'en 1996, année où le satellite Sarsat 2 fut retiré du service. Cette architecture entraînait des délais supplémentaires dans le traitement au sol des données Sarsat en mode global. Depuis Sarsat 4, le SARP comporte une mémoire réservée et toutes les données du SARP (stockées et temps réel) sont diffusées via le flux de données transmis à 2,4 kbit/s sur la liaison descendante 1 544,5 MHz, reçu directement par les LUT. Le traitement réalisé après le passage ne prend plus que quelques minutes.

pour calculer la position de l'émetteur [5]. La technique de localisation Doppler génère toujours une paire de positions calculées, chacune de part et d'autre de la trace du satellite au sol, ce qui entraîne une ambiguïté sur la position puisque l'une est la position réelle et l'autre est une image miroir. La station terrienne peut essayer d'évaluer laquelle des deux est la plus probable en utilisant la déformation de la courbe Doppler due à la rotation de la Terre. Mais les deux positions possibles sont toujours transmises aux autorités SAR compétentes, avec une probabilité calculée pour chacune.

Le processus utilisé pour distinguer la position « vraie » de la position « image » a toujours été difficile avec les signaux 121,5 MHz, dont le spectre de porteuse n'est généralement pas « propre ». À 406 MHz, quand la géométrie du passage est bonne, l'ambiguïté est habituellement levée avec une probabilité de 75 % contre 25 %. La levée de l'ambiguïté est confirmée par un deuxième passage de satellite en visibilité de la balise, car les deux positions images sont très éloignées tandis que les positions vraies coïncident.

3.1.2 Le système répéteur de recherche et de sauvetage (SARR) à 121,5 MHz

L'utilisation opérationnelle des ELT 121,5 MHz avant Cospas-Sarsat est traitée au chapitre 1, section 1.3. Les balises de détresse analogiques mises au point dans les années 1960 devaient satisfaire des spécifications nationales fondées sur les normes OACI, mais elles n'étaient pas conçues au départ pour fonctionner avec un système à satellites. Ces balises émettaient seulement une fraction de watt (PIRE[6] d'environ 0,05 à 0,1 watt), le signal étant modulé en amplitude avec une fréquence glissante, ce qui produisait un son hululé dans le récepteur d'un aéronef volant à proximité, du même genre que les alarmes des voitures d'aujourd'hui. La fréquence porteuse de la balise n'était pas très stable et était sensiblement affectée par les variations de la température ambiante.

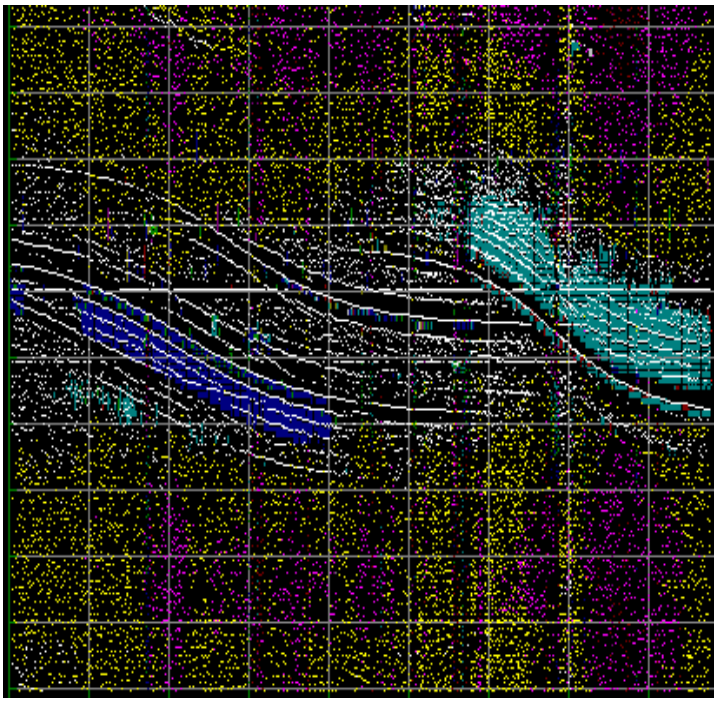


Diagramme spectral (fréquence en fonction du temps) de la bande 121,5 MHz transmise par un répéteur qui montre les motifs de bruit et d'effet Doppler provenant des balises et des signaux parasites
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Traitement des signaux du SARR 121,5 MHz et « couverture locale »

Au sol, le spectre des signaux relayés par le répéteur via le canal SARR du satellite devait être analysé pour identifier des motifs de courbe Doppler permettant de déduire une position. Le problème était compliqué par le bruit, le brouillage dû à des transmissions vocales

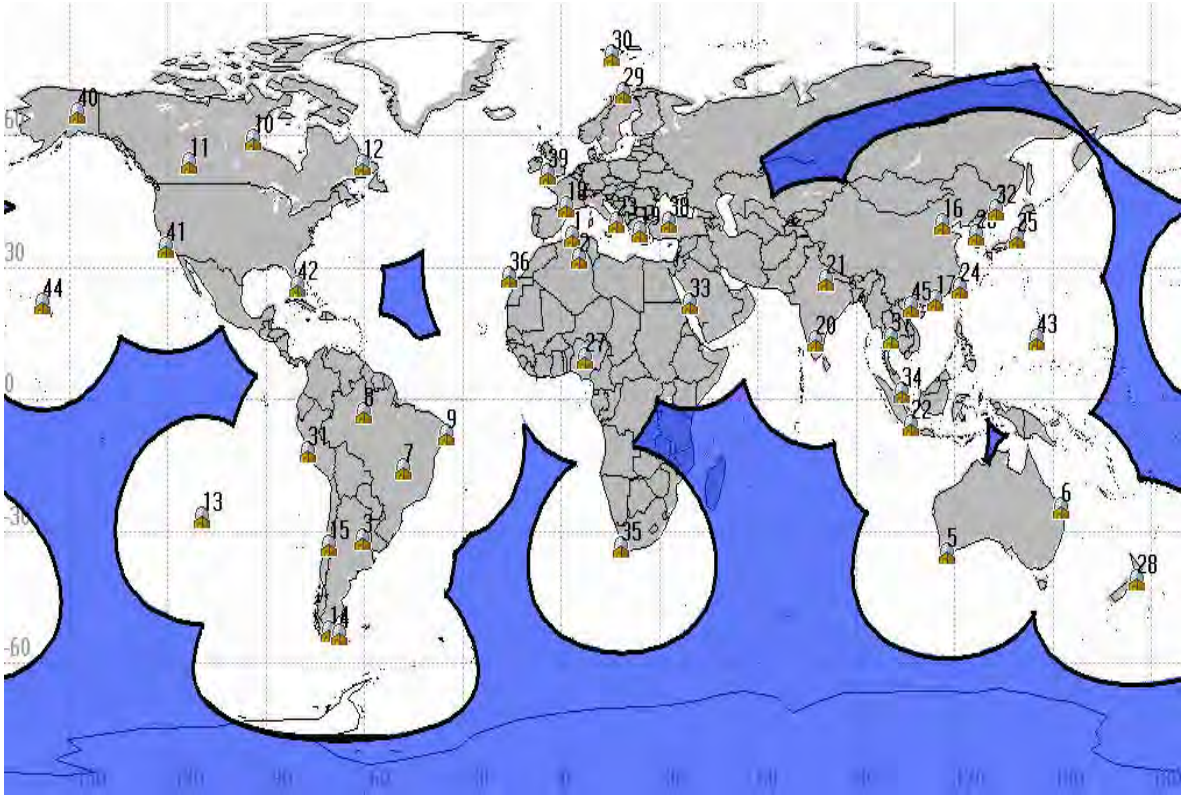
5/ Le point TCA (instant de moindre distance) marque la position, sur la trace du satellite au sol, où le satellite est le plus proche de la balise. La balise se trouve sur une ligne perpendiculaire à la trace. La pente de la courbe Doppler au point TCA varie avec la distance balise-trace. Les deux positions Doppler possibles sont symétriques de chaque côté de la trace du satellite au sol.

6/ PIRE : puissance isotrope rayonnée équivalente.

puissantes, et le spectre confus du signal faible de la balise, qui présentait parfois des bandes latérales et une fréquence porteuse instable (photo). Ces caractéristiques avaient des répercussions importantes sur les paramètres de performance, par exemple la capacité d'accès multiple du système, la levée d'ambiguïté et la précision de la position [7]. En outre, aucune donnée sur l'identité de l'opérateur ne pouvait être fournie.

Enfin, le mode de fonctionnement du répéteur 121,5 MHz (SARR) exigeait que le satellite soit simultanément en visibilité de la balise et de la station terrienne de réception (LUT). Par conséquent, la couverture était seulement « locale », autour des LUT, et les temps d'attente moyens avant le passage exploitable d'un satellite en visibilité à la fois de la balise et d'une LUT augmentaient avec la distance balise-LUT.

Néanmoins, même avec ces limites, la veille des balises 121,5 MHz fut grandement améliorée avec l'introduction des techniques de détection et de localisation Doppler par satellite.



LUT :

1 Alger, Algérie
2 Ouargla, Algérie
3 Parana, Argentine
4 Rio Grande, Argentine
5 Albany, Australie
6 Bundaberg, Australie
7 Brasilia, Brésil
8 Manaus, Brésil
9 Recife, Brésil
10 Churchill, Canada
11 Edmonton, Canada
12 Goose Bay, Canada
13 Île de Pâques, Chili
14 Punta Arenas, Chili
15 Santiago, Chili
16 Beijing, Chine
17 Hong Kong, Chine
18 Toulouse, France
19 Penteli, Grèce
20 Bangalore, Inde
21 Lucknow, Inde
22 Jakarta, Indonésie
23 Bari, Italie
24 Keelung, ITDC
25 Gunma, Japon
26 Incheon, Corée
27 Abuja, Nigéria
28 Wellington, Nouvelle-Zélande
29 Tromso, Norvège
30 Spitzberg, Norvège
31 Callao, Pérou
32 Nakhodka, Russie
33 Djeddah, Arabie saoudite
34 Singapour
35 Le Cap, Afrique du Sud
36 Maspalomas, Espagne
37 Bangkok, Thaïlande
38 Ankara, Turquie
39 Combe Martin, Royaume-uni
40 Alaska, États-Unis
41 Californie, États-Unis
42 Floride, États-Unis
43 Guam
44 Hawaii, États-Unis
45 Haiphong, Vietnam

Satellite :
Altitude 850 km
Angle d'élévation 5 degrés

Illustration du mode de couverture locale du système SARR Cospas-Sarsat

La carte montre la zone de visibilité des satellites pour les 45 LUT en service à fin 2008.

La couverture réelle des SARR s'étend au-delà des cercles blancs mais avec des temps d'attente moyens plus élevés avant un passage exploitable de satellite assurant une visibilité simultanée balise/satellite/LUT.
(Données relatives au Système Cospas-Sarsat n°34, déc. 2008 - Secrétariat Cospas-Sarsat)

7/ Voir la section 3.2.1 sur les performances du système 121,5 MHz.

Difficultés techniques rencontrées lors de la mise au point du système 121,5 MHz

Dans la mesure où 250 000 balises étaient déjà en service quand le projet Cospas-Sarsat a démarré, le nouveau système à satellites devait pouvoir traiter tous les signaux qu'elles généraient. Le premier problème auquel furent confrontés les ingénieurs chargés du développement du système 121,5 MHz était évidemment la faiblesse du signal émis par les ELT. Une PIRE de 50 milliwatts (0,05 W) rayonnée par une antenne quasi-hémisphérique, après propagation dans l'espace sur 1 000 kilomètres de distance, produisait un signal de $5x10^{-15}$ W[8] arrivant sur l'antenne du satellite. Les sections qui suivent décrivent quelques-unes des difficultés techniques qu'il fallut résoudre pour mettre au point le système 121,5 MHz. Les performances du système 121,5 MHz sont présentées à la section 3.2, avec quelques exemples d'utilisation réelle du système pour des opérations SAR pendant la phase D&E.

Des parasites IEM en pagaille sur les satellites NOAA

Un récepteur/émetteur SAR très sensible était clairement nécessaire sur le satellite. Le répéteur SAR canadien fut conçu, fabriqué et testé de manière à ne pas générer de signaux parasites (appelés aussi « interférences électromagnétiques » ou IEM) dans d'autres bandes de fréquences, en particulier dans ses propres bandes de réception SAR. Toutes les autres charges utiles et les instruments météorologiques embarqués sur le satellite NOAA E (rebaptisé NOAA 8 une fois en orbite) furent également conçus et testés afin d'avoir des émissions IEM très faibles, répondant aux normes militaires américaines. La plupart de ces instruments avaient été embarqués ensemble sur plusieurs satellites NOAA précédents sans que cela pose de problèmes. On supposait donc que ce satellite serait parfait pour héberger la nouvelle charge utile SAR. Cependant, le récepteur SAR 121,5 MHz était beaucoup plus sensible (environ 1 000 fois ou 30 dB) que les niveaux d'émission autorisés pour les autres instruments du satellite.



Vue d'artiste d'un satellite NOAA/Sarsat (à gauche) et d'un satellite Tsikada/Cospas (à droite)
(Photo avec l'aimable autorisation du CNES)

Lorsqu'on installa la première charge utile SARR sur le premier satellite Sarsat (NOAA E) et que l'on connecta les antennes SAR pour les essais IEM de routine, ce fut un choc pour l'équipe. Des niveaux élevés de bruit large bande et des dizaines de signaux imprévus apparurent dans la bande de réception 121,5 MHz sur le signal de la liaison descendante. Un grand nombre de ces signaux étaient beaucoup plus forts que les signaux des balises et allaient donc masquer les signaux réels de détresse. La mission SAR pouvait être gravement compromise. Heureusement, ces émissions n'étaient pas observées dans les bandes de réception 243 MHz et 406 MHz de l'instrument canadien.

8/ $5x10^{-15}$ W = 0,000 000 000 000 005 watts.

Comme l'usine de fabrication des satellites était proche de plusieurs aéroports importants et de trois grandes villes (New York, Newark et Philadelphie), on a d'abord pensé que tous ces signaux parasites provenaient de sources extérieures, par exemple de stations de radio FM et de télévision locales, d'avions et de centres de contrôle de la circulation aérienne. On procéda à des essais plus approfondis. Les tests normaux d'IEM sur les satellites étaient toujours effectués dans une grande « chambre anéchoïde », qui empêche la réflexion des signaux radio sur les murs et le plafond, mais cette chambre ne faisait que partiellement barrage aux signaux extérieurs. L'unique moyen de bloquer efficacement les signaux du monde extérieur consistait à placer le satellite entier (qui faisait presque la taille d'une petite camionnette) avec ses antennes déployées dans une grande chambre forte en acier (en fait une chambre à vide thermique). Lors de nouveaux essais, les niveaux de brouillage avaient bien diminué, mais malheureusement restaient encore trop élevés pour que la mission SAR donne des résultats probants. Une analyse[9] montra que des signaux 121,5 MHz étaient en fait produits à l'intérieur de beaucoup des instruments du satellite. Ils étaient émis par des câbles de raccordement et captés par l'antenne de réception du SAR, quelques mètres plus loin. Il n'y aurait pas d'effet Doppler sur les signaux brouilleurs produits à bord, qui parasiteraient donc en permanence toute la bande SAR.

> Il nous a fallu un certain temps pour admettre et convaincre la NASA que les IEM posaient un vrai problème. S'il n'avait pas été identifié avant le lancement de Sarsat-1, le système 121,5 MHz aurait probablement très mal fonctionné, voire pas du tout, et le contenu de ce rapport aurait peut-être été très différent !
>
> Ted Hayes, CRC Canada,
> Directeur des systèmes Sarsat
>
> Résoudre les problèmes d'IEM sur ce satellite NOAA complexe, multi-mission, qui était déjà entièrement construit, a été l'un des plus grands défis techniques de toute ma carrière.
>
> Jim King, CRC Canada
> Ingénieur systèmes Sarsat

La seule solution était d'installer de minuscules filtres radiofréquences (RF), appelés perles de ferrite, sur chaque fil électrique entrant ou sortant de chaque instrument, et d'entourer presque tous les câbles et connecteurs du satellite d'un blindage RF. Après plusieurs mois de ce fastidieux travail et de nouveaux essais, le niveau de bruit dans la bande de réception SAR fut enfin suffisamment bas pour que l'on puisse procéder au lancement. Quelques brouillages faibles étaient encore présents,[10] mais furent par la suite localisés et corrigés sur les satellites NOAA suivants. Il faut rendre ici un hommage particulier à la direction, aux ingénieurs et aux techniciens de RCA Astro-Electronics qui ont analysé et résolu ce problème de parasitage critique. Sans les correctifs apportés à ce satellite NOAA et aux suivants, la mission SAR 121,5 MHz sur les satellites Sarsat se serait soldée par un échec.

Du côté soviétique, les ingénieurs du RISDE chargés de mettre au point la charge utile SARR Cospas 121,5 MHz à Moscou eurent le même problème d'IEM à résoudre. Cependant, le satellite Nadejda n'était pas aussi encombré que la plateforme NOAA, qui hébergeait neuf instruments différents. En dehors de la charge utile Cospas, le satellite n'embarquait que les récepteurs et les émetteurs de la mission Tsikada de navigation Doppler, ce qui limitait les sources de brouillage. Cependant les fréquences 150 MHz et 400 MHz du système Tsikada étaient très proches des fréquences du récepteur SAR, ce qui posa certainement des problèmes aux ingénieurs du RISDE. Au final, le

9/ King, J.V., Thèse de master en ingénierie « *Determination of the Effects of Spacecraft-Generated Electromagnetic Interference on the 121.5/243 MHz Sarsat Mission »*, Université d'Ottawa (Canada), avril 1986.

10/ Rapport SAR 82/2 du CRC, édition 1, juin 1982 - King, J.V., « *Analysis of the NOAA-E EMI Test Tape After All Fixes Incorporated on Spacecraft »* (données enregistrées les 15-16 mars 1982 chez RCA, New Jersey, États-Unis).

satellite Cospas fut équipé d'un récepteur sensible, à très faible bruit, qui captait facilement les faibles signaux de détresse à 121,5 MHz.

Un spectre très brouillé

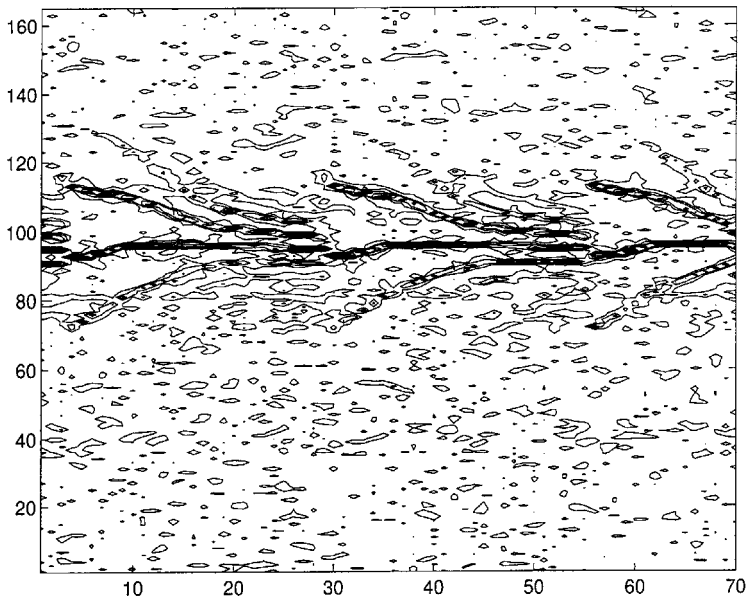


Image du signal d'une balise ELT 121,5 MHz « incohérente »
Les bandes latérales de la modulation par une fréquence glissante sont clairement visibles, tandis qu'aucune fréquence de porteuse stable ne peut être identifiée
Image avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Le signal entrant, amplifié par le satellite avec le bruit ambiant, remodulé sur la fréquence 1 544,5 MHz de la liaison descendante, était reçu au sol par une LUT quelque 1 000 km plus bas. Après avoir filtré et amplifié la bande 121,5 MHz utile, le processeur de la LUT devait échantillonner l'énergie dans la bande pour créer un diagramme fréquence/temps, puis analyser le résultat pour identifier d'éventuelles courbes Doppler de balises. Malheureusement, en plus d'être très faibles, les émissions de certaines balises 121,5 MHz de première génération présentaient un spectre confus, parfois avec une fréquence porteuse instable, ou même aucune composante pour la fréquence porteuse, ou avec des bandes latérales importantes, ce qui pouvait compliquer sérieusement l'analyse (image[11] ci-contre).

Une masse de données à traiter sans précédent pour les années 1970

Plusieurs études furent entreprises au Canada et aux États-Unis afin d'évaluer différentes techniques de traitement pour les signaux à 121,5 MHz. Ces études furent présentées lors d'une réunion internationale des partenaires Sarsat à Ottawa en mai 1978 [12]. Michael Stott et Richard Renner, de Canadian Astronautics Ltd., firent une démonstration des performances de leur algorithme Constant Bin Correlator (CBC) entièrement numérique, capable de détecter et d'extraire automatiquement les signaux très faibles reçus des balises de détresse 121,5 MHz. La société fut choisie par la suite pour construire un processeur Doppler plus évolué (ADDP – Advanced Development Doppler Processor), précurseur d'une station terrienne de réception satellitaire complète.

Dans les années 1970, les ordinateurs n'avaient pas la puissance des PC portables d'aujourd'hui. Pour exécuter l'algorithme CBC, il fallait un gros processeur vectoriel externe capable d'effectuer rapidement des calculs mathématiques trop complexes pour l'ordinateur principal. Le processeur devait collecter et numériser tous les signaux émis dans les bandes 121,5 MHz et 243 MHz pendant les 15 minutes du passage d'un satellite, puis traiter toutes ces données pendant encore 20 ou 30 minutes après le passage pour finalement calculer les positions des balises. Ce temps de traitement suffisait dans les débuts de Cospas-Sarsat, car il s'écoulait entre une et deux heures entre deux

11/ Séminaire Cospas-Sarsat 2000 - Document WP2/4 « *Advantages of a Combined LEOSAR/GEOSAR System* » - D. Hill, EMS Technologies, Ottawa (Canada).

12/ Winter, A.E., « *Assessment of Potential Ground Stations »,* Centre de recherches sur les communications, Mémorandum, mai 1978, Ottawa (Canada).

passages de satellite puisque les satellites en orbite étaient peu nombreux. Dans les années 80 apparurent de nouveaux calculateurs plus rapides, permettant d'exécuter les traitements en quelques minutes après le passage d'un satellite.

Balises 121,5 MHz utilisées en conditions réelles, performances des LUT et inquiétudes des RCC

Pendant les essais techniques, réalisés avec des signaux stables, cohérents, les LUT avaient réussi assez correctement à lever les ambiguïtés [*évaluer les deux positions Doppler calculées – la vraie et son image – en attribuant une probabilité différente à chaque solution]*. Mais en conditions réelles, ce fut une autre histoire. Invariablement, quand une balise ELT/RLS du commerce *[121,5 MHz]* était activée, les probabilités attribuées par les LUT étaient de 50%/50% pour la position réelle et la position miroir.

Pour compliquer les choses, les techniques de modulation n'étaient pas très bonnes et, de ce fait, les bandes latérales audio associées aux ELT/RLS produisaient souvent plusieurs solutions disséminées autour des positions vraie et miroir calculées par les LUT. Les RCC se retrouvaient face à un dilemme. Avant, le problème des RCC était de gérer les ELT activées en l'absence de détresse. Maintenant, ils étaient noyés sous les fausses solutions générées par les LUT.

Major Herbert Edward (Ted) King,
Officier responsable du premier MCC canadien
à Trenton, Ontario (Canada)

La première LUT « CAL »

La société CAL (Canadian Astronautics Limited) fondée par Jim Taylor a mis au point le système de traitement du signal à 121,5 MHz, sous la direction de Michael Stott. Richard Renner, Lloyd Green, Denis Hill ont activement participé aux travaux de développement et ont accompagné pendant longtemps les nombreuses évolutions du Programme Cospas-Sarsat. Après avoir démontré les capacités de son algorithme, CAL a été recrutée pour élaborer le prototype de LUT utilisé pendant la phase D&E. La LUT Cospas a été développée de façon indépendante en URSS par le RISDE (Institut de recherche scientifique sur les constructions spatiales).



Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

3.1.3 Le système processeur de recherche et de sauvetage (SARP) à 406 MHz

Les balises de détresse 406 MHz ont été spécialement conçues pour la détection et la localisation Doppler par satellite. Contrairement aux balises 121,5 MHz, elles possédaient les caractéristiques suivantes :

- une puissance crête élevée (5 watts) et un rapport cyclique bas (une salve d'une demi-seconde toutes les 50 secondes) ;
- une plus grande stabilité de fréquence (fréquence porteuse modulée en phase avec des données numériques) ;
- un message numérique comportant un code d'identification unique transmis par chaque balise ;
- une option permettant d'intégrer dans le message de la balise les données de position fournies par un appareil de navigation.

En raison de ces paramètres de conception, le système 406 MHz était très supérieur à l'ancien système 121,5 MHz puisqu'il offrait :

- une capacité plus importante, le rapport cyclique de 1 % permettant un accès multiple de plus de 90 balises fonctionnant simultanément en visibilité d'un satellite en orbite polaire, contre 10 balises dans le cas du système 121,5 MHz ;
- une meilleure précision de localisation, en règle générale de 2 km contre 20 km pour le système 121,5 MHz, et une meilleure levée d'ambiguïté ;
- l'identification unique de l'émetteur et, si la balise était convenablement enregistrée, l'identification de l'utilisateur en détresse ;
- une couverture globale.

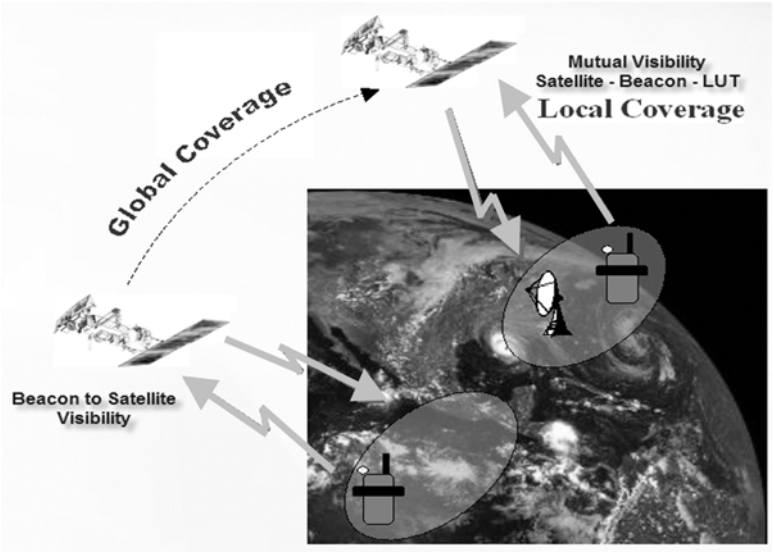


Illustration avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat (Doc. C/S G.007)

Méthode de traitement du SARP 406 MHz

Une mesure de fréquence est effectuée par l'instrument du SARP pour chaque salve émise par une balise 406 MHz et reçue par le satellite. Les données du message de la balise, y compris son code d'identification unique, sont décodées et stockées dans la mémoire du SARP avec le résultat de la mesure de fréquence. Les données enregistrées sont diffusées en continu sur la liaison descendante à 1 544,5 MHz, entrelacées avec les données temps réel générées par le SARP à partir des émissions des balises. Chaque LUT poursuivant le satellite reçoit tout le contenu de la mémoire dans un flux de données à 2,4 kbits/s, qui comprend tous les points de données 406 MHz collectés pendant les dernières révolutions. Pour chaque balise active, la LUT crée une série de points de données (fréquence mesurée, heure des mesures pour la même identité de balise) qui est comparée à un gabarit de courbe Doppler théorique pour déduire la position de la balise.

La conception du SARP 406 MHz permet une couverture complète de la Terre, avec toutefois un temps d'attente supplémentaire puisque le traitement de localisation Doppler des données enregistrées est retardé jusqu'à ce que le satellite arrive en visibilité d'une LUT. Une autre conséquence est qu'au bout du compte, chaque LUT génère les mêmes données d'alerte mondiales. Cette situation est intéressante sur le plan de la redondance du système, mais demande un réseau sophistiqué d'échange de données ainsi que des algorithmes de filtrage appropriés (voir le chapitre 5, section 5.1).

Traitement des données du SARR 406 MHz

Sur les satellites Sarsat LEO, les émissions des balises 406 MHz sont également transmises aux LUT par le répéteur canadien 406 MHz (canal SARR 406 MHz). La détection des salves émises, la récupération des données et les mesures de fréquence sont effectuées par les LUT et peuvent être fusionnées avec les données enregistrées du SARP pour améliorer la localisation Doppler. Les données du SARR 406 MHz peuvent aussi être traitées indépendamment, mais avec les limites du mode de couverture local.

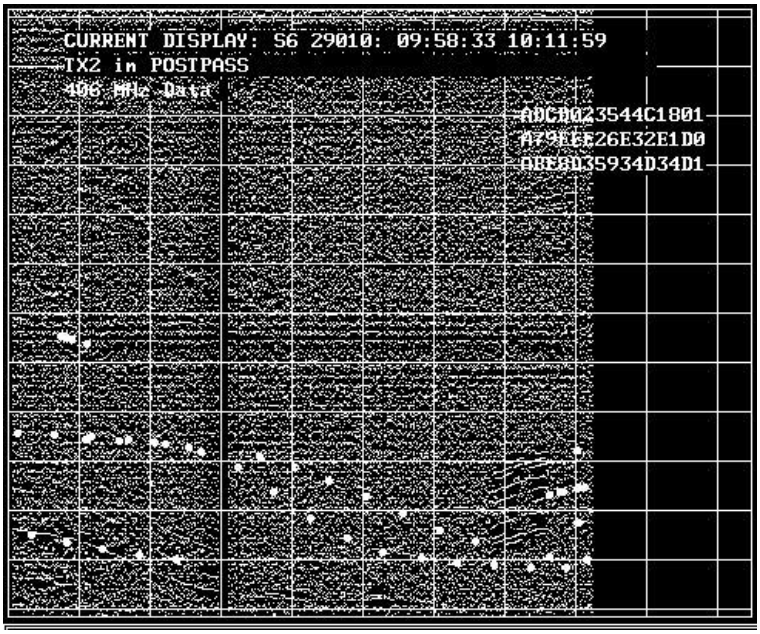


Illustration d'un diagramme de points en mode répéteur 406 MHz

Des émissions (salves) de balises formant plusieurs courbes Doppler peuvent être identifiées autour de 406,025 MHz (bas de la bande 406 à 406,1 MHz).

L'intervalle entre deux salves successives de la même balise est de 50 s.

On distingue une courbe Doppler partielle en bas à gauche de l'image et des parasites dans la bande à droite, au-dessus des courbes Doppler.

(Image NASA, LUT Texas 2, Sarsat 6)

Quelques problèmes tenaces avec le traitement 406 MHz

La préférence donnée à des salves discontinues de forte puissance pour les émissions des balises, au lieu du signal faible et continu des balises 121,5 MHz, présentait des avantages évidents, évoqués plus haut. Mais cela voulait aussi dire que la courbe Doppler devait être reconstruite par la LUT à partir d'un petit nombre de points de données. Un minimum de quatre points était souhaitable, correspondant approximativement à des passages ne durant pas plus de 4 minutes en visibilité d'une balise en bord de couverture (angle d'élévation de 5° environ).

Sous l'angle d'élévation maximal (satellite à la verticale de la balise), jusqu'à quinze salves d'une balise pouvaient être collectées, ce qui fournissait un nombre de mesures suffisant pour bien ajuster le diagramme et le gabarit de courbe Doppler. Aux angles d'élévation inférieurs, le nombre de mesures reçues était moindre et des brouillages ou des obstacles pouvaient réduire encore la quantité de points de données disponibles. Le calcul de position par effet Doppler pouvait alors devenir problématique, voire impossible. Après optimisation du traitement, les constructeurs de LUT proposèrent des solutions Doppler à trois points, qui étaient dans certains cas les seules données de

position à la disposition des sauveteurs, mais qui parfois aussi produisaient des erreurs de position importantes, en particulier lorsque le point d'inflexion de la courbe Doppler (point TCA) n'était pas encadré par l'échantillon de points de données disponibles.

Pour la même raison, lorsqu'une balise était activée à la fin du passage d'un satellite, une courbe Doppler partielle était générée, et le calcul de position pouvait être extrêmement difficile. Par ailleurs, la fréquence porteuse des salves émises pendant la montée en température de l'oscillateur de la balise était instable, cela avait une incidence directe sur la précision de la localisation Doppler. Pour cette raison, la stabilité de l'oscillateur fut un élément particulièrement important des spécifications des balises 406 MHz, notamment pendant la montée en température et en cas de choc thermique de la balise.

3.1.4 Le Plan de mise en œuvre Cospas-Sarsat (CSIP)

Le maître mot et l'objectif ultime du travail de coordination engagé pour concevoir le Système Cospas-Sarsat était « l'interopérabilité ». Dans le contexte des années 70 où tout échange de technologie était exclu entre les partenaires de l'Est et de l'Ouest, on imagine que ce n'était pas simple.

Lors de leur réunion de juillet 1979 à Ottawa (Canada), les partenaires étaient convenus qu'un document de coordination détaillé, le Plan de mise en œuvre Cospas-Sarsat (CSIP) serait élaboré pour être examiné à la réunion suivante prévue en novembre 1979 à Léningrad (URSS). Le document devait définir les exigences de compatibilité et d'interopérabilité pour chaque type de satellite, les signaux de balise, les données d'alerte et les messages sur l'état du Système transmis entre les composantes du Système et les participants.

Le calendrier était assurément ambitieux. À la réunion de Léningrad, les représentants de MORFLOT indiquèrent qu'ils n'avaient pas eu le temps d'étudier de manière approfondie le premier projet communiqué par les partenaires Sarsat, en anglais, quelques semaines avant la réunion. Les représentants parvinrent néanmoins à un accord de principe sur de grands paramètres d'interopérabilité pour les systèmes satellitaires.

Les partenaires continuèrent à travailler activement par correspondance, et la première édition du CSIP fut signée le 22 mai 1980 lors de la réunion organisée à Lanham (Maryland), aux États-Unis. Le CSIP fut préparé sous la direction de Vladislav Rogalsky (URSS), Bernie Trudell (États-Unis), Harvey Werstiuk (Canada) et Daniel Ludwig (France). Il fit date en tant que premier document établi d'un commun accord par les partenaires Cospas-Sarsat sur un « Système » coordonné à l'échelon international. De nombreuses actualisations furent ensuite nécessaires pour tenir compte des évolutions durant la phase de développement des systèmes satellitaires. Le CSIP a véritablement jeté les bases de la documentation technique du futur système LEO.

Interopérabilité : une approche essentiellement technique,
prenant peu en compte les aspects opérationnels

Le chapitre peut-être le plus important du CSIP était celui consacré à l'interopérabilité : le chapitre III. Il devait définir toutes les interfaces, les paramètres système critiques et les essais avant lancement nécessaires pour assurer l'interopérabilité des systèmes Cospas et Sarsat. À partir d'un diagramme synoptique du système LEO, chaque point d'interface fut identifié et accompagné des valeurs et des commentaires correspondants. Le document fournissait des descriptions de la liaison

descendante en bande L et les formats des données d'alerte. Les spécifications relatives à la commande et à la coordination des systèmes étaient aussi présentées en détail, y compris les informations nécessaires pour les échanges entre le centre de mission Cospas (CMC) à Moscou et le centre de contrôle de mission des États-Unis (USMCC) à Suitland (Maryland). Enfin, le chapitre III énonçait les principes généraux applicables pour vérifier l'interopérabilité, comprenant :

- un ensemble commun d'unités et de définitions ;
- des méthodes de mesure ;
- l'échange des données d'essai brutes, des normes d'essai et des résultats des essais.

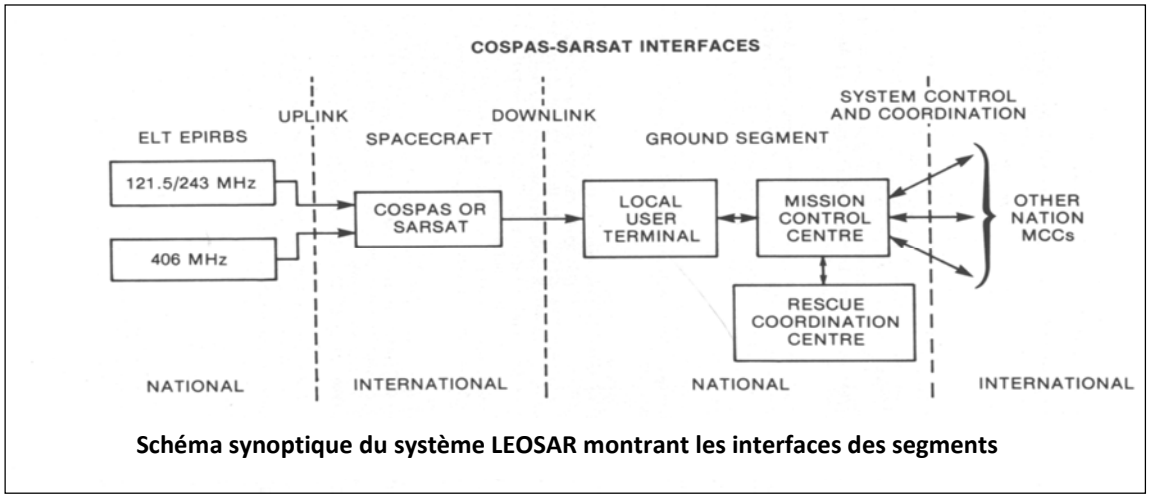


Schéma synoptique du système LEOSAR montrant les interfaces des segments

Diagramme avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Le chapitre II du CSIP rassemblait les descriptions des composantes Cospas et Sarsat existantes. Ces descriptions couvraient les caractéristiques techniques détaillées des ELT/RLS, des satellites et des LUT, et les caractéristiques opérationnelles attendues pour la commande et la coordination du segment sol. S'il était relativement simple de décrire les composantes techniques, existantes ou à venir, il était clair que l'on n'avait encore aucun plan pour la coordination d'un système opérationnel sur le long terme, ou la distribution des données d'alerte de détresse au niveau mondial. Du point de vue des agences spatiales, l'interopérabilité des systèmes était essentiellement un problème technique et la prise en compte des aspects opérationnels du SAR ne constituaient pas une priorité.

Comme indiqué en détail dans le CSIP, chaque LUT Sarsat enverrait ses données d'alerte de détresse à son MCC national pour qu'elles soient distribuées aux services SAR de ce pays ; de même, les informations provenant des LUT soviétiques seraient envoyées au MCC Cospas pour être distribuées aux services SAR de l'URSS. L'USMCC et le CMC seraient les uniques points de contact pour la coordination pendant la phase d'expérimentation des systèmes Sarsat et Cospas. Ces MCC échangeraient les données d'orbite et de synchronisation du temps nécessaires à la poursuite des satellites et au traitement de localisation, l'USMCC étant chargé de relayer les données du système Cospas aux autres partenaires Sarsat. D'autre part, pendant la phase D&E initiale et jusqu'au retrait du service de Sarsat 2 en 1996, l'USMCC recevrait et traiterait les données d'alerte 406 MHz du mode global depuis les stations de commande et d'acquisition de données (CDA) de la NOAA et

distribuerait ces données au partenaire concerné[13]. Les dispositions prévues dans le CSIP convenaient pour la phase initiale de démonstration et d'évaluation des deux systèmes interopérables, mais elles étaient loin de permettre la distribution rapide et fiable des données d'alerte aux services SAR dans le cadre d'un fonctionnement mondial.

Organisation des travaux et des réunions

Le CSIP comprenait également des dispositions relatives à l'encadrement et à l'organisation des travaux, notamment les modalités et les procédures applicables aux réunions du Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG). Il décrivait les deux principales phases du projet, à savoir :

a) la phase de définition et de développement, au cours de laquelle le système coopératif serait défini plus en détail et le matériel mis au point ;

b) la phase de démonstration et d'évaluation (D&E), à laquelle les services SAR participeraient activement.

3.2 Démonstration et évaluation du système LEOSAR

Dès les débuts de la mise en œuvre du système expérimental de satellites pour les recherches et le sauvetage, les partenaires ont compris la nécessité de faire participer les futurs usagers du système à une démonstration de son utilisation. Comme pour tout nouveau système, un plan fut élaboré pour réaliser une évaluation technique et en faire un compte rendu. Le plan visait aussi à montrer aux services SAR, aux instances gouvernementales et aux utilisateurs de balises que le nouveau système améliorerait grandement la transmission des alertes et la localisation des personnes en détresse.

Les activités de démonstration et d'évaluation (D&E) devaient commencer après le lancement et les essais techniques en orbite du premier satellite Cospas ou Sarsat. Les objectifs étaient simples : confirmer les performances des éléments techniques mis au point, déterminer les caractéristiques opérationnelles de chaque sous-système, et formuler des recommandations sur l'éventuelle utilisation opérationnelle du système expérimental. Le plan D&E présenté dans le CSIP ne définissait pas précisément les essais à réaliser. La probabilité de détection et la précision de la position calculée en faisaient évidemment partie, mais les architectes du CSIP avaient aussi précisé que l'évaluation devrait porter sur des aspects opérationnels tels que différentes situations géographiques, la précision d'évaluation de la vitesse de dérive des RLS sur plusieurs passages de satellite, le délai entre l'activation d'une balise et sa notification aux services SAR, et la fiabilité du système.



Bateau de pêche en situation de détresse urgente
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Le soin d'établir et de mettre en place ses propres plans D&E était laissé à chaque pays participant. Chaque

13/ Voir la note 4 à la section 3.1, page 3-2. Le SARP 406 MHz embarqué sur les trois premiers satellites Sarsat n'avait pas de mémoire réservée. Les données 406 MHz du mode global Sarsat étaient traitées uniquement par l'USMCC avant leur distribution aux services SAR américains ou aux autres partenaires Cospas-Sarsat selon le cas.

partenaire a donc défini des activités d'essai en fonction de ses besoins nationaux et, pour l'essentiel, a mené ses activités D&E, collecté les données et compilé les résultats individuellement.

La phase D&E du Système Cospas-Sarsat a commencé officiellement en février 1983, avec la participation active des agences ou des administrations nationales[14] chargées des opérations de recherche et de sauvetage. À cette date, les satellites Cospas 1, Cospas 2 et Sarsat 1 avaient été lancés. Cospas 3 fut lancé en juin 1984 et Sarsat 2 en décembre 1984. Après les essais de performance du Système achevés fin 1984, les rapports d'essais nationaux furent regroupés dans un rapport de synthèse final de la D&E intitulé « Cospas-Sarsat Project Report » et publié en septembre 1985.

Les essais après lancement effectués sur les satellites Cospas 1, Cospas 2, Sarsat 1 et Cospas 3 confirmèrent que le fonctionnement des quatre satellites était nominal et qu'ils satisfaisaient aux exigences d'interopérabilité du CSIP.

Pour évaluer les performances générales du Système, les cinq paramètres suivants furent étudiés :

- probabilité de localisation
- seuil de détection
- précision de la position
- levée d'ambiguïté
- capacité d'accès multiple

Les deux sections suivantes présentent ces paramètres de performances pour les deux principaux domaines de l'évaluation : le système 121,5 MHz et le système 406 MHz.

3.2.1 Performances du système 121,5 MHz

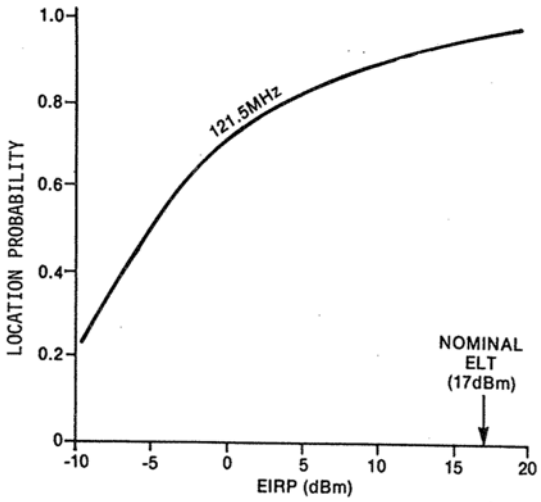
Probabilité de localisation à 121,5 MHz

La probabilité de localisation était définie comme le nombre de cas où une position avait été calculée pour une balise donnée, rapporté au nombre total de passages suivis permettant en principe une localisation de la balise.

La probabilité de localisation dépendait des caractéristiques spectrales de l'ELT 121,5 MHz. Pour des questions de commodité, les ELT étaient généralement classées en deux catégories :

- les ELT cohérentes, ayant une composante de fréquence porteuse stable dans leur spectre ;
- les ELT incohérentes, qui n'avaient pas de composante porteuse visible dans leur spectre (voir la section 3.1.2).

14/ Au Canada : le ministère de la Défense nationale, Transport Canada, la Garde côtière et le ministère des Pêches et des Océans. Aux États-Unis : l'Armée de l'air, la Garde côtière et l'Administration fédérale de l'aviation. En France : le secrétariat d'État aux Transports, le secrétariat d'État à la Mer, le ministère de la Défense. En URSS, le ministère de la Marine marchande, le ministère de l'Aviation civile, le ministère de la Pêche et l'Académie des Sciences. Par ailleurs, des administrations norvégiennes (le ministère de la Justice et de la Police) et britanniques (le ministère de la Défense, le ministère des Transports, la Garde côtière et l'Autorité de l'aviation civile) ont participé activement aux activités D&E Sarsat. La compagnie maritime bulgare a également procédé à des essais dans le cadre de la phase D&E Cospas.



Probabilité cumulée de localisation à 121,5 MHz déterminée pendant les essais D&E
(« Cospas-Sarsat Project Report » C/S R.001)

Dans les essais D&E, la probabilité de localisation pour une ELT cohérente nominale à 121,5 MHz était supérieure à 0,95 pour un seul passage de satellite. Une ELT nominale était définie comme ayant une puissance rayonnée de 20 dBm (100 mW) et un gain d'antenne de –3 dBLi, donc une PIRE de 17 dBm[15]. La probabilité de localisation pour une ELT incohérente nominale était d'environ 0,80.

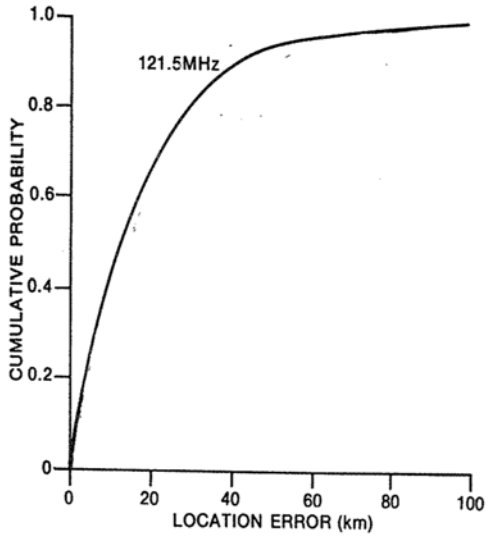
La figure de gauche montre la courbe de probabilité de localisation en fonction de la PIRE de l'ELT obtenue pendant la phase D&E.

Seuil de détection à 121,5 MHz

Le seuil de détection observé pendant la phase D&E (le plus faible niveau de puissance émise par la balise permettant une détection du signal par la LUT), qui dépendait aussi fortement des caractéristiques spectrales de l'ELT, est présenté dans le tableau suivant :

Type d'ELT	ELT nominale	Seuil ELT	S/B	Marge du système
Cohérente	PIRE 50 mW	PIRE 0,5 mW	20 dBHz	20 dB
Incohérente	PIRE 50 mW	PIRE 3 mW	28 dBHz	12 dB

Dans ce tableau, les valeurs S/B représentent le rapport signal/bruit à l'entrée du processeur de la LUT. La colonne Seuil ELT montre que le plus faible niveau de signal émis permettant une détection était de 0,5 mW pour une ELT cohérente. Les valeurs indiquées dans la cinquième colonne correspondent à la marge du signal estimée pour une ELT nominale (PIRE de 50 mW). Ces résultats illustrent la sensibilité remarquable du récepteur à bord du satellite, qui explique aussi l'impact très important des brouillages sur le système 121,5 MHz.



Probabilité cumulée de l'erreur de localisation à 121,5 MHz déterminée pendant les essais D&E
(« Cospas-Sarsat Project Report » C/S R.001)

Précision de la position et levée d'ambiguïté à 121,5 MHz

Les résultats de divers essais de terrain au moyen d'ELT réelles ont montré que l'erreur de localisation était inférieure à 20 km au moins 68 % du temps pour une ELT nominale. Le graphique de gauche montre la probabilité cumulée de l'erreur de localisation. Les données de ce graphique ont été obtenues avec la même série de données que celle utilisée pour déterminer la probabilité de localisation.

15/ PIRE : puissance isotrope rayonnée équivalente.
mW : milliwatt ; dBm : décibel-milliwatt (20 dBm = 100 mW).

Pour chaque signal réel, l'algorithme de localisation Doppler génère deux solutions qui sont symétriques de part et d'autre de la trace du satellite au sol. Lever l'ambiguïté signifie pour le processeur de la LUT être capable de sélectionner la position vraie. Les résultats des essais D&E ont montré que la LUT réussissait à lever cette ambiguïté environ 75 % du temps pour les ELT cohérentes.

Capacité d'accès multiple à 121,5 MHz

Pendant les simulations, il a été démontré que le processeur d'une LUT était capable de localiser simultanément au moins dix signaux d'ELT à 121,5 MHz.

3.2.2 Performances du système 406 MHz

Compte tenu du mode d'émission par salves des balises 406 MHz, les probabilités suivantes ont été évaluées :

- Probabilité de détection des messages : le nombre de salves de message reçues rapporté au nombre de salves de message attendues. Elle allait de 0,42 en Europe à 0,62 en Amérique du Nord, pour toutes les géométries de satellite [16].
- Probabilité de détection des balises : la probabilité de détecter et de décoder correctement au moins une salve de message pendant un passage de satellite. Elle s'élevait à 0,99. La détection d'une seule salve permettrait d'identifier la balise, ce qui était déjà une information utile pour les opérations SAR.
- Probabilité de localisation des balises : la probabilité de détecter et de décoder correctement au moins trois (ou quatre [17]) salves de message pendant un seul passage de satellite, de manière qu'une estimation de position Doppler puisse être générée par la LUT. Elle allait de 0,82 en Amérique du Nord à 0,87 en Europe du Nord, pour toutes les géométries de satellite. Pour les angles d'élévation supérieurs à 10°, la probabilité de localisation des balises mesurée était de 0,98 en Amérique du Nord.

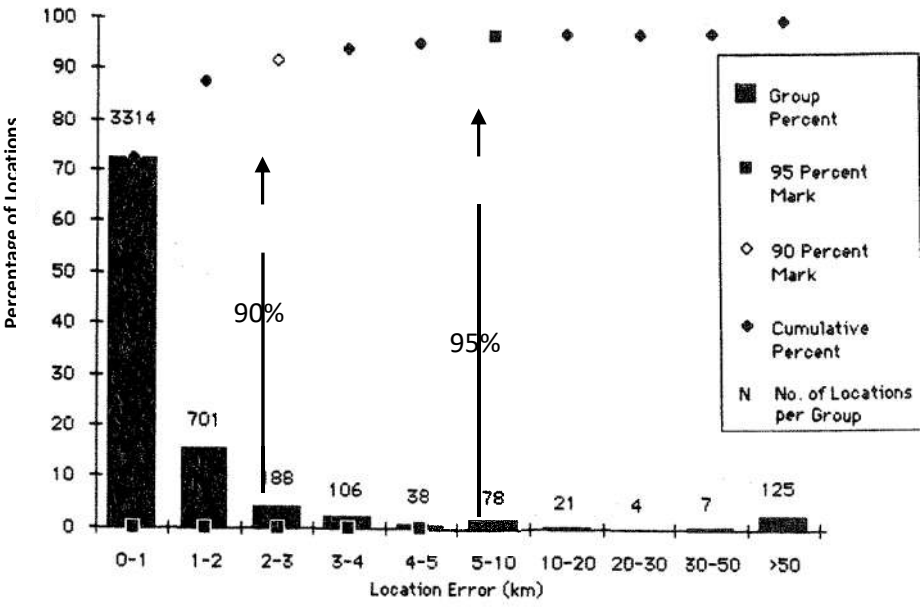
Seuil de détection à 406 MHz

Les essais en Amérique du Nord ont montré que si la puissance de sortie d'une balise nominale de 5 W était atténuée de 13 dB, la probabilité de localisation de la balise diminuait de 10 % pour les passages à plus de 10° d'élévation. Si l'on tenait compte de toutes les géométries de passage, la baisse de 10 % intervenait à une atténuation de 6 dB. À partir de cela, on a estimé qu'en l'absence de brouillages, une balise nominale 406 MHz fonctionnait avec une marge d'environ 10 dB. Les

16/ Ce paramètre était fortement affecté par la présence de brouillages indésirables dans la bande de fréquences 406 MHz, un problème examiné séparément. Le rapport de synthèse du projet indiquait que, normalement, cette probabilité de détection des messages assez médiocre ne réduisait pas les performances globales du système car, sur un passage de satellite nominal, il y avait dix à quinze occasions d'acquérir des messages et il fallait seulement trois ou quatre messages pour déterminer une position. Néanmoins, un nombre réduit de messages détectés pouvait avoir une incidence sur la précision de localisation.

17/ Un passage de satellite était considéré comme « nominal » si sa durée permettait normalement de détecter au moins quatre salves émises par une balise. Cette géométrie de passage était en principe obtenue avec un angle d'élévation maximal au-dessus de l'horizon ≥ 5°. Pendant les essais D&E, certaines LUT localisèrent des balises avec seulement trois salves.

essais réalisés en Europe ont montré que, étant donné les brouillages importants enregistrés à l'époque, le système 406 MHz n'avait pratiquement aucune marge.



Histogramme des erreurs de localisation des balises 406 MHz et probabilités cumulées pendant les essais D&E
(« Cospas-Sarsat Project Report » C/S R.001)

Précision de localisation des balises 406 MHz

Le graphique de gauche montre un histogramme des erreurs de localisation observées pendant les essais D&E et la probabilité cumulée correspondante.

Ces résultats d'essais indiquent qu'en règle générale, plus de 70 % des solutions de localisation Doppler présentaient des erreurs inférieures à 1 km, 90 % des erreurs inférieures à 3 km, et 95 % des erreurs inférieures à 10 km.

Levée de l'ambiguïté à 406 MHz

La stabilité de fréquence à moyen terme de la balise 406 MHz étant très bonne, le processeur de signal de la LUT était capable de lever correctement l'ambiguïté entre les deux positions (la vraie et son image) dans plus de 95 % des cas [18].

Capacité d'accès multiple à 406 MHz

Le système 406 MHz était conçu pour pouvoir traiter 90 balises simultanément dans le champ de visibilité d'un satellite LEO, pendant un seul passage du satellite. Cette capacité a été vérifiée en 1984 au moyen d'une installation d'essais spécifique située en France. Les essais de capacité réalisés avec le satellite Cospas 2 ont montré que même en présence de brouillage, le processeur embarqué pouvait traiter plus de 70 balises 406 MHz simultanément.

Brouillages à 406 MHz

Comme indiqué au chapitre 2, section 2.4.4, le niveau élevé d'interférence dans la bande de fréquences 406 MHz qui n'avait pas été anticipé, en particulier en Europe, en Amérique centrale et en Afrique, entraînait un flux continu de pseudo-messages d'alerte lorsque le satellite Cospas 1 était poursuivi par les LUT. Le processeur-récepteur embarqué ne filtrait pas convenablement les signaux

18/ En conditions réelles, lorsque la balise était activée pendant un passage de satellite, les performances de levée d'ambiguïté à 406 MHz pouvaient être diminuées en raison de l'instabilité de l'oscillateur due à la montée en température,

parasites et interprétait les données aléatoires générées par le processeur comme des émissions possibles de balises 406 MHz, remplissant la mémoire du satellite de données inutiles. En outre, ces interférences pouvaient saturer les unités de récupération des données (DRU) du SARP du satellite pendant 10 à 15 minutes et masquer les émissions de balises réelles.

Contrairement au système 121,5 MHz, les services SAR n'étaient pas affectés par les fausses alertes générées par les interférences à 406 MHz, car ce type de pseudo-message ne pouvait pas être confondu avec la signature numérique d'une balise 406 MHz et, par conséquent, pouvait être éliminé lors du traitement par la LUT. L'amélioration du filtrage au niveau du satellite supprima pour l'essentiel le problème des pseudo-messages sur les satellites ultérieurs. Toutefois, les interférences avaient un impact important sur les performances du système 406 MHz et il fallait prendre des mesures d'urgence.

Sur la base des travaux de CAL et du CRC [19] ainsi que ceux du CNES, le problème des brouillages à 406 MHz fut présenté à la Conférence administrative mondiale des radiocommunications de 1983 (CAMR-83). A la suite de cette démarche, la CAMR adopta une résolution en vue de protéger la bande de fréquences 406,0 à 406,1 MHz et le Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB) fut prié de mettre en place un programme de surveillance. Les pseudo-données relayées par les satellites permirent aux partenaires Cospas-Sarsat de développer des algorithmes spéciaux destinés à localiser les sources de brouillage [20]. Les positions furent communiquées à l'IFRB et aux administrations compétentes des pays où la source avait été localisée. Plusieurs années d'efforts soutenus aboutirent à la suppression de nombreuses sources, ce qui atténua beaucoup le problème des brouillages à 406 MHz.

3.2.3 Performances opérationnelles du Système pendant la phase D&E

Les essais du Système avaient montré que, malgré d'importants brouillages dans les deux bandes de fréquences, les systèmes 121,5 MHz et 406 MHz fonctionnaient comme prévu. La deuxième partie de la phase D&E consista en un ensemble d'essais en milieu ambiant : à terre, en montagne, en mer, dans l'Arctique et l'Antarctique, avec des ELT/RLS 121,5 MHz du commerce ainsi qu'avec des prototypes de balises 406 MHz. Un grand nombre de résultats sont présentés dans le rapport de synthèse du projet Cospas-Sarsat [21], confirmant les performances opérationnelles attendues.

Plus de 250 000 balises fonctionnant sur la fréquence 121,5 MHz étaient déjà en service au moment des essais D&E. Il ne manquait donc pas d'événements réels pour démontrer l'utilité du Système aux autorités SAR. Les opérations de recherche d'un petit avion disparu au Canada dans la province de Colombie-Britannique (cas SAR Ziegleheim du 10 septembre 1982), deux mois après le lancement de Cospas 1, sont relatées au chapitre 2, section 2.4.3 du présent document. Ce sauvetage fut suivi un mois plus tard (le 10 octobre 1982) du premier sauvetage en mer de l'équipage du

19/ King, J.V. « Effects of 406 MHz Interference on the Cospas-1 Processor », Rapport SAR 83/9 du CRC, avril 1983.

20/ King, J.V. « Techniques for Locating 406 MHz Interference Signals Using the Cospas-Sarsat Satellite System », Rapport SAR 83/18 du CRC, juin 1983.

21/ Voir le document C/S R.001 : « Cospas-Sarsat Project Report » (septembre 1985), appendice A, pour les résultats détaillés des essais réalisés par le Canada, la France, les États-Unis, l'URSS, la Norvège, le Royaume-Uni et la Bulgarie. Une liste des événements de détresse réels pour lesquels Cospas-Sarsat a apporté une assistance entre septembre 1982 et juin 1985 y figure également.

trimaran Gonzo qui avait chaviré dans l'océan Atlantique (voir l'encadré ci-dessous : *Interventions SAR après le lancement du premier satellite Cospas-Sarsat (3)*).

Interventions SAR après le lancement du premier satellite Cospas-Sarsat (1)

Le deuxième sauvetage a eu lieu le 29 septembre 1982. Un message MAYDAY a été capté au Québec par un avion en survol. Un peu plus tard, une ELT a été entendue. On était en fin d'après-midi et le soleil déclinait.

Le responsable de la région SAR (SRR) de Trenton (le colonel Dave Garland) se trouvait au RCC au moment de l'incident. Nous avons établi rapidement qu'un satellite Cospas 1 allait bientôt passer à proximité du Québec. Nous avons fait décoller un avion de recherches avec pour instruction d'aller vers l'est. « Où ? », a demandé l'équipage. Nous avons répondu de prendre la direction de Montréal en attendant de recevoir des indications plus précises. Peu après, la LUT d'Ottawa a fourni les données de position nécessaires à l'équipage.

Le site du crash a été localisé avant la nuit et des sauveteurs ont été parachutés pour porter assistance aux victimes. Dans le même temps, l'avion de recherches a envoyé un hélicoptère de secours pour évacuer les passagers. Ce sauvetage a démontré l'utilité d'une collaboration étroite entre le personnel du RCC et des MCC. À l'époque, il n'y avait qu'un seul satellite disponible. La rapidité de l'intervention était due uniquement à la chance, et le besoin d'une constellation de satellites plus complète était évident.

Major Herbert Edward (Ted) King,
Officier responsable du premier MCC canadien
à Trenton, Ontario (Canada) (1982)

Le fait que les services SAR aient été directement associés aux essais a été un facteur de succès important. Dans tous les pays participants, le personnel SAR a été mis à contribution pour l'élaboration et la conduite des essais, la collecte et l'analyse des données. Des messages d'alerte de détresse réels à 121,5 MHz, traités par les LUT expérimentales, ont été transmis via les MCC aux RCC nationaux pour être évalués et éventuellement utilisés lors de situations de détresse réelles. À l'issue de la période des essais, en mai 1985, Cospas-Sarsat avait communiqué des données d'alerte et de position portant sur 194 incidents de détresse dans le monde, touchant 527 personnes dont 473 furent secourues. Toutes ces vies ont été sauvées grâce au système 121,5 MHz puisque qu'aucune balise 406 MHz n'était encore en service au moment de la phase D&E.

La principale préoccupation du personnel SAR était le nombre considérable de fausses alertes générées par les ELT 121,5 MHz. Plus de 90 % du total des alertes 121,5 MHz fournies par Cospas-Sarsat n'étaient pas de véritables cas de détresse. Ces fausses alertes étaient le résultat du déclenchement intempestif des ELT en l'absence de détresse, et de signaux brouilleurs. Dans les deux cas, c'était une conséquence directe du champ de visibilité très large du satellite et de sa capacité de veille (voir l'encadré : *Interventions SAR après le lancement du premier satellite Cospas-Sarsat (2)*). Un certain nombre d'émissions d'ELT hors situation de détresse, qui n'étaient pas détectées auparavant, étaient maintenant transmises aux RCC.

Le deuxième enseignement de la phase D&E en ce qui concerne les questions opérationnelles a été la nécessité d'améliorer les télécommunications au sol et d'organiser la distribution des données d'alerte à l'échelon international.

Interventions SAR après le lancement du premier satellite Cospas-Sarsat (2)

Une autre difficulté est apparue assez vite pendant les essais D&E. Quand un avion vole à une altitude normale, il y a relativement peu de bruit sur la fréquence 121,5 MHz. Mais aux altitudes des satellites, la zone de visibilité est beaucoup plus étendue et la bande devient très bruitée.

Deux facteurs évidents contribuaient au problème. Premièrement, un émetteur puissant de signaux vocaux, même éloigné, pouvait perturber la détection par le satellite. Deuxièmement, avec l'arrivée sur le marché grand public d'appareils de télécommunications plus modernes, des harmoniques ou des signaux parasites sont apparus dans la bande de détresse. Les stations terriennes (LUT) n'étaient pas capables de distinguer une ELT d'un signal parasite ou d'un brouilleur. De ce fait, il y avait beaucoup de déchet parmi les solutions envoyées aux MCC.

Major Herbert Edward (Ted) King



Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Le cas SAR Gonzo

Le trimaran Gonzo parti de Portland (Maine, États-Unis) pour l'Angleterre a chaviré à environ 300 milles au sud-est du cap Cod le 10 octobre 1982 avec trois personnes à bord (voir l'encadré à droite).

Malgré les problèmes de croissance inévitables et les inquiétudes suscitées par les fausses alertes, les résultats positifs de la phase de démonstration et d'évaluation du Système expérimental Cospas-Sarsat ont encouragé les participants à poursuivre la mise en œuvre du Système, à apporter des améliorations et à prendre des mesures pour atténuer les brouillages à 406 MHz.

Interventions SAR après le lancement du premier satellite Cospas-Sarsat (3)

Le troisième sauvetage a été un incident maritime survenu dans l'océan Atlantique en octobre 1982. Un trimaran de 60 pieds, le Gonzo, avait chaviré. Sa RLS avait été activée et le signal était détecté par les avions le survolant.

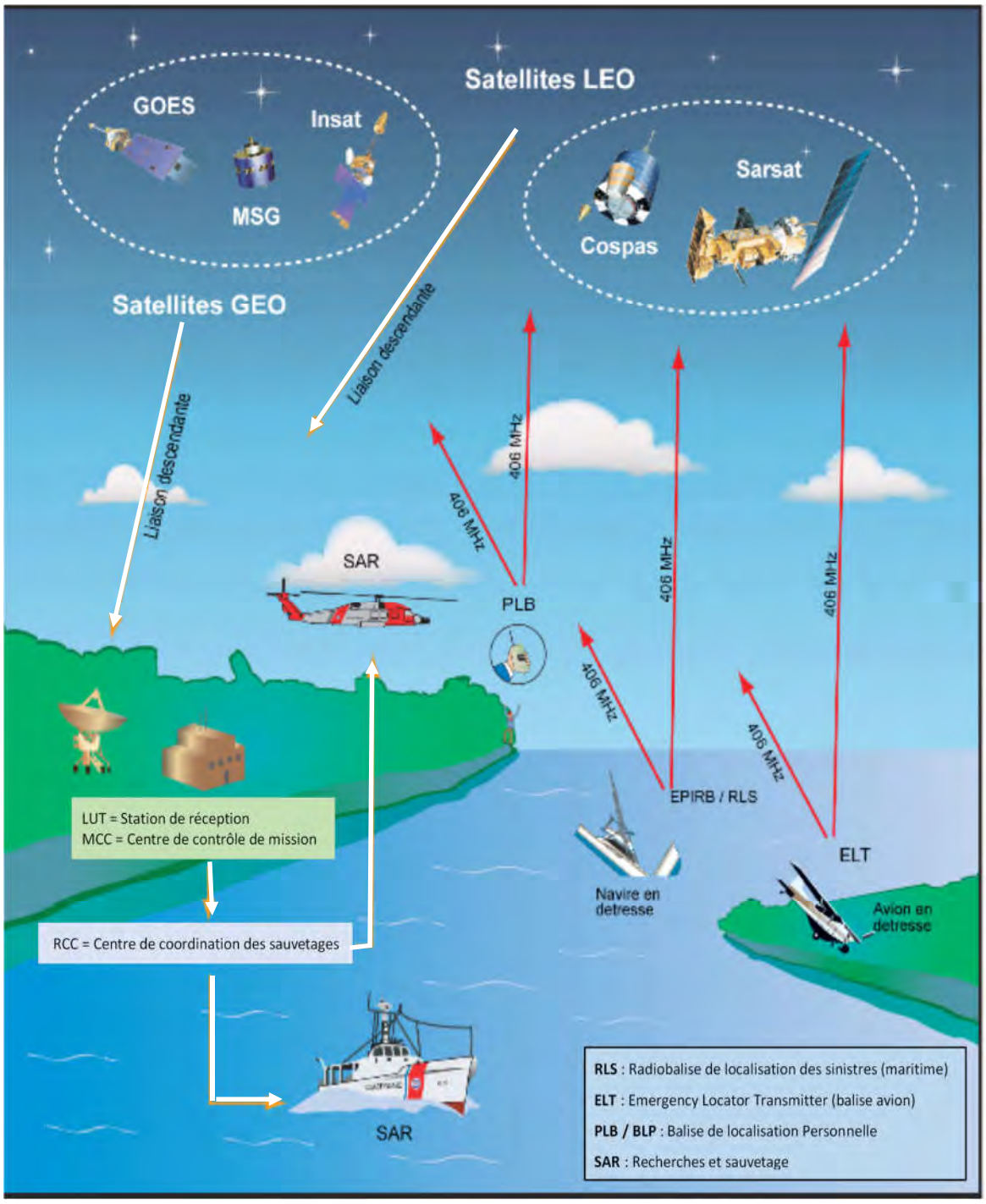
À l'époque, la LUT d'Ottawa était la seule à couvrir cette zone. La liaison entre le CMCC (MCC canadien) et l'USMCC ne fonctionnait pas au moment de l'incident et les États-Unis ne recevaient donc aucune des données satellite. On demanda au CMCC d'identifier des positions possibles pour la source du signal et de les communiquer au centre de coordination de sauvetage (RCC) concerné, ce qui fut fait rapidement grâce aux bonnes relations bilatérales existant entre les RCC canadiens et américains. Un tanker libérien fut envoyé sur le site du chavirage et fit office de brise-lame (état de la mer 6) pendant qu'un navire de la Garde côtière américaine secourait les trois navigateurs.

Cet incident démontrait l'importance d'avoir de bonnes liaisons de communication, fiables, et, en cas de panne, la nécessité de disposer de liaisons de remplacement. Il était évident que les LUT canadiennes finiraient par détecter des alertes hors de la juridiction canadienne, dans les SRR du Danemark, du Royaume-Uni et du Portugal. Plus tard, des réunions bilatérales furent organisées avec les RCC de l'Atlantique Nord pour réfléchir à la meilleure façon de procéder. Les résultats de ces discussions ont été finalement pris en compte dans les réunions Cospas-Sarsat et ont contribué à la réflexion sur la manière de gérer les opérations.

Major Herbert Edward (Ted) King

3.3 Le Système mixte LEOSAR-GEOSAR 406 MHz

La phase de démonstration et d'évaluation LEOSAR avait démontré l'immense intérêt du satellite pour la transmission des alertes et la localisation des détresses. Mais en 1984, deux systèmes concurrents s'affrontaient à l'OMI : le concept LEOSAR à 406 MHz, et les balises RLS en bande L fonctionnant dans le système à satellites géostationnaires d'Inmarsat. Le concept GEOSAR qui permettait une alerte quasiment en temps réel avait de nombreux partisans (voir le chapitre 2, section 2.5) et les partenaires Cospas-Sarsat étaient conscients qu'il fallait proposer une capacité GEOSAR à 406 MHz pour rallier les sceptiques et faire en sorte que Cospas-Sarsat continue d'intéresser les usagers maritimes.



3.3.1 Conception et mise au point du système GEO 406 MHz

Le choix initial de satellites LEO ou GEO pour relayer les messages de radioémetteurs à faible puissance fonctionnant sur piles, à la fin des années 70, avait des conséquences sur plusieurs caractéristiques de base du système.

Compte tenu de la faible puissance d'émission de la balise, de la nécessité d'utiliser des antennes ayant des diagrammes de rayonnement quasi-hémisphériques, et des pertes de propagation très importantes sur le signal arrivant au satellite GEO éloigné de plus de 36 000 km, les concepteurs du système GEO en bande L choisirent un débit binaire faible pour le message numérique des balises. Avec un débit binaire faible, il était possible d'obtenir un ratio énergie-par-bit acceptable avec seulement un watt de puissance d'émission. L'inconvénient était qu'un débit binaire faible impliquait des temps de transmission plus longs et, dans un système de communication à accès aléatoire, un étalement plus important des fréquences porteuses pour obtenir la capacité requise. Heureusement, une largeur de bande de 1 MHz était disponible dans la bande L pour les RLS satellite fonctionnant avec le système GEO Inmarsat (voir le chapitre 2, section 2.5).

Contraintes de l'architecture du système 406 MHz

Avec un système LEO, il était possible d'avoir un débit binaire plus élevé parce que les pertes de propagation étaient moindres. C'était également souhaitable car le passage d'un satellite en visibilité de la balise ne durait pas plus de 15 à 20 minutes. En outre, pour la localisation Doppler, il était plus intéressant d'avoir des messages courts répétés plus souvent, qui fourniraient un plus grand nombre de mesures du décalage de fréquence pendant le passage du satellite, avec pour résultat une localisation plus précise. Le système LEO 406 MHz de Cospas-Sarsat, avec des émissions par salves courtes (moins d'une demi-seconde) et un taux de répétition élevé (environ toutes les 50 secondes), permettait d'obtenir une localisation Doppler raisonnablement précise avec moins de 4 minutes de visibilité d'un satellite.

La conséquence de ce choix de paramètres de conception était une grande capacité (plus de 90 balises dans la zone de visibilité d'un satellite LEO) avec moins d'un dixième de la largeur de bande nécessaire dans le système en bande L (c'est-à-dire 100 kHz à 406 MHz au lieu de 1 MHz dans la bande L). Mais le système 406 MHz avait aussi ses revers : une puissance d'émission relativement élevée, d'environ 5 W pour les balises 406 MHz contre 1 W pour le système bande L, et une limite relativement contraignante sur la longueur du message, et donc sur la quantité de données pouvant être codées.

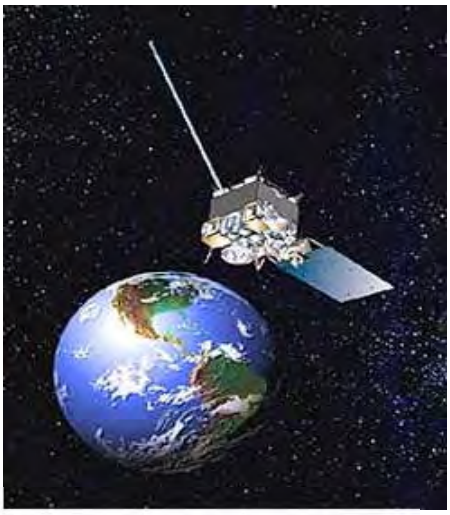
Du fait du débit binaire élevé choisi pour le système 406 MHz de Cospas-Sarsat, le ratio énergie-par-bit serait particulièrement faible pour le décodage des messages relayés par un satellite GEO. Il faudrait donc des répéteurs très performants au niveau des satellites, et des récepteurs de haute qualité dans les stations de réception du système GEO (les GEOLUT). Bien que les expériences menées par la NASA, le MDC et le CNES aient démontré la faisabilité de la solution en 1983 et 1984 [22], ce problème serait le premier défi à relever pour les constructeurs des GEOLUT opérationnelles.

22/ Voir le chapitre 2, section 2.5.5 : La stratégie Cospas-Sarsat pour un système mixte LEO/GEO.

À la recherche de satellites GEO opérationnels

Le deuxième obstacle majeur à surmonter pour mettre en place un système GEO mondial à 406 MHz était de trouver des satellites opérationnels capables d'héberger le répéteur 406 MHz et placés à une longitude convenable pour assurer une couverture GEO complète. Inmarsat ayant refusé d'embarquer une capacité de ce type sur son segment spatial de deuxième génération, le choix était extrêmement limité, d'autant plus que cette capacité ne pouvait pas être financée par les usagers.

Les seuls satellites GEO opérationnels disponibles et appartenant à une administration publique étaient les satellites météorologiques GOES des États-Unis, déjà équipés d'un système de collecte de données à 402 MHz, peu différent du répéteur 406 MHz requis. Il était donc relativement simple d'adapter un répéteur supplémentaire utilisant la même antenne de réception, ce qui limitait le surcoût. La décision des États-Unis d'ajouter cette capacité sur leur système GEO fut un grand pas en avant pour Cospas-Sarsat, mais la couverture globale restait incomplète.

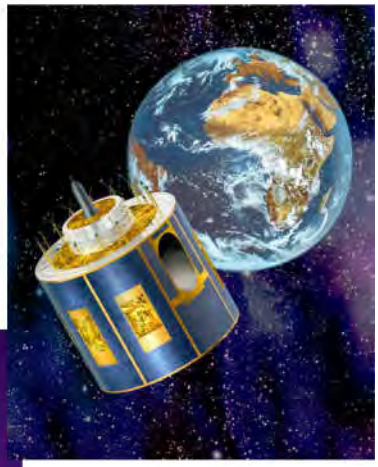


La proposition de l'agence spatiale indienne (ISRO), en 1986, d'installer un répéteur 406 MHz sur ses futurs satellites INSAT allait permettre de compléter la couverture globale requise en 1994. La seule contrainte était que, pour limiter l'augmentation de puissance nécessaire à bord, le satellite INSAT 2 ne fournirait qu'un faisceau étroit sur la liaison descendante, reçue par la GEOLUT INSAT à Bangalore. D'autres pays ne pourraient donc pas installer leurs propres GEOLUT pour recevoir directement les données d'alerte d'INSAT 2. Cette limitation introduisait un maillon faible dans le système opérationnel GEOSAR à 406 MHz.

En haut : satellite géostationnaire opérationnel pour l'environnement (GOES) de la NOAA

Au centre : satellite Météosat de seconde génération (MSG) d'EUMETSAT

En bas : satellite INSAT 3A de l'ISRO





Photos avec l'aimable autorisation de la NOAA, d'EUMETSAT et de l'ISRO

En plus des satellites américains GOES et des satellites indiens INSAT, la couverture GEO fut par la suite augmentée avec des satellites opérationnels et de réserve supplémentaires, mis à disposition par EUMETSAT[23] à partir de 2003 (la série de satellites MSG) et à partir de 2011 avec les satellites russes Loutch et Electro.

Nécessité d'un message plus long pour les balises 406 MHz

Par définition, les satellites géostationnaires sont immobiles par rapport à un point fixe sur la Terre. Il n'y a pas d'effet Doppler, et

23/ EUMETSAT : Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (voir aussi le chapitre 4, section 4.4.4).

les techniques de localisation par triangulation [24], bien que théoriquement possibles, ne donneraient pas de résultats très fiables. La seule solution envisageable pour localiser une balise avec un système GEOSAR était de rendre la balise capable d'acquérir sa propre position au moyen d'un récepteur GNSS intégré et de transmettre les données dans son message d'alerte.

Heureusement, la possibilité d'avoir des bits supplémentaires dans le message des balises 406 MHz, absente dans la conception initiale du système LEOSAR, avait été ajoutée en octobre 1981 sur l'insistance du CNES, au motif que le message « court » à 406 MHz n'avait aucune capacité en réserve pour une éventuelle évolution ultérieure [25]. Les partenaires du CNES acceptèrent le principe avec quelques réticences parce que l'architecture des charges utiles 406 MHz Sarsat et Cospas avait été finalisée et la fabrication avait commencé. Le format de message « long » comprenant 32 bits de données supplémentaires était compatible avec l'architecture initiale du SARP car les bits supplémentaires du message pouvaient être ignorés par le processeur du satellite. Cependant, pour devenir utilisable dans le mode de fonctionnement global du système LEOSAR, la modification nécessitait de revoir la conception du SARP 406 MHz. Cette modification ne fut réalisée que dans la troisième série de satellites LEO, à partir des satellites NOAA K (Sarsat 7) et Nadejda 7 (Cospas 10), lancés en 1996 et 1998, respectivement.

3.3.2 Démonstration et évaluation du système GEOSAR 406 MHz

Avant l'introduction officielle du système GEOSAR 406 MHz comme une capacité additionnelle du système Cospas-Sarsat, des essais approfondis de démonstration et d'évaluation (D&E) de la fonction GEOSAR à 406 MHz et des améliorations apportées par la combinaison LEO-GEO furent effectués entre juillet 1996 et février 1998. Trois satellites (GOES 8, GOES 9 et INSAT 2A) furent utilisés pour la phase D&E du GEOSAR, avec des GEOLUT expérimentales situées au Canada, aux États-Unis, en France, en Inde et au Royaume-Uni. L'Australie, l'Espagne, l'Algérie, le Chili, le Japon et la Russie contribuèrent à la phase D&E du GEOSAR en fournissant des données et des analyses. Le rapport D&E fut publié en octobre 1998 sous la référence C/S R.008.

Les principales conclusions publiées sur la phase D&E sont résumées ci-dessous :

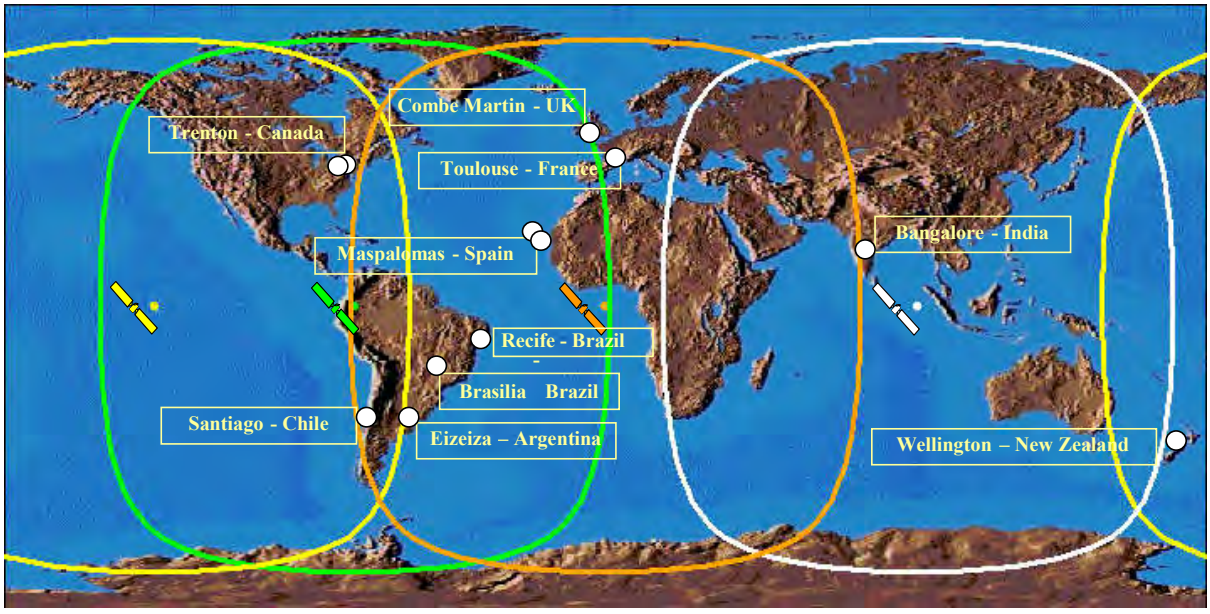
- Le système GEOSAR était capable de récupérer des messages de balise jusqu'à un angle d'élévation de 0°. Un angle d'élévation de 4° fournissait une estimation prudente de la zone de couverture dans laquelle une réception fiable des alertes était assurée.
- En moyenne, une alerte GEOSAR était reçue 46 minutes avant la première alerte LEOSAR pour la même balise. Le gain de temps médian était de 21 minutes.
- Le système GEOSAR constituait un bon complément du système LEOSAR dans la mesure où 85 % du total des alertes dans le champ de visibilité d'un satellite GEO jusqu'à un angle d'élévation de 0° étaient détectées par le système GEOSAR, et les alertes non détectées s'expliquaient par des facteurs tels que masquages ou obstacles au sol, ou par des signaux de balise faibles. Par ailleurs, un grand nombre d'émissions de balise 406 MHz de courte durée,

24/ La mesure de la différence entre les temps de trajet d'un même message de balise relayé par deux satellites GEO fournirait deux positions, une dans chaque hémisphère. Mais la difficulté liée aux mesures de temps sur les messages des balises 406 MHz et la géométrie du problème (satellites dans le plan équatorial) ne laissaient pas beaucoup d'espoir d'obtenir une solution viable dans la pratique.

25/ Le besoin d'ajouter des données dans le message des balises n'apparaissait pas clairement à l'époque. Il n'était pas encore question d'un système GEOSAR à 406 MHz et l'idée d'intégrer des données de position dans le message semblait farfelue, en particulier parce que le système était conçu pour localiser les balises par effet Doppler.

auparavant non détectées par le système LEOSAR dont la couverture était discontinue, étaient récupérées par le système GEOSAR.

- Lorsque le message d'une balise 406 MHz ne contenait pas de position GNSS, l'alerte rapide du GEOSAR était quand même utile aux services SAR, à condition que la balise ait été correctement enregistrée. Les services SAR pouvaient utiliser l'identification de la balise pour se renseigner sur la situation du propriétaire et, soit éliminer rapidement les fausses alertes, soit commencer à planifier la mission de sauvetage.



Couverture GEOSAR en 2003 avec 12 GEOLUT en service.

En 1998, le système GEOSAR était composé de deux satellites américains GOES et du satellite indien INSAT 3A. Le satellite MSG 1 d'EUMETSAT fut lancé en 2003. Les satellites GEOSAR russes Electro et Loutch furent lancés après 2011. (Image avec l'aimable autorisation du Secrétariat Cospas-Sarsat)



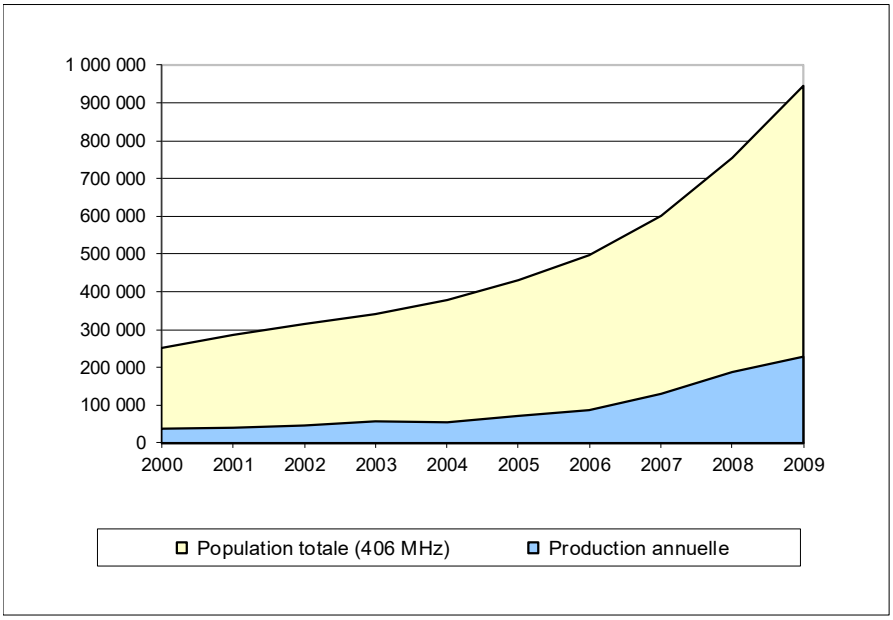
Différents types de RLS, ELT et BLP 406 MHz (vers 1990)
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

3.3.3 Balise 406 MHz pour le système mixte LEO-GEO

Enregistrement des balises 406 MHz

Les avantages énumérés ci-dessus mettaient aussi en évidence la nécessité de mieux informer les utilisateurs des ELT et des RLS. Beaucoup d'émissions de courte durée générées par des essais de balise en mode opérationnel non autorisé, au lieu du mode de test autorisé, étaient maintenant détectées par le système GEOSAR et notifiées aux autorités SAR. Dans tous les cas, le bon enregistrement des balises était indispensable pour traiter efficacement les alertes, vraies ou fausses.

Ce dernier point amena Cospas-Sarsat à mettre en place une base de données internationale d'enregistrement des balises



Population totale et production annuelle de balises 406 MHz entre 2000 et 2009

(l'IBRD). Bien que chaque pays soit censé adopter une réglementation concernant l'enregistrement des balises, beaucoup d'entre eux n'avaient pas mis en place les moyens appropriés, empêchant ainsi les usagers nationaux d'enregistrer leur balise. L'IBRD Cospas-Sarsat fut créée en 2006 et mise à la disposition des États et des propriétaires individuels de balise n'ayant pas la possibilité d'enregistrer leur balise dans leur pays.

Balises 406 MHz avec protocole de localisation

Des spécifications détaillées pour le codage du message des balises capables de localisation autonome, aussi appelées « balises avec protocole de localisation », furent introduites en 1997, avant que le système GEOSAR ne devienne officiellement une composante du système LEO-GEO Cospas-Sarsat en 1998.

L'intégration des données de position GNSS dans le message de détresse 406 MHz devint progressivement une caractéristique courante sur beaucoup de nouveaux modèles de balise. La population totale de balises (ELT, RLS et BLP) atteignait environ 945 000 unités en 2009. Trente pour cent de la production de 2009 (229 000 balises de tous types produites par 45 fabricants) étaient des balises avec protocole de localisation.

Sauvetage d'un bateau de pêche au large de la frontière entre la Californie et l'Oregon (États-Unis)

Le 1er décembre 1996, le bateau de pêche de 40 pieds Beach King chavire, retourné par une énorme vague. Il pêchait par grosse mer près de la frontière entre la Californie et l'Oregon. Les trois membres de l'équipage ne sont pas en mesure d'envoyer un mayday ni de signaler une détresse, mais la RLS 406 MHz du navire se déclenche automatiquement lors du chavirage.

Le message émis par la RLS 406 MHz est transmis à l'USMCC via le satellite GOES 9 puis au RCC de Seattle […]. L'alerte ne contient pas de position. Le RCC appelle le point de contact d'urgence figurant dans la base de données d'enregistrement des balises. Le RCC apprend ainsi que le Beach King pêche au large de l'embouchure du Klamath et envoie un hélicoptère de sauvetage pour explorer la zone.

L'hélicoptère localise le bateau retourné et hélitreuille deux membres de l'équipage tombés dans une eau à 11° Celsius. Le troisième marin ne sera jamais retrouvé. Les pêcheurs sont transportés dans un hôpital du secteur ; l'un d'eux souffre d'hypothermie et est admis en unité de soins intensifs. L'analyse du cas SAR confirme que les membres de l'équipage ne portaient pas de combinaison de survie ni d'équipement de flottaison et auraient péri s'ils étaient restés dans l'eau plus longtemps.

La première notification de détresse a été une alerte non localisée captée par un satellite géostationnaire, reçue à l'USMCC 47 minutes avant une alerte localisée reçue d'un satellite LEO. La Garde côtière a pu lancer la procédure d'investigation (à savoir appeler le point de contact, vérifier auprès du port, lancer des appels par radio et envoyer un hélicoptère) de sorte que les équipes de sauvetage ont pu se rapprocher des lieux du sinistre avant même d'avoir reçu les données de position. Deux vies ont ainsi été sauvées.

Rapport de synthèse de la phase de démonstration et d'évaluation du système géostationnaire 406 MHz (Document C/S R.009, octobre 1999).

Chapitre 4

Le long cheminement vers une nouvelle organisation internationale

4.1 L'acceptation au niveau international : un objectif global

Aucun système mondial de recherches et sauvetage, qu'il soit destiné aux navigateurs marins ou aériens, utilisé sur terre ou en mer, ne peut être véritablement efficace sans coordination des responsabilités SAR au niveau mondial et sans normalisation de l'ensemble du système, y compris les moyens de communication et l'équipement embarqué, les procédures d'alerte, les moyens SAR et la planification des interventions. À l'heure où les échanges se font à l'échelle mondiale, il serait imprudent d'équiper un navire d'un système qui ne serait pas reconnu lorsqu'il navigue à l'autre bout du monde, ou de mettre en place un système qui ne serait adapté qu'à une partie des usagers potentiels. Il en va de même pour les avions de ligne. On peut bien entendu imposer localement des normes particulières pour des catégories limitées d'utilisateurs comme les bateaux de plaisance qui ne naviguent jamais en haute mer ou les avions légers qui ne traversent pas les frontières, mais dans le cas de systèmes mondiaux de satellites, il est indispensable d'établir une normalisation reconnue au niveau international.

Il était donc assez naturel qu'à long terme, un système unique de RLS par satellite devienne la norme dans le monde entier. Il fallait faire un choix parmi les systèmes satellitaires proposés qui fonctionnaient à 121,5 MHz, 406 MHz ou 1,6 GHz (le système en bande L) pour assurer un rapport coût/efficacité convenable et faciliter l'adoption au niveau international.



ELT à 406 MHz installés dans des aéronefs



Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

4.1.1 Acceptation de Cospas-Sarsat dans la communauté aéronautique

Dans le domaine de l'aviation, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) est l'organe international chargé de normaliser les règles, les procédures et les opérations relatives à la sécurité. L'OACI impose en 1967 l'installation d'émetteurs de localisation d'urgence (ELT) à 121,5 MHz dans les avions sur les lignes internationales, avant le lancement du projet Cospas-Sarsat. Dès 1979, les ELT 121,5 MHz deviennent obligatoires dans certains pays sur les aéronefs de l'aviation générale, d'abord aux États-Unis puis au Canada et en France. C'est ainsi que les ELT à 121,5 MHz relativement bon marché se répandent rapidement dans le monde de l'aviation. Lorsque le Système Cospas-Sarsat est déclaré opérationnel en 1985, une vaste communauté d'usagers voit d'un bon œil les améliorations offertes en termes de veille et de localisation des alertes, sans coût supplémentaire pour les usagers.

En 1986, l'OACI publie la Circulaire 185 qui décrit le système Cospas-Sarsat et encourage les États à tirer profit de ses fonctions d'alerte et de localisation. De plus, l'OACI invite les États à publier la réglementation nécessaire pour permettre l'utilisation des ELT numériques à 406 MHz,

mais sans aller jusqu'à recommander de passer à la nouvelle fréquence. Il faudra attendre 1999 pour qu'elle le fasse, permettant à Cospas-Sarsat de cesser de traiter les signaux de détresse à 121,5 MHz en 2009. Le passage aux ELT à 406 MHz est décrit plus en détail aux sections 5.4 et 5.5 du chapitre 5.

4.1.2 Attentes de la communauté maritime et préoccupations suscitées par les RLS satellite

Dans le domaine maritime, les RLS satellite sont une nouveauté et aucun consensus ne se dégage sur le type de balise à utiliser dans le Futur système mondial de détresse et de sécurité en mer (FSMDSM)[1] mis au point par l'Organisation maritime internationale (OMI), entre les balises Cospas-Sarsat qui fonctionnent avec le système à satellites en orbite polaire et les RLS en bande L utilisées avec les satellites géostationnaires d'Inmarsat (on trouvera une description du système Inmarsat-E au chapitre 2, section 2.4). La seule chose dont l'OMI est certaine, c'est que les balises à 121,5 MHz, impossibles à identifier automatiquement, ne doivent pas être employées en mer. Le taux élevé de fausses alertes des balises automatiques et le développement anarchique des balises de localisation personnelles (BLP) bon marché à 121,5 MHz présentent une menace majeure pour les services SAR maritimes qui risquent d'être submergés par les alertes à 121,5 MHz du système Cospas-Sarsat, alors qu'ils sont incapables de distinguer les alertes de détresse réelles des fausses alertes.

Le système de RLS en bande L exploité à l'aide des satellites géostationnaires d'Inmarsat est la solution la plus facile. Á part l'installation d'équipement de réception dédié dans les stations terriennes côtières, elle n'exige aucun investissement supplémentaire dans le système spatial. De plus, le système de RLS en bande L a été mis au point avec le soutien actif de l'OMI et sera exploité par Inmarsat qui, en tant qu'organisation internationale prestataire de services majeurs pour le SMDSM, présente toutes les garanties nécessaires de continuité. Le système Cospas-Sarsat en orbite polaire est moins bien placé. Aucun traité international ne garantit son fonctionnement à long terme. Il a été mis au point et il est financé et maintenu en fonctionnement par un groupe d'organismes qui mènent des activités de recherche et développement dans le domaine spatial ou qui travaillent dans les applications de la météorologie, à l'exception de Morsviazsputnik, clairement associée à MORFLOT, opérateur et autorité de régulation de la marine marchande soviétique. La réaction de l'OMI à la demande des partisans de Cospas-Sarsat d'intégrer le système en cours de création dans le futur SMDSM n'est pas franchement positive et les délégations de certains pays s'opposent ouvertement à cette demande.

4.1.3 Acceptation de Cospas-Sarsat au niveau international : grands espoirs et incertitudes

L'Arrangement Cospas-Sarsat de 1979 prévoit un système expérimental composé d'une série de trois satellites des États-Unis, NOAA-E, F et G, équipés d'instruments canadiens et français, et un nombre analogue de satellites Cospas fournis par l'URSS, dont les charges utiles sont conçues pour répéter des signaux à 121,5 MHz et traiter des émissions à 406 MHz. En supposant une durée de vie nominale des satellites Sarsat et Cospas de seulement deux ans, la continuité n'est pas assurée après la phase de démonstration et d'évaluation (D&E), c'est-à-dire après 1986. En 1982, des problèmes budgétaires aux États-Unis créent une incertitude quant à la poursuite d'un système de satellites

1/ FSMDSM : Futur système mondial de détresse et de sécurité en mer de l'OMI, rebaptisé SMDSM en 1999, date à laquelle le système est entièrement déployé.

météorologiques en orbite polaire comprenant deux satellites. Dans un système à un seul satellite en orbite polaire, la contribution de Sarsat au système Cospas-Sarsat serait limitée à un seul satellite opérationnel et les lancements de satellites ultérieurs (NOAA-H, I et J) seraient retardés de plusieurs années. Cette situation serait contraire aux engagements pris dans l'Arrangement et soulèverait bien entendu des questions quant à la véritable disponibilité opérationnelle du système et son intérêt pour les alertes de détresse du SMDSM. Ce problème particulier est réglé en 1983 lorsque le budget de la NOAA pour un système en orbite polaire à deux satellites est rétabli, mais l'épisode montre clairement que la continuité du projet Cospas-Sarsat est loin d'être garantie et que les partenaires de Cospas-Sarsat vont devoir prendre en compte cette exigence comme condition préalable à toute acceptation au niveau international.

À la cinquième réunion du Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG-5) qui se tient en France au Centre spatial de Toulouse du CNES du 20 au 23 juin 1983, les premiers succès enregistrés par le satellite Cospas-1 en septembre 1982 et le lancement des satellites Cospas-2 et Sarsat-1 en mars 1983 renforcent cependant l'espoir des partenaires de Cospas-Sarsat que leur système soit accepté au niveau international. De plus, les financements semblent assurés pour les satellites NOAA-H, I et J et leurs charges utiles SAR canadiennes et françaises, ainsi que le financement d'autres satellites Cospas, ce qui permet au CSCG de commencer à dresser les plans d'une « phase de transition » vers la mise en place d'un système pleinement opérationnel.

À l'OMI, l'annonce que plus de quarante vies ont été sauvées au cours de différents incidents pour lesquels Cospas-Sarsat a apporté une réelle assistance aux autorités SAR fait quelque peu évoluer l'état d'esprit des délégations au Sous-comité des radiocommunications. Pour la première fois, lors de la 25e session du Sous-comité, les « *RLS exploitées dans le système à satellite en orbite polaire* » sont mentionnées au côté des RLS en bande L du système Inmarsat dans la liste des équipements du FSMDSM pour les navires de plus de 1 600 tonneaux de jauge brute navigant dans les zones océaniques A-3 et A-4[2], hors de la couverture ASN en bandes VHF et MF. La raison avancée est que les RLS en bande L exploitées à l'aide d'un système à satellites géostationnaires ne seraient pas détectées dans les régions polaires, alors qu'un service d'alerte pourrait être assuré par un système en orbite polaire, comme Cospas-Sarsat en avait fait la démonstration. Les défenseurs farouches du système en bande L persistent à refuser de désigner Cospas-Sarsat comme fournisseur du service RLS « polaire », ou « POL », faisant valoir que Cospas-Sarsat est un nom de marque qui ne saurait figurer dans un document international de spécifications. Cette objection ne s'applique pas à Inmarsat, clairement identifiée comme prestataire du service RLS en bande L. De plus, l'espoir subsiste de mettre en place un système de satellites polaires en bande L (voir chapitre 2, section 2.4).

À la fin du CSCG-5, dont la participation est limitée aux quatre partenaires Cospas-Sarsat, une réunion « ouverte » du CSCG se tient le 24 juin 1983 en présence des représentants des pays « investigateurs » (la Norvège et le Royaume-Uni, qui participent à l'évaluation de Sarsat) et d'observateurs de l'OMI et d'Inmarsat. L'OACI a également été invitée mais n'est pas représentée. Les discours de bienvenue et les rapports des participants habituels sont suivis d'un débat courtois mais tendu sur l'avenir de Cospas-Sarsat dans le FSMDSM.

Le représentant de l'OMI, M. de Goede, déclare que si Cospas-Sarsat souhaite fournir son Système dans le cadre du SMDSM, l'organisation doit périodiquement soumettre des informations et des rapports d'avancement à l'examen de l'OMI. Manifestement, Cospas-Sarsat ne fait pas partie des

2/ Le concept des zones océaniques du SMDSM est présenté à l'annexe 2, section 1 intitulée « Le dispositif SAR maritime ».

plans de l'OMI et pour que le système soit adopté par l'organisation internationale, les partenaires vont devoir déployer quelques efforts, une manière pour l'OMI de rappeler ses prérogatives en matière de gestion du dispositif SAR maritime.

Les représentants d'Inmarsat, Paul Branch et Keith Thacker, informent le groupe qu'après une étude sur la possibilité d'équiper les satellites Inmarsat de deuxième génération de répéteurs à 406 MHz et en raison de problèmes de coût et d'incertitudes quant aux financements, le Directeur général d'Inmarsat, Olof Lundberg, ne sera pas en mesure de recommander l'intégration de répéteurs à 406 MHz sur les satellites Inmarsat futurs lors de la prochaine réunion du Conseil en juillet 1983. Cette décision compromet l'espoir de Cospas-Sarsat de mettre rapidement en place un double système de satellites polaires et géostationnaires à 406 MHz.

Youri Zourabov, chef de la délégation de l'URSS et Directeur général adjoint de Morsviazsputnik, manifeste son mécontentement et son désaccord avec les conclusions de l'Organe directeur d'Inmarsat, déclarant qu'il tient à discuter de la possibilité de fusionner l'exploitation et la gestion du futur système opérationnel de Cospas-Sarsat avec Inmarsat dans le cadre d'un accord, sous une forme ou une autre, avec l'organisation. L'URSS a déjà soumis plusieurs documents au Conseil d'Inmarsat[3] sur la faisabilité d'un tel dispositif.

Le représentant des États-Unis, Tom McGunigal, de la NASA, déclare qu'à son avis Inmarsat commet une erreur mais que Cospas-Sarsat a d'autres solutions à sa disposition pour compléter son système polaire à l'aide de satellites géostationnaires, à savoir les satellites météorologiques géostationnaires GOES de la NOAA. Des essais réalisés à l'aide du canal de collecte de données des satellites GOES à 401 MHz ont déjà montré qu'il était possible de relayer les émissions de balises à 406 MHz de Cospas-Sarsat via des satellites géostationnaires.

Le délégué du Royaume-Uni, David Pope, de la Garde côtière, déclare que l'OMI a demandé à Inmarsat d'examiner d'urgence la possibilité d'« *associer des systèmes à satellites polaires et géostationnaires* » pour assurer la fonction d'alerte par RLS satellite, ce à quoi Keith Thacker répond qu'Inmarsat étudie effectivement un concept de système polaire en bande L (la proposition SERES décrite au chapitre 2, section 2.4) et que l'organisation appliquera les décisions de son Conseil en la matière.

Le représentant de la France et Président de la réunion, Gérard Brachet, du CNES, toujours soucieux d'entretenir la dynamique, déclare que l'avenir du système Cospas-Sarsat en orbite polaire est assuré et que compte tenu de la décision attendue du Conseil d'Inmarsat, Cospas-Sarsat doit continuer à étudier la solution des satellites météorologiques géostationnaires.

Don McKinnon, représentant du Canada, signale que Cospas-Sarsat a également d'autres solutions à sa disposition, notamment des satellites dédiés.

Ce débat illustre les positions des différentes parties prenantes alors que le processus de prise de décisions marque un tournant. Il révèle également l'optimisme des partenaires Cospas-Sarsat, ou du moins de leurs représentants, car nul ne sait si l'idée d'encourager un complément géostationnaire au système polaire Cospas-Sarsat bénéficie effectivement d'un soutien de haut niveau chez chacun

3/ Council/11/59 (USSR-1982) : Possible Incorporation of the Search and Rescue System into INMARSAT
Council/15/57 (USSR-1983) : Possibilities of integrating the Cospas-Sarsat System with INMARSAT
Council/18/47 (USSR-1984) : Possible Venues of Integration of Cospas-Sarsat with INMARSAT

des partenaires. La mise en œuvre du projet de système opérationnel double, polaire et géostationnaire, à 406 MHz, sans le soutien d'Inmarsat, sera un combat complexe qui va durer de longues années. L'URSS, qui espérait fusionner Cospas-Sarsat avec le système Inmarsat, a manifestement subi un revers, mais n'a pas totalement perdu espoir. La possibilité d'une association avec Inmarsat va ressurgir durant les débats sur le dispositif institutionnel futur du système Cospas-Sarsat opérationnel.

4.1.4 Acceptation au niveau international : un horizon mouvant

Le 5 octobre 1984, une fois menée à bien la phase de démonstration et d'évaluation, les partenaires Cospas-Sarsat signent un nouvel Arrangement durant le CSCG-7 réuni à Léningrad[4] (URSS), déclarant leur intention de poursuivre le système « *au moins jusqu'en 1990* » et de le mettre à la disposition de tous les pays. Ceci est confirmé en 1985 dans une déclaration officielle selon laquelle le système est opérationnel et prêt à l'usage[5], durant la première réunion du Comité directeur Cospas-Sarsat[6] à Seattle (États-Unis). L'objectif déclaré étant de maintenir en fonctionnement, gérer et exploiter un système opérationnel, les signataires du deuxième Arrangement changent pour les États-Unis et le Canada. La NASA est remplacée par la NOAA pour les États-Unis et le ministère des Communications est remplacé par le ministère de la Défense nationale pour le Canada.

L'engagement des signataires du nouvel Arrangement est au niveau des ministères ou des agences, et non pas au niveau de l'État ou du gouvernement. Par ailleurs il n'est pas possible pour les partenaires de s'engager au-delà de la durée de vie attendue des satellites déjà financés ou planifiés. Pour les administrations chargées de l'adoption et de l'application des réglementations dans le cadre du FSMDSM, l'année 1990, date d'expiration prévue de l'Arrangement, est au mieux un début. Bien que les RLS satellite deviennent obligatoires sur les navires soumis à la Convention SOLAS à partir de 1993, preuve de leur nécessité urgente et de leur efficacité avérée, la date de la mise en œuvre opérationnelle du SMDSM complet est en réalité fixée à 1999.

En 1984, l'URSS soumet au Comité de la sécurité maritime de l'OMI (MSC-49) un projet de Résolution de l'Assemblée sur l'« *Utilisation du système de RLS satellite Cospas-Sarsat en orbite polaire basse* ». L'examen du projet est reporté au MSC-51 en 1985 et la résolution est finalement approuvée par l'OMI à sa 24e Assemblée en novembre 1985. Ce résultat est très encourageant pour Cospas-Sarsat, même s'il ne s'agit pas encore d'une acceptation pleine et entière.

Au niveau du Sous-comité des radiocommunications, les opinions divergent toujours sur le choix définitif de la fréquence de la RLS satellite. Alors qu'un groupe de pays, dont la France, le

4/ Léningrad, aujourd'hui rebaptisée Saint-Pétersbourg, en Russie.

5/ Dans la conclusion du Résumé des discussions de la réunion de Seattle (CSSC-1, juillet 1985), le Comité directeur Cospas-Sarsat déclare que « le système 406 MHz [est] prêt pour une utilisation opérationnelle initiale ». L'acceptation du système à 121,5 MHz comme « opérationnel » ne pose aucun problème, mais les partenaires Cospas-Sarsat débattent de ce que signifie exactement déclarer que le Système est « opérationnel » à 406 MHz et des responsabilités qui en résultent pour les Parties. Il faut encore travailler sur plusieurs points, en particulier la distribution des données d'alerte, pour obtenir l'efficacité opérationnelle attendue et fournir une assistance efficace aux autorités SAR du monde entier.

6/ Lorsque l'Arrangement de 1984 entre en vigueur, après la réunion de Léningrad du CSCG-7, les réunions du Groupe de coordination Cospas-Sarsat sont remplacées par celles du Comité directeur Cospas-Sarsat (CSSC). Ce changement correspond au passage à un système opérationnel avec de nouvelles responsabilités de gestion pour les partenaires Cospas-Sarsat.

Royaume-Uni et l'URSS, proposent d'utiliser une fréquence unique, 406 MHz, pour toutes les fonctions d'alerte des RLS satellite, les Pays-Bas proposent d'adopter 406 MHz pour les RLS satellite flottantes et la bande L pour la fonction d'alerte embarquée, tandis que d'autres refusent de faire un choix définitif.

À la 51e session du Comité de la sécurité maritime (MSC-51) réunie du 20 au 24 mai 1985, la délégation de l'URSS, soutenue par le Canada et plusieurs autres délégations, « *propose que le Comité fasse sienne l'opinion du Sous-comité [des radiocommunications] d'utiliser la fréquence à 406 MHz comme fréquence unique d'un système de RLS par satellite* ». On trouvera ci-dessous des extraits du rapport du MSC-51 :

« *La délégation de la Chine, soutenue par les délégations de l'Australie, de la Grèce, du Japon et de la République fédérale d'Allemagne, considère qu'une décision sur l'utilisation du système Cospas-Sarsat dans le FSMDSM devrait être repoussée jusqu'à ce que les questions suivantes soient résolues :*

.1 fera-t-on payer aux utilisateurs leur usage du système après 1990[7] *;*

.2 les utilisateurs seront-ils tenus de participer au coût du lancement de satellites supplémentaires ; et

.3 quelles seront l'organisation, la gestion et les procédures de cette organisation. »

« *La délégation de la Grèce, tenant compte du fait que les questions du coût et du financement n'ont pas encore été résolues, se déclare préoccupée par la recommandation du Sous-comité d'utiliser la fréquence 406 MHz pour les RLS flottantes du FSMDSM. La délégation de la Norvège juge qu'il est prématuré de prendre une décision définitive sur le choix des fréquences des RLS tant que les questions d'ordre opérationnel, technique et économique relatives aux RLS, tant dans les systèmes à satellites en orbite polaire qu'en orbite géostationnaire, n'auront pas été résolues.* »

Ces extraits du rapport du MSC-51 illustrent bien le dilemme auquel sont confrontées les délégations à l'OMI. D'une part, Cospas-Sarsat est un système opérationnel qui a déjà démontré que ses alertes de détresse sont utiles et qu'il est peu coûteux pour les usagers. D'autre part, le système élaboré par les agences spatiales ne repose sur aucun financement ferme à long terme, et les partenaires Cospas-Sarsat eux-mêmes ne peuvent pas expliquer comment ce programme de coopération spatiale unique en son genre sera géré à l'avenir. La question posée est simple : qui paiera le service et qui prendra les décisions ? Même si Cospas-Sarsat est encore loin d'être un système opérationnel parvenu à maturité et disponible dans le monde entier, la question institutionnelle est la principale préoccupation des administrations représentées à l'OMI, y compris pour les administrations maritimes des pays qui participent activement au projet Cospas-Sarsat.

L'Arrangement de 1984 entre les partenaires Cospas-Sarsat, qui prend effet le 1er juillet 1985, dispose que l'Arrangement « *demeure en vigueur jusqu'au moment où les Parties conviennent d'un autre cadre international, le cas échéant, ou jusqu'au 31 décembre 1990, si cette date intervient auparavant* ». La voie est ouverte pour la mise en place d'un cadre international approprié et le compte à rebours commence, avec une échéance en 1990.

7/ 1990 est la date d'expiration du deuxième Arrangement Cospas-Sarsat signé en 1984.



La grande salle de conférences de l'Organisation maritime internationale à Londres (Royaume-Uni)
(Site web de l'OMI : www.imo.org)

4.2 Points marquants des négociations de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat

L'Arrangement de 1984 entre le ministère de la Défense nationale pour le Canada, le CNES pour la France, la NOAA pour les États-Unis et Morsviazsputnik pour l'URSS reconnaît clairement que « *l'établissement d'un cadre institutionnel au niveau international, selon ce qui convient, serait souhaitable* » pour atteindre l'objectif que le système Cospas-Sarsat « *soit adopté comme base d'un système international, opérationnel et global de satellites pour les recherches et le sauvetage* ». Cependant, l'imprécision des termes utilisés (*cadre institutionnel au niveau international, selon ce qui convient*) montre qu'en réalité il n'y a pas de véritable consensus entre les Parties à l'Arrangement de 1984 sur ce qui peut être considéré comme un cadre institutionnel approprié. Si la nécessité d'un socle international clair et solide pour le Système Cospas-Sarsat, analogue à la Convention Inmarsat, est évidente pour la plupart des membres de l'OMI, ce n'est pas le cas pour certains des partenaires Cospas-Sarsat. De plus, chaque partenaire doit prendre en compte divers objectifs nationaux et respecter des contraintes souvent incompatibles avec les objectifs ou les politiques des autres partenaires.

4.2.1 Politiques et positions des pays partenaires de Cospas-Sarsat

Canada

Le ministère de la Défense nationale canadien est le signataire de l'Arrangement de 1984, mais le Canada est ensuite représenté aux réunions du Comité directeur Cospas-Sarsat (CSSC) par le Secrétariat national Recherche et sauvetage (SNRS), nouvellement créé pour coordonner la mise en place d'une politique nationale en matière de SAR. Reconnaissant la nécessité de prendre des engagements à long terme pour l'achat des charges utiles SAR canadiennes à bord des satellites Sarsat, le ministère de la Défense nationale n'exprime pas au départ d'opinion tranchée sur le cadre international requis. Au Canada, on considère que le Système Cospas-Sarsat est efficace et améliore effectivement la sécurité des résidents, des travailleurs et des voyageurs dans l'extrême-Nord du

pays, région de 10 millions de kilomètres carrés environ, peu peuplée et assez inhospitalière de par son relief accidenté et ses conditions météorologiques extrêmes. Les satellites ont déjà fait la preuve de leurs avantages pour les alertes de détresse avec la première opération de sauvetage réussie grâce aux données de localisation Cospas-Sarsat, en 1982, en Colombie britannique.

Le Canada fournit la partie 121,5/243 MHz de la charge utile Sarsat et est le premier bénéficiaire des fonctions d'alerte de Cospas-Sarsat. Plaider pour le financement de la mission Sarsat à 121,5/243 MHz auprès des autorités budgétaires fédérales à Ottawa est donc considéré comme un objectif atteignable, surtout si le système peut être adopté au niveau international. Pour le Canada, s'agissant du système à 121,5 MHz qui répond à des besoins pressants, la résolution du problème institutionnel n'est pas considérée au départ comme une condition préalable à la poursuite de la coopération dans le cadre Sarsat, aux côtés des États-Unis et de la France. Ceci s'explique sans doute par le fait que le ministère de la Défense nationale étant essentiellement une entité militaire, il a peu de contact avec l'OMI, organe chargé de prendre les mesures concrètes d'intervention SAR pour le trafic maritime international. Le transfert de responsabilité vers le SNRS facilite la prise de conscience par le Canada de l'importance du cadre institutionnel, comme condition préalable à l'intégration de Cospas-Sarsat dans le Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM).

France

En France, le CNES, Centre national d'études spatiales, est le principal organisme chargé du projet Sarsat, plus particulièrement responsable du développement et de la fourniture des instruments à 406 MHz embarqués sur les satellites Sarsat. Pour le CNES, l'acceptation internationale du système à 406 MHz est une priorité et il est évident que l'avenir du système à 406 MHz serait compromis si l'OMI le refusait pour le SMDSM.

Par ailleurs, la direction du CNES considère que le futur système opérationnel de satellites pour le SAR doit être entièrement soutenu par ses principaux usagers, les administrations nationales chargées du SAR, destinataires des données d'alerte et de localisation Cospas-Sarsat. La position du CNES est que le financement à long terme de la contribution de la France à la charge utile Sarsat à 406 MHz est impossible avec les dotations budgétaires annuelles du CNES, car le maintien d'un système opérationnel ne rentre pas dans sa mission de recherche et développement de systèmes spatiaux. De plus, le développement d'un système satellitaire pour la transmission et la localisation des alertes de détresse est vu comme une technologie prometteuse, en particulier le système à 406 MHz mis au point avec le savoir-faire français, mais il n'y a pas de besoin impérieux au niveau national qui justifierait de le financer en priorité et que la France assume seule ce financement.

Les administrations françaises chargées des questions aéronautiques et maritimes participent à la phase de démonstration et d'évaluation de Cospas-Sarsat entre 1982 et 1984 et sont représentées aux réunions de Cospas-Sarsat. Cependant, aucune ne souhaite assumer la responsabilité de la phase opérationnelle suivante, premièrement à cause de leur manque de compétences en matière spatiale, mais aussi, dans une large mesure, du fait de contraintes budgétaires et de la rareté ou de l'absence des moyens affectés aux activités SAR. Les administrations françaises déjà engagées dans la fourniture de services SAR sur de vastes régions océaniques considèrent que la réception d'alertes de détresse Cospas-Sarsat situées partout dans le monde, et en particulier sur le continent africain, risque de se traduire par une hausse significative de leur propre charge opérationnelle qui ne serait pas compensée par des moyens supplémentaires. Du fait de ces préoccupations récurrentes quant au coût et au financement du système, les parties prenantes françaises partagent le point de vue qu'au minimum un accord intergouvernemental entre tous les pays souhaitant utiliser le système est

nécessaire pour assurer un partage des coûts, sous une forme ou une autre, et garantir l'avenir à long terme du système satellitaire.

URSS

La position de l'URSS défendue par Morsviazsputnik est claire. Cospas-Sarsat est efficace, à la disposition de tous, et doit être géré par une organisation internationale qui fournira le cadre nécessaire pour un financement international du service à long terme. Toutes les options sont envisageables : l'organisation internationale pourrait louer la capacité satellitaire fournie par les partenaires Cospas-Sarsat au moyen d'un accord adapté, ou acquérir directement le système spatial voulu auprès de ces mêmes partenaires et l'exploiter sous sa propre responsabilité. À cet effet, le choix d'Inmarsat s'impose. C'est une organisation internationale mise en place sous l'égide de l'OMI, seule chargée de fournir et d'exploiter un système satellitaire pour des télécommunications maritimes mobiles. Par ailleurs, il est prévu que ce système devienne une pierre angulaire du FSMDSM. C'est aussi la seule organisation satellitaire internationale dont l'URSS et d'autres pays du bloc de l'Est sont membres à part entière. De plus, Inmarsat est un prestataire de services de télécommunications par satellite déjà doté des compétences financières et comptables requises pour organiser et gérer tout mécanisme de financement commun du service d'alertes de détresse Cospas-Sarsat.

Dans un document soumis à la 18e session du Conseil d'Inmarsat en 1984 (document Council/18/47), l'URSS reconnaît que la mise en place d'un Département Cospas-Sarsat au sein d'Inmarsat obligerait à réaménager quelque peu la structure existante de l'organisation pour la gestion des services de satellites en orbite polaire et à adopter des principes de financement spécifiques pour cette partie de son segment spatial. Cependant, du point de vue de l'URSS, le seul instrument institutionnel qui fait défaut est un accord international de financement et de partage des coûts entre les administrations qui bénéficieraient du système satellitaire, car on ne peut pas faire payer aux usagers occasionnels en détresse le coût réel des alertes. Il faut acheminer les fonds au moyen des contributions des États, en suivant une formule à déterminer. Pour compenser leur contribution financière, les États peuvent décider de faire payer des droits d'enregistrements aux utilisateurs des RLS de leur pays, ou absorber ces coûts comme dépenses publiques, en finançant le système par l'impôt.

Si les partenaires Sarsat décident de ne pas poursuivre la coopération actuelle, l'URSS est disposée à fournir les quatre satellites nécessaires, équipés des instruments SAR appropriés, à condition que ses dépenses soient compensées au moyen d'un mécanisme international de financement adapté.

États-Unis

La position des États-Unis sur l'avenir du système Sarsat diffère quelque peu des positions décrites plus haut. L'administration Reagan tient à faire des économies budgétaires et cherche à susciter l'intérêt du secteur privé pour une exploitation privée de certains volets de la technologie spatiale. Le système d'observation de la Terre Landsat est, de son point de vue, un bon exemple de technologie spatiale prometteuse financée par les pouvoirs publics que l'on peut envisager de privatiser pour éventuellement la transformer en nouveau succès industriel. Par ailleurs, les États-Unis sont réservés quant à la création de nouvelles organisations internationales qui entraîneraient des dépenses accrues pour le pays et limiteraient son contrôle. De plus, le Département d'État craint que si les mesures visant à institutionnaliser le Programme Cospas-Sarsat en le transformant en nouvelle organisation internationale lui donnent une plus grande visibilité, les hommes politiques pourraient le prendre pour cible comme nouvel exemple de croissance débridée de l'État et

d'alourdissement de la bureaucratie. Enfin, dans certains cercles politiques américains de l'époque, la coopération internationale avec l'URSS est vue d'un mauvais œil [8] et une visibilité accrue du programme sur la scène politique risque de soumettre ce projet techniquement réussi à des considérations politiques imprévisibles.

> Les partisans de Reagan étaient au pouvoir depuis près de cinq ans et le Président venait de se faire réélire pour un nouveau mandat de quatre ans. Ils avaient le vent en poupe ; leur philosophie, ou leur idéologie, à vous de choisir, était devenue majoritaire à Washington et dans la plupart du pays. Reagan et ses adeptes étaient fermement convaincus non seulement que l'État était dangereux, mais surtout qu'il était incompétent. Les « bureaucrates » (ils n'hésitaient pas à lâcher le grand mot) étaient incapables de gérer des programmes complexes et ne devaient même pas essayer de le faire.
>
> **Lisle Rose, Département d'État des États-Unis (retraité), négociateur de l'ICSPA**
> Tiré de « *How'd you like to go to Moscow - I wouldn't - Well you're going anyway* »

La NOAA, le signataire de l'Arrangement de 1984 qui conduit le projet aux États-Unis, possède une longue expérience de la coopération internationale dans le domaine de la météorologie, et plus particulièrement de la collecte et de la diffusion de données météorologiques fournies par les systèmes satellitaires. Les données météorologiques sont échangées à titre volontaire et gratuitement sous l'égide du Groupe de coordination des satellites météorologiques (CGMS), structure assez analogue au Groupe de coordination mis en place dans le cadre du premier Arrangement Cospas-Sarsat. Les responsables du NOAA-NESDIS [9] considèrent à l'époque que la structure de coopération en place est adéquate et que le nouveau Comité directeur Cospas-Sarsat est suffisant pour gérer le système satellitaire opérationnel. En raison du caractère particulier de la distribution des données d'alertes de détresse, et du fait que d'autres pays souhaiteraient y participer, ils reconnaissent qu'il serait intéressant de disposer d'un secrétariat permanent, mais estiment que cette fonction peut être assurée sans créer un nouvel organe international, soit sous la responsabilité de l'une des parties, soit par une organisation déjà existante.

En dehors des préoccupations politiques que suscite la coopération Est-Ouest dans l'espace, deux principes juridiques fondamentaux régissent la politique des États-Unis relative aux satellites NOAA :

- en aucun cas, le système polaire NOAA de satellites météorologiques, ou une partie de ce système, ne peut être placé sous contrôle privé, étranger ou international ;
- ces actifs constituant un bien public, ils ne peuvent sous aucune forme être utilisés dans une application commerciale, ni par conséquent être vendus ou loués à une entité étrangère, et doivent donc être mis gratuitement à la disposition des usagers.

Ces principes sont inscrits dans la loi américaine, qui dispose ce qui suit :

51 U.S.C. § 60161 *Ni le Président ni aucun autre fonctionnaire de l'État ne prendra de mesure visant à louer, vendre ou céder au secteur privé, commercialiser ou démanteler d'aucune*

8/ Le 8 mars 1983, le Président Ronald Reagan qualifie l'URSS d' « empire du mal ». Les avions d'Aeroflot ne peuvent plus atterrir sur les aéroports américains, et la délégation de l'URSS aux réunions de Cospas-Sarsat doit se rendre au Canada avant d'arriver à Washington, D.C.

9/ NESDIS : Service national d'information, de données et de satellites environnementaux de la NOAA.

façon toute partie du système de satellites météorologiques exploité par le ministère du Commerce ou toute agence lui succédant.

51 U.S.C. § 60162 *Indépendamment de tout changement de circonstances postérieur à la promulgation de cette Loi, même si ce changement fait apparaître qu'il est dans l'intérêt national de commercialiser les satellites de météorologie, ni le Président, ni aucun fonctionnaire de l'État ne prendra de mesure contraire à la section 60161 à moins que ce titre ait été auparavant abrogé.*

Ces principes formels et non négociables, en nette opposition avec les positions de l'URSS et de la France, laissent peu de marge de manœuvre. L'engagement de la NOAA d'« *intégrer les instruments Sarsat sur les satellites météorologiques opérationnels civils des États-Unis à titre permanent, ou jusqu'à ce que les organismes des États-Unis responsables des missions de recherches et sauvetage déterminent que leurs besoins de données satellitaires pour les recherches et sauvetage peuvent être satisfaits autrement*[10] *»* est bien entendu reçu comme une avancée positive dans la bonne direction, mais il est manifestement insuffisant pour dissiper les craintes exprimées par les autres partenaires Cospas-Sarsat ou les États membres de l'OMI.

4.2.2 Modèles possibles du « cadre institutionnel selon ce qui convient »

Le colloque de Toulouse de 1984 sur l'utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage (voir la section 2.5.4) a pour but de faire connaître les résultats de la phase de démonstration et d'évaluation et les travaux préparatoires du futur système opérationnel, mais aussi de sensibiliser toutes les parties aux attentes des autres pays, des administrations, des utilisateurs du système et des fabricants de balises, ainsi que des organisations internationales. Le colloque sert également à lancer les débats entre les partenaires sur la question institutionnelle.

La NASA représente les États-Unis qui sont manifestement peu disposés à traiter cette question dans le cadre du Groupe de coordination Cospas-Sarsat dont le mandat est strictement limité à la coordination de la phase de démonstration et d'évaluation. Les débats sont ouverts sur un deuxième arrangement qui vise à préparer le passage au système opérationnel, mais lier la poursuite de la coopération et l'avenir du système à la résolution du problème institutionnel est jugé trop risqué.

Le colloque ne peut cependant pas faire abstraction des demandes pressantes de nombreuses parties prenantes qui appellent Cospas-Sarsat à proposer un dispositif à long terme de financement et de gestion du système, ou au moins à établir une feuille de route pour l'élaboration et la mise en place d'un « cadre institutionnel selon ce qui convient ». Un document est donc préparé à la demande de M. Brachet, Directeur des programmes du CNES et organisateur du colloque, afin d'étudier les modèles institutionnels possibles, en prenant l'exemple des organisations existantes et en analysant leur pertinence pour le système Cospas-Sarsat[11]. Après avoir examiné la structure existante de la coopération Cospas-Sarsat et de l'organisation Inmarsat, le document analyse brièvement le rôle, la

10/ Cospas/Sarsat - An Overview (T.E. McGunigal - NASA, USA, D.J. McKinnon - DND-DREO, Canada, G. Brachet - CNES, France, Y. Zurabov - Morsviazsputnik, USSR) dans Actes du colloque « Utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage : résultats expérimentaux et perspectives opérationnelles », CNES, Toulouse (France), 1984.

11/ The Development of an Institutional Structure for the Future Global Satellite System for Search and Rescue (D. Lévesque – Responsable du programme Sarsat au CNES, France ; K. Hodgkins – NOAA, Affaires internationales, États-Unis ; P. Drover - DND, Canada) dans Actes du colloque « Utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage : résultats expérimentaux et perspectives opérationnelles », CNES, Toulouse (France), 1984.

structure de gestion, la gouvernance et les dispositifs de financement des organisations suivantes dans le domaine de la météorologie qui pourraient servir de modèles :

- CGMS (Groupe de coordination des satellites météorologiques) ;
- OMM (Organisation météorologique mondiale) ;
- EUMETSAT (Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques).

Pour résumer, l'analyse conclut qu'aucun de ces modèles ne remplit complètement les objectifs de la communauté SAR ni ne répond aux besoins d'un système mondial de satellites opérationnels pour le SAR. Le CGMS, groupe de coordination volontaire, non contraignant, d'organismes techniques nationaux, a une structure analogue à celle proposée dans le deuxième Arrangement Cospas-Sarsat. Ce modèle n'apporte pas de solution satisfaisante au problème de financement à long terme soulevé par l'OMI. On considère que le modèle de l'OMM, agence technique spécialisée de l'ONU, n'est pas adapté à la gestion d'un système de satellites opérationnels pour le SAR. Il serait difficile à mettre en œuvre et probablement coûteux à maintenir en fonctionnement. Une structure sur le modèle des agences spécialisées de l'ONU poserait aussi des problèmes de coordination avec l'OMI et l'OACI en raison de la possible duplication des compétences en matière de SAR. EUMETSAT, organisation intergouvernementale créée pour exploiter les satellites météorologies européens, est probablement le modèle qui s'approche le plus du cadre institutionnel souhaité, mais sa mise en place exigerait la ratification d'un nouvel accord intergouvernemental ouvert à tous les États désirant participer au système.

Dans l'hypothèse où une organisation existante accueillerait la future structure institutionnelle de Cospas-Sarsat, on considère qu'Inmarsat est la candidate la mieux placée car l'organisation satellitaire internationale est déjà au service de l'OMI et de la communauté SAR. Il resterait cependant nécessaire de mettre en place un mécanisme particulier de financement et une structure de gestion adaptée pour le segment spatial SAR et son exploitation. Le principal avantage de l'option Inmarsat est qu'elle ne suppose pas de créer une nouvelle organisation internationale et évite les retards inévitablement liés à l'établissement d'une structure nouvelle. De plus, elle permet d'économiser les frais d'établissement et de fonctionnement d'une nouvelle structure indépendante.

Aucune conclusion immédiate ne peut être tirée du colloque de Toulouse, à part le fait que les parties prenantes préfèrent nettement éviter la création d'une nouvelle institution internationale coûteuse. Les contours du débat ont été tracés et tous les acteurs sont conscients de sa nécessité.

Le colloque de Toulouse est suivi d'une réunion *ad hoc* d'experts de deux jours, au siège du CNES à Paris (les 16 et 17 avril 1984), avec pour objectif de donner le coup d'envoi des négociations entre les partenaires Cospas-Sarsat et d'échanger des idées sur la création d'un secrétariat permanent et sur le futur cadre institutionnel. Bien que les débats fassent apparaître des points de vue assez divergents et mettent en évidence différentes contraintes, les participants s'entendent *a minima* sur quelques principes fondamentaux qui vont guider les débats ultérieurs :

a) Les dispositifs institutionnels futurs doivent concerner essentiellement la fourniture de la constellation de satellites (le segment spatial du système) et permettre la participation d'autres pays fournissant les stations de réception. Toutefois, les quatre partenaires, en tant que fournisseurs du segment spatial, doivent rester à la tête de la gestion du système opérationnel, aussi longtemps qu'ils demeurent les principaux contributeurs du système.

b) On peut envisager des possibilités de partage des coûts, en particulier si l'on peut utiliser de petits satellites dédiés pour assurer les services à long terme. Cependant, si les charges utiles continuent d'être embarquées sur des satellites NOAA, des « contributions en nature » doivent rester possibles.

c) Aucun nouvel organe international doté d'un statut juridique indépendant ne doit, si possible, être créé, et il faudra en priorité recourir à une organisation internationale existante pour accueillir le secrétariat permanent nécessaire pour gérer le système Cospas-Sarsat opérationnel.

4.2.3 Un Secrétariat insaisissable

De 1985 à 1987, durant les trois années suivant la signature du deuxième Arrangement en novembre 1984 au CSCG-7 à Léningrad, les partenaires Cospas-Sarsat mènent des activités intenses dans deux grandes directions :

- transformer le système Cospas-Sarsat d'un projet de R&D réussi en système véritablement opérationnel disponible à l'échelle mondiale, et
- chercher une solution au problème institutionnel, acceptable par toutes les parties, qui pourrait répondre aux attentes des États membres de l'OMI et plus précisément aux attentes des pays qui ne sont pas Parties à l'Arrangement mais qui participent déjà activement à l'exploitation du système avec leurs propres stations de réception au sol (stations terriennes à utilisation locale, ou LUT).

Ces deux objectifs donnent lieu à plusieurs réunions *ad hoc* en marge de la réunion annuelle du Comité directeur Cospas-Sarsat, élargie aux « pays investigateurs » et aux observateurs, qui se tient en application des dispositions de l'Arrangement de 1984. Pas moins de huit réunions d'experts ou séances spéciales ont lieu pendant cette période afin de résoudre le problème institutionnel et la question du secrétariat[12].

Même s'il existe un consensus sur la nécessité de créer un nouveau cadre institutionnel international et un secrétariat permanent pour aider à administrer le futur système opérationnel, pratiquement aucun progrès n'est enregistré en 1985, les Parties à l'Arrangement développant progressivement des positions nationales qui reflètent les attentes divergentes décrites plus haut. Toutes reconnaissent que la création d'un Secrétariat Cospas-Sarsat permanent est une nécessité urgente, comme en témoignent l'expérience frustrante des hôtes des réunions officielles du CSSC et le nombre croissant de délégués et d'observateurs qui y assistent. De toute évidence, Cospas-Sarsat devient la victime de son propre succès opérationnel. L'organisation des réunions est de plus en plus complexe. Pour limiter les déplacements de grandes délégations, les sessions durent jusqu'à deux semaines avec diverses réunions techniques et opérationnelles qui se tiennent en parallèle des réunions officielles consacrées à la gestion du programme, avec différents participants. À l'heure où les ordinateurs individuels et l'Internet n'en sont qu'à leurs balbutiements, il faut échanger rapports, documents de

12/ - 08-11/07/1985 Réunion *ad hoc* du groupe d'experts – Suitland (Maryland, États-Unis)
- 21-22/10/1985 Réunion informelle avec Inmarsat sur les services de secrétariat – Londres (Royaume-Uni)
- 7-10/01/1986 Réunion *ad hoc* du groupe d'experts – Moscou (URSS)
- 28-30/04/1986 Réunion *ad hoc* du groupe d'experts – Paris (France)
- Août 1986 Réunion *ad hoc* du groupe d'experts – Annapolis (Maryland, États-Unis)
- 17-21/11/1986 Réunion *ad hoc* du groupe d'experts – Moscou (URSS)
- 09-20/02/1987 CSSC-3 – Ville de Québec (Québec, Canada)
- 24-28/08/1987 CSSC réunion extraordinaire - Inmarsat, Londres (Royaume-Uni)

travail et spécifications techniques sur papier durant les réunions. Le volume des photocopies est un véritable cauchemar pour le pays hôte. Il est extrêmement difficile de gérer tout cela de façon efficace avec une équipe improvisée du pays hôte et dans des locaux rarement adaptés à des réunions internationales avec interprétation simultanée dans trois langues.

La première réunion du nouveau Comité directeur Cospas-Sarsat se tient aux États-Unis à Seattle (CSSC-1, du 15 au 19 juillet 1985). Elle est précédée, une semaine avant, par la dernière réunion exclusivement Sarsat au Canada (à Victoria, Colombie britannique) (Groupe de pilotage Sarsat-11, sans représentants de l'URSS). À Seattle, la réunion du CSSC-1 dépasse les cinq jours autorisés et se conclut avec l'approbation du rapport autour de trois heures du matin le sixième jour. Des pizzas sont commandées en pleine nuit pour les délégués, dont beaucoup n'ont pas eu le temps de dîner.

Le CSSC-2 se réunit officiellement à Villefranche (France), du 21 au 25 avril 1986, précédé d'une réunion de trois jours sur des questions techniques et opérationnelles (du 16 au 18 avril 1986), avec des représentants des quatre partenaires, ainsi que des pays « investigateurs » et « observateurs ». La deuxième semaine, des questions techniques, opérationnelles et de politique générale sont traitées en parallèle, et des séances « plénières » réunissent tous les participants afin de coordonner les travaux. Les longues journées de réunions à Villefranche s'achèvent avec l'approbation du rapport du CSSC-2 tôt le matin, le jour après la fin prévue de la réunion. Tout comme à Seattle, la préparation du résumé des discussions, son impression et sa distribution à un grand nombre de participants qui incombent au pays hôte, suivis de l'examen conjoint et de l'approbation du document définitif lors de la dernière séance plénière, est un pari quasiment impossible. Les limites d'une organisation improvisée avec un personnel non spécialisé sont clairement atteintes. Pour le pays hôte, au-delà du casse-tête de la gestion, le coût des réunions du CSSC devient impossible à maîtriser.

La proposition d'une solution temporaire au problème du secrétariat consistant à créer un petit secrétariat dédié, constitué par du personnel appartenant à chaque Partie et accueilli par l'une des grandes organisations, ne parvient pas à se concrétiser. Elle est reportée à plusieurs reprises jusqu'en 1987, lorsqu'un nouvel accord intergouvernemental entre les quatre Parties Cospas-Sarsat commence à prendre forme. Le problème institutionnel hante le système Cospas-Sarsat et rend les décisions urgentes difficiles à prendre.

4.2.4 Le long cheminement vers un consensus

Juillet 1985 – Suitland (Maryland, États-Unis)

À la réunion *ad-hoc* des experts à Suitland (Maryland, États-Unis, du 8 au 11 juillet 1985), les quatre partenaires reconnaissent la nécessité d'un nouvel accord officiel, et passent en revue les diverses possibilités de secrétariat. La France réitère sa proposition de l'accueillir temporairement, avec du personnel dédié de chacun des partenaires Cospas-Sarsat. Les États-Unis et le Canada jugent cette proposition acceptable mais l'URSS tient à ce que le Secrétariat soit assuré par Inmarsat, craignant probablement que si aucune solution n'est trouvée au problème institutionnel, les partenaires Sarsat décident de maintenir le *status quo* et que la solution temporaire devienne permanente.

S'agissant de la fourniture du segment spatial du système, les États-Unis conviennent que des contributions financières aussi bien qu'en nature seraient acceptables, ouvrant ainsi la porte à des contreparties financières d'autres États pour les satellites Cospas de l'URSS et les instruments Sarsat canadiens et français, mais maintenant les satellites NOAA des États-Unis en dehors du dispositif financier. L'URSS, toujours préoccupée par le manque de netteté d'une proposition qui obligerait

l'URSS, et éventuellement deux autres partenaires, à chercher une contrepartie financière que les États-Unis refusent, insiste pour débattre d'un accord de location avec Inmarsat portant sur l'ensemble du segment spatial. Les États-Unis s'y opposent, arguant de la législation américaine qui l'interdit.

La situation reste bloquée, chaque partie campant sur sa position. Au CSSC-1 réuni à Seattle (États-Unis) du 15 au 19 juillet 1985, les partenaires décident :

- « *que le système est prêt pour une utilisation opérationnelle ;*
- *de continuer d'étudier la possibilité d'un accord intergouvernemental et les mécanismes permettant des contributions d'autres pays ;*
- *de poursuivre les pourparlers avec Inmarsat sur la mise en place d'un secrétariat et*
- *qu'il est important d'obtenir une approbation internationale du système, en particulier son acceptation comme faisant partie du FSMDSM »*.

Alors qu'au départ elle n'était pas convaincue de la nécessité d'un nouvel accord institutionnel, la NOAA a fait une concession à ses partenaires, sans toutefois répondre aux attentes de Morsviazsputnik et du CNES. Ces points d'accord sont rendus publics en janvier 1986 au MSC-52 de l'OMI, accompagnés d'estimations sur le coût annuel du maintien en fonctionnement du segment spatial (10 millions USD par an) et de la fourchette de prix prévue pour les RLS opérationnelles à 406 MHz (500 à 1 000 USD), afin d'étayer les débats de l'OMI sur le choix de la fréquence des RLS satellite. Cet affichage de progrès de la part des partenaires n'est cependant pas suffisant pour convaincre les délégués à l'OMI d'adopter 406 MHz comme fréquence unique des RLS satellite.

Octobre 1985, Londres (Royaume-Uni)

Lors d'une réunion avec l'Organe directeur d'Inmarsat à Londres en octobre 1985, les participants adoptent officieusement le principe d'un Secrétariat assuré par Inmarsat en application d'un contrat avec les principaux organismes coopérateurs de Cospas-Sarsat. Inmarsat est chargée de préparer un projet d'Arrangement qui doit être signé par les quatre partenaires Cospas-Sarsat et Inmarsat et qui décrira la relation contractuelle régissant la fourniture des services de secrétariat. En outre, Inmarsat est chargée de préparer des estimations de coût et une définition des services qui seraient demandés au secrétariat.

Janvier 1986, Moscou (URSS)

Un groupe d'experts *ad-hoc* réuni à Moscou en janvier 1986, près de la Place rouge, permet aux représentants des quatre partenaires et d'Inmarsat d'avancer dans la préparation de l'accord relatif au secrétariat. Un calendrier prévisionnel de création du secrétariat Cospas-Sarsat en 1987 est étudié.

L'autre grand sujet des discussions est l'accord intergouvernemental et les questions fondamentales relatives aux mécanismes de financement et à une éventuelle structure de gestion.

Le représentant de l'URSS, Youri Zourabov, soutient que le moyen le plus commode de répondre aux besoins de financement, de continuité du système et de reconnaissance internationale est une intégration pure et simple dans l'organisation Inmarsat, qui aurait toutes les chances de vaincre les réticences de l'OMI et de l'OACI quant à l'utilisation de la fréquence à 406 MHz. Robert Dagenais, représentant du Canada, fait observer que la législation des États-Unis rend quasiment impossible l'intégration à Inmarsat telle qu'elle est proposée, et indique que le Canada élabore des propositions

visant à poursuivre le système en prenant comme hypothèse qu'un nouvel accord intergouvernemental serait préparé pour résoudre les problèmes de gestion et de financement. Le représentant de la France, Daniel Lévesque, explique pourquoi il serait difficile pour le CNES de poursuivre la coopération dans le cadre actuel après 1994 et indique que l'administration française considère qu'il faudrait modifier la Convention Inmarsat pour mettre en œuvre la proposition de l'URSS, ce qui risque de poser d'autres problèmes. La France préfère donc que l'on mette au point un nouvel instrument international le plus tôt possible. James Bailey, représentant des États-Unis, exprime de nouveau la position des États-Unis, qui exclut de transférer une partie quelconque du système à satellites NOAA à une autre entité, que ce soit par un accord de vente ou de location. Par ailleurs, M. Bailey confirme que les États-Unis n'écartent pas la création d'un secrétariat Cospas-Sarsat au sein d'Inmarsat.

La question institutionnelle ne progresse pas véritablement, mais toutes les Parties réaffirment leur intention de soutenir l'exploitation du système à long terme et le Canada annonce qu'il entend préparer les grandes lignes d'un éventuel accord intergouvernemental.

Avril 1986, Villefranche et Paris (France)

La réunion du CSSC-2 à Villefranche (France), du 21 au 25 avril 1986, présente une nouvelle occasion d'avancer. Cependant, avant la réunion, le Directeur général de Morsviazsputnik, Youri Atserov, est intervenu pour que l'OMI recommande l'intégration de Cospas-Sarsat dans le système Inmarsat. Le Département d'État des États-Unis a réagi fermement en interdisant à la NOAA de donner suite à l'option d'un secrétariat à Inmarsat. À Villefranche, le représentant de la NOAA, James Bailey, informe le CSSC-2 que les États-Unis refusent de poursuivre cette option, ce qui suscite une réaction tout aussi ferme du Directeur général adjoint de Morsviazsputnik, Youri Zourabov, qui se met ostensiblement à lire son journal sans prêter attention aux débats en cours. M. Zourabov finit par demander une pause, jugeant qu'il est vain de poursuivre les délibérations.

Après des discussions en tête à tête autour d'un café sous le soleil méditerranéen, il est décidé de remettre à la semaine suivante tout débat sur cette question. Une réunion d'experts *ad hoc* des quatre partenaires Cospas-Sarsat est déjà prévue au siège du CNES à Paris et doit commencer le lundi suivant, le 28 avril 1986, et se poursuivre jusqu'au 30. Il y a peu d'espoir de sortir de l'impasse, mais il est urgent de poursuivre le dialogue et de passer en revue les positions de repli. Malgré cette sérieuse algarade, la séance du CSSC-2 reprend le lendemain et porte sur les points de l'ordre du jour qui restent à traiter.

À Paris, l'atmosphère est assez sombre et tous les participants sentent la tension qui règne. Aucun progrès véritable ne peut être accompli compte tenu des circonstances, mais tous les délégués conviennent qu'il faut faire davantage d'efforts pour régler les différends et aller de l'avant en s'appuyant sur tous les points de convergence que l'on peut trouver. Une décision est prise de tenir une autre réunion à Annapolis (Maryland, États-Unis) en août 1986. Dans l'intervalle, les participants vont consulter l'OMI sur la possibilité de créer un secrétariat sous ses auspices. De plus, les quatre partenaires sont invités à préparer des propositions pour le cadre international approprié.

Pendant toute cette suite d'événements, la Norvège et le Royaume-Uni qui participent officiellement en qualité de « pays investigateurs » et n'ont pas ménagé leurs efforts durant la phase de démonstration tout en soutenant résolument le système Cospas-Sarsat dans les milieux internationaux, sont tenus informés des développements de la situation, ou plutôt de l'absence de réelle avancée. M. Ken Anderson pour le Royaume-Uni et M. A. Rundberget pour la Norvège rejoignent les quatre partenaires à Paris le dernier jour de la réunion. Ils réaffirment la nécessité d'un

cadre international solide réglant la question du financement afin d'obtenir la reconnaissance internationale désirée et pressent les Parties d'afficher de véritables progrès avant la fin de l'année, car l'opportunité ouverte en vue de l'acceptation de Cospas-Sarsat par l'OMI pourrait bientôt se refermer.



Réunion du CSSC-2 à Villefranche (France), 1986

Signature du Résumé des discussions et du Plan de distribution des données. De gauche à droite, assis, Youri Zourabov, Jim Bailey, Daniel Lévesque, Robert Dagenais
debout, Arnold Selivanov, Fred Flatow, Daniel Ludwig, Jim Robinson

Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Août 1986 – Annapolis (Maryland, États-Unis)

Dès août 1986, le refus des États-Unis d'envisager la création d'un secrétariat au sein d'Inmarsat n'est plus aussi ferme et le message transmis à l'URSS est qu'ils pourraient revoir leur position si des garanties juridiques suffisantes sont données pour exclure toute intégration du système Cospas-Sarsat à l'organisation Inmarsat. Après examen des autres possibilités, la solution Inmarsat apparait comme la plus pratique.

Pourtant, à Annapolis, aucun progrès notable n'est enregistré sur la question institutionnelle malgré le cadre très agréable de la réunion à l'Académie navale. Les différentes options et les positions des pays sont passées en revue sans beaucoup de changements mais il est admis que la solution d'un nouvel accord intergouvernemental est le seul moyen de progresser. Une nouvelle réunion est convoquée en novembre 1986 à Moscou (URSS).

Novembre 1986 – Moscou (URSS)

Chacun des quatre partenaires se rend à la réunion de Moscou du groupe d'experts *ad hoc* (du 17 au 21 novembre 1986) avec une position nationale clairement énoncée. L'URSS et les États-Unis ont préparé des avant-projets d'un accord intergouvernemental éventuel reposant sur les principes généraux esquissés à Annapolis. De plus, avant Moscou, une réunion des représentants du Canada et des États-Unis avec Inmarsat à Londres a relancé le projet d'un secrétariat hébergé par Inmarsat, et notamment le projet d'Arrangement préparé en 1985.

Les participants traitent rapidement des questions en suspens concernant la mise en place du secrétariat et se penchent sur un calendrier détaillé de mise en œuvre, ainsi que sur les postes du personnel et la procédure de recrutement par Inmarsat. La signature de l'Arrangement est prévue à la réunion suivante du CSSC (CSSC-3) qui doit se tenir au Canada en février 1987.

Comme prévu, la réunion passe au principal sujet de discussion : l'accord intergouvernemental. Bien qu'ils diffèrent sur un certain nombre de questions secondaires, les projets de documents soumis par l'URSS et les États-Unis se rejoignent sur les thèmes majeurs :

- le système existant fourni par le Canada, la France, l'URSS et les États-Unis formera la base du système Cospas-Sarsat futur ;
- l'accord sera conclu exclusivement entre les fournisseurs de segment spatial et les actifs du segment spatial resteront sous le contrôle exclusif du fournisseur ;
- des contributions supplémentaires sous forme de matériel spatial pourront être acceptées ; cependant, pour assurer la cohérence globale du système, ces contributions seront soumises à l'approbation d'un conseil composé de représentants des fournisseurs du segment spatial ;
- les fournisseurs du segment sol (pays fournissant et exploitant les stations de réception au sol) et d'autres contributeurs pourront être officiellement associés et participer à la gestion du système selon des modalités à déterminer.

La participation d'autres pays sous forme de contributions financières est explicitement prévue dans le projet d'accord de l'URSS. Elle n'est pas exclue dans celui des États-Unis, mais demeure floue. Ce financement serait facultatif et les alertes de détresse seraient fournies à tous les États à titre gratuit.

Le Canada et la France jugent ces principes acceptables mais la France, soutenue par la délégation de l'URSS, insiste pour mettre en place un mécanisme spécifique destiné à recueillir les contributions financières, manifestement absent de la proposition des États-Unis. Bien qu'en théorie on puisse parvenir à un compromis, si les États-Unis et le Canada ne participent pas à un accord global de financement en vertu duquel d'autres pays seraient invités à apporter une contribution financière, la France et l'URSS seront amenées en réalité à mener un combat difficile et incertain pour obtenir cette contribution des autres pays. Les difficultés de l'approche à deux vitesses proposée par la France sont évidentes. Si l'achat de matériel ne suit pas le processus habituel d'appel d'offres concurrentiel, il faudra adopter une méthode spécifique pour évaluer la valeur des contributions au matériel spatial et décider si elles sont acceptables. De plus, tout dispositif de contrepartie financière sera difficile à organiser, gérer et imposer au niveau international. Pour clore le débat, les États-Unis annoncent que si la France ou le Canada ne pouvaient plus continuer à fournir les charges utiles SAR Sarsat destinées aux satellites NOAA, les États-Unis envisageraient de fournir ces charges utiles eux-mêmes, s'alignant ainsi sur le niveau de la contribution de l'URSS au système.

Pour laisser la porte ouverte à de nouveaux contributeurs au segment spatial et maintenir les difficultés de gestion des « contributions financières » à un niveau raisonnable, il est convenu que ces contributions devront prendre la forme d'au moins une « unité de base » du segment spatial, à savoir une plate-forme ou un instrument SAR à bord d'un satellite en orbite polaire. Un groupe de pays pourrait proposer une contribution composée d'une ou de plusieurs unités de segment spatial, par exemple un satellite supplémentaire totalement équipé des instruments requis pour traiter les émissions des balises de détresse à 121,5 MHz et 406 MHz. Sous réserve de l'approbation de la

contribution proposée par les Parties existantes à l'accord intergouvernemental (les fournisseurs du segment spatial à l'époque), ces pays accèderaient à l'Accord pour devenir Parties à part entière. Concrètement, le dispositif applicable aux contributions supplémentaires reprend les arrangements en vigueur, et exige en fait que les contributions « financières » prennent la forme de contributions « en nature » acceptables par les partenaires de l'époque. Plutôt que d'encourager d'autres États à apporter une contribution, le dispositif proposé semble mettre en place des garde-fous contre des ajouts non désirés au système.

À la fin de la réunion de Moscou, les grandes lignes d'un nouvel accord intergouvernemental sont adoptées. Les États-Unis et le Canada confirment qu'ils sont disposés à poursuivre leur contribution au segment spatial à long terme. Les représentants de l'URSS et de la France conviennent d'informer leurs autorités respectives et d'étudier la possibilité de continuer leur contribution « en nature » sur le long terme. La fourniture par d'autres pays, ou groupes de pays, de parties ou « unités » du segment spatial reste possible en théorie, mais est difficile à mettre en œuvre dans la pratique, et par conséquent assez peu probable.

En France, la réticence du CNES à s'engager sur un programme opérationnel à long terme est dissipée par le soutien sans équivoque du ministère des Affaires étrangères, qui voit de façon positive la contribution de la France à une initiative spatiale internationale à but humanitaire, unique en son genre, et recommande au CNES de poursuivre la contribution française. Le Directeur général du CNES, Frédéric d'Allest, décide que le CNES doit rester le chef de file français du projet et accepter l'engagement financier correspondant. L'URSS a une conception analogue du prestige international attaché à la continuation de son engagement comme principal contributeur du système Cospas-Sarsat et décide de poursuivre sur le long terme la fourniture de deux satellites équipés d'instruments à 406 MHz et 121,5 MHz.

4.2.5 Les négociations accélérées et la signature de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat

Février 1987 – Ville de Québec (Québec, Canada)

La situation étant maintenant débloquée, les négociations détaillées de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat (ICSPA) vont progresser extrêmement rapidement. À la réunion du CSSC-3 (du 9 au 20 février 1987) tenues en la ville de Québec (Québec, Canada), la première version de l'accord gouvernemental est adoptée par les représentants des quatre partenaires, secondés par des représentants de leur ministère des Affaires étrangères. Le froid exceptionnellement mordant qui règne alors (même la délégation norvégienne reconnaît n'avoir jamais connu des températures aussi basses) ne ralentit pas le rythme de la réunion, qui porte également sur d'autres questions pressantes d'ordre technique et opérationnel.

Il est décidé de procéder le plus tôt possible à la création du Secrétariat Cospas-Sarsat à Inmarsat et la version finale du contrat avec les quatre organismes coopérateurs, le MND, le CNES, la NOAA et Morsviazsputnik, est établie sous sa forme définitive. Inmarsat est chargée de choisir le

Comment Cospas-Sarsat a survécu

En premier lieu, c'était un projet relativement peu coûteux qui avait peu de visibilité sur le plan politique. Deuxièmement, il avait un caractère humanitaire. Lorsqu'il a fait les gros titres, c'était pour évoquer des vies sauvées, et non pas des dépassements de coût, des dérapages de calendriers ou des transferts de technologies de pointe de l'Ouest vers l'Est. Troisièmement, les États-Unis et l'URSS n'étaient pas les seuls pays à y participer, et le fait qu'il soit multilatéral signifiait que plusieurs autres pays avaient investi dans le système et profitaient de ses avantages. Leurs capacités nationales de recherches et sauvetage auraient été gravement compromises si les États-Unis ou l'URSS avaient retiré leurs satellites du système. C'est pour ces raisons que des décisions politiques ont été prises à Washington et à Moscou, selon lesquelles les intérêts nationaux des deux pays étaient mieux servis en poursuivant cette modeste collaboration qu'en y mettant fin.

Jennifer Clapp, Affaires internationales, NOAA
(*Space Policy*, 1995)

Chef du Secrétariat plus un responsable technique parmi les candidats présentés par les quatre partenaires, étant entendu que le choix d'Inmarsat doit être confirmé par eux en dernier ressort.

Les débats sur les postes du Secrétariat illustrent de façon intéressante les points de vue différents des partenaires Cospas-Sarsat et d'Inmarsat au sujet de l'organisation du Secrétariat. Inmarsat propose un Secrétariat composé de cinq personnes environ à un niveau relativement subalterne. Le Secrétariat Cospas-Sarsat serait un simple 'secrétariat' pleinement intégré à la structure administrative d'Inmarsat, doté d'une autonomie limitée et surveillé de près par l'Organe directeur d'Inmarsat. Toutes les Parties, en revanche, souhaitent contrôler de près les activités quotidiennes du Secrétariat. Le Chef du Secrétariat doit donc être en relation étroite avec les Parties Cospas-Sarsat, bénéficier d'une large autonomie au sein de la structure d'Inmarsat et relever directement du Directeur général. Après quelques délibérations on aboutit à un compromis. Le futur Chef du Secrétariat aura le niveau le plus élevé des « cadres » sous l'autorité du Directeur de l'administration d'Inmarsat.

Août 1987 et novembre 1987 - Inmarsat, Londres (Royaume-Uni)

Une réunion extraordinaire du CSSC est convoquée au siège d'Inmarsat à Londres du 24 au 28 août 1987 sous la présidence de J. R. Hodgson (Canada). Olof Lundberg, Directeur général d'Inmarsat, accueille les partenaires Cospas-Sarsat à Londres pour la première réunion d'une longue série. Le tout nouveau Chef du Secrétariat, le Français Daniel Lévesque, apporte son concours au président. M. Lévesque, ancien du CNES, avait dirigé la délégation française aux réunions du Groupe de coordination et du Comité directeur depuis 1983, ainsi qu'aux réunions du groupe d'experts *ad hoc* organisées depuis 1985.

Outre les modalités administratives urgentes à mettre en place entre les partenaires Cospas-Sarsat et Inmarsat, la réunion est entièrement consacrée aux débats sur le projet d'accord intergouvernemental. Les chefs de délégation (J. R. Hodgson pour le Canada, Isaac Revah pour la France, Jim Bailey pour les États-Unis et Youri Zourabov pour l'URSS) sont secondés par des diplomates de carrière, M. M. K. Nash (Canada), Olivier de Saint Lager (France), Lisle Rose (États-Unis) et Ludmilla Abramova (URSS), qui prodiguent des conseils précieux durant la préparation du projet d'accord. À quelques exceptions près, les délégations aux nombreuses réunions *ad hoc* ont été remarquablement stables. C'est probablement pour cette raison que, malgré les débats passionnés et les points de vue contradictoires, un climat de confiance et de compréhension mutuelle s'est installé progressivement entre les participants, permettant de conclure rapidement les travaux une fois qu'un consensus est atteint sur les principes essentiels. Outre celles mentionnées plus haut, il convient de mentionner les contributions des personnes suivantes : Jennifer Clapp et Ken Hodgkins de la NOAA, Konstantin Ivanov de Morsviazsputnik, Daniel Ludwig et Pierre-Henri Pisani du CNES et Robert Dagenais du SNRS.

L'enthousiasme des participants à la réunion de Londres est manifeste. Cependant, probablement parce que certains délégués aspirent à une conclusion rapide, des échanges animés se produisent très tôt. Au début de la séance officielle portant sur le projet d'accord intergouvernemental, le représentant du Département d'État des États-Unis, visant visiblement le représentant du ministère français des Affaires étrangères qui demande le réexamen d'un texte adopté à titre provisoire à Québec, « regrette » que des délégués récemment nommés et peu au fait du processus de négociation aient besoin de se mettre à niveau, ralentissant ainsi les débats. Le nouveau délégué français, lui rendant la pareille, pointe l'attitude peu diplomatique du diplomate américain et fait observer que si le projet de texte en anglais est certainement bon, il reste possible de l'améliorer.

La délégation des États-Unis a fait approuver le projet d'accord par le Département d'État et hésite à revoir le texte préliminaire en anglais adopté à titre provisoire à Québec. Tout changement devra être expliqué au Département d'État et faire l'objet d'une nouvelle approbation. La France, l'URSS et le Canada, conscients de l'importance du document en discussion pour l'avenir du programme, souhaitent un examen attentif du projet de texte préparé à Québec, pour l'améliorer si possible. Des questions majeures doivent aussi être réglées, en particulier concernant les évolutions possibles du système, les règles d'accession d'autres Parties à l'accord ainsi que le rôle et le statut des « participants non-Parties » au Programme, à savoir les États qui ont déjà installé des stations terriennes de réception (terminaux d'utilisateur local, ou LUT) ou ont déclaré leur intention de le faire, et les États qui souhaitent participer à la gestion du système sans vouloir acheter et exploiter une station LUT.

À la fin de la réunion tenue au siège d'Inmarsat près de la gare de Euston à Londres, qui deviendra le lieu habituel de la plupart des réunions de Cospas-Sarsat pendant plusieurs années, les quatre partenaires adoptent à titre provisoire une première version anglaise de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat (ICSPA). Cette version est encore incomplète, mais les principaux éléments ont été clarifiés et convenus. Le Secrétariat permanent est enfin opérationnel, bien qu'il ne se compose encore que d'une seule personne. Ce pas décisif est rapidement annoncé à l'OMI et à l'OACI, mais le projet de texte de l'ICSPA que les quatre Parties sont en train d'examiner formellement, n'est pas diffusé. Les traductions en français et en russe doivent encore être préparées, revues, et officiellement adoptées. Les espoirs sont grands, mais le succès final n'est pas encore garanti.

Le diable se cache toujours dans les détails et les traductions révèlent souvent des ambiguïtés qui étaient passées inaperçues dans la langue d'origine. Le texte anglais est peaufiné et les traductions française et russe sont harmonisées au cours des mois suivants et durant la quatrième réunion du Comité directeur Cospas-Sarsat qui se tient à Londres en novembre 1987.

On retrouve au CSSC-4, réuni du 2 au 13 novembre 1987, le climat de légère confusion qui régnait aux réunions précédentes du CSSC. Les séances sur les questions techniques et opérationnelles ou sur les exercices système, et les séances plénières ou « restreintes » se succèdent ou se déroulent en parallèle avec divers participants, ou sont convoquées à très bref délai par le président. Participent à cette réunion les délégations des quatre Parties au projet d'Accord, le Canada, la France, les États-Unis et l'URSS, plus le Royaume-Uni et la Norvège en qualité de « pays investigateurs ». En outre, des représentants du Chili, du Danemark, de l'Inde, de l'Italie, du Japon, de la Suède et de la Suisse assistent en tant qu'observateurs à partir du 10 novembre 1988. Des représentants de l'OMI, de l'OACI et d'Inmarsat sont également présents à la séance plénière. Sept autres pays ont manifesté leur intérêt pour le système et ont été invités, mais fort heureusement n'assistent pas au CSSC-4.

> En définitive, j'avais le sentiment que la loyauté croissante de chaque Partie vis-à-vis de l'équipe du CSSC et la fierté mutuelle et collective de ce que nous nous efforcions de réaliser, ressentie par tous les acteurs, ont été les facteurs fondamentaux qui nous ont permis de porter ce projet jusqu'au succès final.
>
> **Dick Hodgson, Directeur exécutif, Secrétariat national recherche et sauvetage, Canada**

Un deuxième fonctionnaire, le Canadien Jim King, qui vient du ministère du Commerce, a rejoint le Secrétariat. Jenny Ray, Responsable du service des conférences d'Inmarsat, forte d'une expérience considérable de ce type de rencontre, aide aussi à organiser et à gérer la réunion. Cependant, Cospas-Sarsat n'a pas encore créé l'organisation et les procédures nécessaires pour la conduite de réunions internationales efficaces.

Juin-juillet 1988 – Paris (France)

Il est décidé à Londres de signer l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat à la première occasion, éventuellement au cours d'une réunion extraordinaire du CSSC en avril 1988 ou sinon lors d'un sommet États-Unis-URSS prévu en mai 1988 à Moscou. Ces projets se révèlent trop optimistes car ils sous-estiment le temps nécessaire pour que les autorités passent en revue les nouveaux accords internationaux. En avril 1988, à la réunion du CSSC-5 auquel participent uniquement les quatre Parties à l'Arrangement de 1984, il faut encore peaufiner les versions de l'Accord dans les trois langues. Des progrès sont cependant accomplis concernant les préparatifs de la signature, le choix des dépositaires de l'Accord et la procédure d'association d'autres États au Programme. Le Secrétaire général de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) dont le siège est à Montréal (Canada) et le Secrétaire général de l'Organisation maritime internationale (OMI) basée à Londres (Royaume-Uni) ont accepté d'assumer conjointement les fonctions de Dépositaires de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat. Le Règlement intérieur du futur Conseil du Programme est rédigé. Une nouvelle réunion est prévue en juillet 1988 à Paris à l'invitation du CNES qui, au nom du ministère français des Affaires étrangères, propose d'accueillir la cérémonie de signature au Quai d'Orsay. Le Secrétariat Cospas-Sarsat est chargé de préparer sept exemplaires originaux de la version en trois langues de l'Accord.

La réunion de Paris se tient comme prévu du 27 juin au 1er juillet 1988 et est couronnée par la cérémonie de signature de l'Accord le 1er juillet 1988 avec la solennité à laquelle on pouvait s'attendre dans le majestueux « salon de l'Horloge » du Quai d'Orsay. Les discours de circonstance des signataires soulignent le caractère exceptionnel du projet humanitaire, qui est désormais mis à la disposition de tous les pays, et le remarquable esprit de coopération qui a régné entre les quatre partenaires.

La consécration d'années d'efforts déployés avec dévouement par de nombreux délégués est néanmoins précédée par l'instant habituel de panique au niveau du secrétariat, lorsque le représentant du ministère des Affaires étrangères de l'URSS qui n'est pas satisfait de la qualité de la version russe, exige qu'elle soit modifiée. Ces changements sont certes mineurs, mais ils présentent un problème logistique délicat car chaque exemplaire original de l'Accord a été imprimé sur un papier coûteux spécialement réservé aux traités et fourni par la France. On dispose de feuilles supplémentaires, mais l'impression du texte doit être impérativement faite à Londres, à l'aide du système de traitement de texte en russe qui a été utilisé à l'origine, pour rester cohérent avec la partie inchangée de l'original. La veille de la cérémonie de signature, les corrections en russe sont envoyées à Londres, imprimées sur du papier ordinaire en suivant exactement le même format, puis acheminées par Jim King à Paris sur le dernier vol de la journée pour être photocopiées au siège du CNES sur le papier spécial. Pendant la nuit, les nouvelles pages sont rapidement insérées et les exemplaires originaux de nouveau reliés, évitant ainsi un incident diplomatique de dernière minute.

Cet incident mineur illustre un aspect particulier des négociations sur l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat. Malgré le caractère exceptionnel de cette coopération internationale Est-Ouest sur un système à satellites humanitaire, l'ensemble du projet est volontairement réalisé dans la plus grande discrétion possible pour éviter les controverses politiques. La négociation de l'Accord est déléguée à des diplomates jeunes ou de rang inférieur. Lisle Rose, du Département d'État des États-Unis, rapporte que « *seules quelques personnes étaient impliquées. […] comme l'a dit mon directeur adjoint, l'Accord a en quelque sorte été négocié dans l'ombre et normalement, c'est notre directeur, voire le sous-secrétaire d'État adjoint, qui aurait dû le négocier* ». La réaction tardive du ministère des Affaires étrangères de l'URSS peut être interprétée sous le même angle. Le

Programme Cospas-Sarsat est une bonne chose sur le plan politique et est régulièrement mentionné dans les déclarations conjointes à la fin des sommets politiques Est-Ouest, mais c'est un programme spatial modeste et peu coûteux, qui à première vue n'a aucune portée stratégique. Il ne suscite pas l'intérêt des plus hauts responsables de l'administration. Compte tenu du contexte politique des relations Est-Ouest à l'époque, c'est sans doute une bonne chose puisque les dernières négociations, les traductions, l'examen et l'approbation du texte de ce nouvel accord international sont réalisés en moins de 18 mois, de février 1987 au 1er juillet 1988, ce qui en soi est une véritable prouesse.



Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Incendie à bord

Le 14 avril 2008 à environ 11 h 42 heure locale de Terre-Neuve-et-Labrador, le JRCC de Halifax est informé que Cospas-Sarsat a détecté une RLS canadienne non enregistrée à 406 MHz. Une position est donnée au large de la côte Est de Terre-Neuve et la position miroir dans la zone de la baie James. La baie étant gelée, les efforts de recherches se concentrent au large de Terre-Neuve où une flotte de pêche est déployée.

Un navire garde-côte canadien et un hélicoptère CF Cormorant sont chargés de se rendre sur place pour enquêter. […] À 13 heures, Cospas-Sarsat calcule une position composite à environ 20 milles marins à l'Est de la position initiale. Les ressources sont réassignées à la nouvelle position Cospas-Sarsat et peu après, le Cormorant observe de la fumée à l'horizon.

Arrivé sur la scène, l'hélicoptère trouve le navire de pêche Lacey May à un mille marin de la position composite Cospas-Sarsat. Le navire est enveloppé par les flammes et cinq marins se tiennent debout à proximité sur un bloc de glace, RLS en main.

L'incendie s'était déclenché dans la salle des machines et le capitaine avait ordonné l'évacuation dans le canot de service avant qu'un appel radio de détresse puisse être envoyé. Les marins, qui ne sont pas blessés, son hélitreuillés et ramenés à Gander (Terre-Neuve-et-Labrador), distant de 90 milles nautiques.

Récit du capitaine Marco Plasse
Contrôleur RCC au MRCC de Halifax (Canada)

4.3 L'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat (ICSPA)

Le premier objectif de l'ICSPA est d'assurer la continuité du Système Cospas-Sarsat, plus précisément le financement, le déploiement et l'exploitation de son segment spatial, qui au départ est composé de satellites sur orbite polaire basse (le système LEO). Comme on l'a vu à la section 4.1, la mise en place du système sur une base intergouvernementale et non pas sur la base d'une entente entre organismes est une condition préalable à son acceptation à l'échelle internationale et à son intégration dans le Futur système mondial de détresse et de sécurité en mer (FSMDSM).

Les objectifs nationaux et les contraintes politiques des quatre Parties à l'ICSPA (Canada, États-Unis, France et URSS) sont analysés à la section 4.2. Ils aboutissent à la création d'une structure institutionnelle originale, le « *Programme international Cospas-Sarsat* ». Des décennies après son entrée en vigueur, l'Accord demeure la clé de voûte du Programme. La suite a montré qu'il a fait preuve d'une souplesse remarquable et a permis au Conseil du Programme de gérer efficacement les évolutions importantes du Système et d'adapter son exploitation à un environnement en rapide mutation.

L'ICSPA se compose de vingt articles. Cette section résume les principes qui ont guidé son élaboration et étudie leurs conséquences sur la gestion du programme coopératif.

4.3.1 Principes fondamentaux de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat[13]

Ayant constaté le succès de la mise en œuvre du Système Cospas-Sarsat accompli dans le cadre coopératif de l'Arrangement de 1984, le préambule de l'ICSPA reconnait « *qu'il est par conséquent souhaitable d'exploiter le système COSPAS-SARSAT […] de manière à s'efforcer d'assurer à long terme les services d'alerte et de localisation pour aider aux recherches et au sauvetage, et de rendre le système accessible à tous les États sur une base non discriminatoire et gratuite pour l'utilisateur en détresse* ».

Ces objectifs de base de l'Accord sont élaborés à l'article 2 « Objet de l'Accord », qui énonce précisément l'intention des Parties à l'Accord « *de concourir […] aux objectifs de l'Organisation Maritime Internationale et de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale, dans le domaine de la recherche et du sauvetage* ».

Définition du Système

L'article 3 décrit le Système initial : le système de satellites sur orbite polaire composé de 4 satellites LEO équipés de charges utiles SAR à 121,5 MHz et 406 MHz, de stations terriennes de réception (LUT), de centres de contrôle de mission (MCC) et de balises de détresse, y compris des balises de type 121,5 MHz et 406 MHz. En définissant le système Cospas-Sarsat (le « Système ») comme étant constitué d'un segment spatial, d'un segment sol et des balises de détresses exploitées dans le Système, l'article 3 établit également les frontières du Système et le champ d'application des services fournis. La définition du Système délimite concrètement le domaine dans lequel les Parties à l'ICSPA acceptent une responsabilité : les caractéristiques des émissions des balises de détresse, le relais des émissions radio des balises via les satellites LEO et le traitement de ces signaux au sol,

13/ Le texte intégral de l'ICSPA dans les trois langues (anglais, français et russe) se trouve sur le site officiel de Cospas-Sarsat (http://www.cospas-sarsat.int/fr/documents-pro/system-documents) sous la référence C/S P.001.

jusqu'à la transmission des messages de détresse par les MCC Cospas-Sarsat au centre de coordination de sauvetage (RCC) compétent.

L'exploitation des RCC et le traitement des alertes de détresse par les autorités SAR ne sont pas du ressort de Cospas-Sarsat. S'agissant des balises de détresse, le Système est plus difficile à délimiter. Bien que Cospas-Sarsat soit seul compétent, en coordination avec des organisations internationales telles que l'UIT, l'OMI et l'OACI, pour définir les caractéristiques des signaux radio à 406 MHz qui sont la condition d'un bon fonctionnement avec le Système, elle ne contrôle pas le déploiement des balises ni les critères environnementaux que ces balises doivent respecter. De plus, Cospas-Sarsat dépend en réalité des administrations nationales pour faire respecter ses propres spécifications relatives aux signaux radio à 406 MHz émis par les balises.

S'agissant des balises à 121,5 MHz, Cospas-Sarsat n'exerce aucun contrôle. L'ICSPA se contente de recommander que les États veillent à ce que les modèles de balises acceptés soient conformes aux obligations de l'UIT concernant leurs émissions.

Ayant dessiné les contours du système que les Parties s'engagent à maintenir en fonctionnement, l'article 3 dispose que le Système peut être amélioré selon les décisions du Conseil du Programme. Cette brève disposition donne en réalité au Conseil toute latitude dès lors que la nécessité de modifier le Système est reconnue. C'est ce qui s'est produit lorsque les capacités des satellites géostationnaires ont été officiellement ajoutées pour compléter le système LEO en 1998. Il a alors été inutile de modifier l'ICSPA. Le Secrétariat a informé les Dépositaires de l'Accord, au nom du Conseil Cospas-Sarsat, que des capacités GEO avaient été ajoutées au Système.

Engagements des Parties

Les Organismes coopérateurs, désignés par les Parties, sont responsables de la mise en œuvre du Programme Cospas-Sarsat (*le Programme*) (article 4). L'ICSPA décrit ensuite en détail les responsabilités des Parties (article 5) et plus particulièrement la contribution de chaque Partie au segment spatial. Ces contributions sont décrites comme des « unités de base » du Système, une unité de base étant composée d'une plate-forme de satellite, d'un répéteur à 121,5 MHz ou d'un ensemble de récepteur-processeur à 406 MHz assorti d'une mémoire.

Le segment spatial du Système initial « *dans les conditions normales d'exploitation* » (en dehors des défaillances de la plate-forme satellite et de la charge utile SAR) se compose d'au moins 4 satellites en orbite polaire, comprenant 12 « unités de base ». En application des dispositions de l'article 5, l'URSS s'engage à fournir les 6 « unités » du système Cospas nominal qui comprennent 2 plates-formes de satellite en orbite polaire, 2 répéteurs à 121,5 MHz et 2 répéteurs-processeurs à 406 MHz assortis d'une mémoire. Les États-Unis fournissent 2 plates-formes de satellite en orbite polaire, le Canada 2 répéteurs à 121,5 MHz et la France 2 ensembles de récepteur-processeur à 406 MHz assortis chacun d'une mémoire, le tout étant intégré pour former le Système Sarsat. La contribution de chaque Partie peut changer mais chaque Partie doit apporter une contribution constituée d'au moins une unité de base, faute de quoi elle cesse d'être Partie à l'Accord. Cette règle s'applique également lorsque l'on envisage l'accession d'autres États à l'ICSPA (article 16). Les autres États qui souhaitent accéder à l'Accord en tant que Partie doivent faire des contributions qui sont soit des remplacements d'unités de base existantes du Système initial, soit des unités supplémentaires. Toute nouvelle contribution, qu'il s'agisse d'une unité de remplacement ou d'une unité supplémentaire, reste soumise à l'approbation des Parties à l'ICSPA qui assument collectivement la responsabilité de la gestion du Système et se prononcent sur les améliorations requises ou souhaitables.

L'article 5 dispose qu'une Partie fournissant une plate-forme de satellite est responsable de son exploitation conformément aux normes techniques et opérationnelles. De plus, toutes les Parties « *s'efforcent de transmettre aux autorités de recherches et de sauvetage concernées les données COSPAS-SARSAT d'alerte et de localisation pertinentes* ». Aucun détail n'indique la façon de le faire, la question étant laissée à la discrétion du Conseil créé en vertu de l'article 7. Les Parties se contentent de « *coordonner les activités du Système avec ces autorités [de recherches et de sauvetage]*. »

Charges communes et aspects financiers

Les articles suivants de l'ICSPA traitent de questions de gestion de base : aspects financiers (article 6) et structure administrative du Programme (articles 7 à 10).

Les Parties à l'Accord étant les fournisseurs exclusifs des « unités » du Système et restant pleinement responsables de l'exploitation et de la gestion de leur contribution au segment spatial, il n'est pas nécessaire que l'article 6 traite des contributions financières au segment spatial. De même, les contributions à l'équipement du segment sol demeurent la responsabilité des Parties ou des Fournisseurs du segment sol en application des dispositions de l'article 11. Après avoir rappelé que chaque Partie assume les coûts afférents à sa contribution et que l'utilisation du Système (la transmission et la réception des données d'alerte de détresse par le biais du Système) est gratuite pour tous les États, l'article 6 traite du seul point qui peut faire l'objet de contributions financières directes, les « *charges communes*[14] » relatives à l'organisation, l'administration et la coordination du Programme. L'article 6 dispose que les charges communes sont partagées également entre les Parties, mais laisse aussi la possibilité à d'autres États de contribuer au financement de ces charges communes s'ils choisissent de participer activement à la gestion du Système.

Administration et gestion du Programme

La structure administrative du Programme (article 7) est constituée d'un Conseil composé d'un représentant de chacune des Parties qui prend toutes ses décisions à l'unanimité, et d'un Secrétariat qui est « *l'organe administratif permanent du Programme et assiste le Conseil dans l'exercice de ses fonctions* ». Le Conseil est doté de vastes pouvoirs sur tous les aspects du Programme, notamment la définition des politiques, les relations avec les autres États et organisations internationales, l'établissement d'organes subsidiaires, en tant que de besoin, pour la mise en œuvre de l'Accord, les questions techniques, opérationnelles ou administratives, ainsi que la direction du Secrétariat.

Le Secrétariat, dirigé par un « Chef du Secrétariat » nommé par le Conseil, est entièrement placé sous l'autorité de ce dernier. L'Accord ne donne aucune indication sur la façon dont le Secrétariat doit être établi. Bien que l'ICSPA ait à l'évidence un caractère intergouvernemental et ait force d'accord international, il n'attribue pas de personnalité juridique indépendante au nouveau Programme ni à son Secrétariat. Le Secrétariat doit donc soit fonctionner sous la personnalité juridique d'une entité existante, soit obtenir le statut juridique voulu en vertu d'un autre instrument. Ce dispositif illustre bien la discrétion voulue par les négociateurs de l'ICSPA en 1988 et le souhait

14/ Les « charges communes » du Programme sont essentiellement des frais administratifs, notamment les frais de fonctionnement du Secrétariat et les réunions officielles de Cospas-Sarsat. Elles ne comprennent aucun frais d'acquisition, d'installation ou d'exploitation.

déclaré des Parties d'éviter les frais de mise en place d'une nouvelle structure internationale permanente. On supposait alors que la fonction de secrétariat serait assurée par l'intermédiaire d'une organisation internationale existante.

Comme indiqué à la section 4.2, un Secrétariat Cospas-Sarsat a été mis en place par Inmarsat en août 1987, avant la signature de l'ICSPA, en vertu d'un arrangement contractuel avec les quatre partenaires Cospas-Sarsat, signataires de l'Arrangement de 1984. Après l'entrée en vigueur de l'ICSPA en août 1988, il a suffi d'apporter des changements mineurs à l'Arrangement avec Inmarsat pour continuer avec le Secrétariat existant. Les mêmes partenaires, dorénavant appelés Organismes coopérateurs des Parties à l'ICSPA, deviennent signataires du nouvel arrangement. Lorsqu'en 2005, les Parties décident d'établir le Secrétariat en tant qu'entité juridique indépendante, il faut un nouvel accord intergouvernemental distinct pour donner un statut juridique au Programme et à son Secrétariat (voir la section 4.4).

Fournisseurs du segment sol et États utilisateurs

Le Système Cospas-Sarsat décrit à l'article 3 de l'ICSPA n'est pas fermé à des contributions au segment spatial par d'autres États. L'article 16 envisage clairement la possibilité que d'autres États accèdent au statut de Parties en contribuant au moyen d'« unités de base » supplémentaires du segment spatial, sous réserve de l'approbation des Parties existantes. Cette restriction vise à garantir le maintien de l'intégrité et de la cohérence du Système.

S'agissant de l'équipement du segment sol et des balises de détresse, le Système est à dessein beaucoup plus ouvert. Le préambule de l'ICSPA, tout comme son article 2, disposent que les services d'alerte de Cospas-Sarsat sont accessibles « *à tous les États sur une base non discriminatoire* », ce qui signifie que n'importe qui peut utiliser une balise de détresse qui fonctionne à l'aide du Système et que tous les États peuvent recevoir les alertes de détresse pertinentes produites par le Système, c'est-à-dire les alertes situées dans leur zone de responsabilité pour les services SAR.

L'article 11 traite de la question des relations entre les Parties Cospas-Sarsat et les États qui ne sont pas Partie à l'ICSPA mais choisissent d'exploiter une LUT et un MCC. Ces États sont dénommés « Fournisseurs du segment sol ». La conception du Système permet un accès sans restriction aux canaux SAR des satellites qui sont diffusé en continu à 1 544,5 MHz, et tout opérateur de LUT peut produire des données de localisation à partir de signaux de balise relayés par les instruments des satellites. Toutefois, dans la pratique, la fiabilité des données d'alerte ne peut être assurée qu'en acquérant le savoir-faire requis et en maintenant un échange d'informations techniques avec les fournisseurs des satellites, par exemple pour recevoir des données d'éphéméride des satellites[15].

Ce mécanisme d'association au Programme présente une très grande originalité car il est unilatéral. Il suffit aux États non-Parties qui souhaitent être associés au Programme comme Fournisseurs du segment sol, de signer à un niveau gouvernemental approprié une « Lettre type de notification d'association[16] » en vertu de laquelle ils s'engagent à respecter certaines règles et procédures

15/ Les données d'éphéméride des satellites sont un ensemble de paramètres relatifs au temps et à l'orbite qui permettent aux opérateurs des stations terriennes de réception de déterminer la position précise des satellites en orbite. Il est obligatoire d'actualiser les données d'éphéméride périodiquement afin de calculer la position précise des balises à l'aide de la technique Doppler.

16/ Les textes complets de la lettre type de notification d'association au titre de Fournisseur du segment sol et de la lettre type de notification d'association au titre d'État utilisateur, approuvés par le Conseil Cospas-Sarsat, peuvent

applicables à la mise en service, à l'entretien et au fonctionnement de leur équipement. Les modalités précises de la lettre type de notification d'association ont été approuvées par le Conseil Cospas-Sarsat. Ainsi, si le texte de la lettre type approuvé est utilisé dans la lettre de notification envoyée à l'un des Dépositaires de l'ICSPA, le Conseil Cospas-Sarsat n'a pas à donner une autre approbation, et l'association entre automatiquement en vigueur 30 jours après la réception de cette lettre. Les Fournisseurs du segment sol sont invités aux réunions du Conseil Cospas-Sarsat qui les concernent et aux réunions des organes subsidiaires du Conseil. Cette association exclut tout échange de fonds, à l'exception des frais administratifs décrits comme relevant des « charges communes du Programme ». Les Fournisseurs du segment sol doivent financer leur propre contribution au Système en achetant, en installant et en exploitant l'équipement du segment sol requis (LUT et MCC).

Une procédure unilatérale analogue est suivie pour formaliser les relations entre les Parties Cospas-Sarsat et les États qui souhaitent se servir du Système et participer à sa gestion sans acheter ni exploiter de LUT ou de MCC. En vertu de l'article 12 de l'ICSPA, ces États doivent notifier leur association en envoyant la « Lettre type de notification d'association » au titre d'État utilisateur à l'un des Dépositaires de l'ICSPA. Les États utilisateurs jouissent des mêmes privilèges que les Fournisseurs du segment sol en ce qui concerne leur participation aux réunions. Les Fournisseurs du segment sol, tout comme les États utilisateurs, conviennent de participer financièrement aux « charges communes » du Programme conformément aux décisions du Conseil.

Il est important de noter qu'il n'est pas obligatoire de s'associer officiellement au Programme suivant la procédure de notification volontaire décrite plus haut pour utiliser le Système et recevoir les messages d'alerte de détresse de Cospas-Sarsat. Ces alertes sont communiquées gratuitement par tous les participants au Programme Cospas-Sarsat, indépendamment des coûts que les autorités SAR peuvent avoir à supporter pour recevoir les messages d'alerte de détresse de Cospas-Sarsat et y répondre,.

Responsabilité

La responsabilité liée à la fourniture de services d'alertes de détresse, en cas de défaillance du système ou si l'on peut prouver que des données d'alerte Cospas-Sarsat sont erronées, était une préoccupation constante des Parties Cospas-Sarsat. Plus précisément, l'acceptation internationale du Système Cospas-Sarsat comme faisant partie du SMDSM et sa reconnaissance comme dispositif international de sécurité prescrit par la réglementation maritime et aéronautique entraînent des responsabilités claires en termes de fiabilité du service. Dans les circonstances particulières d'une situation de détresse, de nombreux facteurs peuvent influer sur le fonctionnement d'une balise de détresse ou le succès du traitement du signal de détresse par Cospas-Sarsat. Il est donc impossible de garantir le succès en toutes occasions. L'absence des messages d'alerte attendus ou les erreurs de calcul des positions peuvent être interprétées comme des défaillances du système, et éventuellement aboutir à des actions en justice.

L'article 14 de l'ICSPA dispose que les Parties n'intentent aucune action l'une envers l'autre et ne peuvent présenter aucune demande de réparation. Elles n'acceptent collectivement aucune responsabilité vis-à-vis des utilisateurs en cas de pertes survenant à l'occasion de l'exécution ou de la non-exécution des activités résultant de l'Accord. De plus, les Parties coopèrent dans le but de se

être téléchargé sur le site web officiel de Cospas-Sarsat à l'adresse http://www.cospas-sarsat.int/fr/documents-pro/system-documents sous la référence C/S P.002 – Procédure de notification de l'association au Programme Cospas-Sarsat des États non Partie à l'Accord Cospas-Sarsat (disponible en anglais, français et russe).

protéger contre de telles demandes éventuelles. Des dispositions analogues figurent dans les lettres de notification d'association signées par les Fournisseurs du segment sol et les États utilisateurs.

Entrée en vigueur et durée

L'ICSPA est signé à Paris le 1er juillet 1988 et entre en vigueur soixante jours plus tard. L'article 20 dispose qu'il demeure en vigueur quinze ans et qu'il est prorogé automatiquement par périodes successives de cinq ans. En 2016, l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat avait été prorogé à trois reprises.

4.3.2 La réaction de la communauté maritime : Cospas-Sarsat dans le FSMDSM

En signant l'ICSPA et en choisissant l'OMI comme l'un des Dépositaires, les Parties Cospas-Sarsat démontrent leur volonté d'assurer le maintien à long terme du Système. De plus, l'accès gratuit au Système et la libre concurrence pour la production des RLS sont désormais garantis. Enfin, l'ICSPA reconnaît clairement la responsabilité de l'OMI en matière de réglementation SAR maritime et déclare l'intention des Parties Cospas-Sarsat de coopérer pleinement avec l'OMI et l'OACI (article 2).

La réaction de l'OMI est immédiate, et précède même la signature de l'ICSPA. À sa 54e session en mai 1988, le MSC « *exprime l'opinion que l'ICSPA, lorsqu'il sera conclu, apportera les garanties voulues de la disponibilité et de la continuité du Système Cospas-Sarsat pour le SMDSM* ». Le Système Cospas-Sarsat est accepté comme faisant partie du FSMDSM avec l'inclusion de RLS à 406 MHz dans les prescriptions d'emport pour assurer la fonction d'alerte navire-terre à bord de tous les navires de plus de 300 tonneaux de jauge brute, comme solution alternative aux RLS satellites en bande L fonctionnant avec le système à satellites géostationnaires d'Inmarsat.

En 1988, Cospas-Sarsat est encore le seul système RLS satellite opérationnel disponible car aucun modèle de RLS en bande L n'est encore commercialisé. Plusieurs États, à commencer par le Royaume-Uni et la Norvège, ont déjà rendu obligatoires les RLS satellites à bord de certains types de bâtiments de pêche non couverts par les prescriptions d'emport du SMDSM. Peu après, la France, le Canada, l'URSS et les États-Unis prennent la même mesure. Ces décisions donnent un coup de fouet à la production de RLS satellites à 406 MHz, encouragent la concurrence entre fabricants et font baisser les prix. Finalement, l'OMI décide d'accélérer l'introduction des RLS satellites en les rendant obligatoires sur les navires soumis à la Convention SOLAS à partir du 1er août 1993, six ans avant la mise en place complète du SMDSM.

4.3.3 OACI : *status quo* à 121,5 MHz

Le point de vue des autorités chargées de l'aviation civile sur Cospas-Sarsat et leurs attentes sont quelque peu différents des attentes des administrations maritimes. La présence d'ELT à 121,5 MHz sur tous les avions a été rendue obligatoire dans un certain nombre d'États et les SARP de l'OACI[17] ont fait des ELT à 121,5 MHz un matériel de sécurité obligatoire à bord des vols commerciaux internationaux depuis 1967. La signature de l'ICSPA est une bonne chose mais ne change pas fondamentalement le paysage réglementaire mondial. L'OACI encourage les États à autoriser l'utilisation des balises à 406 MHz pour remplacer les ELT 121,5 MHz, à condition qu'elles soient

17/ SARP : normes et pratiques recommandées de l'OACI.

équipées d'un émetteur 121,5 MHz de faible puissance aux fins de radioralliement, mais ne les appelle pas à passer totalement à la nouvelle fréquence.

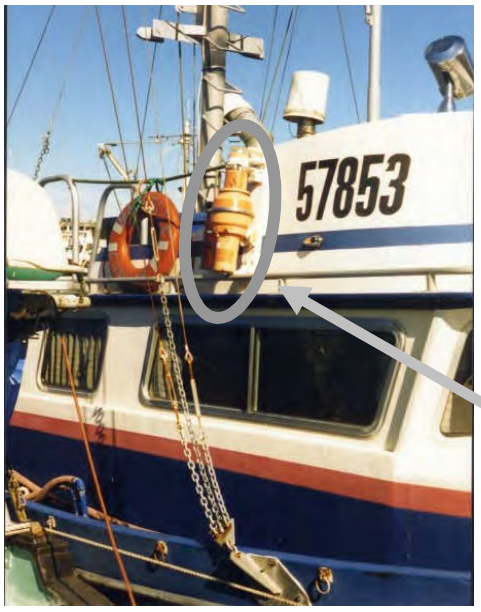
L'OACI et les autorités nationales de l'aviation civile sont conscientes de la forte opposition des propriétaires d'avions privés, ainsi que des compagnies aériennes, à toute nouvelle réglementation qui imposerait un remplacement qu'ils jugent coûteux et sans réel intérêt. Le problème ne sera tranché qu'en 1999, après un débat long et difficile, lorsque l'OACI décidera de rendre l'obligatoire le remplacement des ELT à 121,5 MHz par des unités à 406 MHz avant 2005 (voir la section 5.4).

4.3.4 La Fédération de Russie assume les responsabilités de l'ex-URSS

Le 21 décembre 1991, un protocole portant création d'une Communauté des États indépendants (CEI) est signé à Alma-Ata (Kazakhstan) par onze anciennes républiques de l'URSS. L'URSS est officiellement dissoute le 26 décembre 1991. Cette date marque en réalité la conclusion de bouleversements qui ont commencé en 1987 sous la présidence Gorbatchev et ont en quelque sorte ouvert une nouvelle ère de l'après-Guerre froide.

Moins de trois ans après l'entrée en vigueur de l'ICSPA, les partenaires du Programme international Cospas-Sarsat peuvent craindre que les changements que connaît l'ancienne URSS compromettent la poursuite de l'aventure. Cependant, il devient rapidement clair pour la communauté internationale que les prérogatives et les responsabilités internationales de l'ex-URSS, par exemple son siège permanent au Conseil de sécurité de l'ONU, sont en réalité assumées par la nouvelle Fédération de Russie. On observe la même évolution à l'OACI et à l'OMI, où la Fédération de Russie reprend le siège de l'ex-URSS et les nouveaux États indépendants membres de la CEI sont acceptés comme États membres de ces organisations.

À Cospas-Sarsat, le changement est officialisé dans une note verbale datée du 6 janvier 1992, envoyée par le ministère des Affaires étrangères de la Fédération de Russie au Secrétaire général de l'OMI, informant l'OMI en sa qualité de Dépositaire de l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat que la Fédération de Russie se substitue à l'Union des Républiques socialistes soviétiques comme Partie au Programme international Cospas-Sarsat.



Installation de RLS

Plus précisément, le document indique que « *la Fédération de Russie conserve la pleine responsabilité sur tous les droits et obligations de l'URSS à l'égard du Programme international Cospas-Sarsat, y compris ses obligations financières* ».

Le 20 janvier 1992, le Dépositaire envoie un exemplaire de la note verbale de la Fédération de Russie au Secrétariat Cospas-Sarsat et le transfert de responsabilités est ainsi officiellement achevé.

4.4 Une nouvelle organisation internationale

La signature de l'ICSPA marque une nouvelle étape de l'aventure Cospas-Sarsat mais les succès ont beau être impressionnants, il reste encore beaucoup à faire pour bâtir une nouvelle organisation internationale capable de relever les défis d'un système satellitaire mondial opérationnel. Le premier consiste à s'adapter à la diversité des contributions au Système par les pays et les organisations qui y participent.

4.4.1 Une brève histoire de la participation d'autres pays

1981-1984 : les pays investigateurs durant la phase de démonstration et d'évaluation de Cospas-Sarsat

Dès le début de leur coopération, les partenaires Cospas-Sarsat accueillent favorablement l'intérêt que manifestent d'autres pays pour le Système Cospas-Sarsat. Daniel Ludwig, Chef du projet Sarsat au Centre spatial du CNES de Toulouse (France), organise la première « réunion régionale Sarsat » les 21 et 22 septembre 1981, à laquelle participent des représentants d'organismes norvégiens et le ministère britannique du Commerce[18]. Les représentants norvégiens annoncent que leur pays a l'intention de mettre en place sa propre LUT (station de réception ou 'terminal d'utilisateur local). La deuxième « réunion régionale » se tient du 2 au 3 mars 1982 à Oslo (Norvège), et des représentants du Royaume-Uni, de la Norvège, de la Finlande et de la Suède y assistent.

En avril 1982, des représentants de la Norvège, du Royaume-Uni et du Japon sont invités à se joindre à la réunion du Groupe de pilotage Sarsat (SSG-6) à Paris (France) le 9 avril 1982, dernier jour de la réunion. De plus, ces représentants sont invités à assister à une réunion des pays investigateurs à Moscou (URSS) le 17 avril 1982, en marge de la troisième réunion du Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG-3, du 13 au 17 avril 1982). La question du rôle et du statut de ces pays dans l'expérience Cospas-Sarsat est officiellement abordée à Moscou. Ces pays seront par la suite baptisés « investigateurs ». Étant donné que le clivage Est-Ouest de la Guerre froide persiste et que le système satellitaire est encore en développement, les partenaires conviennent que le groupe Sarsat coordonnerait de son côté la participation des pays occidentaux tandis que l'URSS coordonnerait celle des pays de l'Est. Les années suivantes, des « ententes » sur la participation des pays investigateurs à la phase de démonstration et d'évaluation sont signées par les trois partenaires Sarsat et des organismes de la Norvège, du Royaume-Uni, du Japon, de la Finlande et du Brésil, ainsi qu'entre Morsviazsputnik et Voden Transport en Bulgarie, ce qui permet à ces pays de procéder à des essais avec des satellites Cospas et Sarsat et de rendre compte de leurs résultats.

Il n'est pas rare d'entendre parler de « famille » lorsque l'on évoque ceux qui se sont retrouvés régulièrement à Cospas-Sarsat, une famille qui a connu bien peu de querelles. C'est sans aucun doute l'expérience que nous avons vécue de la coopération toutes ces années : « *Un bon état d'esprit, une volonté de parvenir à des objectifs communs, des valeurs en partage. Il s'agissait de bien coordonner notre action pour sauver des vies dans des situations de détresse, où qu'elles se produisent. Tout cela a été réalisé par des gens qui ne réclamaient rien, mais qui agissaient* ».

La Norvège est un petit pays, mais nous étions pris au sérieux et Cospas-Sarsat était à notre écoute. Nous participions sans arrière-pensées, mus uniquement par la volonté que les services de recherches et sauvetage obtiennent de bons résultats partout dans le monde.

Olav Sonderland
Chef du NMCC/RCC du Nord de la Norvège (1985-1993)

18/ La délégation norvégienne est dirigée par Bjorn Landmark, du Centre spatial norvégien, et David Pope dirige la délégation du ministère britannique du Commerce.

D'autres réunions régionales européennes ont lieu en 1983, à Toulouse (France) le 26 janvier, à Tromsoe (Norvège) du 13 au 17 juin, et à Londres (Royaume-Uni) du 19 au 20 septembre, afin de coordonner les essais européens durant la phase de démonstration et d'évaluation, ce qui suppose d'échanger des données des LUT installées à Toulouse (France), Tromsoe (Norvège) et Lasham (Royaume-Uni). Dès la fin de 1984, outre la Norvège, le Royaume-Uni, la Bulgarie, le Japon, le Brésil, la Finlande et la Suède déjà mentionnés plus haut, des organismes d'Australie, du Danemark, d'Inde, du Venezuela, de Singapour, d'Espagne et de Suisse expriment également leur souhait d'établir des relations avec le projet Cospas-Sarsat.

1985-1990 : Participation comme opérateurs de LUT ou pays utilisateurs avant l'ICSPA

L'Arrangement de 1984 prévoit l'établissement d'un nouvel organe chargé de la gestion du système, le Comité directeur Cospas-Sarsat (CSSC). Le système LEOSAR est déclaré opérationnel à la première réunion du CSSC qui se tient à Seattle, (Washington, États-Unis) en 1985. De plus en plus de pays manifestent leur intérêt pour une participation, mais le nouvel arrangement quadripartite ne prévoit aucun statut explicite pour des organismes d'autres pays. Les pays qui souhaitent exploiter des LUT ou rejoindre les partenaires dans la gestion du système opérationnel sont invités à signer un arrangement distinct qui définit leurs obligations, cette fois entre le principal organisme du pays et les quatre partenaires Cospas-Sarsat conjointement, et établit officiellement leur rôle dans le Système. Quant à leur participation aux réunions Cospas-Sarsat, l'Arrangement de 1984 indique seulement que « *la participation des autres pays ou des organisations internationales aux réunions COSPAS-SARSAT sera laissée à l'appréciation du CSSC* » et que « *Normalement, les organismes responsables des LUT ou des autres installations terriennes seront invités* ».

En réalité, le nombre « d'observateurs » d'autres pays aux réunions Cospas-Sarsat ne cesse d'augmenter, quel que soit le statut officiel des pays. Au CSSC-4 en novembre 1987, des Arrangements ont déjà été signés avec quatre administrations ou organismes opérateurs de LUT au Brésil (INPE), en Inde (ISRO), en Norvège (ministère de la Justice) et au Royaume-Uni (ministère des Transports). Quatre autres arrangements sont signés avec des administrations ou organismes en Bulgarie (Voden Transport Shipping Corp.), au Danemark (Administration de l'aviation civile), en Suède (Office national des services de secours) et en Suisse (Office fédéral de l'aviation civile). Le ministère des Transports du Japon signe un accord distinct pour sa propre expérimentation avec le Système, et d'autres ententes sont en cours de négociation avec des organismes du Chili, d'Italie et du Venezuela pour l'exploitation de leur LUT.

Fournisseurs du segment sol et États utilisateurs en vertu de l'ICSPA

Après l'entrée en vigueur de l'ICSPA en 1988, l'association formelle d'États au Programme international Cospas-Sarsat est ouverte, mais les procédures détaillées pour la réaliser, en particulier le texte des lettres types de notification d'association au titre de Fournisseur du segment sol ou d'État utilisateur n'est pas encore arrêté. La définition de la procédure d'association sera l'une des premières tâches du nouveau Conseil Cospas-Sarsat et du Secrétariat. Elle est réalisée en coordination avec les Dépositaires de l'ICSPA (les services juridiques de l'OACI et de l'OMI agissant au nom de Secrétaire général de l'OACI et du Secrétaire général de l'OMI), qui doivent en principe recevoir et accepter officiellement la notification d'association des États après avoir vérifié que le document est conforme à la procédure convenue.

Par le passé, les administrations et les organismes responsables des services SAR aéronautiques, maritimes ou terrestres étaient si divers qu'il était parfois difficile de déterminer quelle organisation

de tel ou tel pays devait être chef de délégation aux réunions Cospas-Sarsat ou aux négociations sur les arrangements avec les partenaires Cospas-Sarsat. Les partenaires se souvenaient encore de réunions durant lesquelles ils avaient eu du mal à déterminer qui était le chef de la délégation d'un pays tant les membres de la délégation affichaient des positions divergentes. Ce type de situation n'était plus tolérable dans une organisation internationale mature où des États, et non plus des agences ni des administrations, étaient représentés. De plus, la procédure d'association par les États étant unilatérale, on ne pouvait laisser planer aucune ambiguïté sur la procédure de notification concernant la représentation des États aux réunions du Programme.

Une règle stricte est donc adoptée, qui exige que les lettres de notification d'association soient signées par le Chef de l'État, le Chef du gouvernement ou le ministre des Affaires étrangères du pays. Si la lettre est signée par un fonctionnaire de grade inférieur, sa signature doit être autorisée par écrit par l'une des trois autorités supérieures. Cette règle rigoureuse est parfois jugée excessive et contraignante. Ajoutée à la procédure de notification inhabituelle, elle a sans doute provoqué des retards dans l'association formelle au Programme de certains États[19]. Toutefois, grâce à la diligence des services juridiques de l'OMI et de l'OACI, l'application de la nouvelle procédure a certainement évité des incidents diplomatiques fâcheux lorsque des fonctionnaires trop enthousiastes se précipitaient pour notifier leur souhait personnel de rejoindre le Programme et de diriger la délégation de leur pays aux réunions Cospas-Sarsat.

La première « Conférence des États utilisateurs » se tient à Londres les 17 et 18 novembre 1988, et est suivie par la première réunion du Conseil Cospas-Sarsat (CSC-1). Outre les quatre Parties à l'ICSPA, quatorze pays[20] sont représentés. Après une présentation formelle du contenu et des principes de l'ICSPA, la version préliminaire des lettres types de notification d'association est examinée avec les participants potentiels. Les textes proposés sont rédigés en reprenant les formulations utilisées dans l'ICSPA pour les deux grandes raisons suivantes :

- éviter des débats inutiles en reprenant la terminologie déjà approuvée par la signature de l'ICSPA ;
- reconnaître le statut d'État associé dans un document officiel qui sera signé par les autorités au plus haut niveau de l'État.

Les relations entre les quatre « Fournisseurs du segment spatial », désormais Parties à l'ICSPA, et les autres participants, évoluent avec la perspective de partager le fardeau financier des charges communes du Programme. Bien qu'elle soit modeste si on la compare au coût de fourniture du segment spatial ou de l'achat et de l'exploitation d'un LUT et d'un MCC, la contribution financière aux frais des réunions et de l'administration du Programme est importante car elle marque l'appartenance à la communauté Cospas-Sarsat. La qualité de membre donne droit aux participants d'exprimer des avis au cours des réunions de Cospas-Sarsat, aussi bien les réunions « ouvertes » du Conseil que les réunions des organes subsidiaires où tous les participants bénéficient du même statut. La contribution aux charges communes par les États non-Parties est introduite sous la forme d'un forfait annuel agréé par le Conseil. Son montant augmente au fil des ans à mesure que le Programme se développe, pour finir par couvrir plus de 50 % de l'ensemble des charges communes. Avec cette

19/ Ainsi, du fait du niveau exigé du signataire, l'association du Japon doit être autorisée par le parlement national, ce qui retarde d'un an l'achèvement de la procédure de notification. L'association du Japon entre en vigueur le 10 juillet 1993.

20/ Australie, Brésil, Bulgarie, Chili, Danemark, Inde, Italie, Japon, Norvège, Pologne, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Venezuela.

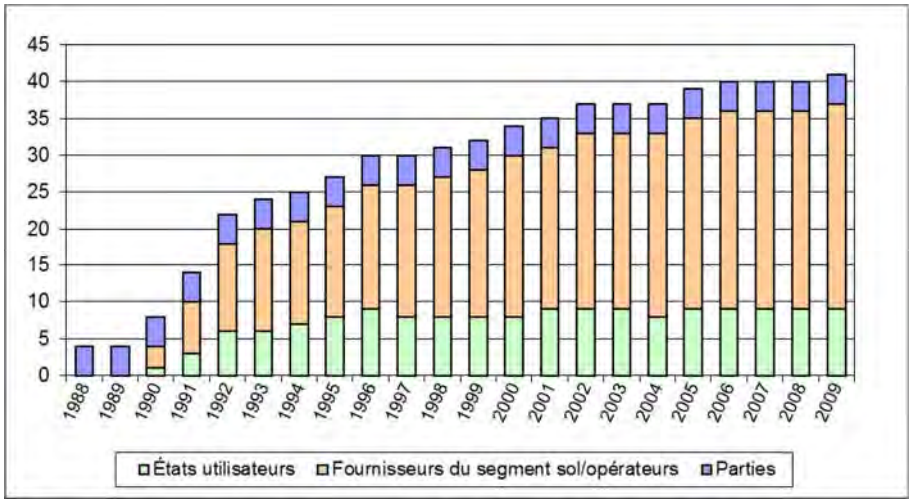
approche les Parties à l'ICSPA conservent le contrôle intégral de la gestion du Secrétariat et restent responsables en dernier ressort des charges communes encourues par le Programme. La règle établie par le Conseil après discussion avec les autres États participants est que la contribution annuelle des Fournisseurs du segment sol et des États utilisateurs est identique, indépendamment de leurs propres dépenses, qui sont bien entendu différentes pour chacun des deux types d'association.

Réunions « ouvertes » et « fermées » du Conseil

Les précisions apportées au statut des États associés au Programme et à leur rôle dans la gestion du Système ne modifient pas fondamentalement les responsabilités des Parties en matière de fourniture du segment spatial. Seuls les représentants des Parties sont membres à part entière du Conseil, et ils sont les seuls à pouvoir prendre des décisions officielles sur tous les aspects du Programme.

Il est cependant évident pour l'ensemble des participants que toute décision susceptible d'avoir des conséquences sur l'exploitation du segment sol ou sur les balises et donc d'entraîner des frais importants pour les usagers et les Fournisseurs du segment sol, doit être acceptée par tous, y compris les États et organisations associés. Dans un système satellitaire totalement interopérable, cela concerne pratiquement toutes les questions techniques et opérationnelles que le Conseil doit traiter. Par conséquent, tout organe subsidiaire chargé de se pencher sur ces questions pour préparer les décisions du Conseil doit être ouvert à tous, Parties et États associés. De même, les réunions du Conseil où les décisions sur ces questions techniques et opérationnelles seront prises doivent être « ouvertes » à la participation des États associés.

Deux types de réunions du Conseil sont organisés. Durant les réunions « fermées », les quatre Parties traiteront des questions administratives, de politique générale et de gestion, ainsi que de toute question particulière relative au segment spatial qui exige une étroite coordination. Au moins une fois par an, une réunion ouverte se tiendra également, à laquelle tous les États associés seront invités à participer, et où les questions d'intérêt général, y compris les questions d'ordre technique et opérationnel, seront débattues avant qu'une décision officielle soit prise.



Nombre de participants : Parties, Fournisseurs et opérateurs du segment sol et États utilisateurs, 1988 à 2009
Source : Secrétariat Cospas-Sarsat

Des participants de plus en plus nombreux

En 2009, outre les quatre Parties à l'ICSPA (Canada, Fédération de Russie, France et États-Unis), vingt-six États sont associés en qualité de Fournisseurs du segment sol et neuf en qualité d'États utilisateurs. Le graphique ci-dessus illustre l'évolution du nombre de participants au cours des ans

et recouvre les Parties, les Fournisseurs du segment sol, les opérateurs du segment sol et les États utilisateurs. Il montre le succès rapide du Programme et l'effet de l'ICSPA sur la décision des autres États de rejoindre Cospas-Sarsat. La liste des États et organisations associés à la fin de 2009 figure à l'annexe 3. La liste officielle actualisée se trouve dans le document Cospas-Sarsat C/S P.010, que l'on peut télécharger sur le site web de Cospas-Sarsat[21].

4.4.2 Le cas particulier des organisations associées

Comme nous l'avons expliqué à la section 4.3.1, seuls les États peuvent mettre en œuvre la procédure d'association formelle définie dans l'ICSPA ou accéder à l'Accord en fournissant au moins une unité de base du segment spatial. La même règle s'applique à l'association formelle avec le Programme comme « Fournisseur du segment sol » ou « État utilisateur ». Cette limitation aux États est contournée dans le cas du ministère de la Marine de Hong Kong, Chine et de l'International Telecommunication Development Company (ITDC)[22], qui obtiennent le statut d'« organisations associées » défini spécialement par le Conseil pour tenir compte de leur situation particulière.

Le ministère de la Marine de Hong Kong

En 1989, sous l'autorité britannique, le ministère de la Marine de Hong Kong décide de moderniser l'équipement de son Centre de coordination de sauvetage maritime (MRCC) pour le rendre conforme aux normes du SMDSM. Dès 1990, grâce à l'action menée par le responsable du MRCC de Hong Kong, M. Philip Weaver, deux LEOLUT Cospas-Sarsat et un centre de contrôle de mission (MCC) sont exploités à Hong Kong. Cependant, Hong Kong ne peut pas s'associer au Programme en suivant la procédure officielle car celle-ci s'applique uniquement aux États. Par voie diplomatique, la République populaire de Chine indique qu'elle ne formulera pas d'objection à la participation d'entités régionales chinoises au système Cospas-Sarsat. À cette époque, la République populaire de Chine envisage aussi de s'associer au Programme comme État utilisateur, ce qui s'est réalisé le 18 novembre 1992.

En 1991, au CSC-7, le Conseil Cospas-Sarsat décide que la participation de Hong Kong, Chine au Système Cospas-Sarsat serait avantageuse pour le Programme et que l'article 9 donne au Conseil un pouvoir suffisant pour se prononcer sur cette amélioration du Système. Le Conseil adopte par conséquent une procédure spéciale en vertu de laquelle une organisation telle que le ministère de la Marine de Hong Kong peut devenir associée au Programme comme « opérateur du segment sol », avec des droits et des obligations analogues à ceux des Fournisseurs du segment sol. La seule différence avec la procédure applicable aux États, outre le remplacement de l'appellation « État » par « organisation associée », est qu'une proposition d'association doit être soumise au Conseil et approuvée par lui avant de transmettre une lettre de notification au Secrétariat, au lieu des dépositaires de l'ICSPA. La lettre de notification de l'association d'un opérateur du segment sol est par ailleurs assez semblable à la lettre type de notification que doivent envoyer les États. La même contribution aux charges communes du Programme est attendue des organisations associées.

La mise en œuvre pratique de la procédure est retardée par les négociations en cours entre le Royaume-Uni et la République populaire de Chine sur le retour de Hong Kong sous l'autorité chinoise. Bien que la Chine ne formule aucune objection de principe à l'association du ministère de la Marine de Hong Kong avec le Programme Cospas-Sarsat, le ministère de la Justice de Hong Kong

21/ http://www.cospas-sarsat.int/fr/documents-pro/system-documents
22/ ITDC : Société de développement des télécommunications internationales (Taipei chinois)

recommande que le ministère de la Marine ne signe pas la lettre d'association en raison des obligations internationales qui en découlent. Cospas-Sarsat adopte, comme d'habitude dans ce genre de circonstance, une approche pragmatique. Hong Kong continue d'exploiter ses LUT avec le concours de Cospas-Sarsat et de payer à titre volontaire la contribution annuelle forfaitaire aux charges communes du Programme, tout en assistant aux réunions avec le statut d'« observateur ».

La question est close en 1997 à la 19e session du Conseil Cospas-Sarsat, après le retour effectif de Hong Kong sous souveraineté Chinoise. La République populaire de Chine, qui est déjà associée comme État utilisateur, décide de relever le niveau de son association en devenant Fournisseur du segment sol avec ses propres LUT et MCC à Beijing. Ce changement entre en vigueur en mars 1997. Au CSC-19, la délégation chinoise déclare cependant qu'elle souhaite maintenir les activités de Hong Kong dans le Programme Cospas-Sarsat, ouvrant ainsi la voie à une association séparée par le ministère de la Marine de Hong Kong comme opérateur du segment sol. L'association de Hong Kong dans la catégorie spéciale d'« opérateur du segment sol » entre en vigueur le 28 juin 1998.

L'International Telecommunication Development Company (ITDC)

En 1991, l'International Telecommunication Development Company (ITDC) prend contact avec le Secrétariat car elle envisage d'installer une station LUT sur l'île de Taïwan. À la réunion du CSC-7 en 1991, le Conseil Cospas-Sarsat décide que l'amélioration du Système proposée bénéficierait au Programme et que la procédure d'association prévue pour les organisations peut être utilisée pour formaliser la participation de l'ITDC au Programme Cospas-Sarsat.

L'association de l'ITDC comme opérateur du segment sol est accomplie en 1992, suivant la procédure applicable aux organisations associées, sous forme d'une lettre de notification reçue par le Secrétariat Cospas-Sarsat. Elle entre en vigueur le 4 juin 1992.

4.4.3 L'Inde comme Fournisseur du segment sol et Fournisseur du segment spatial

L'association de l'Inde comme Fournisseur du segment sol devient effective le 23 mai 1991 après le dépôt de sa lettre d'association auprès de l'OACI en application des dispositions de l'ICSPA. L'Inde avait développé sa propre LUT, installée dans un premier temps à Lucknow puis déplacée à Bangalore, principal centre technique de l'ISRO, l'organisation de la recherche spatiale indienne.

L'ISRO, en tant que chef de file de l'ambitieux programme spatial indien, s'était cependant déclarée intéressée par une contribution au Système Cospas-Sarsat dès 1986 durant le CSSC-2 réuni en France à Villefranche. Le représentant de l'ISRO, M. Jay Singh, avait déclaré que l'ISRO était prête à étudier la possibilité d'installer une charge utile SAR à bord d'un futur satellite indien en orbite polaire si les partenaires confirmaient leur intérêt pour la proposition de l'Inde de compléter le système polaire Cospas-Sarsat. Une autre option consistait à fournir un répéteur à 406 MHz sur un futur satellite géostationnaire de télécommunications de la série INSAT. Le système polaire ayant déjà été déclaré opérationnel, l'option du satellite géostationnaire intéressait les partenaires Cospas-Sarsat au plus haut point. La difficulté pour Cospas-Sarsat était alors de fournir un complément GEOSAR au système LEOSAR, avec une couverture complète. Les satellites INSAT constitueraient un complément essentiel à la couverture partielle GEOSAR qui devait être assurée par les charges utiles à 406 MHz installées sur les satellites météorologiques des États-Unis de la série GOES. INSAT, à une longitude de 82° Est environ, serait idéalement situé pour combler le trou de couverture.

Malheureusement pour le représentant de l'ISRO à Villefranche, la reunion CSSC-2 n'est pas le moment idéal pour coordonner de nouveaux projets avec les partenaires Cospas-Sarsat. Le débat très animé sur la mise en place prévue du Secrétariat à Inmarsat, désormais menacée, et l'absence de progrès sur la question institutionnelle ont fait monter les tensions entre les partenaires (voir la section 4.2.4). L'avenir semble assombri et les projets d'expansion du système ne sont pas prioritaires. Il n'en reste pas moins que la perspective qu'une couverture GEO complète à 406 MHz est très intéressante et l'ISRO est encouragée à étudier et à développer l'option INSAT.

Le satellite géostationnaire INSAT 2-A équipé d'un répéteur à 406 MHz est lancé en 1992 et les essais du système INSAT avec une station de réception à Lucknow (Inde) font partie de la phase de démonstration et d'évaluation du système GEOSAR (en 1996 et 1997). Après des essais approfondis de tous les aspects techniques et opérationnels, le Conseil convient que les satellites GEOSAR présentent des avantages notables en termes d'alertes de détresse. Par conséquent les composantes GEOSAR disponibles constituent une amélioration du Système Cospas-Sarsat et doivent être déclarées « opérationnelles » .



Satellite géostationnaire INSAT
Photo avec l'aimable autorisation de l'ISRO

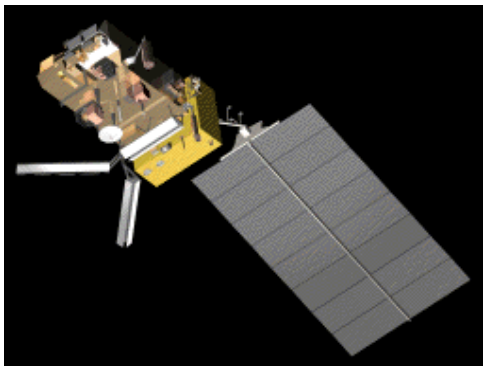
Le principe d'« amélioration » du système s'inscrit dans la logique du pouvoir octroyé au Conseil en vertu des dispositions de l'ICSPA. C'est pourquoi en 1998, au CSC-21, les satellites GOES des États-Unis peuvent être déclarés comme faisant partie d'un segment spatial Cospas-Sarsat amélioré et le système GEOSAR peut être déclaré opérationnel, même si officiellement il n'est pas encore complet.

Le satellite INSAT 2-A est disponible et une nouvelle GEOLUT a été installée au principal centre technique de l'ISRO à Bangalore, avec le MCC indien. L'intégration officielle des satellites INSAT dans le Système Cospas-Sarsat pose cependant des problèmes politiques délicats. L'Inde n'est pas Partie à l'ICSPA et n'a pas clairement déclaré son intention à ce sujet. Devenir une Partie à l'ICSPA doit passer par des négociations avec les Parties existantes et requiert des ajustements de politique. Il faudrait en particulier que Cospas-Sarsat décide officiellement qu'une charge utile et une plateforme de satellite géostationnaire peuvent être considérées comme une « unité de base » du système au sens de l'article 3 de l'ICSPA. Pour l'Inde, cela supposerait un engagement accru, notamment la participation à toutes les réunions du Conseil et la prise en charge d'une plus grande partie des charges communes du Programme, à égalité avec les autres Parties. La gestion d'un programme spatial national en expansion impose sa pression et l'ISRO à des engagements beaucoup plus urgents que sa participation à la gestion du Système Cospas-Sarsat mondial. Finalement, après de longs préparatifs, on opte pour une solution beaucoup moins contraignante et un arrangement distinct est négocié entre les quatre Parties Cospas-Sarsat et la République de l'Inde pour la fourniture de composantes du système GEOSAR comprenant une plate-forme de satellite géostationnaire avec une charge utile GEOSAR à 406 MHz et l'équipement de traitement au sol nécessaire. Cet Arrangement[23] doit malgré tout être signé au niveau gouvernemental, l'État signataire prenant des

23/ Document C/S P.009 « Arrangement entre les États Parties à l'Accord international relatif au Programme Cospas-Sarsat et la République de l'Inde concernant l'association de la République de l'Inde au Programme Cospas-Sarsat en qualité de fournisseur de services par satellite géostationnaire pour les recherches et le sauvetage (GEOSAR) », disponible sur le site web officiel de Cospas-Sarsat.

engagements clairs concernant le maintien de la capacité GEOSAR et le respect des normes de fonctionnement du Système Cospas-Sarsat. Il est signé en 2007 et l'Inde devient officiellement un « Fournisseur du segment spatial » ainsi qu'un « Fournisseur du segment sol » dans le système à satellites Cospas-Sarsat, sans avoir à assumer les responsabilités d'une Partie à l'ICSPA.

4.4.4 EUMETSAT et la coopération internationale sur les satellites météorologiques



Satellite Metop d'EUMETSAT
Photo avec l'aimable autorisation d'EUMETSAT

L'ICSPA dispose que les deux plates-formes de satellites LEO du système Sarsat sont fournies par la NOAA (États-Unis). Lorsque l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques EUMETSAT commence à mettre au point ses propres capacités de satellites LEO, les avantages d'une coopération avec la NOAA en vue de mettre en place un système coordonné à deux satellites LEO apparaissent clairement. En 1998, EUMETSAT et la NOAA signent l'Accord IJPS (système polaire initial conjoint). En vertu de cet accord, chaque organisation met au point et exploite son propre satellite, partageant ainsi la charge consistant à fournir des données pour les prévisions météorologiques. Chaque organisation échange des instruments qui seront installés sur le satellite de l'autre organisation, ce qui évite la duplication de certains frais de développement et assure que des données comparables seront recueillies par les instruments des deux satellites opérationnels. Dans le cadre du nouvel accord IJPS entre la NOAA et EUMETSAT, le premier satellite du système polaire EUMETSAT (EPS), le Metop-A, lancé le 19 octobre 2006, embarque la charge utile SARR canadienne et la charge utile SARP française et devient l'un des satellites opérationnels du système Sarsat. EUMETSAT contribue au total deux satellites LEO dotés de charges utiles SAR pour le système LEOSAR : Metop-A (Sarsat-11) et Metop-B (Sarsat-13).

De plus, indépendamment de sa contribution en application de l'Accord IJPS, EUMETSAT accepte de fournir une capacité de répéteur à 406 MHz sur ses satellites géostationnaires Meteosat de deuxième génération (MSG). Les satellites MSG-1 et MSG-2 sont lancés respectivement en 2002 et 2005, ce qui élimine une discontinuité potentielle de la couverture GEOSAR à 0 degré de longitude. La contribution d'EUMETSAT au système GEOSAR à 406 MHz, composée de quatre satellites MSG, est officiellement reconnue en 2010 sous forme d'un Arrangement spécifique[24].



Antenne de terminal LEOLUT Cospas-Sarsat
Photo avec l'aimable utilisation du CNES

Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

24/ Document C/S P.008 « Arrangement de coopération entre les organismes coopérateurs des Parties à l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat et l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT) concernant la contribution d'EUMETSAT au système GEOSAR de Cospas-Sarsat », disponible sur le site web officiel de Cospas-Sarsat.

4.5 Le passage de débuts informels à une organisation internationale mature

Le deuxième défi à relever par la nouvelle organisation internationale est d'adopter des méthodes de travail efficientes et de répondre aux attentes de participants de plus en plus nombreux.

4.5.1 Entrée en matières à Inmarsat

Retour sur les premiers jours de la coopération entre les partenaires Cospas-Sarsat

Cospas-Sarsat démarre en 1979 comme un programme de coopération entre des agences spatiales et des centres de recherches sur les télécommunications. Bien que la coopération internationale entre les pays de l'Ouest et de l'Est, assez inhabituelle à l'époque, ne puisse se faire sans la participation de hauts responsables et exige des procédures de travail formalisées, par exemple la signature d'un rapport à la fin de chaque réunion, le déroulement des réunions des partenaires Cospas-Sarsat reste assez informel. Le principe salutaire de rotation de la présidence et du lieu des réunions entre les différents partenaires aide à créer un climat de confiance et en définitive de compréhension mutuelle, malgré la barrière des langues, les fossés culturels évidents et les préjugés qui règnent en cette période de Guerre froide. La tension est palpable lorsqu'il s'agit de faire des choix difficiles. Malgré tout, la taille généralement réduite des délégations, du moins dans les premiers temps, et la stabilité des équipes permettent de surmonter progressivement les difficultés causées par les méthodes de travail et les cultures techniques différentes.

Il n'y a à l'époque ni courrier électronique ni Internet pour communiquer entre les réunions. Les informations ne sont échangées que durant les réunions, qui durent une semaine. Les mondanités occupent une place importante avant et après les séances, sous forme de soirées de bienvenue et de réceptions pour célébrer le travail accompli, avec tout ce que cela suppose de toasts à la bière, au vin ou à la vodka. Il faut ici mentionner tout particulièrement le dévouement des interprètes, qui appartiennent alors aux délégations nationales et acceptent de se mêler aux délégués après les séances de travail. Ils enrichissent un vaste vocabulaire de termes techniques, d'acronymes et d'expressions familières en trois langues : l'anglais, essentiellement ses versions américaine et canadienne, le français et le russe. Leur participation aide beaucoup à combler les fossés culturels qui semblent parfois infranchissables.

Après huit années de réunions qui se tiennent en alternance au Canada, en France, en Russie et aux États-Unis, sans compter les réunions en Norvège et au Royaume-Uni des équipes Sarsat, l'heure n'est plus à parcourir le monde, du moins provisoirement, dès lors que le Secrétariat est établi à Inmarsat près de la gare de Euston à Londres (Royaume-Uni). Les partenaires, profitant des services de conférence d'Inmarsat qui facilitent beaucoup la planification et la gestion des réunions, décident de s'installer et de se concentrer sur la tâche considérable qui les attend. Il s'agit notamment de finaliser les questions de détail restées en suspens dans le texte définitif de l'ICSPA. Les points urgents concernent la procédure d'association au Programme des États non-Parties, le règlement intérieur du nouveau Conseil et l'organisation des organes subsidiaires.

Les premiers pas à Inmarsat

Les dernières sessions du Comité directeur Cospas-Sarsat à Londres en 1987 et au printemps 1988, avant que le CSSC soit remplacé par le Conseil, se tiennent dans la même confusion que les sessions précédentes. Des réunions trop nombreuses sont organisées en parallèle, chacune avec un mandat distinct, ou l'une après l'autre mais avec des participants différents. Les séances consacrées à la

gestion du programme se succèdent, certaines ouvertes à tous les participants, d'autres limitées aux partenaires principaux. Les procédures d'établissement des rapports sont vagues et les méthodes de travail évoluent en fonction de la personne qui préside la réunion. Le nouveau Secrétariat bénéficie du concours et de l'expérience des services des conférences d'Inmarsat mais faute de procédures de travail établies, la gestion des documents et la préparation du rapport définitif des réunions restent difficiles. Tout comme à la vieille époque des réunions du Groupe de coordination Cospas-Sarsat, le rapport définitif doit être signé par les chefs de délégation des quatre partenaires, et des exemplaires de tous les documents, y compris le rapport du CSSC et ses annexes, distribués à tous les participants à la fin des réunions. Même avec les moyens considérables des services des conférences d'Inmarsat qui disposent de photocopieuses rapides, la tâche reste immense pour la petite équipe du Secrétariat, qui se limite à deux fonctionnaires, épaulés par Inmarsat.

Un tournant est franchi avec l'adoption de plusieurs décisions à la première réunion du Conseil, notamment le règlement intérieur du Conseil, les règles de préparation du « compte rendu » et l'abandon de l'obligation de publier un document « propre » prêt à la signature avant la fin de la réunion. Le Conseil décide que le projet de compte rendu, corrigé par les délégués durant leur dernier examen, sera le dernier document publié durant la réunion. Le texte définitif « propre » du compte rendu, comprenant toutes les corrections approuvées par le Conseil, sera préparé par le Secrétariat après la réunion et distribué par voie postale à toutes les délégations, comme c'est la pratique dans d'autres organisations internationales reconnues. En outre, suivant la proposition de Youri Zourabov, de Morsviazsputnik et désormais représentant de la Partie URSS, le Conseil décide de simplifier la préparation du compte rendu en suivant les principes déjà adoptés par Inmarsat. Le compte rendu du Conseil sera structuré selon une présentation formelle en trois étapes. Pour chaque point de l'ordre du jour, la question à l'étude sera d'abord exposée, accompagnée des références voulues aux documents de travail soumis à examen, et introduite par les termes « *Le Conseil prend note…* ». Les principaux points du débat seront alors résumés afin de présenter et d'expliquer la décision finale. Enfin, une décision soigneusement formulée sera rédigée en conclusion du point examiné, et introduite par les termes « *Le Conseil décide…* ».

Ce formalisme pourrait sembler assez artificiel à un observateur non averti mais il présente des avantages considérables. Premièrement, il facilite la tâche du Secrétariat car il supprime toute tentation de transcrire intégralement le contenu des débats. De plus, en créant un modèle de rapport stable et familier, il permet aux membres des délégations dont la langue maternelle n'est pas l'anglais de mieux comprendre les questions qui font l'objet du compte rendu, les débats à ce sujet et la conclusion à laquelle on est finalement parvenu, exposée dans la décision finale. Le nombre de pays associés et de participants aux réunions augmentant rapidement, ce dernier aspect n'est pas dénué d'intérêt. Après des questions très techniques, une nouvelle série de questions opérationnelles difficiles doit désormais être traitée par des délégations d'origines très diverses et généralement peu habituées aux grandes réunions internationales. Les partenaires s'engagent ainsi en terrain inconnu.

Dans un programme coopératif international où toutes les décisions doivent être prises à l'unanimité par les membres du Conseil, la structure du compte rendu présente un autre avantage : elle minimise les différences de points de vue exprimées durant les débats tout en mettant en lumière les fondements du consensus final reflété dans la décision. Les divergences de vues sont fréquentes et peuvent toujours être consignées si les délégations le demandent pour illustrer la complexité d'une question, mais l'expérience a abondamment montré les inconvénients qu'il y avait à inscrire sur le papier les paroles prononcées dans le feu de la discussion. La préparation conjointe des rapports des réunions par une petite équipe composée d'un membre de chaque délégation avait été la règle aux réunions du Groupe de coordination Cospas-Sarsat avant 1985. Elle fut abandonnée pour les

réunions du Comité directeur Cospas-Sarsat, notamment à cause de l'inflation du nombre de délégations et du peu de temps laissé par les ordres du jour chargés. Les conséquences ne furent pas bonnes, l'examen des rapports se prolongeant jusqu'à la nuit et ne s'achevant que tôt le lendemain matin.

La formalisation de la préparation du compte rendu est utile au Programme car elle permet de bien retracer les décisions, qui sont ensuite consignées dans des documents séparés[25] approuvés et contrôlés par le Conseil. Avec un règlement intérieur clair adopté par le Conseil, elle améliore considérablement l'efficacité des réunions.

Organes subsidiaires du Conseil : le Comité conjoint

La mise en place d'organes subsidiaires qui se réunissent indépendamment du Conseil pour préparer les décisions sur toutes les questions techniques et opérationnelles a également un effet notable. De petites réunions techniques ou opérationnelles *ad-hoc* avaient certes eu lieu par le passé avec un mandat précis, généralement limité à une seule question[26], mais les partenaires n'avaient jamais autorisé que des séances techniques ou opérationnelles importantes avec un ordre du jour précis se tiennent séparément des principales réunions du Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG) ou de celles du Comité directeur Cospas-Sarsat (CSSC) qui remplace le CSCG en 1985. Tous les débats des groupes de travail en dehors de la séance principale devaient être portés à l'attention du CSCG ou du CSSC en séance plénière et figurer dans un rapport définitif unique, même si cela obligeait à joindre au rapport un nombre stupéfiant d'annexes[27].

L'établissement en 1988 d'organes subsidiaires du Conseil sous forme de deux groupes de travail, le Groupe de travail opérations (OWG) et le Groupe de travail technique (TWG)[28], rend les méthodes de travail plus efficientes. Chaque groupe suit son propre ordre du jour approuvé par le Conseil, et les deux groupes se réunissent en parallèle. Pour assurer la cohérence des recommandations qu'ils proposent, chacun présente son rapport à une instance plénière baptisée « Comité conjoint » qui produit un rapport unique, intégré.

Ce mode de prise de décisions par le Conseil, en deux étapes, le Comité conjoint préparant des recommandations au Conseil et ce dernier se prononçant sur leur adoption définitive ou leur rejet dans les décisions officielles, contribue également à structurer la méthode de travail et à la rendre plus efficace. Les recommandations du Comité conjoint peuvent être librement débattues par tous

25/ Documents du Programme C/S P.011, « Cospas-Sarsat Programme Management Policy » et C/S P.012, « Cospas-Sarsat Secretariat Management Guide ».

26/ Ainsi, les protocoles à utiliser dans les messages générés par ordinateur pour échanger les données du système et les données d'alertes de détresse au niveau international par télex ont à l'origine été définis lors d'une réunion spéciale à Odessa (URSS) en 1982. C'est ce qui donnera le format de message SIT encore utilisé pour échanger les données d'alerte Cospas-Sarsat.

27/ Le rapport du CSSC-1 (1985, Seattle) compte 55 pièces jointes. Un Groupe de travail technique (TWG) et un Groupe de travail opérations (OWG) se réunissent pour la première fois au CSSC-2 (1986, Villefranche), essentiellement comme un arrangement ponctuel pour préparer les décisions du CSSC. Au CSSC-3 (février 1987, Québec) on compte pas moins de 106 pièces jointes au rapport du CSSC-3, dont 56 pour le Groupe de travail technique, 26 pour le Groupe de travail opérations et 24 pour la séance plénière du CSSC.

28/ Un troisième groupe, le Groupe de travail exercice (EWG), se réunit également jusqu'en 1992 dans le cadre du Comité conjoint sous la présidence de M. Lloyd Green, de la NASA, pour rédiger le rapport sur l'exercice de 1990 qui contient une évaluation globale de la performance du Système à l'époque.

les participants, y compris les délégations des États non-Parties, les décisions définitives restant la prérogative du Conseil officiellement composé des représentants des quatre Parties. L'inconvénient de retards éventuels à la mise en œuvre des recommandations techniques ou opérationnelles est compensé par la possibilité d'examiner attentivement le pour et le contre de changements imposés dans un système à satellites pleinement intégré. Ces changements, qui peuvent entraîner des coûts très élevés pour les équipementiers, les propriétaires de balises ou les opérateurs de LUT et de MCC, méritent en effet d'être étudiés avec la plus grande attention par les responsables de la gestion du Programme.

Contrairement à ce qu'attendaient certains participants qui pensaient qu'une fois l'ICSPA adopté, les délibérations seraient plus détendues, un flux constant de changements est apporté au Système Cospas-Sarsat pendant les années qui suivent l'établissement du Conseil et du Comité conjoint. Ces changements sont suscités par le développement, dans les faits, d'un système à satellites opérationnel mondial, avec de nouveaux opérateurs d'équipement du segment sol dans de nombreux pays qui tiennent à se joindre au Programme. Il faut aussi affiner les spécifications techniques pour répondre aux questions d'un nombre croissant de fabricants de balises de détresse à 406 MHz pour qui il est techniquement difficile de produire des radiobalises fiables à des prix acceptables par le consommateur.

Le développement rapide du Système provoque donc un flux annuel de changements, tant d'ordre opérationnel que technique, recommandés par le Comité conjoint et adoptés par le Conseil. Pour les partenaires et le Secrétariat, cela représente une charge de travail constante pour mettre à jour des documents existants ou en rédiger de nouveaux. Maintenir la cohérence des changements est une préoccupation permanente, mais les appels répétés du Conseil à « geler » la documentation du Système ne peuvent pas être suivis par le Comité conjoint qui reste soumis à la pression constante des fabricants, des opérateurs et des utilisateurs du Système souhaitant améliorer son fonctionnement.

Groupes de travail et groupes d'experts

La première réunion du Comité conjoint (JC-1) se tient du 1er au 8 février 1989 à Londres et la deuxième réunion (JC-2) du 18 au 22 septembre 1989, toujours à Londres. Ce rythme de deux réunions par an est maintenu en 1990 et deux réunions sont également organisées en 1991. Ces réunions s'ajoutent cependant aux deux réunions du Conseil chaque année, chacune avec des séances « ouvertes » et « fermées », et les pays qui souhaitent y participer, en nombre croissant, ne peuvent tenir le rythme. De plus, des réunions fréquentes avec de longs ordres du jour ne sont pas efficaces. Il reste peu de temps pour une préparation sérieuse entre deux réunions. Pendant les réunions, la durée des débats est limitée par le grand nombre de sujets à traiter. À partir de 1990, une seule réunion ouverte du Conseil est organisée en automne, tandis que la réunion de printemps se limite à une brève réunion fermée à laquelle participent uniquement les quatre Parties, qui se concentrent essentiellement sur l'orientation du Programme, les questions de gestion et le segment spatial.

En 1991, la réunion du JC-5 est prévue à Bangalore (Inde) du 27 février au 6 mars mais un événement extérieur, la première guerre du Golfe, empêche des délégations venant d'Europe et d'Amérique du Nord de se rendre en Inde. La réunion du Comité conjoint est reportée à la date prévue pour la suivante, du 11 au 18 septembre 1991, mais maintenue en Inde. Cette décision convainc les participants qu'il faut désormais mieux préparer les réunions du Comité conjoint et réduire leur nombre. À partir de 1992, une seule réunion du Comité conjoint est organisée chaque année, à laquelle s'ajoute le nombre voulu de réunions de groupes de travail ou groupes d'experts,

lorsqu'il faut résoudre des problèmes techniques ou opérationnels urgents. L'ordre du jour de ces groupes *ad-hoc*, approuvé par le Conseil à sa séance d'automne, est limité à des questions précises. Dans le cas du Groupe d'experts, seuls les spécialistes de la question à examiner peuvent participer. Les rapports des groupes de travail et des groupes d'experts sont examinés à la réunion suivante du Comité conjoint et leurs recommandations avalisées ou modifiées avant d'être transmises au Conseil. L'approche structurée de cette organisation des travaux impose un cycle d'un an pour apporter un changement au Système. Ce cycle annuel introduit la régulation souhaitée du rythme des modifications du Système, ce qui, en définitive, facilite leur mise en œuvre.

Nouveau rôle et statut des États associés

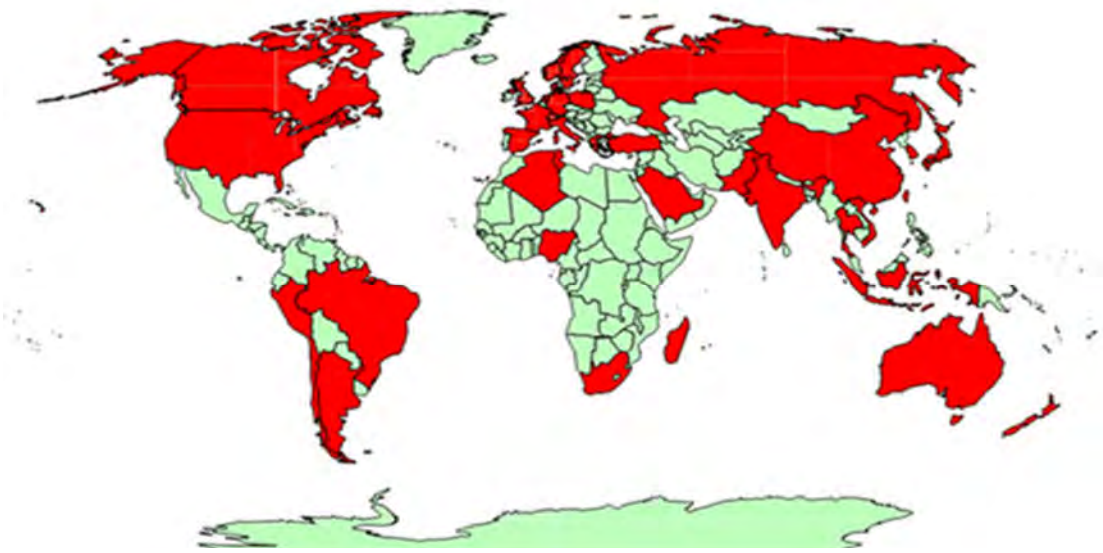
Avant 1988 et l'entrée en vigueur de l'ICSPA, les partenaires Cospas-Sarsat avaient maintenu des relations informelles entre les agences ou les administrations des « pays investigateurs ». La Norvège et le Royaume-Uni avaient participé à la phase de démonstration et d'évaluation de Cospas-Sarsat, de 1982 à 1984, avec leurs propres LUT. Ces relations assez informelles se renforcent lorsque le Système est déclaré opérationnel en 1985 et que de nouveaux Arrangements sont signés. Cependant, les nouveaux Arrangements ne donnent aux opérateurs de LUT aucune responsabilité dans la gestion du Système, et les décisions sont prises essentiellement par les partenaires, les représentants des autres pays étant peu consultés.

La situation évolue lorsque l'ICSPA et la procédure d'association des Fournisseurs du segment sol et des États utilisateurs entrent en vigueur. Le premier changement porte purement sur le statut et la visibilité. Les quatre Parties, qui restent les seuls fournisseurs du segment spatial, conservent le contrôle total du processus de prise de décisions. Cependant, les lettres de notification d'association approuvées par le Conseil et signées par les autorités des pays participants au plus haut niveau, ainsi que le règlement intérieur du Conseil, reconnaissent officiellement la participation d'autres États aux « réunions ouvertes » et aux réunions pertinentes des organes subsidiaires. Les États associés ont désormais le droit de soumettre des documents et de présenter leurs points de vue, qui sont consignés dans le compte rendu des sessions du Conseil ou les rapports des réunions. Au Comité conjoint, les délégations de tous les États jouissent du même statut. Elles peuvent participer aux débats sur les recommandations au Conseil et faire consigner leurs objections à telle ou telle recommandation dans le rapport de la réunion. Dans une réunion internationale, il s'agit de privilèges importants qui distinguent les « participants » des « observateurs ».

Une deuxième nouveauté change le rôle que jouent réellement les États associés, en particulier les Fournisseurs du segment sol. Une part de plus en plus grande du segment sol est désormais fournie par des États non-Parties. Le développement mondial du secteur sol oblige à établir des règles strictes pour échanger les données opérationnelles, et notamment les alertes de détresse, à l'aide d'un réseau de MCC structurés autour de « nœuds » de communication. Les MCC nodaux sont initialement fournis par les Parties (la France, les États-Unis et la Russie) mais d'autres nœuds sont bientôt nécessaires dans d'autres pays (Australie, Japon et Espagne) pour organiser le flux de données provenant des nouveaux MCC dans les différentes régions du monde.

De toute évidence, cette évolution donne un rôle accru aux États associés et élève leur statut à celui de partenaires à part entière dans l'exploitation du Système. De plus, elle crée une nouvelle culture chez les participants au Programme. Bien que l'introduction du système GEOSAR pose de nouveaux problèmes techniques qui doivent être réglés par des spécialistes des télécommunications par satellites entre 1990 et 1995, le Programme a désormais comme nouvelle priorité les questions opérationnelles. Les opérateurs de MCC et les spécialistes du SAR disposent de leur propre instance,

le Groupe de travail opérations, tandis que les spécialistes de l'espace et des télécommunications se retrouvent au sein du Groupe de travail technique. En 1989, un Groupe de travail exercice (EWG) spécial est créé sous l'égide du Comité conjoint pour s'occuper des essais et de l'évaluation de la performance du Système. L'EWG prend fin après l'achèvement du rapport sur l'exercice 1990, mais le simple fait qu'il ait existé pendant quelques années montre bien le nouvel accent mis sur la performance opérationnelle du système et l'efficacité avec laquelle il aide les autorités SAR à planifier les recherches après une alerte de détresse.



Pays participants à Cospas-Sarsat en 2009
(Les pays participants, ici en rouge, sont énumérés à l'annexe 3)
Source : Secrétariat Cospas-Sarsat

4.5.2 Le Secrétariat Cospas-Sarsat et le choc de la privatisation d'Inmarsat

En 1995, alors que Cospas-Sarsat est occupé à résoudre les problèmes de l'intégration des composantes GEOSAR à 406 MHz à son Système opérationnel, la base sur laquelle repose la fourniture de services de secrétariat par Inmarsat est ébranlée par des appels répétés à une privatisation de l'organisation internationale. Les motifs de cette privatisation sont expliqués au chapitre 1, section 1.2.2. En avril 1998, après plusieurs années de débats et de préparatifs, l'Assemblée d'Inmarsat prend la décision définitive de privatiser l'exploitation du système Inmarsat. Le 15 avril 1999, une nouvelle société de droit britannique est créée, Inmarsat Ltd.

En 1999, une Convention révisée entre en vigueur et pour éviter toute confusion avec la nouvelle société Inmarsat Ltd., le nouvel organe international est rebaptisé « *Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites* » ou IMSO. Cette dernière a désormais pour unique responsabilité de superviser Inmarsat Ltd., de déterminer si la Société s'acquitte de ses obligations de service public en matière de sécurité maritime dans le SMDSM ainsi que l'exige son propre acte constitutif, et de rendre compte au Conseil de l'IMSO. À son apogée, à son ancien siège de Londres, l'organisation Inmarsat comptait largement plus de trois cents employés dont le petit Secrétariat Cospas-Sarsat composé de sept personnes. La nouvelle IMSO comptera au départ trois personnes seulement, y compris son Directeur, plus le personnel du Secrétariat Cospas-Sarsat.

Jusqu'en 1998, le Secrétariat Cospas-Sarsat dépendait des services financiers et administratifs d'Inmarsat pour répondre à ses besoins en matière de budget et de comptabilité, ainsi que de gestion et de recrutement du personnel. Le personnel du Secrétariat faisait partie des effectifs d'Inmarsat et toutes les politiques applicables au personnel d'Inmarsat, qu'il s'agisse des contrats, des modalités de rémunération, des évaluations de la performance, du fonds de pension, des congés, etc., s'appliquaient au personnel du Secrétariat Cospas-Sarsat. Les Parties Cospas-Sarsat approuvaient le plan annuel de travail et le plan annuel de dépenses du Secrétariat, mais la gestion du personnel relevait essentiellement du Département des ressources humaines d'Inmarsat, tandis que son Département des finances était chargé des paiements et de la comptabilité.

Un nouvel accord de siège de l'IMSO est signé le 15 avril 1999 avec le Royaume-Uni, pays hôte. Le cadre juridique de l'organisation internationale est conservé, avec les mêmes privilèges et immunités. Il faut cependant recréer totalement le cadre administratif pratique de la nouvelle organisation, de taille plus réduite, et notamment mettre en place un système comptable, des contrats pour le personnel, un régime de retraite, des règles de gestion du personnel et un nouveau manuel du personnel. De plus, il faut le faire entre avril 1998, date à laquelle l'Assemblée d'Inmarsat décide d'engager la privation, et la date limite du 15 avril 1999, lorsque la nouvelle structure sera effective. Le Directeur de la future IMSO n'a pas encore été choisi. À part les membres du personnel du Secrétariat Cospas-Sarsat, la future IMSO n'a aucun personnel et l'organisation Inmarsat existante est essentiellement préoccupée par sa propre transformation en entreprise privée. Par conséquent, la majeure partie du travail préparatoire est en réalité accomplie par le Chef du Secrétariat Cospas-Sarsat avec le concours d'un consultant extérieur et, à partir de février 1999, du comptable-administrateur du Secrétariat Cospas-Sarsat, Anthony Boateng, qui vient d'être recruté. Il faut rendre hommage au Directeur des ressources humaines d'Inmarsat, Bob Dahlgren, qui prodigue une aide et des conseils essentiels. Il doit cependant se consacrer en priorité au reste de l'organisation et à la création du cadre de travail approprié pour le personnel de la nouvelle Inmarsat Ltd.

L'IMSO voit le jour le 15 avril 1999 sous la direction du Directeur général récemment nommé, M. Jerzy Vonau, avec un effectif de deux personnes composé de son assistante, Mme Jenny Ray et d'un responsable technique, M. Andy Fuller, plus les huit membres du Secrétariat Cospas-Sarsat. Le 19 avril 1999, premier jour de la réunion du Conseil (CSC-22), un Arrangement révisé est signé entre l'IMSO et les Organismes coopérateurs des Parties Cospas-Sarsat. L'IMSO héberge ainsi officiellement le Secrétariat Cospas-Sarsat. Pour le Secrétariat les changements sont mineurs puisqu'ils se limitent à changer de bureaux dans le même bâtiment. L'IMSO et le Secrétariat Cospas-Sarsat sont logés au siège d'Inmarsat Ltd. et les installations de conférence sont louées à la nouvelle société selon des modalités analogues aux modalités antérieures.

Il est prévu que désormais le Chef du Secrétariat Cospas-Sarsat rendra compte au Directeur général de l'IMSO pour toutes les questions juridiques relatives à l'emploi du personnel et au fonctionnement du Secrétariat. Toutefois, pour toutes les questions relatives au Programme Cospas-Sarsat, le Chef du Secrétariat rendra compte exclusivement au Conseil Cospas-Sarsat qui fixe les orientations. Entre les séances du Conseil, la responsabilité hiérarchique incombe à tous les représentants des Parties et en cas de besoin, après la coordination voulue avec toutes les Parties, une orientation est donnée en dernier ressort au Chef du Secrétariat par le Président du Conseil. Ce dispositif marche plutôt bien, sans véritable conflit entre les Parties Cospas-Sarsat et le Directeur de l'IMSO ou les Parties de l'IMSO, car les responsabilités des deux organisations ne se chevauchent pas.



L'équipe du Secrétariat Cospas-Sarsat (réunion du Conseil CSC-28, avril 2002)
Célébration du 20e anniversaire des opérations Cospas-Sarsat dans le Salon de l'horloge au Quai d'Orsay à Paris (France) – De gauche à droite : Bill Ruark, Vladislav Stoudenov, Bernadette Elfick, Daniel Lévesque, Anthony Boateng, Diane Hacker, Wayne Carney et Sergeï Mikhaïlov.

Cependant, en 1999, le Système Cospas-Sarsat s'est déjà étoffé et comprend des charges utiles SAR opérationnelles sur 7 satellites en orbite polaire (le système LEOSAR), 3 satellites géostationnaires ainsi que les satellites de secours nécessaires (le système GEOSAR). Il comprend aussi 35 LEOLUT qui assurent la poursuite des satellites LEOSAR, un nombre croissant de GEOLUT qui traitent les cannaux des satellites GEOSAR, et 20 MCC chargés de distribuer les alertes de détresse aux autorités SAR dans le monde entier. Environ 200 000 balises de détresse à 406 MHz sont déployées et on estime à 600 000 environ le nombre d'utilisateurs de balises à 121,5 MHz. En 1998, plus de 1 300 personnes ont été secourues au cours de 385 événements SAR avérés durant lesquels les données d'alerte Cospas-Sarsat ont aidé les opérations de sauvetage. Le Système opérationnel mondial continue d'évoluer et exige une gestion minutieuse et efficiente. Son efficacité dépend de l'étroite coordination des activités d'agences et d'autorités SAR dans 29 États participants et 2 organisations. Les délégations de 23 de ces États, 2 organisations associées et les représentants de 2 institutions spécialisées de l'ONU responsables de questions SAR, l'OACI et l'OMI, participent à la réunion ouverte du CSC-23. L'ensemble de l'organisation s'est développé bien au-delà des arrangements de circonstance du passé, et la poursuite de son succès dépend du fonctionnement harmonieux de son petit Secrétariat, seul organe administratif permanent du Programme.

La privatisation d'Inmarsat révèle une fragilité évidente du dispositif en vigueur et montre que l'existence même du Secrétariat est tributaire d'une organisation qui n'a aucune responsabilité directe en ce qui concerne le fonctionnement du Système Cospas-Sarsat ou la gestion du Programme. De plus, le Secrétariat est désormais hébergé par l'IMSO, organisation dont les effectifs sont moins nombreux que le Secrétariat lui-même. Le Conseil Cospas-Sarsat n'exerce aucun contrôle sur la gestion de l'IMSO et n'a aucune information à ce sujet. L'expérience d'Inmarsat montre que le Conseil Cospas-Sarsat peut se trouver confronté, dans un délai très bref, à une décision des Parties de l'IMSO incompatible avec la poursuite du fonctionnement du Secrétariat. Le Programme et le Secrétariat Cospas-Sarsat ont besoin d'un cadre plus stable, qui permette au Conseil de contrôler totalement sa gestion dans une perspective à long terme. En octobre 1999, au CSC-23, le Conseil décide que « *toutes les Parties doivent étudier plus en détail la possibilité de doter l'organisation Cospas-Sarsat d'un statut juridique indépendant* ».

4.5.3 Doter l'organisation Cospas-Sarsat d'un statut juridique indépendant et la relocaliser à Montréal, Québec (Canada)

Onze ans après avoir signé l'ICSPA, les Parties reconnaissent que l'absence d'un statut juridique indépendant risque de mettre le Programme en péril. Il s'agit désormais de concrétiser le changement souhaité, mais ce n'est pas chose facile.

Solutions possibles

La première proposition consiste à préparer un amendement à l'ICSPA. Outre la question du statut juridique du Programme, un ICSPA amendé aurait pu également régler d'autres questions en suspens. Celle du statut de la contribution de l'Inde au segment spatial GEOSAR n'était pas encore résolue à l'époque et un Accord amendé pouvait ménager une marge de manœuvre pour des contributions de ce type. Un nouveau casse-tête s'annonçait, celui du statut des futures contributions d'EUMETSAT [29], soit au système LEOSAR avec sa plate-forme polaire Metop qui remplacerait bientôt l'un des satellites en orbite polaire de la NOAA, soit au système GEOSAR avec des répéteurs à 406 MHz sur les satellites météorologiques géostationnaires MSG qui complèteraient la couverture du système GEOSAR. En tant qu'organisation internationale, EUMETSAT n'avait ni le rang ni le pouvoir juridique d'un État, et une organisation internationale ne pouvait pas devenir Partie en application de l'article 16 de l'ICSPA.

Les Parties avaient jusque-là résisté aux propositions d'amender l'ICSPA et ces questions restaient très sensibles. En particulier, le risque que toute révision de l'Accord attire indûment l'attention des hommes politiques et des pouvoirs publics et apporte toutes sortes de changements indésirables à un programme spatial réussi, explique pourquoi les Parties sont très peu disposées à rouvrir l'ICSPA, sauf si cela se révélait absolument inévitable.

La deuxième solution consiste à négocier un nouvel accord distinct qui se limiterait strictement à accorder un statut juridique indépendant au Programme et le doterait des privilèges et immunités appropriés, tels que les exonérations fiscales pour le personnel du Secrétariat et les activités du Programme, ainsi que l'immunité pour les fonctionnaires du Secrétariat et les représentants des Parties et des pays participants. Cette solution ayant une portée plus limitée, elle semble présenter moins de dangers et être plus facile à négocier. C'est donc cette approche qui aura la préférence des Parties pour résoudre le problème.

Un nouvel accord pour un nouveau siège

L'étape suivante consiste à choisir des pays hôtes pouvant accueillir la nouvelle entité juridique indépendante. Le premier choix est le Royaume-Uni. Le Secrétariat étant déjà basé à Londres, cela faciliterait la transition nécessaire vers un nouveau cadre organisationnel. Malheureusement, la loi autorise les autorités du Royaume-Uni à accorder les privilèges et immunités voulus uniquement à des organisations dont le Royaume-Uni est Partie à part entière. C'est le cas de l'IMSO, mais pas de

29/ EUMETSAT : Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques. EUMETSAT était d'accord pour coopérer avec la NOAA afin de fournir une plate-forme polaire pour le double système météorologique en orbite polaire et échanger des instruments météorologiques et de collectes de données embarqués sur les deux plates-formes, notamment des instruments SAR à 121,5 et 406 MHz.

Cospas-Sarsat, le Royaume-Uni étant associé au Programme, mais pas signataire de l'ICSPA. Un Secrétariat Cospas-Sarsat « juridiquement indépendant » devra déménager à l'étranger.

Commence alors la quête d'un nouveau site qui fournira un environnement international approprié. En effet, une petite organisation comme Cospas-Sarsat n'a pas les moyens de disposer de ses propres installations de conférences et doit faire appel à des organisations internationales plus grandes pour accueillir ses réunions, comme cela a été le cas à Inmarsat. Plusieurs possibilités sont envisagées :

- Genève (Suisse), où sont implantées l'UIT, l'OMM, l'OMC[30] et d'autres institutions de l'ONU ;
- Vienne (Autriche), siège de l'ONUV (Office des Nations Unies à Vienne), de l'UNOOSA (Bureau des affaires spatiales des Nations Unies) et de nombreuses autres institutions des Nations Unies, toutes hébergées dans le Centre international de Vienne, vaste enceinte internationale proche du centre-ville ;
- Montréal, Québec (Canada), qui accueille l'OACI, institution des Nations Unies chargée des questions de sécurité de l'aviation civile internationale, et de nombreuses petites organisations internationales telles que l'Institut de statistique de l'UNESCO (ISU) et le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (CDB).

L'aspect financier du départ de Londres est le deuxième paramètre déterminant. La ville de Montréal et la province de Québec, soucieuses d'attirer de nouvelles organisations internationales, font une proposition très intéressante d'aide financière ponctuelle qui compense en partie les frais d'installation du Secrétariat et prévoit le versement d'une indemnité pour chaque poste du Secrétariat pendant cinq ans. Bien que réputée pour ses températures glaciales et ses longs hivers, et malgré la nécessité de traiter simultanément avec les autorités fédérales et provinciales pour obtenir certains aspects des privilèges et immunités nécessaires qui complique les démarches administratives, c'est Montréal qui l'emporte. Un nouvel Arrangement quadripartite[31] est négocié en 2004 entre les quatre Parties. Le choix du Canada pour accueillir l'organisation présente l'avantage supplémentaire de supprimer l'éventualité d'une cinquième Partie au nouvel instrument juridique. Le nouvel Arrangement confère au Programme, y compris son Conseil et son Secrétariat en vertu de l'ICSPA, le statut d'organisme international en application du droit canadien et lui accorde les privilèges et immunités voulus au Canada. Cet arrangement sera complété par une Entente[32] qui doit être signée par le Chef du Secrétariat comme représentant de la personne morale canadienne nouvellement créée, et par le ministère des Relations internationales du gouvernement de la Province de Québec.

Les négociations sur l'Arrangement et l'Entente sont achevées avec diligence en 2004, mais l'examen de ces textes par les autorités de chaque Partie prend davantage de temps. L'Arrangement est finalement signé le 5 avril 2005 à Montréal durant la session CSC-34 du Conseil Cospas-Sarsat réuni dans les salles de conférences de l'OACI. Il faut ensuite que le gouvernement canadien publie le décret qui va dans les faits créer la nouvelle entité juridique. Avant la publication de ce décret,

30/ UIT : Union internationale des télécommunications. OMM : Organisation météorologique mondiale. OMC : Organisation mondiale du commerce.

31/ « *Arrangement entre le Canada, la République française, la Fédération de Russie et les États-Unis d'Amérique concernant le siège du Programme international Cospas-Sarsat* », disponible sur le site web de Cospas-Sarsat sous la cote C/S P.005.

32/ « *Entente entre le Programme COSPAS-SARSAT et le gouvernement du Québec concernant les exemptions, les avantages fiscaux et les prérogatives de courtoisie consentis au Programme, aux représentants des États membres et aux fonctionnaires du Secrétariat* », disponible sur le site web de Cospas-Sarsat sous la cote C/S P.006.

l'organisation n'a pas d'existence juridique et aucun contrat ne peut être signé. Le décret est publié le 13 avril 2005, moins de quatre mois avant la date à laquelle il est prévu que le Secrétariat s'installe à Montréal. L'Entente avec le gouvernement du Québec est signée le 17 mai 2005.

Déménagement à Montréal (Québec, Canada)

Dans un temps très court, d'avril à juillet, le Secrétariat doit, entre autres choses, ouvrir des comptes bancaires, trouver des locaux, acheter du matériel, déménager ses archives, installer un nouveau système informatique, préparer de nouveaux contrats pour son personnel et organiser le déménagement des familles de son personnel de Londres à Montréal. Le déménagement induit aussi un certain stress pour le personnel réduit du Secrétariat qui, outre ses tâches habituelles, doit trouver un logement dans une ville inconnue tout en résidant officiellement de l'autre côté de l'Atlantique, inscrire les enfants à l'école, organiser le transfert de ses effets, obtenir les documents autorisant les conjoints à travailler au Québec, obtenir une couverture médicale, etc.

Les huit membres du personnel, originaires de cinq pays différents et dont certains ont été recrutés à Londres depuis peu, font preuve d'un dévouement extraordinaire et acceptent de signer de nouveaux contrats de travail et de déménager avec leur famille à Montréal. Le déménagement se déroule en deux temps, entre le 1er juillet et le 31 août 2005, pour que le Secrétariat continue de fonctionner sans interruption. Le Secrétariat Cospas-Sarsat est officiellement clos à l'IMSO à Londres le 31 juillet 2005 et commence officiellement à fonctionner à Montréal le 1er août 2005. Il faut ici rendre hommage aux autorités fédérales canadiennes et aux autorités de la Province de Québec pour leur concours efficace, ainsi qu'à Montréal International, organisation chargée d'aider les entreprises et les organisations internationales à s'installer à Montréal, pour son aide efficiente. Il faut également mentionner tout particulièrement l'OACI qui a apporté son concours durant tout le processus, en particulier sur les aspects pratiques de l'installation du Secrétariat à proximité de son siège à Montréal. Outre le soutien logistique pour la fourniture initiale de services informatiques et de communications, l'OACI a permis au personnel du Secrétariat et aux délégués aux réunions Cospas-Sarsat d'accéder à ses installations de conférences internationales. À Londres, Cospas-Sarsat avait bénéficié du soutien des interprètes de conférence de l'OMI. À Montréal, l'équipe professionnelle d'interprètes de conférence de l'OACI a aimablement apporté la même aide efficace.



Le siège d'Inmarsat à Old Street, Londres (Royaume-Uni) qui abritait le Secrétariat Cospas-Sarsat
Photographie de Fin Fahey
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=544719

Les difficultés administratives qui accompagnent inévitablement le déménagement dans un nouveau pays, la mise en place d'une nouvelle organisation et l'adaptation à un nouvel environnement culturel mettent indiscutablement tout le monde à rude épreuve, mais le déménagement se déroule rapidement et sans heurts. À Montréal, il faut de surcroît se préparer à l'hiver canadien qui est incontestablement une nouveauté pour les anciens Londoniens.



Le Secrétariat Cospas-Sarsat

En 2005, les bureaux du Secrétariat Cospas-Sarsat emménagent à Montréal (Québec, Canada) 700 de la Gauchetière Ouest, dans la « Tour Bell » ci-contre, près du siège de l'OACI, à droite de l'image.

En 2016, le Secrétariat déménage à l'adresse suivante :

1250 boulevard René-Lévesque Ouest
Bureau 4215
Montréal, Québec
H3B 4W8 Canada

Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat







En mer, sur un lac ou en montagne, des incidents variés, mais toujours le même besoin urgent d'assistance.

Chapitre 5

Mise en service opérationnelle du Système Cospas-Sarsat et développements ultérieurs

5.1 La construction d'un système opérationnel



Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Qu'est-ce qu'un système « opérationnel » ?

L'adjectif « opérationnel » utilisé pour qualifier l'état d'un système peut avoir différentes significations selon les personnes. Pour les professionnels des transports, en mer ou dans les airs, un système ou un service opérationnel doit avoir fait ses preuves par des années d'utilisation effective fiable, avec des procédures de fonctionnement claires et stables, permettant la formation approfondie de personnel qualifié et des investissements de longue durée dans des équipements coûteux. S'agissant d'un système maritime ou aéronautique, « opérationnel » est le contraire de changements et d'évolutions rapides.

Durant les premières années de l'aventure spatiale, pour les agences chargées de mettre au point de nouvelles technologies, un système opérationnel avait une signification assez différente et une échelle de temps beaucoup plus courte. Les scientifiques et les ingénieurs travaillant dans le domaine spatial considéraient un satellite « opérationnel » pour la recherche spatiale dès lors qu'il pouvait fournir des données utiles. Sa « durée de vie opérationnelle » ne dépassait généralement pas quelques années. Les applications spatiales naissantes modifièrent cette vision des choses.

À l'issue de la phase de démonstration et d'évaluation (D&E), les agences qui avaient élaboré et testé le Système Cospas-Sarsat avaient hâte de déclarer le Système opérationnel et de transférer la charge de sa gestion, mais aussi le financement de sa continuation, à des « agences opérationnelles ». Les directions des agences spatiales ou des organismes de recherche spatiale, que ce soit la NASA aux États-Unis, le MDC au Canada ou le CNES en France, avaient du mal avec l'idée que des équipes d'ingénieurs et d'experts allaient devoir être maintenues pendant de nombreuses années pour assurer la continuité du Système et le faire évoluer en fonction des exigences des utilisateurs. L'organisation Cospas-Sarsat n'avait pas de ressources propres et dépendait toujours des contributions des agences ou des organismes de recherche spatiale des principaux acteurs : les Fournisseurs du segment spatial. De ce fait, maintenir la mémoire technique et les compétences appropriées pour assurer l'intégrité et la fiabilité à long terme du Système allait être une préoccupation récurrente pour le Conseil Cospas-Sarsat, après que le Système fut officiellement déclaré pleinement opérationnel.

La problématique de la distribution des données d'alerte

Pour les autorités SAR, entités utilisatrices du Système, la phase D&E avait montré que des données utiles pouvaient être produites par Cospas-Sarsat et exploitées lors des interventions SAR, mais le Système dans

son ensemble était loin d'être véritablement opérationnel. Il n'existait pas de procédures concertées au plan international pour la distribution des alertes de détresse, émises tant par les balises existantes à 121,5 MHz que par les nouvelles balises à 406 MHz. Habituellement, un centre de coordination de sauvetage (RCC, *Rescue Coordination Center*) recevant une alerte de détresse était chargé de gérer le cas SAR jusqu'à sa résolution complète, ou jusqu'à ce que la responsabilité de cette gestion soit acceptée par et dûment transférée à un autre RCC.

Cette approche avait été adoptée par Inmarsat pour toutes les alertes maritimes générées via son système à satellites GEO. Les alertes émises par les RLS Inmarsat E et reçues par une station terrienne côtière étaient transmises au RCC maritime le plus proche (voir le chapitre 2, section 2.5). La procédure pouvait fonctionner pour un nombre restreint d'alertes, mais était à l'évidence difficile à utiliser avec la totalité des alertes Cospas-Sarsat à 121,5 MHz et 406 MHz.

Lorsque le Système est déclaré opérationnel en 1985, Cospas-Sarsat n'a toujours pas de politique établie concernant la distribution du flux ininterrompu de données d'alerte générées par les passages successifs de satellites LEO en visibilité des balises émettrices. Ces données devaient-elles être considérées comme redondantes et éliminées une fois la première alerte transmise aux autorités SAR ? Comment les centres de contrôle de mission (MCC, *Mission Control Center*) Cospas-Sarsat devaient-ils traiter les positions « images » produites par les ambiguïtés non levées des solutions Doppler ? Ces questions pouvaient être résolues au niveau national avec un minimum de contraintes, mais elles étaient beaucoup plus complexes à l'échelon international. Plus précisément, étant donné que la couverture globale du système 406 MHz allait produire, dans chaque LUT, les mêmes alertes de détresse en provenance du monde entier, comment fallait-il gérer les alertes de détresse situées dans les zones de responsabilité des RCC étrangers ? Le fait de déclarer le Système Cospas-Sarsat opérationnel supposait de définir de nouvelles responsabilités en matière de traitement des alertes produites par le Système.

5.1.1 Bref historique du plan de distribution des données Cospas-Sarsat

La nécessité de disposer d'un mécanisme permettant de transmettre rapidement aux services SAR les messages d'alerte de détresse mondiaux reçus par les LUT Cospas-Sarsat devint évidente avant même la fin de la phase de démonstration et d'évaluation du système LEOSAR. C'est pourquoi, parallèlement aux discussions sur les aspects techniques du développement des satellites, des balises et des LUT, un petit groupe de personnes connaissant bien la structure, les communications et le fonctionnement en réseau des services SAR commença à réfléchir à la création d'un nouveau cadre international pour la distribution des alertes de détresse Cospas-Sarsat.

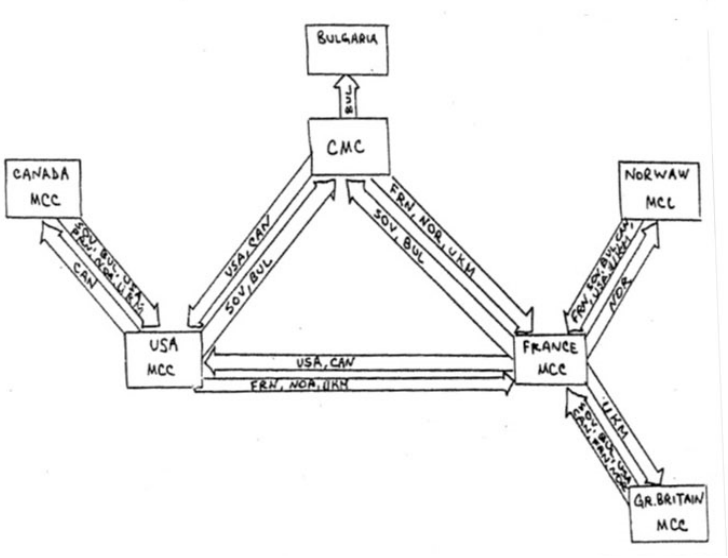
En avril 1981, les participants à la première réunion du Groupe de coordination Cospas-Sarsat (CSCG-1) organisée à Toulouse (France) examinent les formats de message à utiliser pour les communications entre les centres de contrôle de mission (MCC) ainsi que les méthodes possibles pour réduire le volume des données échangées, un thème qui va être à l'ordre du jour de nombreuses autres réunions. Les moyens disponibles à l'époque pour les échanges de données internationaux reposent essentiellement sur la technique du télex, lente et peu fiable. Internet n'est encore qu'un rêve futuriste.

En octobre de la même année, lors de la réunion CSCG-2 tenue à Ottawa (Canada), les États-Unis présentent une proposition destinée à atténuer la redondance des données d'alerte LEOSAR à 406 MHz échangées entre les MCC. Le principe fondamental est qu'une émission à 406 MHz est définie comme événement singulier par l'identifiant de la balise 406 MHz, le satellite qui reçoit l'émission et le point TCA (instant de moindre distance entre le satellite et la balise). De ce fait,

quand un MCC reçoit un message d'alerte sur la fréquence 406 MHz en provenance d'une LUT ou d'un autre MCC, il peut être « comparé » aux autres alertes déjà reçues, au moyen de ces trois données, et « écarté » s'il est redondant. Ce principe sera ensuite affiné avec les années d'expérience opérationnelle, mais demeurera le fondement de la distribution des données d'alerte LEOSAR 406 MHz.

Un problème de traitement de type différent se pose avec les messages d'alerte 121,5 MHz. Même si les données 121,5 MHz ne sont pas enregistrées sur le satellite et ne sont pas vues par toutes les LUT du globe, les émissions de la même combinaison balise/satellite peuvent être vues par plusieurs LUT, éventuellement reliées à différents MCC dans la même région. Comme les émissions à 121,5 MHz sont analogiques et sans identifiant associé, il est très difficile de comparer les messages d'alerte provenant de différentes sources et d'écarter les messages redondants. Diverses techniques basées sur la corrélation de fréquences proches et de positions proches sont mises en place par les participants, mais au bout du compte chaque MCC est laissé libre d'utiliser la « meilleure » solution pour sa région.

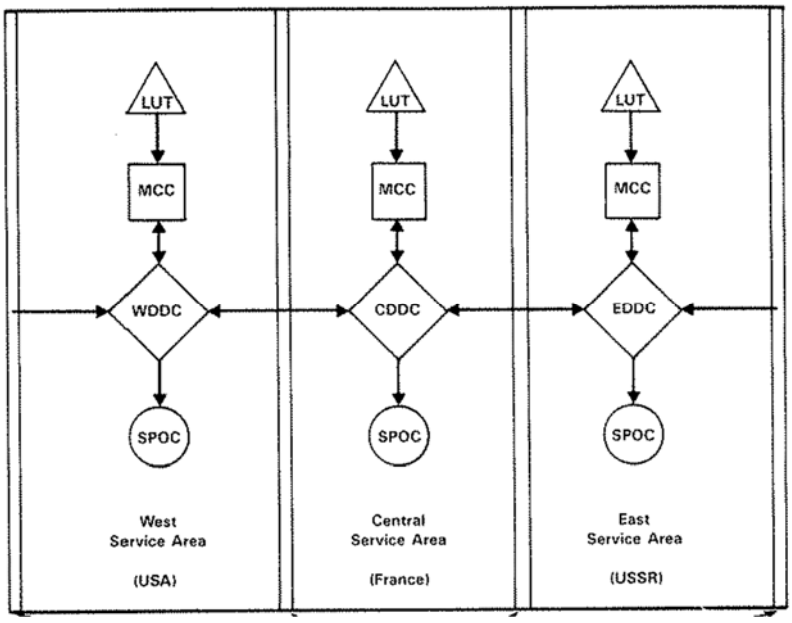
En même temps que l'on cherche à réduire les données circulant dans le réseau sol, il faut trouver comment transmettre les messages d'alerte de détresse au service SAR approprié afin qu'il intervienne. Le premier concept développé à la réunion CSCG-5 de 1983 propose de distribuer les alertes 406 MHz selon le code pays affecté dans l'identifiant de la balise. Acceptable pour la phase expérimentale D&E et applicable uniquement aux alertes 406 MHz, le concept est loin d'être une solution acceptable en situation opérationnelle.



Proposition initiale de schéma de distribution des données
(Compte rendu de la réunion CSCG-5, Toulouse, France 1983)

La déclaration de 1985 par laquelle le système est devenu officiellement « opérationnel » déclenche une avalanche de réunions ayant pour but de concevoir et mettre en place un réseau sol véritablement opérationnel. Le réseau doit à la fois assurer l'échange des données d'alerte entre les MCC et la transmission des messages d'alerte (121,5 MHz et 406 MHz) à n'importe quel point de contact SAR (SPOC, *SAR Point of Contact*) dans le monde.

Début 1986, les participants ont élaboré un plan rudimentaire intitulé « Plan de mise en œuvre et de distribution des données par région » (affectueusement baptisé « le RIP », *Regional Data Distribution and Implementation Plan*) présentant le concept de « centres de distribution de données » (DDC, *Data Distribution Center*) et de zones de desserte. Il est indiqué qu'un DDC doit servir de point de contact pour l'acquisition, l'archivage, la récupération et la distribution des données d'alerte et des informations sur le système aux autres DDC et aux SPOC dans sa zone de desserte. Les zones géographiques envisagées dans le RIP sont au nombre de trois, englobant approximativement 120° de longitude entre les deux pôles, avec trois DDC régionaux : l'USMCC (à Suitland, dans le Maryland, aux États-Unis), le FMCC (à Toulouse, en France) et le CMC (*Cospas Mission Centre*, à Moscou, en URSS).



Concept de base des DDC régionaux

Le RIP est aussi le point de départ des algorithmes de traitement des données qui allaient guider le développement futur du segment sol. Le RIP prévoit que les alertes seront distribuées en fonction de la position calculée de la balise de détresse :

- Un DDC ayant acquis des données d'alerte pour une balise située dans sa zone de desserte doit distribuer ces données au RCC/SPOC concerné.

- Un DDC ayant acquis des données d'alerte pour une balise située en dehors de sa zone de desserte doit transmettre l'alerte au DDC dans la zone de desserte duquel l'alerte est localisée.

À la réunion CDCS-2 [1] d'avril 1986 à Villefranche (France), le concept de DDC du RIP est combiné à un Plan d'opérations plus détaillé. D'après le Plan d'opérations, chaque centre de contrôle de mission (MCC) Cospas-Sarsat doit servir de centre de distribution des données dans une zone de desserte définie comme étant l'ensemble des régions maritimes et terrestres où les autorités nationales du MCC acceptent d'assurer le service de la distribution des données d'alerte Cospas-Sarsat [2]. Durant les premières années de fonctionnement de Cospas-Sarsat, les zones de desserte des MCC des partenaires Cospas-Sarsat incluront des zones immenses et reculées, comme l'Antarctique, afin de couvrir l'intégralité du globe.

La question est une source de conflits au sein même des délégations de certains pays. À la réunion CDCS-2 de Villefranche, le chef de la délégation française, qui préside également la réunion « plénière », insiste pour que la France approuve le Plan d'opérations provisoire malgré le profond désaccord manifesté par les représentants des administrations françaises chargées des services SAR. Ils sont opposés au concept proposé de centres régionaux de distribution de données, craignant que cela n'impose une charge trop lourde aux RCC français pour les raisons

> Il devint rapidement évident que les signaux d'urgence téléchargés par une LUT ne se limitaient pas à la zone de responsabilité SAR (SRR) associée à la LUT. Cospas-Sarsat devait établir un système efficace et fiable pour assurer la bonne transmission des alertes de détresse au pays ayant la responsabilité des services SAR. […]
>
> La Norvège participa activement dès le départ aux efforts déployés par Cospas-Sarsat pour résoudre le problème de la distribution des données par le biais du RCC de Bodø servant de centre norvégien de contrôle de mission (NMCC). Ce travail prit beaucoup d'ampleur au fil des ans, et une collaboration scandinave se mit en place (élargie ensuite à l'Europe du Nord), avec des réunions constructives pilotées par le NMCC. Kaare Øyre, du RCC de Bodø/NMCC joua un rôle central dans cette collaboration, qui eut pour cadre les réunions du Groupe de travail Opérations (OWG, *Operations Working Group*) de Cospas-Sarsat et dont le résultat fut incorporé au Plan de distribution des données Cospas-Sarsat.
>
> Einar Ellingsen (2013)
> Représentant de la Norvège
> au Conseil Cospas-Sarsat

1/ En 1985, l'ancien « Groupe de coordination » est devenu un « Comité directeur » (CDCS / CSSC, *Cospas-Sarsat Steering Committee*) avec de nouvelles fonctions opérationnelles.

2/ L'accord de principe sur le premier projet de Plan d'opérations est l'un des quelques résultats positifs de la réunion de Villefranche (CDCS-2), qui en dehors de cela est marquée par des échanges cinglants entre les partenaires Cospas-Sarsat sur le projet de création d'un Secrétariat permanent (voir le chapitre 4, section 4.2.4). M. Pierre Bescond, du CNES, a la tâche difficile de présider la réunion du groupe Opérations qui parvient à ce premier compromis sur la distribution des données d'alerte Cospas-Sarsat.

expliquées plus haut concernant la mission et les attributions traditionnelles des RCC. Si le MCC français est responsable d'une vaste zone de desserte avec des services SAR extrêmement réduits ou inexistants, le traitement des alertes Cospas-Sarsat risque de générer une charge de travail considérable pour les RCC français.

Face au besoin urgent de trouver une approche commune au problème de la distribution des données d'alerte, et compte tenu de l'absence d'alternative réaliste, un compromis est nécessaire. La question se pose à nouveau inévitablement à la réunion suivante organisée à Québec (Québec, Canada) en février 1987 (CDCS-3) et, même une fois le principe globalement admis, la définition des procédures communes de distribution des données et la délimitation des zones de desserte des MCC vont demeurer des points de friction majeurs pendant de nombreuses réunions.

Le Plan d'opérations est finalement rebaptisé « Plan de distribution des données Cospas-Sarsat » (le DDP, document C/S A.001), et devient le premier d'une série de documents opérationnels importants qui permirent à Cospas-Sarsat d'atteindre effectivement l'objectif d'un service d'alerte véritablement opérationnel pour le dispositif SAR. Ted King (Canada), Claude Augoyard (France), Bill Ruark (États-Unis) et Constantin Ivanov (URSS) furent des acteurs essentiels du processus d'élaboration des principes opérationnels et des documents correspondants.

5.1.2 Le réseau des MCC et les messages SIT

D'après le DDP Cospas-Sarsat, chaque Fournisseur du segment sol (pays exploitant une ou plusieurs LUT) doit mettre en place un centre de contrôle de mission (MCC) assurant trois fonctions élémentaires :

a) recevoir les informations sur le Système produites par les Fournisseurs du segment spatial dont il a besoin pour faire fonctionner ses propres LUT, et informer les autres MCC de l'état de ses équipements du segment sol ;

b) recevoir les données d'alerte produites par ses propres LUT, trier ces données et distribuer les données pertinentes aux RCC dans sa zone de desserte, ou les faire suivre à d'autres MCC si l'alerte est localisée en dehors de la zone de desserte du MCC ;

c) recevoir les données d'alerte d'autres MCC, trier et éliminer les données redondantes déjà transmises aux RCC ou, selon le cas, faire suivre les données nouvelles ou actualisées aux RCC.

MCC nodaux

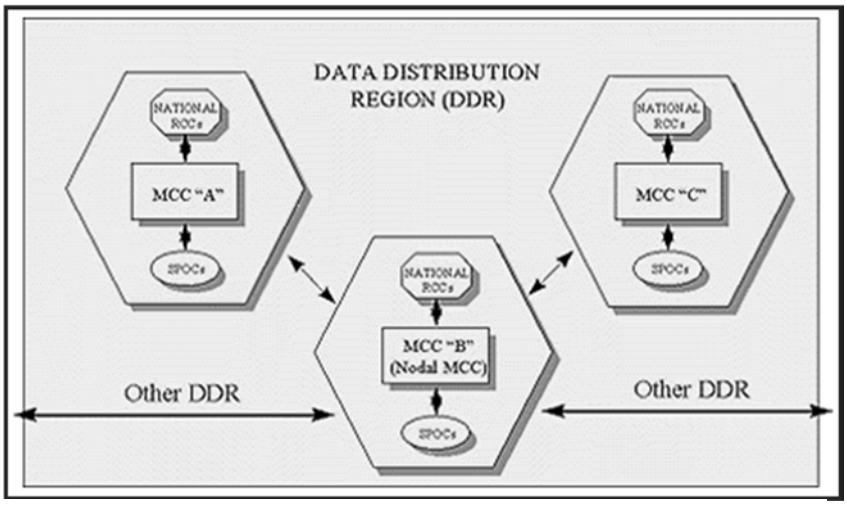


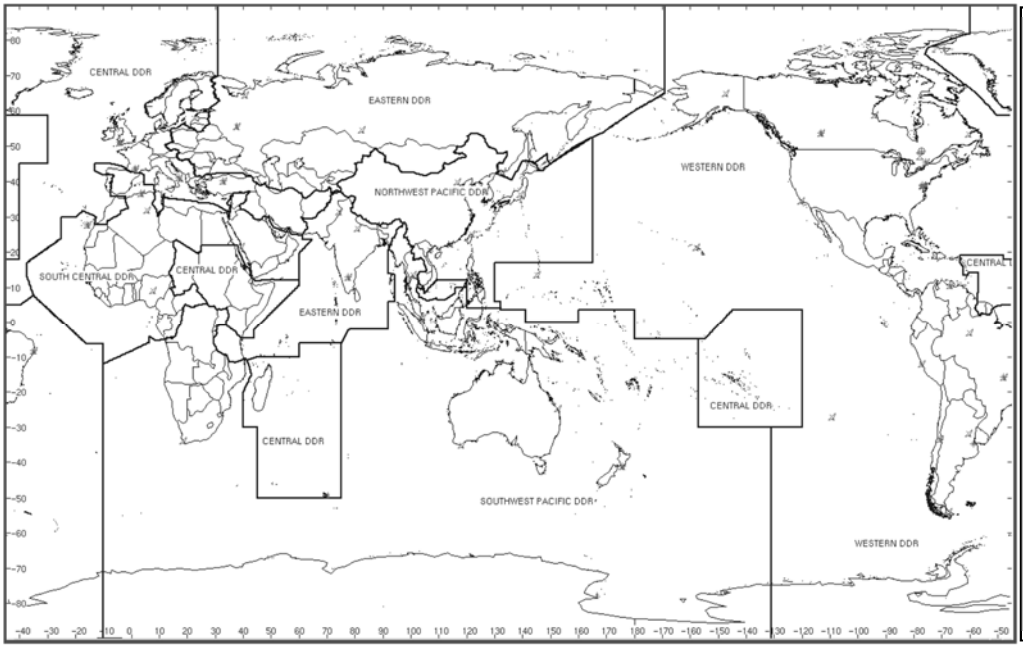
Diagramme simplifié des données d'alerte Cospas-Sarsat
Diagramme avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Le réseau est organisé en régions, avec un « MCC nodal » dans chaque région de distribution des données ou DDR (*Data Distribution Region*) (voir la structure du réseau dans le schéma ci-contre). Chaque MCC doit communiquer avec le nœud régional et distribuer les données à ses propres RCC et aux points de contact SAR des pays de sa zone de desserte.

Bien que de conception simple, cette structure de réseau doit être adaptée

dans les diverses régions du monde pour tenir compte des capacités de communication réelles ainsi que des contraintes opérationnelles et politiques particulières.

Par exemple, les MCC ayant des zones de desserte adjacentes de chaque côté de l'océan Atlantique Nord peuvent échanger des données d'alerte directement sans passer par les nœuds régionaux (l'USMCC et le FMCC) afin d'accélérer les communications, en particulier pour les alertes 121,5 MHz émises dans l'océan Atlantique. Dans d'autres parties du globe, des considérations politiques entrent en jeu, certains pays refusant de faire partie d'une zone de desserte d'un certain MCC pour des raisons de conflits de voisinage aigus. Après la création de nœuds supplémentaires pour améliorer la distribution des données, la géographie des DDR se complexifie un peu par rapport au schéma simple de départ. La production de cartes générées par ordinateur pour le document GEOSORT devient l'une des tâches permanentes de Vladislav Stoudenov au Secrétariat Cospas-Sarsat (voir la carte des DDR ci-dessous).



Régions de distribution des données (DDR)

DDR occidentale
Nœud USMCC (États-Unis)

DDR centrale
Nœud FMCC (France)

DDR orientale
Nœud CMC (Russie)

DDR Pacifique Sud-ouest
Nœud AUMCC (Australie)

DDR Pacifique Nord-ouest
Nœud JAMCC (Japon)

DDR Centre Sud
Nœud SPMCC (Espagne)

Source : Secrétariat Cospas-Sarsat

Messages SIT

Compte tenu des limites des réseaux de communication de données des années 80 avant l'avènement d'Internet, c'est-à-dire essentiellement le télex et le RSFTA (réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques)[3], et pour permettre le traitement automatique des données d'alerte par les ordinateurs, les messages d'alerte Cospas-Sarsat étaient codés pour chaque éventualité possible selon un format spécifique identifié par le code indicateur de type de message, ou SIT (*Subject Indicator Type*). Par exemple, le type de message « SIT 125 », correspondant à une alerte initiale à 406 MHz avec localisation Doppler échangée entre deux MCC, est illustré dans l'encadré ci-dessous à gauche.

3/ Le télex international était lent, cher et pas très fiable. Le RSFTA, un réseau fermé pour les besoins de sécurité de l'aviation civile, n'était pas accessible à certains SPOC, en particulier aux RCC maritimes. Ces systèmes de communication furent ensuite remplacés par un réseau de données utilisant le protocole X.25, là où il était disponible, puis enfin par Internet, mais le format des messages SIT reste la base de l'échange de données automatisé à l'intérieur du réseau des MCC Cospas-Sarsat.

Exemple de message « SIT 125 »

/12590 00000/5030/08 008 0401 /125/5030/010/01
/5121/-9/+02983.9 002.3 +00.00/08 008 0354 56.60/0
/9/13.803/0000/09
/6007A14ABC00160E90824000000000 /+503/-
41.234/+172.516/337 000.7 000.6/79/08 008
0409/3/002.5 000.6 /+503/-48.334/+135.857/325 002.8
001.4/21/08 008 0547/1/008.1 004.6 /LASSIT /ENDMSG

Le texte du même message d'alerte en format décodé, un « SIT 185 », figure dans l'encadré de droite. Même après décodage, l'interprétation de ce type de message d'alerte demandait évidemment un minimum de formation du personnel des RCC.

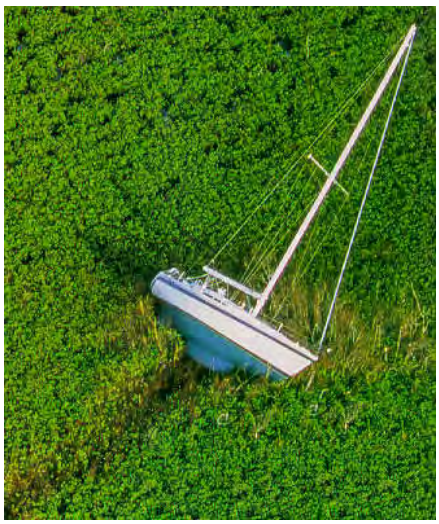


Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Message « SIT 185 » décodé d'une alerte 406 MHz

080401Z JAN 08
FROM AUMCC
TO RCC WELLINGTON
BT
1. DISTRESS COSPAS-SARSAT INITIAL ALERT
2. MSG NO: 12590 AUMCC REF: C00F429578002C1
3. DETECTED AT: 08 JAN 08 0354 UTC BY SARSAT S10
4. DETECTION FREQUENCY: 406.0280 MHZ
5. COUNTRY OF BEACON REGISTRATION: 512/ NEWZEALAND
6. USER CLASS:
SERIAL USER
PLB - SERIAL NO: 0042334
7. EMERGENCY CODE: NIL
8. POSITIONS:
RESOLVED - NIL
DOPPLER A - 41 14 S 172 31 E PROBABILITY 79 PERCENT
DOPPLER B - 48 20 S 135 51 E PROBABILITY 21 PERCENT
ENCODED - NIL
9. ENCODED POSITION PROVIDED BY: NIL
10. NEXT PASS TIMES:
RESOLVED - NIL
DOPPLER A - 08 JAN 08 0409 UTC WELLINGTON LUT NEW ZEALAND
DOPPLER B - 08 JAN 08 0547 UTC ALBANY LUT AUSTRALIA
ENCODED - NIL
11. HEX ID: C00F429578002C1 HOMING SIGNAL: 121.5 MHZ
12. ACTIVATION TYPE: MANUAL
13. BEACON NUMBER ON AIRCRAFT OR VESSEL NO: NIL
14. OTHER ENCODED INFORMATION:
CSTA CERTIFICATE NO: 0176
BEACON MODEL - STANDARD COMMS, AUSTRALIA: MT410, MT410G
15. OPERATIONAL INFORMATION: LUT ID: WELLINGTON, NEW ZEALAND
16. REMARKS: NIL
END OF MESSAGE

Document Cospas-Sarsat C/S G.007

5.1.3 Aspects politiques du découpage des zones

Dans les réunions internationales, très peu de questions s'avèrent aussi sensibles que la notion de frontière, appliquée non seulement aux limites territoriales des États, mais aussi aux services assurés dans les eaux internationales, par exemple les régions d'information de vol (FIR, *Flight Information Region*) pour la gestion de la circulation aérienne, et les régions de recherche et de sauvetage (SRR, *Search and Rescue Region*) pour les services SAR maritimes (appelées aussi « zones de responsabilité SAR »).

Une SRR est une zone maritime dans laquelle un État accepte d'assumer la responsabilité de la fourniture des services SAR. Les SRR établies par accord entre les parties concernées doivent être contiguës, sans se chevaucher. La Convention SAR maritime de 1979[4] stipule expressément que « *la délimitation des régions de recherche et de sauvetage n'est pas liée à celle des frontières existant entre les États et ne préjuge aucunement de ces frontières* ». Cette formulation prudente et diplomatique n'a pourtant pas suffi pour éviter les différends entre États sur le périmètre des SRR. Un peu partout dans le monde des désaccords sont apparus entre pays voisins sur la définition des SRR, dont beaucoup ne sont toujours pas résolus à ce jour. Le fait que la délimitation des zones de

4/ Voir l'annexe 2, section 1 sur le dispositif SAR maritime.

desserte pour la distribution des alertes par les MCC Cospas-Sarsat crée le même genre de difficultés n'a donc pas été vraiment une surprise, en particulier quand Cospas-Sarsat a commencé à produire des cartes décrivant les zones de desserte des MCC.

Comme le Conseil Cospas-Sarsat n'avait pas le pouvoir d'imposer une solution aux parties en désaccord, il adopta une approche pragmatique prévoyant que :

- lorsque cela était possible, les zones de desserte des MCC devaient être fondées sur les SRR existantes et, comme les SRR, les zones de desserte des MCC devaient être contigües, ne pas se chevaucher et faire l'objet d'un consensus entre les parties intéressées ;
- en cas d'impossibilité de parvenir à un accord sur une limite commune, les deux MCC devaient distribuer au RCC approprié les données d'alerte Cospas-Sarsat relatives aux situations de détresse situées dans la partie commune à leurs zones de desserte respectives ;
- Cospas-Sarsat définirait dans un document interne (le document GEOSORT), non diffusé au public, les zones de desserte de chaque MCC sous la forme d'une série de coordonnées géographiques (latitude-longitude), sans montrer sur les cartes les chevauchements existants.

Sur le plan pratique, l'approche adoptée par Cospas-Sarsat garantissait que les RCC responsables recevraient dans tous les cas les données d'alerte appropriées, éventuellement en double. Ce que le Conseil n'avait pas prévu, c'était que, en de rares occasions, des États participants refuseraient d'accepter la solution de compromis et insisteraient pour que l'autre partie ne soit pas autorisée à exploiter sa nouvelle LUT et son nouveau MCC. Le problème était particulièrement aigu dans la partie occidentale de l'océan Pacifique et en mer de Chine.

Pendant une réunion du Comité conjoint Cospas-Sarsat (JC-7) organisée en 1993 à Fremantle, en Australie-Occidentale, le Chef du Secrétariat invita deux délégations de pays d'Asie de l'Est à se rencontrer en marge de la réunion afin de formuler clairement le désaccord existant sur les limites respectives de leurs zones de desserte des MCC, de manière à permettre au Comité conjoint de recommander l'instauration d'un chevauchement et de mettre en service le nouveau MCC conformément à la politique officielle du Conseil. Avant la fin de la réunion du Comité conjoint, un diplomate de l'une des parties en conflit débarqua en avion de Canberra, à l'autre bout du continent australien, pour faire part au Chef du Secrétariat, en des termes diplomatiques mais fermes, de la désapprobation de son ambassade concernant l'initiative prise d'obliger les deux délégations à se réunir, initiative qui devait aboutir à la solution de compromis non désirée. Des situations du même type se produisirent plusieurs fois, pas toujours là on l'on s'y attendait. La mise en service du MCC du Taipei chinois (TAMCC) ne posa aucun problème alors que sa zone de desserte était intégralement incluse dans la zone de desserte du MCC de Hong Kong (HKMCC), en Chine.

5.1.4 Politiques officielles de distribution des alertes et solutions de remplacement pragmatiques

L'OMI et l'OACI, les deux organisations internationales ayant des fonctions de réglementation du dispositif SAR au niveau international, reconnaissaient les efforts déployés par Cospas-Sarsat pour organiser la distribution des alertes générées par satellite et la contribution positive du système aux opérations de recherches et de sauvetage. Néanmoins, des considérations de politique officielle conduisirent parfois à des positions divergentes sur les questions opérationnelles. L'OMI et l'OACI s'employaient toutes les deux à mettre en place des RCC dans les régions du monde dépourvues de ce type d'installations. Conformément à cette politique, elles insistaient pour que toutes les données d'alerte soient automatiquement transférées au RCC concerné en fonction de la position calculée de

la situation de détresse. Les Plans SAR de l'OMI et de l'OACI prenaient effectivement acte des déclarations des États sur les installations SAR existantes et planifiées, mais les Plans donnaient parfois une image optimiste de l'état de fonctionnement des installations répertoriées.

Face à la très grande diversité des organisations nationales SAR et à la complexité de devoir traiter les alertes aéronautiques et maritimes, mais aussi celles des balises de localisation personnelles (BLP), Cospas-Sarsat demanda que chaque État désigne un point de contact SAR unique (le SPOC). Cette stratégie fut acceptée par l'OACI et l'OMI, mais beaucoup de pays ne communiquèrent pas de SPOC. Les MCC Cospas-Sarsat furent rapidement confrontés au manque de réactivité des SPOC désignés ou des RCC dans certaines régions du monde. Les RCC qui étaient censés recevoir les alertes de détresse Cospas-Sarsat et agir en conséquence n'étaient pas toujours joignables ou ne réagissaient pas aux messages d'alerte qu'ils recevaient. Même là où des RCC avaient été effectivement créés et où un SPOC unique avait été désigné par l'État, plusieurs facteurs furent identifiés comme étant la source des problèmes rencontrés par les MCC Cospas-Sarsat :

- des réseaux de télécommunication manquant de fiabilité pour la transmission automatisée des données ;
- des installations « opérationnelles » ne fonctionnant pas 24 heures sur 24, et parfois pas du tout ;
- une mauvaise interprétation des messages d'alerte envoyés par Cospas-Sarsat par manque de connaissance du système à satellites ;
- des moyens SAR insuffisants pour répondre convenablement à une alerte de détresse.

Pour des raisons diplomatiques, désigner nommément les autorités SAR défaillantes lors des réunions internationales était quasiment impossible et de toute façon n'aurait pas permis d'amener de réels changements dans ces pays. C'est pourquoi les MCC Cospas-Sarsat durent imaginer des solutions de fortune, parfois contraires aux principes établis pour la distribution des données d'alerte, par exemple :

- transmettre l'alerte en parallèle à l'autorité SAR nationale du navire ou de l'aéronef en situation de détresse [5], ce qui devint rapidement un principe Cospas-Sarsat standard ;
- transmettre l'alerte en parallèle à leurs propres autorités SAR nationales ; ou
- transmettre l'alerte aux autorités SAR de pays voisins connus pour être réactifs.

Après des années d'efforts infructueux pour améliorer la réactivité opérationnelle de certains de leurs SPOC, les MCC Cospas-Sarsat commencèrent aussi à procéder à des essais de communication réguliers. Même si les résultats des essais ne changeaient rien à la situation sur le terrain, ils permirent à Cospas-Sarsat de démontrer que certaines installations supposées « opérationnelles » ne l'étaient pas suffisamment, et de mettre en place des circuits de distribution de remplacement, là où cela était nécessaire.

5.1.5 Le système mixte LEO/GEO à 406 MHz

Le système à satellites Cospas-Sarsat pour les recherches et le sauvetage avait été conçu à l'origine pour fonctionner avec des satellites en orbite basse (LEO). Ce choix permit de démontrer la validité

5/ Dans le jargon technique Cospas-Sarsat, cette procédure est appelée « notification du pays d'enregistrement de la balise » (NOCR, *Notification of Country of Beacon Registration*).

du système de façon spectaculaire à l'occasion d'interventions SAR en conditions réelles ayant utilisé la capacité 121,5 MHz. Toutefois, même après l'adoption par l'OMI, en 1988, des RLS 406 MHz pour le SMDSM, il était clair qu'il faudrait rapidement trouver un moyen de transmettre les alertes en temps quasi-réel, ce que les systèmes LEO ne pouvaient pas assurer à un coût acceptable.

L'enjeu pour Cospas-Sarsat était de :

a) montrer que les émissions des balises 406 MHz, conçues pour être traitées à bord des satellites LEO, pouvaient être relayées par des satellites géostationnaires en orbite à 36 000 km d'altitude au-dessus de la Terre et traitées correctement au sol pour fournir des données fiables sur l'identité des balises et éventuellement sur la position codée de la balise [6] ;

b) faire en sorte qu'au moins trois satellites GEO convenablement espacés en longitude soient disponibles à tout moment pour assurer une veille mondiale permanente des alertes ;

c) élaborer des procédures appropriées pour traiter, trier et transmettre automatiquement les messages d'alerte LEO et GEO aux SPOC/RCC concernés dans le monde entier.

Les problèmes de conception du système GEOSAR à 406 MHz et sa mise en œuvre au moyen de satellites géostationnaires mis à disposition par les États-Unis, l'Inde, l'organisation EUMETSAT et la Russie sont décrits au chapitre 3, section 3.3. Le troisième aspect, la distribution des données d'alerte dans un système mixte LEO/GEO, est présenté brièvement dans cette section.

Fonctionnement combiné LEO/GEO

Dans le système LEOSAR 406 MHz, malgré les complexités de la levée de l'ambiguïté Doppler, le processus de validation et de tri des alertes était relativement simple. Si des informations identiques ou similaires fournies par une autre LUT avaient déjà été transmises au SPOC/RCC concerné et que l'ambiguïté Doppler avait été levée, les nouvelles données pouvaient être considérées comme redondantes et ne pas être traitées plus avant. Après 1996, l'arrivée d'un flux continu de données d'alerte GEOSAR à 406 MHz, dont certaines comprenaient des informations de position codées, ajouta un degré de complexité supplémentaire.

Toutes les GEOLUT de la zone de couverture d'un satellite GEO donné allaient produire fondamentalement les mêmes données d'alerte. L'avantage d'un très haut niveau de redondance était une probabilité élevée de détecter effectivement toutes les émissions de balises en temps quasi-réel. L'inconvénient était qu'un flux permanent d'alertes pouvait inonder les RCC d'informations répétitives, inutiles, faisant perdre un temps précieux au personnel des RCC.

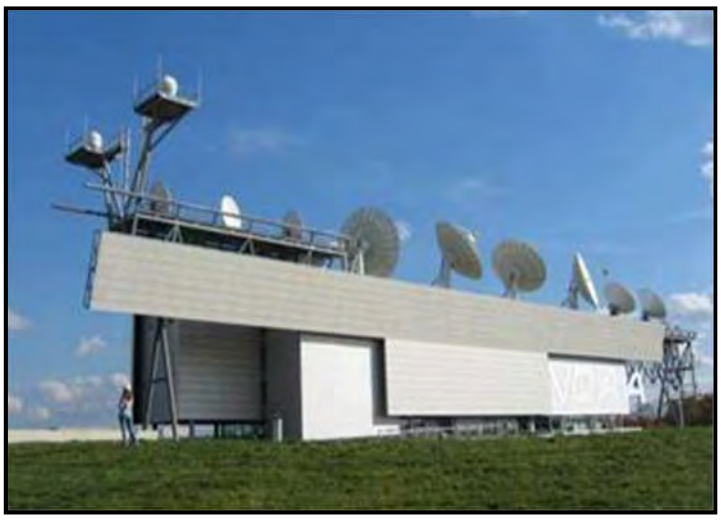
Par conséquent, une GEOLUT qui recevait des salves de données des balises 406 MHz en continu devait « décider » si les données traitées contenaient des informations « nouvelles ». Il fallait des critères objectifs pour définir ce qui constituait des informations nouvelles ou actualisées, par exemple une position codée différente, plus récente, et décider si ces données méritaient d'être traitées et transmises.

6/ Les balises 406 MHz à protocole de localisation, qui permettaient de transmettre les données de position codées fournies pas un récepteur GNSS (système mondial de navigation par satellite) intégré à la balise, firent leur apparition en 1996. Cette évolution nécessita d'apporter des modifications importantes au segment sol Cospas-Sarsat (LUT et MCC) et de mettre au point un nouvel ensemble complet de procédures de traitement des messages au niveau des MCC.

Au niveau des MCC, les nouvelles données LEOSAR avec deux positions Doppler (les solutions A et B du calcul de localisation Doppler) devaient être comparées aux données LEOSAR reçues précédemment et aux données GEOSAR pour la même balise si une position GNSS codée était incluse dans les précédentes émissions de la balise. Une « décision » automatique était alors nécessaire pour soit transférer les nouvelles données, soit bloquer la transmission. De même, les nouvelles données d'alerte GEOSAR devaient être comparées aux « anciennes » données LEO et GEO et traitées selon des critères de filtrage stricts. Les mêmes règles de tri des MCC seraient appliquées aux données d'alerte produites par d'autres LUT LEO ou GEO et reçues d'autres MCC.

Sans un algorithme de tri automatique complet et efficace, les flux additionnés d'alertes LEO et GEO devant être distribués dans le monde entier auraient pu devenir un écueil majeur pour le système mixte LEO/GEO à 406 MHz. Un groupe de travail réuni à Canberra (Australie) en mars 1996 plancha sur le sujet (TG-1/1996). Il mit au point les algorithmes de filtrage souhaités, ce qui donna naissance à une nouvelle édition augmentée du Plan de distribution des données. Des adaptations importantes furent introduites dans le réseau des MCC, ce qui permit en octobre 1998 au Conseil de décider à sa vingt et unième réunion (CSC-21), d'« *accepter que les composantes GEOSAR à 406 MHz des satellites géostationnaires opérationnels d'étude de l'environnement (GOES-Est et GOES-Ouest) des États-Unis soient utilisées pour améliorer le système à satellites Cospas-Sarsat actuel*[7] ».

Même si la composante GEOSAR 406 MHz du système INSAT 2 était déjà disponible à l'époque, assurant une couverture GEO presque complète, le statut de « Fournisseur du segment spatial » de l'Inde n'était pas encore finalisé. Il fallut attendre neuf ans, jusqu'à la signature en 2007 d'un arrangement séparé entre l'Inde et les parties Cospas-Sarsat, pour que la question soit résolue[8]. Les alertes GEOSAR à 406 MHz provenant d'INSAT furent néanmoins mises à disposition de Cospas-Sarsat et distribuées aux RCC dès 1998, bien qu'officiellement à titre « expérimental ».



L'USMCC à Suitland (Maryland, États-Unis)
Photo avec l'aimable autorisation de la NOAA

Alertes de sûreté des navires

Avec une capacité d'alerte en temps quasi-réel, le Système Cospas-Sarsat pouvait également appuyer une mesure de lutte contre la piraterie prise par l'OMI avec une catégorie de balises appelées Système d'alerte de sûreté du navire (SSAS, *Ship Security Alert System*). Ces balises sont traitées de la même manière que les RLS, mais les alertes de sûreté des navires sont distribuées uniquement aux autorités nationales responsables de la sûreté des navires, conformément au code pays intégré au message d'alerte de la balise SSAS.

7/ Source : compte rendu de la réunion CSC-21/OPN, section 4.2.4 – octobre 1998.

8/ Voir le chapitre 4, section 4.4.3.

5.2 Fiabilité du système, mise en service des équipements et procédures de certification

Mise en service des équipements du segment sol

Cospas-Sarsat est un système de communication à satellites ouvert. Pour garantir la fiabilité d'un système de sécurité reposant sur un ensemble d'équipements fonctionnant dans un grand nombre de pays, des procédures rigoureuses de « mise en service » étaient nécessaires. Il s'agissait de s'assurer que les équipements du segment sol satisfaisaient les critères de performance avant d'être déclarés opérationnels et utilisés dans le Système Cospas-Sarsat.

Cette politique fut introduite progressivement après 1985 avec l'élaboration de spécifications fonctionnelles et de performance appropriées, et la définition d'essais de mise en service, d'abord pour les LUT qui pouvaient être fabriquées et vendues librement aux entités exploitant les équipements, puis pour les MCC dans le but de standardiser la distribution et le traitement des messages d'alerte et de garantir un niveau minimum de fiabilité. Par le biais de la procédure officielle d'association des pays participants, le Conseil Cospas-Sarsat put imposer aux « Fournisseurs du segment sol » des essais de mise en service et des procédures formelles de soumission des résultats d'essais relatifs aux performances de leurs équipements.

Certification des balises de détresse

La situation était différente pour les balises de détresse déployées sur le terrain. Dans la mesure où les ELT 121,5 MHz existaient déjà au moment de la mise en place du système à satellites, Cospas-Sarsat n'avait aucun contrôle sur les spécifications ou les performances réelles des balises vendues dans le commerce. À 406 MHz en revanche, Cospas-Sarsat pouvait spécifier les caractéristiques d'émission des balises, telles que prévues dans le document C/S T.001 adopté par le Conseil, mais n'avait aucun moyen de contrôler directement les administrations nationales délivrant les autorisations nécessaires pour vendre tel ou tel modèle de balise, en particulier dans les pays qui n'étaient pas officiellement associés au Programme. La certification et l'homologation officielles restaient la prérogative exclusive des administrations nationales. La stratégie adoptée consista à :

- élaborer une procédure de certification spécifique à Cospas-Sarsat concernant les caractéristiques d'émission des balises 406 MHz, avec notamment une série d'essais précisément décrits dans le document C/S T.007, « Cospas-Sarsat 406 MHz Distress Beacon Type Approval Standard » ;
- encourager les fabricants à soumettre les nouveaux modèles de balise aux essais prévus par la procédure Cospas-Sarsat et à rendre publique la liste des modèles ayant obtenu un certificat d'approbation de type Cospas-Sarsat ;
- encourager les pays participants à exiger la certification Cospas-Sarsat dans le cadre de leur propre procédure nationale, avant d'autoriser la mise sur le marché de nouveaux modèles de balise.

La procédure de certification Cospas-Sarsat fut intégrée aux procédures nationales de certification imposées par les grands pays, qui traitaient également des autres caractéristiques des balises (spécifications environnementales, résistance des ELT à un crash ou au feu, flottabilité des RLS, etc.). Après l'adoption par l'OMI et l'OACI des exigences fonctionnelles et de performance, les spécifications détaillées et les normes d'essai furent établies par les organismes industriels qualifiés[9] et adoptées officiellement par les administrations dans le cadre de leur réglementation nationale.

9/ RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) et RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) aux États-Unis, ETSI (Institut européen des normes de télécommunications), EUROCAE (Organisation européenne pour l'équipement de l'aviation civile) en Europe et la CEI (Commission électrotechnique internationale).

5.3 Principaux résultats opérationnels obtenus jusqu'en 2009 [10]

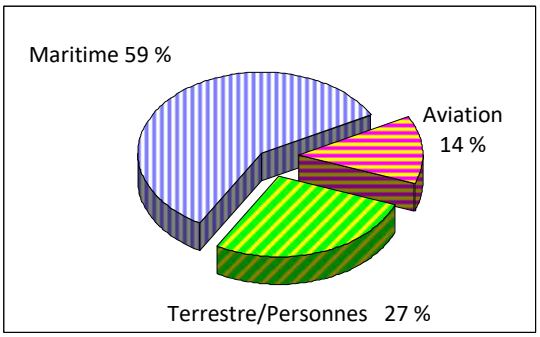
Fin 2009, 43 États et organisations participaient activement au Programme Cospas-Sarsat. Six satellites LEOSAR et cinq satellites GEOSAR étaient en service en orbite. Le segment sol comprenait 57 LEOLUT et 20 GEOLUT. La population de balises 406 MHz était estimée à plus de 945 000.

Entre septembre 1982 et décembre 2009, le Système Cospas-Sarsat a apporté une assistance au sauvetage d'au moins 28 375 personnes dans le cadre de 7 746 événements SAR.

Données d'alerte Cospas-Sarsat utilisées lors d'événements SAR en 2009

	Type de détresse	Personnes secourues	Nombre d'événements
Entre janvier 2009 et décembre 2009, le Système Cospas-Sarsat a aidé au sauvetage de **1 596 personnes lors de 478 événements SAR**.	Aviation	271	66
	Maritime	1 101	281
	Terrestre/Personnes	224	131
	TOTAL	**1 596**	**478**

Catégories d'événements SAR (janv. - déc. 2009)



5.3.1 Exemples d'événements SAR associés à des alertes Cospas-Sarsat à 121,5 MHz

Les signaux 121,5 MHz cessèrent d'être traités par le Système Cospas-Sarsat le 1er février 2009, plus de 26 ans après sa mise en service (le 1er septembre 1982). Durant cette période, le système 121,5 MHz fut utilisé lors de plus de **3 500 situations de détresse** (de tous types : maritimes, aéronautiques et balises personnelles à terre) où plus de **8 900 personnes furent secourues**. Les sections qui suivent illustrent quelques cas SAR dans lesquels les données Cospas-Sarsat aidèrent à secourir des personnes, et d'autres cas où elles ne purent servir aux interventions SAR.

Les cas suivants qui se produisirent dans la région de l'océan Pacifique montrent à la fois l'apport du système Cospas-Sarsat 121,5 MHz et ses limites, en particulier sur le plan de la couverture. Ils furent présentés par le Lieutenant S. Burlingame du centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) de Honolulu pendant la Conférence Cospas-Sarsat dans la Région Pacifique (17 mai 1990).

Le cas SAR Margaret G.

Le **2 mai 1989** à 4h45 heure locale, une solution Cospas-Sarsat composite (121,5 MHz) est reçue au centre conjoint de coordination de sauvetage (JRCC) d'Honolulu pour une position à environ 300 milles au sud d'Honolulu. Un avion C-130 de la Garde côtière des États-Unis décolle à sa recherche.

Environ 4 heures plus tard, le navire de pêche *Margaret G.* à la dérive et un canot de sauvetage orange sont aperçus. Dans le canot se trouve l'unique survivant parmi les trois membres de l'équipage du *Margaret G.* Le navire était tombé en panne complète de moteur et la pêche avait commencé à s'abîmer dans les cales. Deux marins-pêcheurs étaient morts après avoir respiré des vapeurs toxiques en essayant de jeter les poissons pourris par-dessus bord. Le survivant avait déployé le canot de sauvetage et activé la RLS 121,5 MHz. Des navires de la Marine et de la Garde côtière américaines furent dépêchés sur place et le survivant fut ramené à terre sain et sauf.

Lt. Scott Burlingame, JRCC de Honolulu

10/ Le Secrétariat Cospas-Sarsat publie chaque année des statistiques dans le document intitulé « Données relatives au Système Cospas-Sarsat » qui peut être téléchargé depuis le site web de Cospas-Sarsat à l'adresse www.cospas-sarsat.int. Des statistiques à jour sont disponibles auprès du Secrétariat Cospas-Sarsat pour les années postérieures à 2009.

Le cas SAR Siboney

Le voilier *Siboney* a quitté le canal de Panama en direction de Honolulu avec deux personnes à bord, une RLS 121,5 MHz et divers appareils électroniques de communication et de navigation.

Le **15 juin 1989**, à environ 1 200 milles à l'ouest-sud-ouest du canal, le bateau est renversé par une baleine et les deux passagers se hissent sur un radeau de sauvetage. Le *Siboney* ne se trouve pas dans la zone couverte de nos LUT Cospas-Sarsat existantes, ni d'ailleurs celle des LUT prévues, et le signal de sa RLS 121,5 MHz n'est pas capté. Le radeau **dérive 66 jours** avant d'être aperçu par un navire de la Garde-côte costaricaine patrouillant à quelques 30 milles de la côte du Costa Rica. Bien qu'ayant perdu plus de 20 kilos chacun, les deux navigateurs ont survécu et se sont totalement remis de leur épreuve en mer. Si le *Siboney* avait eu à son bord une RLS 406 MHz, ils auraient très certainement été secourus beaucoup plus tôt.

Lt. Scott Burlingame, JRCC de Honolulu

Des cas SAR aéronautiques ont été présentés au chapitre 2 et au chapitre 3, section 3.2, par exemple le cas SAR Ziegleheim, où les données d'alerte Cospas-Sarsat ont été déterminantes pour le sauvetage des survivants. Le cas ci-dessous montre la nécessité pour les autorités SAR de développer une expérience propre de l'utilisation du service d'alerte par satellite. On voit également l'intérêt et les limites du système à 121,5 MHz, en particulier l'absence d'identifiant de la balise dans le signal d'alerte.

La disparition du vol Varig entre Marabá et Belém, au Brésil

Le 3 septembre 1989 à 20h35 UTC, le vol Varig RG-254, un Boeing 737-200, décolle de Marabá, dans le nord du Brésil, dernière escale avant sa destination finale, Belém. L'équipage s'est trompé en entrant le cap dans l'ordinateur de vol (*270° au lieu de 27°, c'est-à-dire un cap vers l'ouest au lieu du nord-nord-est*). Après le temps de vol normal pour atteindre Belém, l'équipage n'arrive pas à localiser l'aéroport et se rend alors compte de son erreur. Mais il n'y a pas de terrain d'atterrissage convenable à proximité et l'équipage a perdu beaucoup de temps : il a réglé son récepteur de navigation sur de mauvaises balises (mêmes fréquences que les balises non directionnelles « NDB » de Belém, mais avec des identifiants différents) et l'avion est à court de carburant. Les pilotes doivent opérer un atterrissage d'urgence dans l'obscurité la plus totale. Sur les cinquante-quatre passagers de l'avion, quarante-trois survivent à l'atterrissage forcé. Un douzième passager décèdera avant l'arrivée des secours.

Toutes les communications avec le centre de contrôle de la circulation aérienne, l'ACC Belém, ont été faites en HF. L'ACC Belém déclenche une INCERFA (phase d'incertitude) à 21h35 UTC, suivie d'une « phase de détresse » à 00h35 UTC, quatre heures après le décollage de l'avion de Marabá. Une intervention SAR est alors lancée et le RCC de Belém demande à l'INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, l'agence spatiale brésilienne exploitant une LEOLUT) s'il a reçu des alertes par satellite.

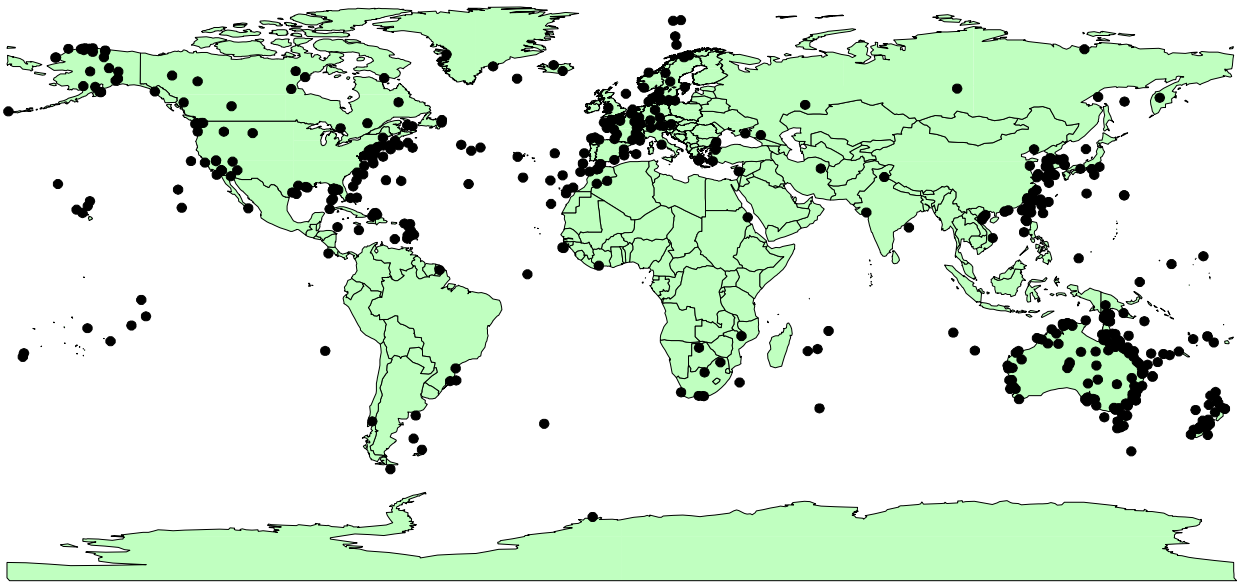
L'avion n'est pas équipé d'une ELT « fixe » qui aurait pu être automatiquement déclenchée lors de l'atterrissage forcé. En revanche, il a à son bord une ELT activée en cas d'immersion après un amerrissage. Le pilote récupère cette balise et utilise des glaçons des cuisines de bord, et de l'urine, pour activer les émissions de l'ELT. Le deuxième jour, un passager, orpailleur expérimenté, part chercher de l'eau et découvre un ruisseau, ce qui permet de maintenir les émissions de l'ELT.

À 12h50 le 4 septembre, le RCC de Belém reçoit par téléphone une localisation Cospas-Sarsat pouvant correspondre à une ELT 121,5 MHz, loin de la trajectoire de vol supposée de l'avion (les coordonnées des positions A et B sont 09°50' S/052°04' W et 10°57' S/051°55' W). Des recherches dans cette zone sont programmées pour le lendemain.

Le matin suivant, 5 septembre, les moyens SAR sont concentrés dans la région indiquée du Mato Grosso. L'avion de recherches capte par intermittence des signaux 121,5 MHz, mais inutilisables par son radiogoniomètre pour rallier l'avion en détresse. De nouvelles localisations Cospas-Sarsat sont transmises au RCC de Belém. Le même matin, deux survivants du crash partent chercher de l'aide et arrivent dans une ferme à Curumaré à 17h15 UTC, d'où ils peuvent téléphoner aux autorités de l'aviation. Environ 44 heures après l'accident, l'avion écrasé est enfin localisé à la position 10°46' S/052°21' W – à 1 100 km de sa destination prévue. Un passager blessé est évacué par hélicoptère le soir même. Tous les autres survivants seront évacués le lendemain.

Maj. Av. Fábio L.C. Barbosa
DECEA (Service du contrôle de l'espace aérien) – Section de planification SAR, Brésil

La disparition d'un avion de ligne est un événement rare et la survie de l'ELT lors d'un crash violent est relativement improbable. Toutefois, l'exemple ci-dessus où une ELT a effectivement fonctionné dans une situation de détresse n'est pas unique. Le 23 juin 1985, lorsqu'une bombe explose sur le vol Air India 182, un Boeing 747 parti de Montréal (Canada) pour Londres (Royaume-Uni), l'avion s'écrase dans l'océan Atlantique à 120 milles de la côte sud-ouest de l'Irlande, faisant 329 victimes. Des émissions à 121,5 MHz sont captées par un avion survolant le site. La position de l'ELT est donnée par le MCC français une heure après la perte du contact radar (satellite Sarsat-1 ; position de l'ELT 51-01,9N, 123-46,8W). L'ELT d'Air India, une balise flottante rangée avec les radeaux de sauvetage, est retrouvée par un hélicoptère de sauvetage Sea King de la Garde côtière britannique environ 4 heures après le crash. Dans le cas d'un avion plus léger, la probabilité de survie de passagers et de l'ELT est beaucoup plus élevée et, entre septembre 1982 et février 2009, les données d'alerte d'ELT Cospas-Sarsat à 121,5 MHz ont aidé au sauvetage de 3 020 personnes lors de 1 489 événements SAR associés à un écrasement d'aéronef.



Utilisation du Système Cospas-Sarsat en 2008

La carte montre la distribution géographique des événements SAR de 2008 ayant utilisé des données d'alerte Cospas-Sarsat (406 MHz et 121,5 MHz). Au cours de l'année 2008, les données d'alerte Cospas-Sarsat ont aidé au sauvetage de 1 981 personnes lors de 502 événements SAR.

Bulletin d'information Cospas-Sarsat n°22 - Février 2010



Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

5.3.2 Exemples d'événements SAR associés à des alertes de détresse Cospas-Sarsat 406 MHz

Les alertes Cospas-Sarsat ne sont pas nécessairement les seules alertes reçues par un RCC lors d'une situation de détresse. Mais les données Cospas-Sarsat jouent souvent un rôle décisif dans la réussite du sauvetage.

Les récits qui suivent montrent la diversité des cas SAR et la capacité du système Cospas-Sarsat 406 MHz à apporter une assistance aux équipes SAR en mer ou à terre.

L'enregistrement d'une balise 406 MHz peut vous sauver la vie

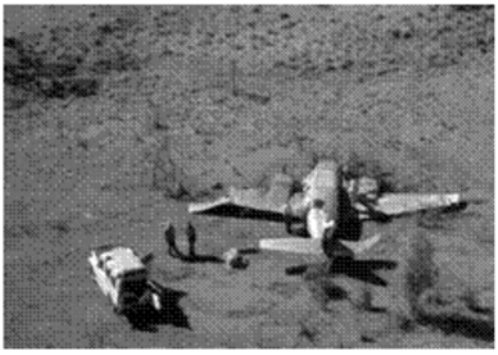
Les données de position GPS codées dans les messages de détresse des balises 406 MHz sont une aide considérable pour les opérations SAR, comme en attestent de nombreux cas d'alertes. Cependant, l'incident suivant montre une nouvelle fois l'utilité d'avoir une position Doppler fiable et des informations d'enregistrement exactes.

Le 30 janvier 2003 à 20h33, l'équipe de quart du MRCC de Falmouth reçoit, via le centre de contrôle de mission du Royaume-Uni (UKMCC) de Kinloss, une alerte d'une balise 406 MHz équipée d'un récepteur GPS. Toutefois, aucune donnée de position n'est disponible, que ce soit par codage ou par traitement Doppler. La base de données britannique des RLS 406 MHz est consultée et la personne à contacter en cas d'urgence communique la dernière position connue du navire, confirmant qu'il n'y a qu'une seule personne à bord. Le MRCC de Falmouth peut ainsi établir une zone de recherche possible.

À 20h45, les premières données transmises par un satellite LEO fournissent des informations de position exploitables, alors qu'à ce moment-là, aucune donnée GPS n'est encore disponible. Un hélicoptère et un bateau de sauvetage sont envoyés sur les lieux et les navires à proximité sont alertés. À 21h01, une deuxième position Doppler est reçue, confirmant la précédente. À mesure que l'incident progresse et que les données de nouveaux passages de satellites se succèdent, la position est affinée. Les moyens SAR utilisent des appareils de radiogoniométrie pour capter le signal de radioralliement 121,5 MHz de la balise et parviennent à identifier la victime.

L'hélicoptère arrive à isoler des signaux 121,5 MHz de forte intensité, à 15 milles de la cible, en volant à 1 800 pieds. Le yacht a démâté et flotte juste sous la surface de l'eau. Le bateau de sauvetage récupère son occupant. La balise continue d'émettre, mais les premières données GPS ne sont reçues qu'à 22h41. Cet incident fait clairement apparaître l'importance de l'enregistrement des balises, surtout pour la phase initiale de l'intervention SAR. Le sauvetage a pu être mené à bien grâce aux données de position LEO, aux informations fournies par la personne enregistrée comme contact à terre et à la capacité de radioralliement à 121,5 MHz, alors que les données GPS n'étaient pas encore disponibles. Ce soir-là, les conditions météorologiques n'étaient pas favorables pour un navigateur solitaire, avec une mer forte et un vent du nord de force 7/8. La victime avait essayé d'alerter les autorités SAR avec son téléphone portable, mais ses batteries étaient déchargées. Finalement, ce sont une balise correctement enregistrée, de bonnes données LEO et un signal 121,5 MHz de radioralliement qui lui ont sauvé la vie.

Bulletin d'information n°16 – Août 2003



Un appel de détresse localisé en Australie

Le 17 juillet 2008 à 9h17, un Piper Navajo (PA31) envoie un « Mayday » lors d'un vol vers Mount Isa, une ville minière du centre du Queensland, en Australie. Le RCC australien réagit en déroutant un avion de passage mais la position donnée est inexacte et une opération de recherches est lancée. Le pilote a été grièvement blessé lors du crash et est resté inconscient une trentaine de minutes. Revenu à lui, il parvient à rappeler le RCC qui a essayé de le joindre sur son téléphone portable mais il ne connaît pas sa position. Il souffre terriblement d'une jambe cassée et de blessures dans le dos et n'arrive pas à atteindre sa BLP 406 MHz, ni la trousse de premiers secours. Le choc l'a éjecté de son siège ; il est à moitié coincé dans le siège de derrière. Il signale aussi qu'il entend une fuite de carburant et que l'interrupteur général de l'avion n'est pas coupé.

La tension monte. L'avion écrasé est recouvert d'une fine poussière rouge qui le rend difficile à repérer. Les aéronefs de recherches n'arrivent pas à localiser le lieu du crash. Encouragé par le RCC, le pilote blessé parvient à se traîner jusqu'à sa BLP 406 MHz et à l'activer. Un hélicoptère léger entend le signal et, en gérant au mieux le radioralliement audio et les effets d'écran du terrain, commence à explorer la zone. Le pilote blessé entend l'hélicoptère s'approcher puis s'éloigner. Ses indications permettent au RCC de ramener l'hélicoptère vers le lieu du crash. Dans le même temps, un satellite Cospas-Sarsat détecte la BLP 406 MHz (sans GPS) et l'avion est ainsi localisé (20° 28' S 139° 26' E).

Une ambulance est envoyée d'urgence sur le site et transporte le pilote blessé à l'hôpital de Mount Isa où il est soigné.

Bulletin d'information Cospas-Sarsat n°21 – Février 2009



Naufrage du navire de pêche *Villa de Aguete*

1er juillet 2009 – Le navire de pêche espagnol *Villa de Aguete* sombre à environ 28 milles au sud du cap Blanc (Mauritanie). Le dispositif SAR est activé à 13h46 UTC, lorsque le MRCC de Madrid reçoit une émission de RLS dans la zone de responsabilité SAR mauritanienne, provenant du MCC espagnol (SPMCC) de la Grande Canarie.

Contact est pris aussitôt avec les autorités SAR mauritaniennes et avec l'armateur du bateau, lequel signale la présence de deux autres navires de pêche de la même compagnie dans la zone. Ces navires sont contactés et informés de la situation du *Villa de Aguete*.

À 14h05 UTC, une émission « Mayday » est relayée par le navire de pêche *Manuel Nores* au centre de coordination de sauvetage régional de La Palma, indiquant la même position géographique du bateau naufragé *Villa de Aguete*.

Les communications avec les bateaux de pêche ayant répondu à l'appel de détresse permettent d'établir que le *Portomayor* participe aux opérations de sauvetage. Il déclare avoir secouru 22 membres d'équipage (un décédé) et que le *Villa de Aguete* a sombré à la position 20°26' N, 17°24' W. Les navires de pêche espagnols *Curbeiro* et *Santomar* ont participé aux opérations de sauvetage, de même qu'un navire mauritanien non identifié. Les rescapés sont transférés sur le navire de pêche *Estela* et emmenés au port de Nouadhibou (Mauritanie) où les 13 membres d'équipage mauritaniens sont débarqués.

Dans ce cas SAR, le Système Cospas-Sarsat a transmis **la première alerte**.

Bulletin d'information Cospas-Sarsat n° 22 – Février 2010



Deux frères survivent à une chute sous la glace

Deux frères de 18 et 21 ans, Sølve et Bård Pettersen, ont passé l'hiver à chasser dans le nord de l'archipel du Svalbard, dans l'Arctique norvégien. Le **27 mars 2008**, ils partent pour une randonnée à ski en longeant la côte quand le drame se produit. Les chiens attachés à leurs ceintures ont flairé un ours polaire et se lancent à sa poursuite, traînant les deux frères sur la glace, raconte Petter Braaten, officier de police du Svalbard.

Au milieu du fjord, la glace trop mince cède sous le poids des deux garçons et de leurs chiens qui tombent dans l'eau glacée.

« Sølve et Bård arrivent à se hisser sur la glace » explique Petter Braaten, « mais Bård retourne dans l'eau pour récupérer son sac à dos, qui contient une balise de détresse ». Ils ne peuvent malheureusement rien faire pour les cinq chiens qui se noient dans les eaux de l'Arctique.

Les deux frères activent leur BLP, qui émet **la seule et unique alerte de détresse** pour cette incident (79°35' N - 14°00' E). Par une température extérieure de moins 20°C, ils parviennent à regagner leur cabane où il fait encore bon mais tous deux souffrent de graves engelures. Les secours arrivent environ 90 minutes après l'activation de la BLP et les deux frères sont emmenés d'abord à l'hôpital de Longyearbyen, puis à Bodø sur le continent pour recevoir des soins. Pour Tore Wangsfjord du JRCC norvégien de Bodø, « le fait qu'ils aient survécu au drame est dû à l'excellent fonctionnement du Système Cospas-Sarsat ».

Bulletin d'information Cospas-Sarsat n° 21 – Février 2009

Un oiseau percute un avion au Botswana : l'alerte est donnée rapidement grâce à une ELT 406 MHz

Le jeudi **14 septembre 2006** à 12h07 UTC, un Cessna 206 de Flying Mission Services basé à Gaborone (Botswana) décolle de Nxabega avec un pilote et quatre passagers pour ce qui doit être un vol de routine. L'arrivée est prévue à Tsigaro à 13h25 UTC. […]



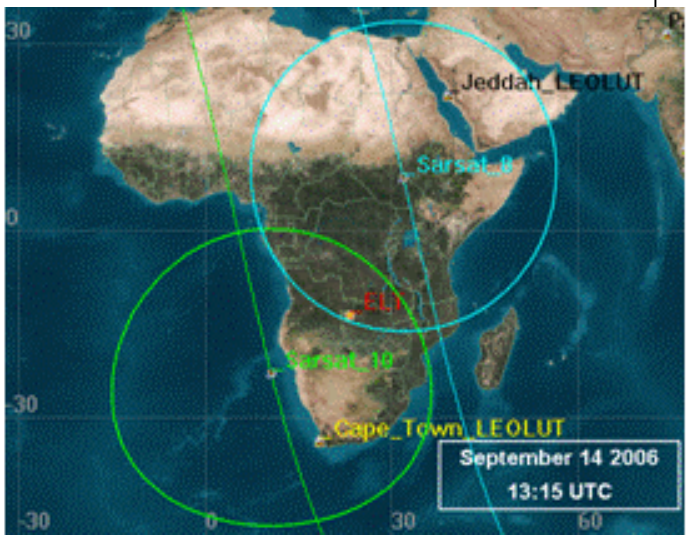
Après environ 15 minutes de vol, le pilote voit un grand vautour à moins de 20 mètres devant lui. « J'ai immédiatement viré à gauche pour essayer de l'éviter, mais l'oiseau a percuté le pare-brise côté pilote. Il y a eu une immense explosion et j'ai senti un choc sur le visage et le haut du corps ». […} Nous étions à deux milles de l'aérodrome de Stanley mais il était évident que nous n'arriverions pas jusque-là. J'ai repéré un endroit plat et dégagé juste après une petite lagune, dans des eaux peu profondes. Dès que l'avion a touché l'eau, il s'est retourné et l'eau s'est engouffrée dans la cabine. Quand il s'est arrêté, nous étions suspendus par nos ceintures de sécurité et j'avais la tête sous l'eau. »



Le pilote aide tous les passagers à s'extirper de l'avion par le hublot côté copilote. « Je suis retourné dans la cabine pour voir s'il était possible de passer un appel de détresse. Les radios étaient hors service mais la balise ELT émettait des bips. » Le centre de contrôle de mission Cospas-Sarsat du Cap (ASMCC) reçoit une alerte non localisée relayée par la GEOLUT (station terrienne de satellite géostationnaire) britannique à 12h32 UTC le 14 septembre. L'identifiant de la balise est décodé et les données d'enregistrement indiquent que l'avion appartient à Flying Mission Services du Botswana. Les opérateurs du RCC se servent de ces informations pour téléphoner au contact d'urgence répertorié, environ 18 minutes après l'activation de la balise.

L'alerte GEO est suivie d'un message LEOSAR relayé par Sarsat-10 et reçu à 13h15 UTC par la LUT sud-africaine. Le message d'alerte est transféré au RCC à 13h20 UTC. Il fournit une position Doppler « A » à 19°38' S / 023°17' E avec une probabilité de 91 %. Un deuxième passage LEOSAR au-dessus du site de détresse par Sarsat-8 à 13h15 UTC le 14 septembre est capté par la LEOLUT saoudienne de Djeddah, et une position résolue à 19°38' S / 023°17' E est envoyée à l'Afrique du Sud à 13h28 UTC. Un hélicoptère est dépêché au point indiqué et arrive sur les lieux à 14h45 UTC. Moins de deux heures après l'atterrissage d'urgence, tous les passagers et le pilote sont évacués sains et saufs.

Comme le souligne Derek Cooper, du MCC Cospas-Sarsat sud-africain, « l'ELT 406 MHz à bord de l'avion de Flying Mission Services a transmis la première et unique alerte pour cet incident de détresse. Le bon enregistrement de la balise a permis aux services de recherche et de sauvetage d'intervenir rapidement puisque les premiers secours sont arrivés sur les lieux seulement une heure et demie après l'atterrissage d'urgence ».



Bulletin d'information Cospas-Sarsat n° 19 - Février 2007

5.4 Arrêt des services d'alerte par satellite à 121,5 MHz

Année après année, depuis sa mise en service, le système d'alerte Cospas-Sarsat à 121,5 MHz a aidé à secourir des centaines de personnes en détresse. En 1999, le système à 121,5 MHz a fourni des messages d'alerte dans 160 situations de détresse réelle, contre 180 incidents SAR pour le système 406 MHz. Fin 1999, il y avait plus de 640 000 balises 121,5 MHz en service dans le monde, contre 220 000 balises fonctionnant à 406 MHz. Devant ces chiffres, il est légitime de se demander pourquoi le Conseil Cospas-Sarsat décida en 2000 de programmer l'arrêt du système d'alerte par satellite à 121,5 MHz. La réponse réside dans l'impact négatif du service 121,5 MHz sur les organisations SAR qui recevaient les alertes du Système Cospas-Sarsat et devaient y donner suite.

L'ampleur du problème des « fausses alertes » est illustrée par la variété des incidents d'alerte générés par des émissions d'appareils totalement sans rapport avec le système, comme des récepteurs TV satellite, des fours à pizza, des radios ou des automatismes de porte de garage défectueux.

5.4.1 Les fausses alertes : un sérieux casse-tête pour les RCC

Cospas-Sarsat, l'OMI et l'OACI ont travaillé en étroite collaboration pour optimiser la compréhension mutuelle des besoins, des capacités et des perspectives d'amélioration des systèmes. Ces relations sont si importantes pour le Programme Cospas-Sarsat que l'une de ses lignes de conduite officielles, stipulée dans l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat, est de « *concourir […] aux objectifs de l'OMI et de l'OACI dans le domaine de la recherche et du sauvetage* » (article 2 de l'ICSPA). Comme il est expliqué à la section 5.2, les alertes de détresse produites par le Système sont distribuées au centre de coordination de sauvetage (RCC) de la zone de compétence SAR dans laquelle la situation de détresse est située. Les RCC mis en place et gérés par les administrations nationales fonctionnent conformément aux dispositions prévues par l'OMI et l'OACI. C'est dans le cadre des groupes de travail de l'OMI et de l'OACI que les responsables des RCC et les représentants des autorités SAR nationales se rencontrent pour coordonner les activités, échanger leur expérience et formuler des recommandations afin de remédier aux points faibles et d'améliorer la qualité des services. C'est également par le biais de l'OACI et de l'OMI qu'ont été exprimées les doléances relatives aux données d'alerte transmises par le système Cospas-Sarsat à 121,5 MHz.

Comparé au système d'alerte et de localisation 406 MHz, le système 121,5 MHz avait des limites évidentes, en particulier du point de vue de la couverture, de la réactivité et de la précision de la localisation. Mais face à tous ces inconvénients :

- le système à satellites restait le moyen le plus rapide pour localiser les balises 121,5 MHz ;
- il y avait des centaines de milliers de ces balises en service ;
- l'emport d'une balise 121,5 MHz avait été encouragé par beaucoup d'administrations nationales et rendu obligatoire par l'OACI sur les vols commerciaux internationaux.

Le problème clé qui rendit finalement inacceptable le système d'alerte 121,5 MHz pour les prestataires de service SAR fut l'impact négatif des fausses alertes à 121,5 MHz sur le fonctionnement des RCC.

Impact des fausses alertes à 121,5 MHz

Les deux systèmes 121,5 MHz et 406 MHz généraient des fausses alertes, mais leurs répercussions sur le bon fonctionnement des RCC étaient sensiblement différentes.

D'abord déployées sur les aéronefs militaires au début des années 1950, les balises à 121,5 MHz n'avaient jamais été conçues dans la perspective d'un service d'alerte mondial par satellite. Elles étaient destinées à l'aviation et devaient permettre à un aéronef écrasé d'être repéré par un autre aéronef le survolant, au moyen d'appareils standard de communication vocale par VHF. La position des balises activées devait ensuite être déterminée par radioralliement vers la source du signal 121,5 MHz. Dans ce schéma de fonctionnement, les balises 121,5 MHz n'avaient pas besoin d'éléments permettant de les identifier et n'en comportaient donc pas. En outre, la puissance d'émission des balises était optimisée pour une détection dans un rayon de seulement quelques dizaines de kilomètres, en vol ou au sol.

La conséquence de ces caractéristiques était que les signaux 121,5 MHz reçus au sol après un relais par des satellites situés à environ un millier de kilomètres de distance, étaient proches du seuil de bruit des récepteurs des LEOLUT. Avec un signal aussi faible, il était techniquement très difficile de distinguer les émissions réelles des balises du bruit ambiant, ou de les distinguer d'autres émetteurs fonctionnant à une fréquence proche de 121,5 MHz. En conséquence, de nombreuses alertes du Système Cospas-Sarsat transmises aux RCC se révélaient être fausses et les moyens SAR étaient utilisés pour chasser des fantômes. L'ampleur du problème des « fausses alertes » peut être illustrée par la variété des incidents générés par des émissions d'appareils totalement sans rapport avec le système, comme des récepteurs TV satellite, des fours à pizza, des radios ou des automatismes de porte de garage défectueux. Les statistiques sur les fausses alertes 121,5 MHz variaient selon les lieux en fonction du niveau d'activité des sources d'interférence dans la bande de fréquences. Dans certaines régions d'Europe, les fausses alertes représentaient 99 % des alertes 121,5 MHz reçues par les RCC.

Ces chiffres posaient en soi un vrai problème, mais le fait que les signaux analogiques 121,5 MHz ne fournissaient pas d'identifiant de la balise rendait ces fausses alertes particulièrement perturbantes. Par comparaison, les fausses alertes à 406 MHz étaient beaucoup moins nombreuses et presque exclusivement provoquées par l'activation intempestive d'une vraie balise 406 MHz. Par ailleurs, comme Cospas-Sarsat fournissait aux RCC l'identifiant unique de la balise 406 MHz, les RCC pouvaient obtenir rapidement des informations complémentaires via les bases de données d'enregistrement des balises, par exemple le numéro de téléphone du propriétaire de la balise, et ainsi vérifier immédiatement la réalité de l'alerte avant de déployer des moyens SAR coûteux (aéronefs, navires ou véhicules terrestres) vers le lieu de l'alerte. Sans élément d'identification associé aux alertes 121,5 MHz fournies par Cospas-Sarsat, le seul moyen de savoir si l'alerte était réelle était d'aller voir. Outre le fait qu'elle perturbait les activités normales, cette procédure prenait du temps, coûtait souvent cher et pouvait être dangereuse pour les équipes de recherches. En pratique, les RCC devaient élaborer des stratégies pour valider les alertes 121,5 MHz en recueillant des informations complémentaires (signalements d'avions en retard, etc.) ou en attendant une confirmation de l'alerte après un deuxième passage de satellite en visibilité du site.

Les RCC se trouvaient face à un dilemme. D'une part, il y avait plus de 600 000 balises 121,5 MHz en service et le Système Cospas-Sarsat était le moyen le plus rapide de localiser ces balises dans une situation de détresse réelle. D'autre part, la plupart des RCC étaient d'avis que :

- les alertes 121,5 MHz n'étaient pas fiables ;
- les fausses alertes 121,5 MHz coûtaient cher à traiter ;
- les fausses alertes 121,5 MHz prélevaient des ressources du dispositif SAR dont on avait besoin pour aider des personnes en détresse et constituaient un poids pour les services civils souvent sollicités.

5.4.2 Demandes de l'OMI de mettre fin au service d'alerte par satellite à 121,5 MHz

Même si les balises 121,5 MHz étaient utilisées sur certaines embarcations (principalement des petits bateaux de plaisance), elles n'étaient pas acceptées par l'OMI comme RLS satellite pour la fonction d'alerte navire-terre du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM). Néanmoins, la charge de travail provoquée dans les RCC par le grand nombre de fausses alertes 121,5 MHz avait des conséquences directes sur l'efficience des prestataires de services SAR maritimes. En particulier, l'ambiguïté non levée entre les deux positions Doppler 121,5 MHz fournies par Cospas-Sarsat avait souvent comme résultat que deux alertes étaient envoyées à des RCC adjacents, chacune nécessitant des investigations qui pouvaient coûter particulièrement cher en mer. En outre, du fait de leur faible prix, le nombre de balises 121,5 MHz n'avait cessé d'augmenter depuis la création de Cospas-Sarsat, ce qui ne faisait qu'aggraver le problème d'année en année.

Pour cette raison, après avoir longuement étudié la question, le Comité de la sécurité maritime (MSC) de l'OMI, à sa 70e session de décembre 1998, conclut que le traitement par satellite des alertes de détresse à 121,5 MHz devait être abandonné et que Cospas-Sarsat devait élaborer un programme d'action en ce sens.



Modèle d'ELT 121,5 MHz (années 80) équipant des radeaux de sauvetage, présenté par Wayne Carney, du Secrétariat Cospas-Sarsat (2005)

5.4.3 Dilemme et politique de l'OACI sur les ELT 406 MHz

La situation à l'OACI était relativement différente. La Convention de l'OACI prévoyait l'emport de balises ELT 121,5 MHz sur les vols internationaux soumis à la Convention. Malgré cela, l'OACI était bien consciente des faiblesses du système 121,5 MHz et de la supériorité des ELT 406 MHz, dont elle avait autorisé l'utilisation à la place des ELT 121,5 MHz depuis 1993. L'OACI ne pouvait pas préconiser l'arrêt du service d'alerte 121,5 MHz par satellite au motif que leurs performances n'étaient pas satisfaisantes alors qu'elle continuait à autoriser l'emport de balises 121,5 MHz, sur l'insistance des États contractants.

L'OACI subissait des pressions importantes des administrations nationales et des représentants des groupements professionnels pour conserver le système 121,5 MHz. Des milliers d'aéronefs avaient été équipés de balises 121,5 MHz. Des milliers d'appareils de l'aviation générale seraient touchés par un arrêt du traitement à 121,5 MHz par satellite et beaucoup jugeaient excessif le coût à payer par les propriétaires et les exploitants pour rééquiper leurs appareils de balises 406 MHz. Les exploitants d'avions commerciaux de transport de voyageurs étaient bien représentés par des porte-parole du secteur d'activité faisant valoir le coût exorbitant du remplacement des balises sur les aéronefs existants. Passer aux balises 406 MHz impliquait que les exploitants d'avions commerciaux satisfassent de nouvelles obligations d'installation, par exemple permettre la commande à distance de la balise par l'équipage. Le but était d'accroître la fiabilité mais cela augmentait sensiblement les coûts d'installation.

Après d'intenses débats, le conflit fut résolu en mars 1999 par l'adoption d'amendements à la Convention de l'OACI par le Conseil de cette organisation, rendant obligatoire l'emport d'ELT 406 MHz sur les nouveaux aéronefs à compter du 1er janvier 2002 et sur tous les aéronefs à compter du 1er janvier 2005. Concrètement, à partir du 1er janvier 2005, la position de l'OACI fut alignée sur celle de l'OMI. À sa session de mars 1999, le Conseil de l'OACI convint en effet que le nombre

élevé de fausses alertes 121,5 MHz pénalisait gravement l'efficience des RCC et que le traitement par satellite des émissions 121,5 MHz devait être abandonné à partir de 2008.

Cependant, les prescriptions de l'OACI ne furent pas mises en œuvre dans les délais impartis par certaines compagnies aériennes aux États-Unis. En novembre 2004, moins de deux mois avant la date limite fixée au 1er janvier 2005 pour l'applicabilité des obligations d'installation aux aéronefs construits avant le 1er janvier 2002, l'Association internationale du transport aérien (IATA) écrivit à l'OACI pour proposer de reporter au 1er janvier 2007 la date d'applicabilité « *afin de laisser aux exploitants d'aéronefs la possibilité d'équiper leurs flottes de manière organisée et économique* ». La demande à l'OACI était également appuyée par le Conseil international de l'aviation d'affaires (IBAC). Après un débat à la Commission de la navigation aérienne de l'OACI, les États membres furent consultés et un groupe de travail fut convoqué à l'été 2005 à Washington D. C. (États-Unis) afin de réexaminer tous les aspects de la question. Après un examen plus approfondi par la Commission de la navigation aérienne, un nouvel amendement à l'annexe 6 de la Convention de l'OACI fut adopté par le Conseil de l'OACI en mars 2007. Au lieu d'imposer l'emport au-dessus de « régions continentales désignées » et pour des « vols longue distance au-dessus de l'eau » comme prévu dans le précédent amendement à l'annexe 6, les nouvelles prescriptions de l'OACI devinrent applicables à tous les nouveaux aéronefs et, à compter du 1er janvier 2008, aux aéronefs plus anciens « *autorisés à transporter plus de 19 passagers* ».

5.4.4 Position des pouvoirs publics nationaux

En 1999, l'OMI et l'OACI avaient clairement fait savoir qu'ils voulaient que Cospas-Sarsat mette fin sans trop tarder au traitement par satellite des signaux 121,5 MHz ; mais les conséquences sur les opérations SAR à l'échelon national soulevaient des difficultés réglementaires. En particulier, les États avaient la responsabilité :

- des aéronefs civils non soumis à la Convention de l'OACI (généralement de petits avions privés ne sortant pas du territoire national) et de nombreuses réglementations nationales continuaient d'imposer l'emport d'ELT 121,5 MHz ;
- des bateaux de plaisance non soumis au SMDSM et de nombreuses réglementations nationales autorisaient l'utilisation de balises 121,5 MHz pour émettre des alertes de détresse en mer ;
- des « aventuriers » – randonneurs, alpinistes, canoéistes, etc. – qui emportaient des balises de localisation personnelles (BLP) 121,5 MHz à utiliser en cas de détresse.

Malgré les nouvelles politiques de l'OACI et de l'OMI, le service d'alerte Cospas-Sarsat 121,5 MHz continuait de jouer un rôle important pour les centaines de milliers de personnes qui utilisaient toujours ces balises et pour les administrations nationales chargées des services SAR. Par ailleurs le coût d'achat et d'installation d'une balise de détresse 406 MHz restait problématique pour beaucoup de groupes d'usagers. C'est pourquoi les pouvoirs publics eurent du mal à demander l'arrêt du service d'alerte à 121,5 MHz, sans parler d'imposer l'emport exclusif de balises 406 MHz.

Au sein de la communauté Cospas-Sarsat, beaucoup de délégations nationales étaient tiraillées entre deux directions opposées. D'un côté, leurs RCC leur renvoyaient la réalité exprimée par l'OMI et l'OACI : ils ne pouvaient tout simplement pas gérer la charge de travail provoquée par les fausses alertes 121,5 MHz. De l'autre, elles étaient fortement influencées par les groupes d'utilisateurs de leur pays, dont les membres avaient fait l'acquisition de balises 121,5 MHz, parfois pour se mettre

en conformité avec la réglementation nationale, et qui ne voulaient pas acheter de nouvelles balises 406 MHz, plus chères.

5.4.5 Le plan d'arrêt du service Cospas-Sarsat à 121,5 MHz

La décision de poursuivre ou d'arrêter le traitement par satellite des signaux 121,5 MHz suscita de nombreux débats animés au sein de Cospas-Sarsat. Compte tenu des demandes de l'OMI et de l'OACI, des Représentants au Programme estimaient que le maintien du service à 121,5 MHz posait trop de problèmes. D'un autre côté, certains pays ne pouvaient pas approuver l'arrêt du service tant que la question du parc de balises 121,5 MHz n'était pas résolue de manière satisfaisante.

C'est dans cette perspective que Cospas-Sarsat décida de réunir en mars 1999 un groupe de travail d'experts (TG-1/99) pour étudier tous les aspects du problème et élaborer un plan d'action à soumettre au Conseil. Les principales conclusions auxquelles le groupe de travail réuni à Hampton (Virginie, États-Unis) aboutit furent que :

- d'un point de vue technique, le service à 121,5 MHz pouvait être arrêté sans que cela ait un impact négatif sur le système Cospas-Sarsat à 406 MHz ;
- si Cospas-Sarsat décidait de mettre fin au service, Cospas-Sarsat et les pouvoirs publics nationaux devraient mettre en place des campagnes d'information afin que tous les organismes, les administrations et les groupes d'utilisateurs soient prévenus bien à l'avance, et que les utilisateurs soient sensibilisés aux avantages apportés par le système à 406 MHz ;
- pour encourager les utilisateurs de balises 121,5 MHz à passer aux balises 406 MHz, Cospas-Sarsat et les pouvoirs publics devaient chercher des moyens d'abaisser le coût des balises 406 MHz ;
- il y avait plusieurs stratégies possibles pour arrêter le service : on pouvait fixer une date future pour l'extinction de tous les instruments 121,5 MHz, ou laisser le service se dégrader lentement et finalement s'arrêter, en ne remplaçant pas les instruments 121,5 MHz embarqués sur les satellites après leur fin de vie en orbite.

Première décision du Conseil

La première véritable tentative de décision sur l'avenir du service Cospas-Sarsat à 121,5 MHz eut lieu pendant la 23^{e} réunion du Conseil Cospas-Sarsat à l'automne 1999. Pendant cette réunion, il y eut un accord pratiquement unanime sur le fait que Cospas-Sarsat devrait mettre fin au traitement par satellite des alertes 121,5 MHz et annoncer une date pour ce faire. Cospas-Sarsat ayant reçu des lignes directrices claires de la part de l'OMI et de l'OACI, sa crédibilité serait entamée si la décision n'était pas prise rapidement. En outre, si une date d'arrêt n'était pas fixée, les pouvoirs publics, les fabricants de balises et les utilisateurs ne prendraient pas les mesures nécessaires pour se préparer au passage aux balises 406 MHz.

La seule voix discordante fut celle du Canada, qui était prêt à accepter un arrêt du service à 121,5 MHz, mais n'était pas d'accord pour mettre hors circuit les charges utiles 121,5 MHz tant que des balises ne seraient pas disponibles à des prix abordables pour remplacer les modèles 121,5 MHz. Sans vouloir adopter une date d'arrêt fixe, le Canada acceptait que Cospas-Sarsat n'équipe plus les futurs satellites d'instruments 121,5 MHz, en dehors de ceux faisant déjà l'objet d'un contrat d'approvisionnement. Cela permit de poser les bases du compromis suivant :

- les alertes à 121,5 MHz seraient supprimées du Système Cospas-Sarsat, sans qu'une date d'arrêt ferme soit encore définie ;
- à l'exception des charges utiles 121,5 MHz déjà en service, en attente de lancement ou en cours d'approvisionnement, les charges utiles Cospas-Sarsat futures ne comprendraient plus d'instruments 121,5 MHz ;
- un autre groupe de travail serait convoqué en mars 2000 pour finaliser le plan d'arrêt afin de tenir compte des délibérations du CSC-23.

Décision finale du Conseil

Compte tenu des contraintes définies par le Conseil Cospas-Sarsat, le groupe d'experts réuni à Canberra (Australie) en mars 2000 (TG-3/2000) étudia les deux stratégies possibles pour mettre fin au service 121,5 MHz :

- continuer de fournir le service tel que disponible, mais sans garantie, jusqu'à ce que le dernier satellite équipé de capacités 121,5 MHz soit retiré du service ; ou bien
- décider d'un niveau minimum de service et, lorsque ce niveau minimum ne pourrait plus être maintenu, mettre hors circuit les derniers instruments 121,5 MHz sur les satellites en orbite.

En ce qui concerne la première solution, l'expérience avait montré que la durée de vie des charges utiles avait presque toujours été différente de celle prévue à la conception. Dans la plupart des cas, elles restaient opérationnelles de nombreuses années (parfois des dizaines d'années) au-delà de leur durée de vie nominale ; à l'inverse, il y avait aussi, en de rares occasions, des échecs au lancement ou à l'activation initiale. De ce fait, la solution consistant à maintenir le service jusqu'à ce que la dernière charge utile s'éteigne fut éliminée car il était impossible de donner une estimation fiable de la date d'arrêt définitif, sans laquelle les pouvoirs publics et les organisations affectées ne pouvaient pas planifier de transition.

En ce qui concerne la stratégie d'un niveau minimum de service, le problème était de définir le niveau minimum acceptable par tous, puis de convenir d'un mécanisme pour calculer la date d'arrêt associée. Il fut recommandé de baser le niveau de service sur les engagements figurant dans l'ICSPA, à savoir le maintien de quatre satellites LEO équipés d'instruments 121,5 MHz et 406 MHz. Se fondant sur la durée de vie nominale des charges utiles, les experts conclurent que le niveau de service à quatre satellites ne pouvait pas être garanti au-delà de février 2009. Précision importante : pour tenir compte des écarts prévisibles entre les durées de vie nominales et effectives des charges utiles, le groupe de travail recommanda à Cospas-Sarsat de refaire le point de la situation des activités d'arrêt en 2005 afin de procéder aux éventuels ajustements nécessaires.

À la réunion ouverte de la 25e session du Conseil Cospas-Sarsat en octobre 2000, tous les délégués se déclarèrent favorables à la stratégie proposée et au choix du 1er février 2009 comme date d'arrêt, mais des incertitudes demeuraient sur le bien-fondé et le périmètre du réexamen prévu en 2005. Ce réexamen ne risquait-il pas de poser problème pour convaincre les organismes de réglementation et les utilisateurs des balises que Cospas-Sarsat était bien déterminé à respecter la date d'arrêt prévue ? Encore une fois, Cospas-Sarsat sut trouver un compromis et il fut convenu de ne plus faire référence à un réexamen en 2005 mais de s'engager à revoir l'état des préparatifs de l'arrêt du service à chaque réunion du Conseil Cospas-Sarsat. Cette modification avait pour but de donner le sentiment que l'arrêt du service serait géré de près, afin de s'assurer que l'objectif de février 2009 serait atteint, au lieu de suggérer que la date d'arrêt du service serait actualisée dans le cadre d'un réexamen en 2005.

À sa 25e réunion, le Conseil annonça publiquement l'intention de mettre fin au service d'alerte par satellite à 121,5 MHz le 1er février 2009 et adopta le plan d'arrêt du service.

5.4.6 Mise en œuvre du plan d'arrêt du service à 121,5 MHz

La première version du plan Cospas-Sarsat d'arrêt des services d'alerte par satellite à 121,5/243 MHz (C/S R.010) fut un document de 70 pages dans lequel les actions et recommandations se répartissaient en deux catégories. La première catégorie concernait les problèmes du ressort direct de Cospas-Sarsat. Elle comprenait en particulier les mesures à prendre pour garantir :

- que le Système Cospas-Sarsat serait capable de gérer l'augmentation du trafic 406 MHz à mesure que les usagers allaient passer des balises 121,5 MHz aux modèles 406 MHz ;
- que d'un point de vue technique, la mise hors circuit des instruments 121,5 MHz n'aurait pas d'effets négatifs sur les instruments 406 MHz à bord des satellites et au sol ;
- qu'il continuerait d'y avoir suffisamment d'instruments 121,5 MHz dans le segment spatial et le segment sol pour maintenir le niveau de service prévu jusqu'à la date d'arrêt du service.

Ces actions étaient entièrement du ressort de Cospas-Sarsat et, malgré leur complexité, on était tout à fait sûrs qu'elles pourraient être gérées correctement. La deuxième catégorie de mesures visait à aider la communauté des utilisateurs et les administrations nationales à passer des services 121,5 MHz aux services 406 MHz d'alerte par satellite. Il s'agissait notamment :

- de veiller à ce que les groupes d'utilisateurs soient bien informés de l'arrêt programmé du service 121,5 MHz ;
- d'apporter une assistance, le cas échéant, pour actualiser la législation nationale sur l'emport des balises 121,5 MHz ;
- de promouvoir les avantages du système 406 MHz ;
- de s'efforcer d'abaisser le coût des balises 406 MHz [11].

Cospas-Sarsat lança des campagnes d'information pour promouvoir les avantages des balises 406 MHz et prévenir les utilisateurs des balises 121,5 MHz, les administrations et les organisations internationales concernées que le service Cospas-Sarsat 121,5 MHz allait être arrêté. Néanmoins, il appartenait aux organes de réglementation nationaux de modifier les textes sur l'emport des balises. Ces questions étaient compliquées et souvent politiquement chargées, hors de la sphère de responsabilité de Cospas-Sarsat.

Pour abaisser le coût des balises 406 MHz, Cospas-Sarsat travailla avec les fabricants afin de comprendre les facteurs de coût des balises et d'agir là où c'était possible, par exemple en modifiant les spécifications des balises 406 MHz et en réorganisant la procédure Cospas-Sarsat de certification des balises. Cependant, là encore, certains facteurs de coût (les prescriptions nationales relatives aux spécifications, à l'installation et aux caractéristiques environnementales des balises, etc.) dépendaient pour une part importante des pouvoirs publics nationaux et Cospas-Sarsat n'avait pas

11/ On trouvera des informations détaillées sur le coût des balises au chapitre 6, section 6.2. Dans le cas des ELT, le principal facteur de coût était le rééquipement des anciens aéronefs. Les efforts faits pour abaisser le coût des balises eurent assez peu d'impact.

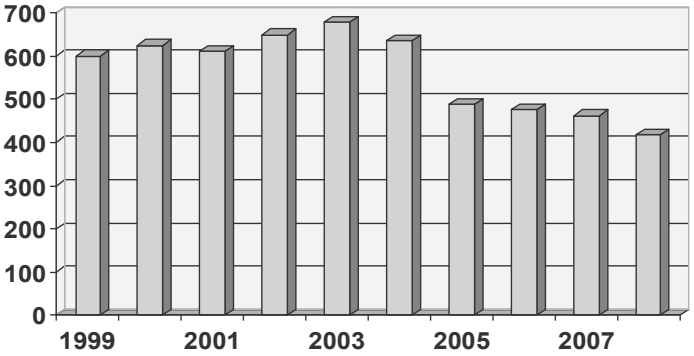
de moyen d'action directe sur ces sujets. En ce qui concerne les spécifications techniques des balises 406 MHz, certains acteurs concernés jugeaient inutilement sévère le haut niveau de stabilité demandé pour la fréquence de la porteuse 406 MHz, qui influait sur la précision des calculs de localisation des balises et avait un impact sur le coût des oscillateurs. L'Australie proposa de créer une nouvelle « classe » de balises 406 MHz présentant des performances moindres en termes de stabilité de la fréquence et donc aussi de précision de la localisation Doppler. L'avantage de la nouvelle classe de balises 406 MHz, moins chères, était qu'elles seraient malgré tout bien meilleures que les anciennes balises 121,5 MHz.

De longs débats parfois virulents s'ensuivirent pendant plusieurs années, jusqu'à ce que le Conseil accepte d'assouplir un peu le cahier des charges applicable à toutes les balises. En l'espace de quelques années, une percée dans la technologie des oscillateurs permit aux fabricants de satisfaire les spécifications et de réduire le prix de ce composant pour toutes les balises 406 MHz Cospas-Sarsat.

Efficacité du plan

Il est difficile d'évaluer de manière objective la gestion de l'arrêt du service par Cospas-Sarsat, les pouvoirs publics nationaux et les organisations internationales. Les faits suivants peuvent néanmoins être soulignés :

- le service 121,5 MHz Cospas-Sarsat a été arrêté le 1er février sans impact négatif sur le système 406 MHz ;
- lorsque la décision d'arrêter le service a été annoncée, il y avait environ 250 000 balises 406 MHz utilisées ; fin 2008, ce chiffre avait triplé pour dépasser les 750 000 et augmentait de près de 200 000 unités par an ;
- la réglementation de l'OMI et de l'OACI relative à l'emport de balises 406 MHz a été intégralement appliquée ;
- en 2000, le prix d'une RLS 406 MHz avec GPS intégré s'élevait autour de 2 000 dollars ; en 2009, il était descendu en dessous de 1 000 dollars ;
- une base de données internationale d'enregistrement des balises 406 MHz a été élaborée et gérée par Cospas-Sarsat pour permettre d'enregistrer les utilisateurs vivant dans des territoires dépourvus de registres nationaux de balises.



Évolution du nombre d'alertes 121,5 MHz Cospas-Sarsat
(1999 - 2008)
(comprend les fausses alertes des balises mais pas les fausses alertes dues à des interférences)

Source : Secrétariat Cospas-Sarsat

Malgré tous les efforts déployés pour convaincre les propriétaires/exploitants d'aéronefs privés de remplacer leurs ELT 121,5 MHz par des balises 406 MHz, cet objectif ne fut pas atteint partout en 2009. Dans certains pays abritant un important parc d'aéronefs privés la réglementation nationale

autorisait toujours l'emport d'ELT 121,5 MHz. Les projets d'actualiser la législation pour imposer les ELT à 406 MHz se heurtaient à l'opposition de groupes d'usagers pour lesquels ce changement représentait une dépense injustifiée. Cospas-Sarsat ne chercha pas à évaluer le nombre d'ELT 121,5 MHz restant en service après l'arrêt du traitement par satellite, mais l'évolution du nombre d'activations de balises 121,5 MHz détectées par le Système jusqu'à l'arrêt du service permet de tirer quelques conclusions.

En partant de l'hypothèse que la population de balises 121,5 MHz peut être corrélée au nombre d'activations de balises, on peut conclure qu'il y avait un grand nombre de balises 121,5 MHz encore en usage à la date d'arrêt du service Cospas-Sarsat. Le point positif est qu'en 2008, dernière année pleine du service par satellite à 121,5 MHz, le nombre total d'événements SAR et le nombre de personnes secourues au moyen du système 406 MHz furent beaucoup plus élevés que ceux enregistrés à 121,5 MHz

5.4.7 L'héritage du système Cospas-Sarsat 121,5 MHz



Site d'un crash

Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

L'arrêt du service d'alerte par satellite à 121,5 MHz consomma une quantité de ressources considérable au sein de Cospas-Sarsat, de l'OMI, de l'OACI et des administrations nationales.

Les fausses alertes produites par le Système représentaient un problème important pour les services SAR et pour les exploitants des navires et des aéronefs civils déroutés à cette occasion. Néanmoins, le Système avait été utilisé dans plus de 3 500 situations de détresse où près de 9 000 personnes avaient été secourues. En outre, c'était le système d'alerte à 121,5 MHz avec son parc de balises préexistant, plus de 250 000 ELT 121,5 MHz de première génération équipant des aéronefs, qui avait permis d'établir l'utilité de Cospas-Sarsat avant même que le Système ne soit déclaré opérationnel en 1985.

Les premières années du Programme, le service 121,5 MHz joua un rôle important, voire crucial, en démontrant le potentiel des services de détection et de localisation des alertes SAR depuis l'espace. On peut légitimement se demander si le Système Cospas-Sarsat aurait dépassé le cap du projet spatial expérimental s'il n'avait pas inclus un service pour les balises 121,5 MHz.

Avion C-130 « Hercules » de la Garde côtière des États-Unis
(Photo Garde côtière des États-Unis)



5.5 Réactions des utilisateurs de balises de détresse : du scepticisme à l'acceptation désinvolte

L'utilisation de satellites en orbite pour transmettre les alertes de détresse constitua un réel progrès et est aujourd'hui banale. Les médias qui couvrent des incidents importants en parlent rarement, sauf peut-être en cas d'échec, ce qui donne probablement la vraie mesure de son succès. Cependant, la réaction des utilisateurs à de nouvelles technologies peut être assez imprévisible et certains accueillirent sans enthousiasme le passage à la nouvelle technologie numérique à 406 MHz. Parmi ceux qui adoptèrent le nouveau système, des attitudes très diverses purent être observées et une certaine désinvolture dans l'acceptation du système d'alerte par satellite entraîna aussi des utilisations abusives. Le service était fourni gratuitement aux personnes secourues mais pouvait coûter cher aux autorités SAR et aux sauveteurs.

5.5.1 Point de vue des utilisateurs d'ELT sur la « vieille » technologie analogique comparée aux « nouvelles » balises numériques 406 MHz

Sur un aéronef, tous les systèmes sont conçus et fabriqués dans une optique claire : assurer une sécurité maximale et éviter les incidents pouvant mettre des vies en danger. Cette règle est néanmoins soumise à deux contraintes : le prix et le rapport coût-efficacité du système, qui doivent être raisonnables. Par conséquent, l'acceptation d'un système donné varie en fonction du type d'aéronef, de l'environnement opérationnel et des coûts encourus.

Les émetteurs de localisation d'urgence (ELT) furent introduits dans l'aviation civile pour répondre à un problème majeur : la disparition trop fréquente d'avions légers et l'impossibilité de rechercher les avions disparus d'une manière économiquement rationnelle en l'absence d'appel de détresse et de données de position. La demande vint d'abord des proches des aviateurs disparus, qui ne pouvaient pas accepter l'absence de preuves de l'accident. L'écrasement d'un avion est toujours perçu comme une défaillance de mesures de sécurité qui ne doit pas être permise si elle peut être évitée. Cependant, pour les aviateurs, anticiper une situation « post-crash », et s'y préparer, n'est pas toujours considéré comme une nécessité impérieuse.

Les ELT 121,5 MHz étaient relativement peu chères et furent installées au début sans le soin qui aurait été nécessaire pour assurer un fonctionnement correct en cas de crash. De ce fait, les pannes furent nombreuses et amenèrent les pilotes à s'interroger sur l'intérêt des balises. Les ELT de la deuxième génération furent beaucoup plus performantes, avec en particulier moins de déclenchements intempestifs du G-switch, l'accéléromètre qui activait automatiquement la balise en cas de chute. Malgré cela, les améliorations apportées ne suffirent pas à convaincre certains pilotes de leur utilité car il était impossible de garantir le bon fonctionnement de l'ELT en cas de crash, à cause de problèmes tels que des ruptures de câbles de transmission, des antennes cassées ou des batteries déchargées.

Certes, le système des ELT 121,5 MHz n'était pas aussi efficace qu'on l'aurait souhaité, mais il était abordable et donc « suffisant » de l'avis de la plupart des propriétaires d'avions privés aux États-Unis et au Canada. Cette opinion fut renforcée lorsque Cospas-Sarsat commença à fournir des données d'alerte et de localisation 121,5 MHz sans surcoût pour les utilisateurs. Le rapport sur le projet Cospas-Sarsat publié à l'issue de la phase de démonstration et d'évaluation montra qu'entre septembre 1982 et août 1984, ces données avaient servi dans 112 cas SAR, répartis entre 72 incidents aéronautiques et 40 incidents maritimes ayant impliqué 333 personnes et sauvé 289 survivants.

Le bon rapport coût-efficacité des ELT 121,5 MHz était donc apprécié, d'où la forte résistance manifestée dans la communauté des propriétaires d'appareils privés vis-à-vis du passage au nouveau système d'ELT 406 MHz, plus performant mais plus cher. Le problème venait moins du prix d'achat de la balise 406 MHz elle-même, car les prix étaient descendus à des niveaux acceptables au fil du temps (moins de 1 000 USD pour certains modèles d'ELT 406 MHz « fixes » en 2009), que des coûts d'installation élevés lorsqu'il fallait modifier des aéronefs déjà équipés d'une balise 121,5 MHz pour installer le nouveau modèle 406 MHz. Les nouvelles obligations d'installation, par exemple le câblage nécessaire pour ajouter un interrupteur sur le tableau de bord afin de contrôler le fonctionnement de l'ELT, étaient aussi jugées coûteuses et excessives pour certains propriétaires d'avions privés.

Par conséquent, dans un certain nombre de pays, après l'arrêt de la veille par satellite à 121,5 MHz en 2009, la réglementation n'imposa pas l'installation d'ELT 406 MHz fixes aux propriétaires de petits aéronefs peu disposés à modifier leur appareil. À la place, on autorisa l'emport d'ELT 406 MHz portatives (non fixées sur l'aéronef, en fait un genre de BLP) en complément de l'ELT 121,5 MHz fixe toujours installée à bord. En cas de crash, si des survivants parvenaient à récupérer et faire fonctionner l'ELT/BLP 406 MHz, ils bénéficieraient du service Cospas-Sarsat de détection et de localisation d'alerte à 406 MHz. Si aucune personne consciente ne pouvait activer la balise 406 MHz, l'ELT 121,5 MHz fixe déclenchée automatiquement pourrait transmettre une alerte, mais aucun système d'alerte par satellite ne surveillerait ses émissions.

Le paradoxe de cette évolution était que les utilisateurs qui avaient le plus à gagner en adoptant la nouvelle technologie la refusaient, parce qu'elle était jugée inabordable, et acceptaient le risque de revenir à l'environnement d'avant Cospas-Sarsat, sans service de veille mondiale des balises de détresse à 121,5 MHz.

La nouvelle réglementation de l'OACI rendait obligatoire l'emport d'ELT 406 MHz sur les appareils commerciaux de transport aérien. Cependant, en cas de chute violente, si l'aéronef est entièrement détruit, il y a peu de chances que l'ELT fixe embarquée ne soit pas détruite elle aussi. Ce défaut du système et les coûts élevés du rééquipement des anciens aéronefs soulevaient des questions sur la validité du concept pour les gros avions commerciaux. Les disparitions récentes en mer d'avions de ligne, en 2009 et 2014 (l'AF 447 dans l'océan Atlantique et le MH 370 dans l'océan Indien – voir l'annexe 2, section 2 sur le dispositif SAR aéronautique), pour lesquelles aucun appel de détresse n'a été reçu et aucun signal d'ELT n'a pu être émis après que l'avion ait coulé, ont rouvert le débat au sein de la communauté aéronautique sur le déclenchement en vol des ELT et la transmission automatique de données de vol au sol, ainsi que sur la faisabilité d'ELT et d'appareils d'enregistrement des données largables en vol.

5.5.2 Évolution des attentes chez les navigateurs et les aventuriers

Une petite partie de la communauté des usagers commença à considérer que, puisque les RLS étaient rendues obligatoires ou recommandées, même pour les bateaux de plaisance, être secouru gratuitement par des unités SAR dans n'importe quelle situation difficile était en quelque sorte un dû.

Dans les années 80, les balises 121,5 MHz commencèrent à être utilisées en mer conformément à la réglementation sur la sécurité aux États-Unis, mais aussi comme « balises de localisation personnelles » (BLP) embarquées à bord de bateaux de plaisance, alors qu'à l'époque la réglementation nationale n'interdisait ni ne recommandait leur emploi. La première opération SAR en mer à avoir utilisé des données d'alerte Cospas-Sarsat calculées à partir des émissions d'une balise 121,5 MHz se déroula le 10 octobre 1982, juste un mois après le premier sauvetage

d'aviateurs au Canada[12]. Les trois membres d'équipage du trimaran *Gonzo* qui avait chaviré furent secourus par la Garde côtière américaine 300 milles au large des côtes de la Nouvelle-Angleterre. Il n'y avait alors aucune balise 406 MHz « opérationnelle ». Le premier sauvetage qui exploita des données d'alerte 406 MHz eut lieu seulement le 31 décembre 1984 : il s'agissait d'un coureur automobile blessé lors d'un rallye en solitaire en Somalie. Les premiers modèles de RLS 406 MHz furent acceptés pour une utilisation opérationnelle en 1987 et le premier cas de données d'alerte 406 MHz ayant servi à un sauvetage en mer remonte au 1er août 1987, lorsque le voilier français *Tifa Jolivet* sombra dans le golfe de Gascogne.

Les réglementations nationales imposant l'emport de RLS 406 MHz sur les navires de pêche commencèrent à entrer en vigueur en 1988. Les marins-pêcheurs étaient incontestablement les victimes les plus fréquentes des incidents de détresse en mer. La Norvège et le Royaume-Uni furent les premiers États à adopter des règlements en ce sens, suivis de la France, du Canada, de l'URSS, des États-Unis et de nombreux autres pays. Le secteur de la pêche, qui avait d'abord regardé avec circonspection cette nouvelle mesure de sécurité obligatoire, adopta le nouveau système dès qu'il devint patent, à travers des incidents très médiatisés, qu'il apportait une aide efficace aux équipes SAR pour sauver des vies.

Pour les flottes commerciales, l'emport d'une RLS satellite fut rendu obligatoire par la réglementation SOLAS de l'OMI en 1993. Du fait de la baisse de leur coût (voir le chapitre 6, section 6.2), les RLS satellite 406 MHz s'étendirent rapidement aux bateaux de plaisance et aux voiliers, les propriétaires prenant l'initiative d'installer une RLS ou d'embarquer une balise de localisation personnelle (BLP) lorsque la réglementation ne l'exigeait pas. Les contraintes techniques et les coûts de l'installation à bord des navires étaient bien moindres que pour les propriétaires de petits avions.

L'arrivée du nouveau système eut toutefois une conséquence imprévue : de nouvelles attentes de la part des utilisateurs. Une petite partie de la communauté des usagers commença à considérer que, puisque les RLS étaient rendues obligatoires ou recommandées, même pour les bateaux de plaisance, être secouru gratuitement par des unités SAR dans n'importe quelle situation difficile était en quelque sorte un dû. Un certain nombre d'incidents réels illustrèrent cette attitude.

Dans les Antilles françaises, la France subventionna l'achat de RLS 406 MHz par les pêcheurs locaux et les rendit obligatoires afin d'améliorer la sécurité dans le secteur de la pêche. Cette mesure fut un succès, dépassant peut-être même les espérances des autorités SAR. Un pêcheur local fut secouru trois fois entre février 2006 et novembre 2007[13], utilisant sa RLS 406 MHz lorsque son bateau *Elephant Man* se retrouva désemparé dans différentes circonstances, toutes signalées comme des « panne de moteur ». La RLS satellite qui assurait une intervention rapide des autorités SAR avait remplacé le bon entretien du moteur et le radiotéléphone. Certains usagers se mirent aussi à engager des poursuites contre les autorités nationales quand ils jugeaient ne pas avoir été secourus assez vite. Si la situation de détresse faisait des victimes, des membres de leur famille intentaient des procès pour obtenir des indemnisations, au motif que les autorités nationales avaient manqué à leurs obligations. Dans la plupart des cas, ces actions en justice n'aboutirent pas, mais elles inquiétaient les prestataires de services SAR.

12/ Voir le récit du cas SAR Ziegleheim au chapitre 2, section 2.4.3, et du cas SAR Gonzo au chapitre 3, section 3.2.3

13/ Le 26 février 2006, le 22 juin 2006 et le 18 novembre 2007.

Cette évolution des attentes prit d'autres formes, par exemple dans la prise de risque. C'est ainsi que l'on vit des navigateurs se lancer dans la traversée de l'Atlantique sans préparation ou sur une embarcation ne tenant pas la mer, persuadés de ne rien avoir d'autre à faire que de s'équiper de matériel de sécurité standard, notamment d'une balise de détresse. En 2007, pas moins de 40 navigateurs solitaires furent secourus en haute mer avec l'aide des données d'alerte Cospas-Sarsat après s'être mis en grande difficulté. Même si se retrouver dans une situation de danger imminent ne veut pas forcément dire que l'on a pris des risques inconsidérés, ces cas ont représenté un pourcentage élevé (plus de 10 %) des cas de détresse en mer signalés pour l'année 2007, et l'on peut raisonnablement estimer que la navigation en solitaire est un facteur de risque supplémentaire. Ces chiffres ont été établis à partir des rapports fournis au Secrétariat par les autorités nationales. Ils ne comprennent pas les pêcheurs naviguant seuls ni les autres professionnels en danger du fait de leur activité [14]. Les prises de risque inconsidérées se sont multipliées, de même que les comportements désinvoltes de navigateurs non professionnels vis-à-vis de la sécurité en mer. Perdu dans l'océan Atlantique, un navigateur en solitaire déclencha sa RLS 406 MHz. Le RCC demanda à un pétrolier de se dérouter pour participer aux secours. Une fois le pétrolier arrivé jusqu'à lui, le skipper du voilier demanda sa position et décida de poursuivre tout simplement son voyage en solitaire.



Une BLP russe dans l'Arctique
Photo avec l'aimable autorisation de Sergueï Moroz - RISDE

5.5.3 Impact des balises de localisation personnelles (BLP)

Les balises de localisation personnelles (BLP) 121,5 MHz furent de plus en plus utilisées dans les années 1980 en mer et dans les régions reculées. Leur développement incontrôlable et les risques associés de fausses alarmes sans possibilité d'identifier l'émetteur contribua à la décision prise en 1999 de mettre fin au traitement par satellite des signaux 121,5 MHz. Dans les années 90 toutefois, les BLP 406 MHz pouvant être identifiées et enregistrées devinrent un équipement abordable et très utilisé par les aventuriers et les plaisanciers[15].

De l'avis de certaines autorités, les RLS et particulièrement les BLP encourageaient les comportements irresponsables, et de ce fait leur utilisation aurait dû être strictement limitée aux professionnels. Cospas-Sarsat n'avait cependant aucun moyen et aucune autorité pour imposer des restrictions sur les BLP. Seuls les pouvoirs publics le pouvaient. En outre, des restrictions auraient été difficiles à mettre en œuvre et à maintenir à long terme. Dans les années 90, les BLP n'étaient pas autorisées au Royaume-Uni et ne pouvaient pas être achetées dans ce pays. Le 1er août 1998, lorsqu'un groupe de jeunes touristes britanniques activa dans l'Himalaya une balise de détresse correspondant au code d'une RLS maritime, les forces de police indiennes furent quelque peu déconcertées mais lancèrent néanmoins une opération de sauvetage. Elles demandèrent ensuite à être remboursées pour les coûts encourus.

Les attentes des utilisateurs évoluaient aussi pour d'autres raisons que les balises de détresse. Toute une panoplie de nouveaux systèmes de communication mobile, dont les téléphones portables, les

14/ Rapport Cospas-Sarsat sur les opérations et l'état du Système (C/S R.007 n°24 – janvier à décembre 2007).

15/ Une BLP 121,5 MHz coûtait autour de 150 USD, tandis qu'une BLP 406 MHz coûtait environ 1 000 USD au milieu des années 90. En 2000, leur prix avait baissé pour arriver à 700 USD ou moins.

téléphones satellitaires et la technologie GNSS bon marché, commençaient à avoir des répercussions profondes sur les attentes de la population, avec des résultats très similaires. Les RLS satellite et leur variante « personnelle », les BLP, n'étaient que le premier et le plus spectaculaire exemple des capacités des technologies modernes de communication mobile et de leur impact sur le comportement des individus.

Par conséquent, le Conseil Cospas-Sarsat décida de publier des recommandations à l'intention des pouvoirs publics dans le but de limiter l'incidence possible des BLP 406 MHz sur le Système Cospas-Sarsat et sur les services SAR, notamment en recommandant de mettre en place un système d'enregistrement approprié, ainsi que des procédures nationales pour gérer les alertes des BLP. Outre l'identifiant codé dans les balises 406 MHz, les spécifications techniques et les exigences opérationnelles imposées par Cospas-Sarsat, ainsi que la procédure de certification Cospas-Sarsat applicable, faisaient une grande différence avec les BLP 121,5 MHz. Cela contribua à garantir des performances suffisantes du Système et à éviter la prolifération de dispositifs bon marché et peu fiables. À l'exception d'un très petit nombre d'activations abusives, l'expérience des BLP montra que ces balises, conçues pour être déclenchées seulement manuellement, généraient moins de fausses alertes que les ELT et les RLS à activation automatique.

En résumé, l'arrêt du traitement par satellite pour les balises de détresse 121,5 MHz supprima la menace de BLP 121,5 MHz bon marché. Les BLP fiables à 406 MHz encouragèrent probablement certains comportements irresponsables, mais leur déploiement ne provoqua pas un raz-de-marée de « fausses » demandes d'assistance en l'absence de détresse. Le développement des BLP 406 MHz fut rapide mais aussi limité au fil du temps par la disponibilité quasi-mondiale des téléphones portables et des systèmes de messagerie mobile par satellite incorporant des récepteurs GNSS abordables.



Hélicoptère Dauphin équipé d'un panier
(Photo Garde côtière des États-Unis)

Exercice SAR





Échouage

Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Chapitre 6

Aspects économiques des alertes de détresse par satellite

6.1 Coût des opérations SAR et aspects économiques de l'utilisation des satellites pour le SAR

Comme d'autres projets d'applications spatiales des années 70 et 80, Cospas-Sarsat ne fut pas lancé à des fins commerciales et aucune évaluation coût-avantage ne fut réalisée au préalable. L'objectif était d'apporter une réponse nouvelle à un problème opérationnel complexe : localiser des avions disparus et des marins confrontés à un danger imminent en mer, en tirant parti des capacités uniques de la technologie spatiale. Pour les agences spatiales chargées de la recherche-développement dans ce domaine, repousser les limites des nouvelles technologies et expérimenter des applications potentiellement utiles était en soi une justification suffisante du projet. Les choses changèrent quelque peu lorsqu'il s'agit de transformer Cospas-Sarsat en un système opérationnel dont le financement devait être assuré sur une longue durée. Aux États-Unis, la NASA et la NOAA financèrent la première analyse coût-avantage, qui conclut que le maintien du Système était financièrement très bénéfique pour le contribuable américain (voir la section 6.1.3).

Le système ne devait pas seulement être performant sur le plan fonctionnel, il devait être efficace par rapport aux coûts supportés par ses clients – les utilisateurs de balises, les navigateurs ou les propriétaires d'aéronefs, mais aussi pour les administrations publiques sollicitées pour financer son fonctionnement. Les sections qui suivent présentent une brève analyse des aspects économiques de l'utilisation des satellites par les services SAR sous ces deux angles. Elle ne prétend pas être complète ni constituer une évaluation officielle des coûts et des bénéfices du Système mondial Cospas-Sarsat. En raison de la période considérée pour cette étude historique (1979-2009) et du caractère expérimental du Système durant les premières années de son fonctionnement, seules les données relatives aux décennies 1990-1999 et 2000-2009 ont été prises en compte. D'autre part, du fait de la diversité des situations dans les nombreux pays impliqués et de la difficulté d'ajuster les coûts sur autant d'années, il n'a pas été tenu compte de l'inflation.

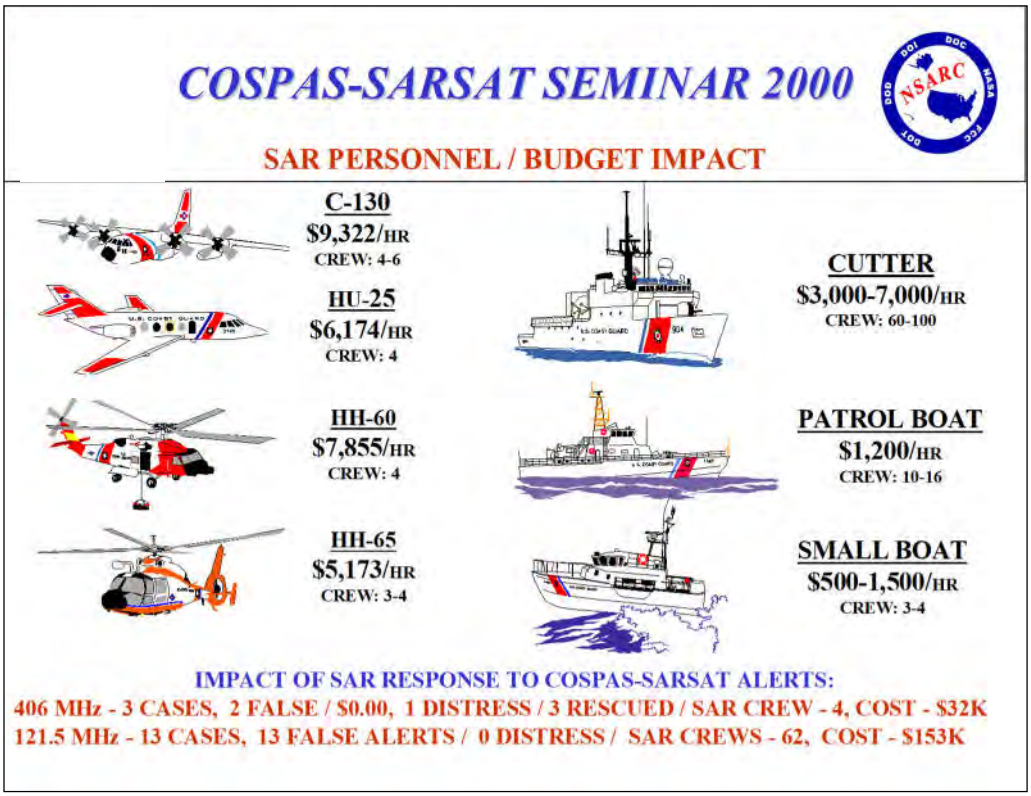
6.1.1 Les services SAR : gratuits pour les usagers en détresse, mais parfois très chers pour la collectivité

Depuis toujours, la recherche de personnes disparues à terre avait été prise en charge par la collectivité et assurée par les forces de police locales secondées par des bénévoles. Avec la croissance exponentielle du trafic maritime et aéronautique, la recherche de marins et d'aviateurs disparus demanda bientôt un plus haut degré d'organisation et des moyens que les populations locales ne possédaient pas. La recherche et le sauvetage en mer et à terre sont aujourd'hui pris en charge par les États et assurés par du personnel spécialisé.

Dans beaucoup de pays les bénévoles des organisations SAR civiles apportent encore une contribution essentielle aux services SAR en mer et à terre. Citons par exemple les Mountain Rescue Organisations et la Royal National Lifeboat Institution (RNLI) au Royaume-Uni, la Société nationale de sauvetage en mer (SNSM) en France et l'Association canadienne des volontaires en recherche et sauvetage (SARVAC). Les opérations SAR, même menées par des bénévoles, ont un coût qui peut être évalué, avec toutefois un certain degré d'incertitude dans la mesure où l'évaluation

des éléments de coût associés au recours à des bénévoles et à l'emploi occasionnel d'équipements publics ne repose pas sur des données « marchandes » fermes. Par ailleurs, ces coûts peuvent varier beaucoup d'un pays à l'autre. Il serait donc irréaliste de fournir un chiffre global pour le coût des services SAR au niveau mondial et les évaluations doivent rester nationales, ou porter sur une région du monde bien précise.

Il arrive que des moyens publics tels que des aéronefs ou des navires soient réservés au dispositif SAR, mais le plus souvent, les services sont assurés par des équipements des forces armées, de la police et de la garde côtière ou par d'autres équipements publics disponibles. Les chiffres de coûts donnés ci-dessous à titre indicatif ont été cités lors d'une présentation du Lt. Commander Paul Steward, coordinateur du dispositif SAR international de la Garde côtière des États-Unis, lors du séminaire Cospas-Sarsat organisé en 2000[1].



Même si l'on ne peut pas réaliser une évaluation mondiale, il est possible d'évaluer les coûts associés à une intervention SAR donnée. Les données de coûts de la Garde côtière des États-Unis indiqués ci-dessus montrent le coût réel des fausses alertes à 121,5 MHz. Dans cet exemple, ce sont 153 000 USD au total qui ont été dépensés pour l'utilisation de moyens SAR dans 13 alertes 121,5 MHz en l'absence de détresse. À titre de comparaison, deux fausses alertes à 406 MHz ont pu être résolues sans frais (aucun moyen SAR utilisé) et 32 000 USD ont été dépensés pour l'utilisation de moyens SAR dans un cas de détresse réelle où les données d'alerte 406 MHz ont servi et où trois survivants ont été secourus. Ces chiffres avaient pour but d'illustrer les avantages potentiels pour les forces SAR et la collectivité d'un passage futur des balises analogiques 121,5 MHz à la nouvelle technologie numérique des ELT et RLS 406 MHz.

1/ Séminaire Cospas-Sarsat 2000 (12-14 octobre 2000, Laval [Québec, Canada]) – « The Impact of 121.5 MHz Satellite Alerting on Search and Rescue Services » - LCDR Paul Steward, Bureau SAR de la Garde côtière des États-Unis (12 octobre 2000)

Le tableau ci-dessous montre les dépenses du Canada afférentes aux recherches d'avions écrasés. Il a été présenté lors du Séminaire Cospas-Sarsat de 2000[2] par M. R.W. Slaughter, Directeur du Secrétariat national Recherche et sauvetage du Canada. En cinq ans, pour un total de 290 recherches, les données d'alerte et de position fournies par le système 121,5 MHz Cospas-Sarsat ont permis d'économiser 52 millions de dollars canadiens (CAD) uniquement pour les heures de vol, indépendamment des autres coûts de personnel et de moyens matériels ou de toute valeur affectée aux survivants supplémentaires des crashs et aux biens sauvés[3]. Cela a représenté une économie moyenne de plus de 10 millions CAD par an (environ 8,3 millions USD en prenant un taux de change moyen CAD/USD de 1,2 entre 1990 et 1994).

Secrétariat national SAR du Canada
Recherches d'avions écrasés
1990-1994

	Avec signal d'ELT	**Sans signal d'ELT**
Nombre	180	110
Heures de recherche	1 354	12 645
Moyenne heures de recherche	7,5	115
Coût des heures de vol (CAD)	4,4 M	34,5 M
Coût moyen (CAD)	24,4 k	313,6 k
Survivants secourus	86 %	33 %
Économies générées par les ELT ayant fonctionné (CAD)	52 M	

October 12, 2000

Les économies indiquées ci-dessus sont très supérieures au coût annuel encouru par le Canada pour l'approvisionnement de la charge utile SAR embarquée sur les satellites NOAA (voir la section 6.1.2 ci-dessous). Sans l'aide des signaux des ELT 121,5 MHz, le coût estimé des heures de vol pour les recherches sur les cinq ans se serait élevé à environ 91 millions CAD, c'est-à-dire plus de 18 millions CAD / 15 millions USD par an sur la période 1990-1994.

Il arrive que les recherches coûtent beaucoup plus cher que les chiffres moyens ci-dessus. Lorsque le navigateur en solitaire Alain Colas manqua un contact radio le 17 novembre 1978 à l'ouest de l'archipel des Açores au milieu de l'Atlantique pendant une course transatlantique, une campagne de recherches intensives de 20 jours fut menée sur une zone océanique de plus de 2 millions de kilomètres carrés avec un avion de patrouille maritime français Bréguet Atlantique à long rayon

2/ Séminaire Cospas-Sarsat 2000 – « Benefits, Advantages and Effectiveness of the Cospas/Sarsat System from the Canadian Perspective » - R. William Slaughter, Directeur du SNRS.

3/ Le chiffre de 52 millions CAD cité dans la présentation de M. Slaughter est obtenu de la façon suivante : 180 événements avec des signaux d'ELT traités à un coût moyen de 24,4 kCAD au lieu du coût moyen de 313,6 kCAD en l'absence de signaux d'ELT, soit une économie réelle de (313,6 – 24,4) * 180 = 52 056 kCAD.

d'action[4]. Le navigateur n'avait pas de balise de détresse. Les 400 heures de vol infructueuses peuvent être évaluées à plus de 3 millions USD (en comptant 8 000 dollars par heure de vol pour ce type d'aéronef).

Le coût d'une opération de recherche atteint rarement de tels sommets, pourtant de nouveaux records ont été battus récemment avec les campagnes de recherche engagées pour les vols AF 447 et MH 370 disparus respectivement dans l'océan Atlantique et l'océan Indien[5]. Bien qu'aucun montant précis ne puisse être donné pour les moyens mis en œuvre par les nombreux pays ayant participé aux recherches pour retrouver le MH 370 dans les régions du Pacifique Sud et de l'océan Indien, les médias ont évoqué le chiffre de plus de 100 millions de dollars australiens pour la seule Australie sur une année de recherches.

6.1.2 Coûts de Cospas-Sarsat

Seule une évaluation grossière peut être donnée ici de l'échelle des coûts d'investissement supportés par les pays ayant fourni des équipements pour les segments spatial et sol des systèmes LEOSAR et GEOSAR Cospas-Sarsat. On ne dispose d'aucun chiffre détaillé pour chaque Fournisseur du segment spatial ou du segment sol. Par ailleurs, le périmètre limité de cette étude historique ne permet pas de comparer précisément les coûts encourus dans le cadre d'un programme de coopération réunissant des pays de l'Est et de l'Ouest pendant la période de la Guerre froide. Il existait de très grandes différences dans les systèmes de comptabilité ou de communication des données économiques, rendant impossibles les comparaisons directes des chiffres de coûts. Cospas-Sarsat était et reste un programme spatial unique et ses coûts réels ne peuvent être déterminés avec précision au niveau mondial.



Satellites de la NOAA – Série des Tiros N
Les satellites sont entreposés après production et essais jusqu'à ce qu'ils soient « appelés » pour remplacer un satellite opérationnel.
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Le segment spatial LEOSAR

Les dépenses des fournisseurs du segment spatial, à savoir au départ l'URSS, les États-Unis, le Canada et la France pour les systèmes LEO et GEO, plus l'Inde pour les satellites géostationnaires INSAT, et EUMETSAT pour les satellites Metop en orbite basse et MSG en orbite géostationnaire, pourraient probablement être établies, mais déterminer la part exacte du coût total de ces satellites multi-mission qui devrait être imputée à la mission Cospas-Sarsat nécessiterait des analyses longues et détaillées.

4/ Alain Colas était célèbre en France pour avoir remporté de grandes courses océaniques, notamment la Transat 1972 (de Plymouth à Newport), et pour avoir établi un record du tour du monde à la voile en solitaire en 1973. Sa renommée explique en partie l'envergure et la durée des opérations de recherche.

5/ Pour plus de détails sur les vols AF 447 et MH 370, voir à l'annexe 2 la section sur le dispositif SAR aéronautique.

Aux États-Unis et dans une moindre mesure en France, les composantes du segment spatial furent présentées comme des ajouts relativement minimes à un système opérationnel plus vaste, ou comme une extension d'un programme existant, et les coûts associés furent intégrés aux coûts du programme de développement principal. S'il est possible de connaître le coût d'équipements tels que les systèmes d'antennes satellite supplémentaires des États-Unis, le système de répéteur canadien ou le récepteur-processeur à mémoire français, les coûts exacts associés à l'intégration de ces charges utiles dans les plateformes satellite de la NOAA, au supplément de masse à lancer et à l'exploitation en orbite (alimentation, commandes et contrôles supplémentaires, etc.) ne peuvent pas être calculés facilement, d'autant qu'ils seraient différents pour chaque plateforme satellite.

Au cours des discussions entre les partenaires Cospas-Sarsat, plusieurs chiffres de coûts ont été mentionnés. En 1985 par exemple, le coût de la plateforme satellite en orbite polaire de la NOAA, sans les 8 à 9 charges utiles, a été évalué grossièrement à 100 millions USD, plus 50 millions USD pour son lancement. L'hébergement de la charge utile Sarsat pouvait être estimé à tout au plus 10 % du coût total de la plateforme, soit un maximum de 15 millions USD (1985) par satellite[6].

Côté français, les coûts ont été estimés entre 2,5 et 3 millions USD pour un récepteur-processeur à mémoire 406 MHz[7] (SARP) emporté sur les satellites NOAA après 1985, avec des coûts du même ordre côté canadien pour les récepteurs 121,5/243/406 MHz et l'émetteur 1544,5 MHz (SARR).

Sur la base des chiffres ci-dessus, un satellite et une charge utile opérationnels Sarsat peuvent être évalués autour de 20 millions de dollars[8]. En partant du principe qu'en moyenne, les satellites LEO Sarsat et Cospas ont pu être utilisés en orbite pendant quatre ans ou plus[9] (au lieu des 2 à 3 ans de leur durée de vie nominale), le coût d'investissement réel pour la constellation nominale de quatre satellites a donc été inférieur à 20 millions USD par an[10].

Le segment spatial GEOSAR

Le coût encouru pour modifier l'architecture d'un satellite opérationnel existant, fabriquer et installer le récepteur 406 MHz et l'émetteur 1 544,5 MHz, y compris les antennes, peut être estimé grossièrement autour de 4 millions USD, le chiffre exact dépendant de la plateforme et des équipements d'origine. Par exemple, les plateformes américaines GOES pouvaient partager une

6/ Chiffre cité par John McElroy lors d'une discussion informelle à la réunion CDCS-7 d'octobre 1984 à Leningrad.

7/ Document du CNES – Centre spatial de Toulouse (PMF/CLS daté de juillet 1985) « Évaluation indicative des coûts récurrents du système ».

8/ Dans une note transmise par Cospas-Sarsat au Sous-comité des radiocommunications de l'OMI (COM 30/WP.12 – octobre 1985), le chiffre de 8 millions USD est cité pour « la fabrication et l'intégration d'instruments sur des satellites multi-mission et le coût supplémentaire du fonctionnement de ces instruments ». Aucune part des coûts de la plateforme n'était imputée à la mission SAR, et seuls étaient pris en compte les instruments SAR et les coûts des antennes SAR supplémentaires. Le chiffre de coût utilisé dans la présente étude peut être considéré comme prudent au sens de l'analyse coût-avantage.

9/ Entre 1982 et 2002, un total de 19 satellites LEO ont été lancés avec une charge utile SAR. Pendant ces 20 années, le nombre de satellites opérationnels en orbite a été supérieur au minimum de quatre satellites d'une constellation nominale. Par conséquent, la durée de vie opérationnelle moyenne d'un satellite LEO a largement dépassé les 4 ans.

10/ Cette évaluation très grossière repose sur l'hypothèse que les coûts des plateformes satellite Cospas et des charges utiles Cospas étaient similaires à l'évaluation Sarsat. Dans le contexte de la Guerre froide, avec les taux de change arbitraires entre le dollar américain et le rouble, il s'agit évidemment d'une méthode « théorique », dans laquelle les coûts Sarsat et le dollar américain servent de référence commune.

antenne de réception prévue pour le système de collecte de données météorologiques fonctionnant à 401 MHz. L'hypothèse selon laquelle les mêmes chiffres s'appliquent aux satellites indiens INSAT, aux satellites russes Loutch/Electro ou à la plateforme Meteosat d'EUMETSAT est arbitraire, mais c'est aussi le seul moyen d'avancer dans le cadre de cette brève analyse.

Sur cette base, en supposant qu'une couverture GEO complète sur huit ans puisse être réalisée avec quatre satellites en service plus quatre de réserve, les dépenses totales s'élèveraient à environ 32 millions USD. En conséquence, un système opérationnel de quatre satellites plus des satellites de réserve représenterait un investissement annuel de l'ordre de 4 millions USD pour le segment spatial si l'on ne prend en compte que les coûts supplémentaires. Si une partie des coûts de la plateforme GEO était imputée à la charge utile GEOSAR (un pourcentage de 5 % des coûts de la plateforme, dans la mesure où la charge utile SAR se limite à un récepteur 406 MHz plus l'émetteur 1,5 GHz, avoisinerait les 5 millions USD), le coût total pour le segment spatial GEOSAR 406 MHz (8 satellites en tout avec ceux de réserve) atteindrait les 72 millions USD, soit un investissement annuel moyen de 9 millions USD sur 8 ans.

Le segment sol Cospas-Sarsat

Pour un système LEOLUT, l'achat du matériel et du logiciel plus les coûts d'installation s'élevaient généralement autour de 1 million USD, en fonction de la configuration du site, des besoins particuliers du pays, des redondances matérielles, etc. La mise en place d'un système GEOLUT pouvait être de l'ordre de 0,5 million USD. Les coûts des MCC sont plus difficiles à évaluer. En particulier, les MCC qui assurent la fonction de nœud de communication dans le Système ont besoin de logiciels de filtrage plus complexes et de capacités de communication supplémentaires avec des redondances suffisantes pour garantir la disponibilité voulue. Une estimation de 0,5 million USD a été retenue pour les besoins de cette analyse.

Le nombre optimal de LEOLUT nécessaires pour assurer un service opérationnel est une question subjective, en particulier pour le traitement des alertes 121,5 MHz puisqu'il n'était pas possible d'avoir une couverture mondiale, même avec un grand nombre de LEOLUT. Cospas-Sarsat n'a jamais cherché à statuer sur ce point, laissant à chaque pays le soin d'évaluer ses propres besoins. Dans un système entièrement intégré, géré de façon centralisée, une vingtaine de LEOLUT et une dizaine de GEOLUT auraient suffi pour fournir un service « raisonnable » à 406 MHz (c'est-à-dire avec des redondances et des temps d'acquisition, de traitement et de transmission des données acceptables). Un bien plus grand nombre de LEOLUT et de GEOLUT ont été installées, ce qui a permis de diminuer sensiblement les temps d'acquisition des données d'alerte du système LEO et d'assurer un niveau de redondance globalement très élevé[11]. En réalité, la décision des pays d'acquérir une LUT et de devenir Fournisseur du segment sol a souvent été motivée par des considérations de politique nationale. Pour des raisons évidentes, le Conseil Cospas-Sarsat n'a pas essayé d'optimiser le réseau LEOLUT/GEOLUT et n'est pas intervenu dans les décisions nationales.

En prenant un cycle de renouvellement de 8 ans, l'investissement requis pour un réseau de 20 LEOLUT, 10 GEOLUT et 10 MCC avoisinerait les 3,8 millions USD par an[12].

11/ Voir le chapitre 3 et le chapitre 5, section 5.3.

12/ Coûts possibles d'investissement dans le segment sol, en millions USD :
20*1 (LEOLUT) + 10*0,5 (GEOLUT) + 10*0,5 (MCC) = 30 MUSD sur 8 ans, ou 3,8 MUSD par an.

Les différences en matière de gestion des systèmes opérationnels ainsi que de coûts du travail dans diverses parties du monde représentent un autre obstacle pour évaluer le coût global de fonctionnement du système Cospas-Sarsat. Dans les pays développés, les coûts associés à un fonctionnement 24 heures sur 24 peuvent être très élevés. Du fait de la diversité des pays participant au Programme Cospas-Sarsat, les coûts de fonctionnement mondiaux n'ont pas été évalués.

Synthèse des coûts du Système Cospas-Sarsat

Les coûts d'investissement annuels moyens pour le segment spatial complet LEOSAR et GEOSAR plus un segment sol de base s'établiraient typiquement à 33 millions USD par an, à supposer que tous les coûts d'approvisionnement soient basés sur les dépenses d'approvisionnement américaines, canadiennes et françaises pour le système Sarsat. Aucune estimation valable ne peut être établie pour les coûts de fonctionnement supportés par les opérateurs du segment sol dans un grand nombre de pays différents. Les coûts supplémentaires encourus pour le fonctionnement des charges utiles SAR en orbite (contrôle, gestion et commande des charges utiles) ne sont pas connus.



Hélicoptère britannique de sauvetage Sea King
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

6.1.3 Évaluation coût-avantage

Nous avons vu que l'évaluation des postes de coût Cospas-Sarsat, en particulier les coûts d'investissement et de fonctionnement du segment sol sur lesquels l'organisation Cospas-Sarsat n'a aucun contrôle, se heurte à plusieurs difficultés importantes. Celles-ci se posent également si l'on tente de calculer un coût global des opérations SAR. La diversité des coûts du travail et des coûts sociaux et celle des environnements opérationnels empêchent de raisonner à l'échelle mondiale, et seules des évaluations de coûts « régionales » auraient un sens.

Les mêmes remarques s'appliquent aux bénéfices qui pourraient être retirés de l'emploi du Système Cospas-Sarsat. En outre, il est probable que les gains potentiels de l'utilisation du Système soient beaucoup plus importants dans des pays comme le Canada, les États-Unis ou la Russie, avec de vastes régions inhospitalières à la population clairsemée, que dans les pays d'Europe occidentale densément peuplés.

Si l'on tenait compte de la valeur économique des vies sauvées, les bénéfices estimés du système augmenteraient considérablement pour les pays ayant des économies très développées. L'étude américaine présentée au séminaire Cospas-Sarsat de 1996[13] montrait que le remplacement des ETL 121,5 MHz par des ELT 406 MHz plus performantes et plus fiables sur tous les appareils de l'aviation générale aux États-Unis aurait permis de sauver 134 vies supplémentaires chaque année. Sur le plan des moyens SAR, l'étude indiquait une économie annuelle de 3,6 millions USD[14].

13/ Séminaire Cospas-Sarsat 1996 (23-25 octobre 1996, siège de l'OMI à Londres (R.-U.)) – « Status of 406 MHz ELTs in the United States and Cost Benefit Study to Gain Regulatory Approval » - James Bailey, NOAA ; B. Trudell, CSC, États-Unis.

14 / Les économies indiquées dans l'étude américaine correspondaient aux gains supplémentaires qui découleraient du remplacement des ELT 121,5 MHz par des ELT 406 MHz, et non aux économies totales générées par l'utilisation de tous les types d'ELT, de RLS et de BLP à 121,5 MHz ou 406 MHz fonctionnant dans le système Cospas-Sarsat.

Cependant, avec le chiffre de 2,5 millions USD par vie sauvée appliqué dans l'étude américaine de 1996, le gain supplémentaire s'élevait à 335 millions USD par an, rien qu'aux États-Unis, soit plus de 10 fois le coût d'investissement annuel pour le Système Cospas-Sarsat global. L'évaluation de ce type d'économies dépend évidemment de la « valeur monétaire » donnée à une vie humaine sauvée, pour laquelle il ne peut y avoir de norme universellement acceptée.

Un certain nombre d'autres facteurs régionaux devraient aussi être pris en compte si l'on voulait évaluer les bénéfices au niveau mondial. L'évaluation coût-avantage de Cospas-Sarsat proposée dans ce document intègre seulement l'estimation des coûts de recherche (heures de vol) économisés grâce à l'utilisation des données d'alerte et de position Cospas-Sarsat, par rapport aux coûts de recherche encourus en l'absence de données Cospas-Sarsat. Le bénéfice réel d'un nombre plus élevé de vies sauvées n'est pas ignoré, mais l'évaluation des « gains monétaires » associés n'a pas été réalisée.

L'évaluation canadienne des économies du point du vue des heures de vol a été prise comme référence (voir le tableau du SNRS à la section 6.1.1, indiquant les coûts et les économies relatives aux recherches d'avions écrasés pendant la période 1990-1994). Si le coût moyen d'une opération de recherche en l'absence de signal d'ELT était de 260 kUSD (318 kCAD) contre 20 kUSD (24,4 kCAD) avec un signal d'ELT, les données d'alerte Cospas-Sarsat permettaient de réduire les coûts de recherches d'un facteur 13.

Sur 10 ans (de 1990 à 1999), les pays participants ont signalé au Conseil Cospas-Sarsat un total de 2 792 événements SAR pour lesquels les données Cospas-Sarsat ont été utiles (à 406 MHz et 121,5 MHz, pour toutes les catégories d'ELT, de RLS et de BLP). Cela a représenté en moyenne 279 événements par an et ce nombre n'a cessé d'augmenter après 1999.

Si l'on applique un coût de recherche moyen de 10 kUSD par cas SAR assisté par les données d'alerte Cospas-Sarsat[15], le montant total des économies de coûts de recherche réalisées par an s'élèverait à :

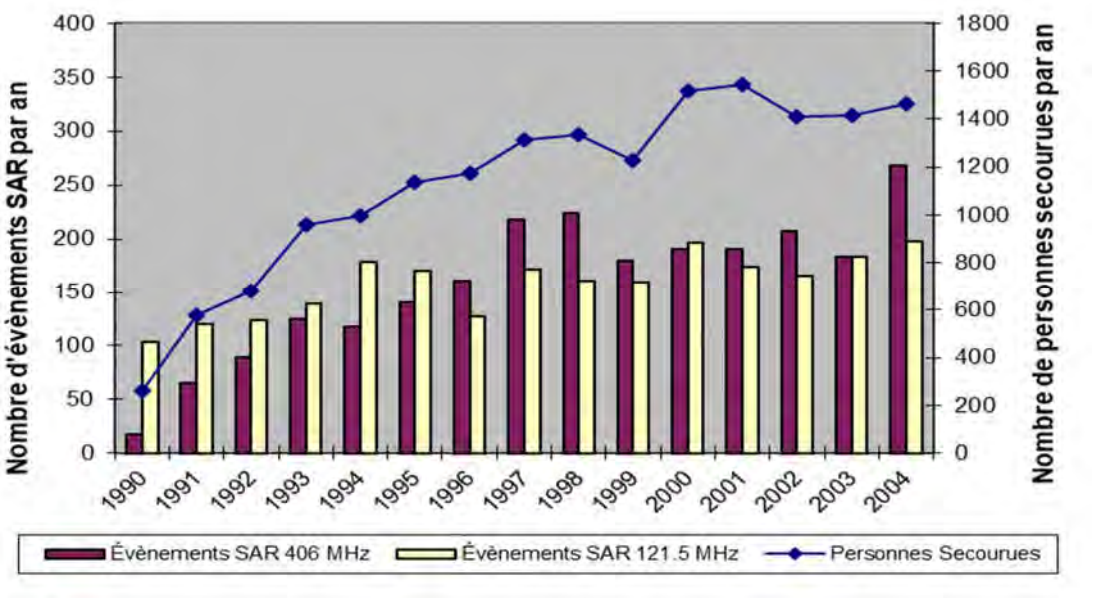
$$10 \text{ kUSD} \times 12 \times 279 = 33{,}5 \text{ millions USD}^{16}$$

Ce chiffre des économies annuelles en coûts de recherche est du même ordre de grandeur et même plus élevé que le coût d'investissement annuel indiqué à la section 6.1.2 pour l'ensemble du Système (33 millions USD).

Entre 2000 et 2009, Cospas-Sarsat a fourni des données d'alerte et de notification pour 4 385 événements SAR, soit une moyenne de 438 par an. Avec la même méthode que ci-dessus et en prenant les mêmes coûts de recherche et coûts d'investissement dans le Système (sans facteur d'inflation), les économies annuelles moyennes pour les opérations SAR auraient été de 52,5 millions USD, soit 1,6 fois l'investissement annuel dans le Système Cospas-Sarsat.

15/ On utilise ici la moitié de l'estimation canadienne des coûts évoquée plus haut pour tenir compte du fait que les coûts de recherche dans d'autres parties du monde peuvent être moins élevés qu'au Canada, et pour obtenir une évaluation prudente des bénéfices potentiels. Le document de la Garde côtière américaine mentionné à la section 6.1.1 indique un coût de 34 000 USD pour un cas SAR en mer avec des données d'alerte et de position à 406 MHz : c'est 3,4 fois le coût moyen utilisé dans la présente évaluation.

16/ Si l'on prend le facteur de réduction des coûts canadien de 13, les économies s'élèvent à $13X - X = 12X$, X étant le coût de recherche moyen pour un cas SAR avec données d'alerte Cospas-Sarsat.



Événements SAR réels avec données d'alerte Cospas-Sarsat et personnes secourues (1990-2004)
(Source : Secrétariat Cospas-Sarsat)

Bien que le calcul ci-dessus soit évidemment une évaluation très grossière, il est relativement prudent en ce qui concerne les coûts du Système ainsi que les bénéfices potentiels. Il ne tient pas compte des gains supplémentaires du remplacement des balises 121,5 MHz par des balises 406 MHz sur le plan des coûts de recherche, par exemple la diminution du nombre de fausses alertes, les positions plus précises, la plus grande fiabilité des balises, les meilleures chances de succès des sauvetages, etc.

Par ailleurs, l'estimation ne tient pas du tout compte de la réduction des coûts de fonctionnement d'autres éléments des services SAR (fonctionnement des RCC, coûts de communication, coûts de personnel, etc.) et surtout de la valeur des vies sauvées. Son but est seulement de montrer que pendant les périodes de temps considérées, même avec une méthode de calcul limitée et prudente, les économies SAR résultant de l'utilisation des données d'alerte Cospas-Sarsat ont été supérieures aux coûts d'investissement moyens annuels dans le Système.

Même si la valeur monétaire des vies humaines sauvées n'est pas quantifiée dans l'analyse ci-dessus, le gain supplémentaire est manifestement très élevé et mérite d'être signalé :

- pendant la période de dix ans allant de 1990 à 1999, les statistiques du Secrétariat Cospas-Sarsat indiquent que 9 667 personnes ont été secourues dans le cadre d'opérations SAR faisant appel à Cospas-Sarsat, soit une moyenne de 967 par an ; et

- pendant la période de dix ans allant de 2000 à 2009, 17 148 personnes ont été secourues avec l'aide des données d'alerte Cospas-Sarsat, soit en moyenne 1 715 chaque année.



Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

6.2 La réglementation et le marché des balises de détresse

L'analyse coût-avantage précédente ne s'est intéressée qu'aux coûts encourus et aux économies réalisées par les États en tant que fournisseurs du Système Cospas-Sarsat et de services SAR. Une troisième partie prenante doit être prise en compte : le « client » du service SAR qui, en bout de chaîne, peut devenir le bénéficiaire de l'investissement fait dans la mise en place du Système Cospas-Sarsat. Du point de vue du client, l'utilisation du Système Cospas-Sarsat est gratuite en cas de détresse, mais nécessite d'abord d'investir dans une balise Cospas-Sarsat, soit par choix, soit par obligation lorsque la réglementation nationale l'impose.

Le chapitre 5 illustre la diversité des réactions des clients SAR à l'environnement réglementaire. Une évaluation de la taille du marché des balises, à la fois en nombre de balises et en valeur en USD, est présentée dans une perspective historique. Il est impossible de proposer une analyse coût-avantage réaliste du point de vue du client. Le développement rapide du marché des BLP non réglementées auquel on a assisté pendant la période considérée est probablement la meilleure confirmation de l'intérêt du Système pour ces clients.

6.2.1 ELT 121,5 MHz

Les ELT 121,5 MHz de première génération étaient assez bon marché (quelques centaines de dollars) mais relativement peu fiables. Elles furent d'abord installées aux États-Unis sur les avions de transport commercial et sur les appareils privés d'aviation générale conformément à la réglementation américaine, mais la confiance des usagers fut rapidement ébranlée pour les raisons expliquées au chapitre 1. Les normes techniques révisées (RTCA DO-168) améliorèrent la situation et une nouvelle réglementation de la FAA (TSO-C91a) [17] restaura la confiance chez les propriétaires

17/ L'Administration fédérale de l'aviation des États-Unis (FAA) publia une nouvelle norme technique (TSO-91a) pour les ELT 121,5 MHz en 1987, comprenant des exigences révisées : les MOPS (norme de performances opérationnelles minimales) du document DO-168 préparé par la Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA).

d'avions aux États-Unis. L'augmentation rapide du nombre d'ELT et des autres types de balises 121,5 MHz dans le monde, après le démarrage du Système Cospas-Sarsat, témoigne également de l'impact positif du renforcement des exigences de performances. Néanmoins, le système à 121,5 MHz souffrait toujours des mêmes limites et le problème des fausses alertes amena finalement les pouvoirs publics à cesser de soutenir le système d'alerte à 121,5 MHz.

De 220 000, chiffre estimé en 1982, la population mondiale des balises de détresse 121,5 MHz de tous types était passée à environ 650 000 en 2000. Elle commença à décroître lentement autour de 2003 à la suite de l'annonce de la décision prise par Cospas-Sarsat de mettre fin au traitement à 121,5 MHz en 2009.

6.2.2 RLS, ELT et BLP 406 MHz

Les balises 406 MHz utilisent une technique numérique, beaucoup plus sophistiquée que la technique analogique des balises 121,5 MHz, mais elles coûtent plus cher. Contrairement aux modèles 121,5 MHz, les balises 406 MHz doivent obéir à des spécifications rigoureuses et sont soumises à une procédure approfondie de certification contrôlée par Cospas-Sarsat.

Le marché des RLS réglementées

L'obligation d'installer des RLS sur les navires de pêche dans un certain nombre de pays à partir de 1988, et sur les flottes commerciales à partir de 1993 conformément aux dispositions prévues par l'OMI pour le SMDSM, a sans conteste encouragé une concurrence saine entre les fabricants. Dix modèles de RLS de dix fabricants avaient été mis au point lorsque la procédure de certification fut officialisée en juillet 1989 et 19 certificats d'homologation Cospas-Sarsat furent délivrés pour ces modèles, avec leurs variantes. En janvier 1993, 76 certificats au total avaient été délivrés par le Secrétariat Cospas-Sarsat : 63 pour des RLS, 7 pour des ELT et 6 pour des BLP. La concurrence et l'amélioration du savoir-faire des fabricants permirent de faire baisser les prix sensiblement. Les RLS maritimes, vendues au départ 2 000 USD ou plus, étaient descendues à moins de 1 000 USD en 1996[18].

Le marché des ELT réglementées

Les ELT 406 MHz ne bénéficièrent pas de conditions aussi favorables. L'OACI n'imposa leur emport sur les avions de transport soumis à sa réglementation qu'à partir de 2005, et les pouvoirs publics étaient peu disposés à rendre de nouveaux équipements obligatoires si peu de temps après avoir imposé l'utilisation des ELT 121,5 MHz. D'autre part, des complications techniques retardèrent l'acceptation des ELT 406 MHz. Le composé chimique utilisé dans les piles au lithium des premières RLS 406 MHz (LiSO2) fut jugé trop dangereux pour les aéronefs et interdit dans les ELT. De nouvelles exigences relatives à l'installation améliorèrent la fiabilité des balises mais ajoutèrent au coût du rééquipement des anciens appareils, augmentant sensiblement le prix total des ELT 406 MHz.

18/ On trouve le chiffre de 700 USD pour les RLS 406 MHz dans le document « Status of 406 MHz ELTs in the U.S. and Cost Benefit Study to Gain Regulatory Approval » - J. Bailey, NOAA ; B. Trudell, CSC, États-Unis / Séminaire Cospas-Sarsat 1996.



Modèles de RLS 406 MHz classiques (1990)



RLS 406 MHz

En 2000, lorsque Cospas-Sarsat décida finalement d'arrêter le traitement des signaux 121,5 MHz à compter du 1er février 2009, les écarts de prix entre les ELT, les RLS et les BLP en Australie étaient les suivants[19] :

USD (année 2000)	406 MHz Fourchette de prix	406 MHz Prix moyen	121,5 MHz Prix moyen
RLS	800 – 1 550	1 180	150
RLS avec GPS	1 800 – 2 000	1 940	
ELT		2 060	590
BLP	800 – 1 550		150

Prix moyens de l'an 2000 pour les balises 406 MHz en Australie (USD)
(chiffres fournis par M. Chris Payne, AusSAR (Australie) dans le document WP1.3 du Séminaire Cospas-Sarsat 2000)

Ces prix australiens, convertis en USD au taux de 1,7 AUD/USD et arrondis, ne sont donnés qu'à titre indicatif et ne reflètent pas nécessairement les prix de détail réels dans d'autres pays. À titre de comparaison, un document canadien présenté lors du séminaire de 2000 donnait le chiffre de 500 USD pour les RLS les moins chères au Canada[20]. Néanmoins, les chiffres montrent aussi que le différentiel de prix entre les balises 406 MHz et 121,5 MHz s'établissait à 7,8 pour les RLS et 3,5 pour les ELT. Par conséquent, l'écart de prix n'est probablement pas la seule raison expliquant le peu d'empressement des propriétaires de petits avions à passer aux ELT 406 MHz. Le coût représenté par l'installation d'une ELT 406 MHz sur un appareil déjà équipé d'un modèle 121,5 MHz, impossible à calculer avec précision du fait de variations importantes, est certainement entré en jeu pour tous les propriétaires d'avion et a fait pencher la balance contre le passage aux ELT 406 MHz tant que l'équipement n'était pas obligatoire.

Les efforts déployés par Cospas-Sarsat et par les fabricants pour abaisser encore le coût des balises 406 MHz avant 2009 (voir le chapitre 5, section 5.4 « Arrêt des services d'alerte par satellite à 121,5 MHz ») portèrent leurs fruits, mais ne modifièrent pas sensiblement les termes de l'équation ni l'attitude des propriétaires de petits avions (voir le chapitre 5, section 5.5 « Réactions des utilisateurs de balises de détresse »). Le remplacement des ELT 121,5 MHz par des modèles 406 MHz fut donc incomplet.

19/ Séminaire Cospas-Sarsat 2000 / WP 1-3 : « Preparations within Australia on Phasing-out Satellite Processing of 121.5 MHz in 2009 (Annex A: Comparison of the 406 MHz and 121.5 MHz Beacons) » - Chris Payne, AusSAR (Australie).

20/ Séminaire Cospas-Sarsat 2000 / WP 1-4 : « Canada's Strategy to Gain Acceptance of 406 MHz ELTs » - Don MacCaul, Secrétariat national SAR du Canada.



Quelques modèles de PLB (Secrétariat C/S)
En 2000, les BLP 406 MHz étaient vraiment « portatives ».
Les modèles les plus récents tiennent dans la poche.
Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Le marché des BLP non réglementées

Contrairement aux RLS et aux ELT qui sont des équipements de sécurité obligatoires sur les bateaux et les navires soumis aux réglementations internationales ou nationales, les balises personnelles ne sont pas réglementées de la sorte. En réalité, certaines réglementations nationales interdisaient la vente et parfois l'utilisation de balises de localisation personnelles (BLP), qu'elles fonctionnent à 121,5 MHz ou à 406 MHz[21], mais les BLP furent rapidement adoptées par les trekkers, les canoéistes et d'autres catégories d'aventuriers. L'augmentation du nombre de dispositifs à 121,5 MHz, notamment de BLP, fut l'une des raisons de l'arrêt du traitement par satellite des signaux à cette fréquence.

Comme il était impossible d'interdire la production ou l'utilisation de BLP 406 MHz et que ce n'était pas souhaitable compte tenu du nombre croissant d'utilisateurs de BLP 121,5 MHz non identifiés, Cospas-Sarsat choisit de faire en sorte que ces PLB satisfassent ses exigences de performances. Le premier certificat d'homologation (C/S TAC n°38) d'une BLP 406 MHz fut délivré le 20 août 1990 à MPR Teltech Ltd au Canada. La plupart des premiers modèles de BLP étaient des variantes de RLS avec un conditionnement compact et sans mécanisme de largage, ou d'ELT sans G-switch déclenchant l'activation automatique. La demande du public amena rapidement les fabricants à mettre au point des modèles ultra-compacts et, en 2009, un certain nombre de modèles de BLP 406 MHz étaient véritablement « de poche ».

Les exigences simplifiées, sans activation automatique, permirent d'abaisser les coûts et les prix descendirent à quelques centaines d'USD, autour de 400 USD pour les modèles les plus simples. Malgré l'absence de réglementation les rendant obligatoires, la population des BLP 406 MHz dépassait les 295 000 unités en 2009.

6.2.3 Investissement annuel des clients dans des balises 406 MHz

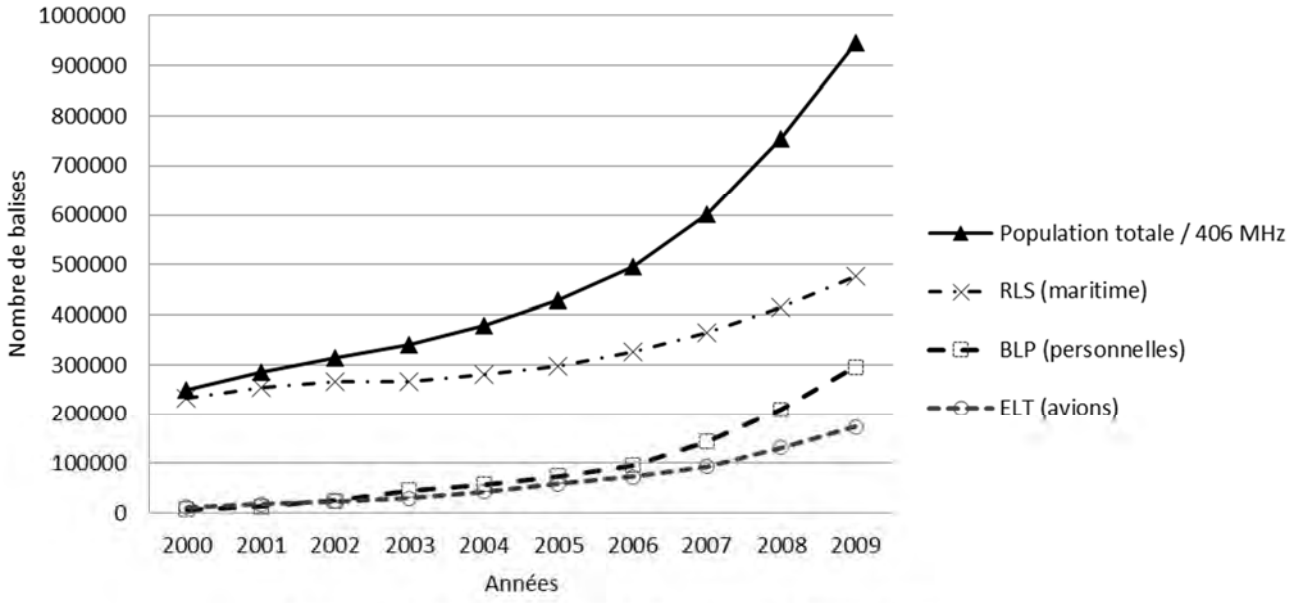
En prenant les prix moyens indiqués par l'Australie pour l'année 2000 (voir plus haut) et les statistiques du Secrétariat Cospas-Sarsat sur les populations de balises, on obtient un investissement total des utilisateurs de balises dans le monde avoisinant 377,8 millions USD.

21/ Les deux principales raisons pour lesquelles certaines administrations ne voulaient pas autoriser les BLP étaient les suivantes :

- Avant l'arrêt du traitement par satellite des alertes 121,5 MHz, la multiplication des BLP 121,5 MHz bon marché et le risque d'afflux de « fausses alertes » (en l'absence de détresse) non identifiées étaient considérés comme une véritable menace pour le dispositif SAR. Il apparaissait très difficile de n'autoriser que les BLP 406 MHz dans la pratique (voir le chapitre 5, section 5.5).
- Les administrations maritimes et aéronautiques chargées des services SAR ne voulaient pas prendre en charge les secours aux personnes à terre. Aucune réglementation, aucune organisation officielle ni aucune procédure opérationnelle n'avaient été établies pour s'occuper des alertes de « personnes » reçues via le Système Cospas-Sarsat.

	Année 2000			Année 2009		
	Population estimée de balises	Prix de vente moyen (USD)	Coûts d'investissement (MUSD)	Population estimée de balises	Prix de vente moyen (USD)	Coûts d'investissement (MUSD)
RLS	232 000	1 500	348,00	477 300	1 000	477,30
BLP	7 200	1 000	7,20	295 200	500	147,60
ELT	11 300	2 000	22,60	173 300	1 500	259,95
Total des coûts d'investissement (MUSD)			**377,80**			**884,85**

En prenant pour hypothèse un cycle de vie moyen de 10 ans pour une balise[22], l'investissement annuel moyen des utilisateurs pour l'achat de balises 406 MHz (37,8 millions USD) a été du même ordre que l'investissement annuel estimé dans les segments spatial et sol du système à satellites Cospas-Sarsat (33 millions USD) sur la période allant de 1990 à 1999. Entre 2000 et 2009, l'investissement annuel moyen dans des balises 406 MHz s'est élevé à environ 88 millions USD, soit près de 2,7 fois l'investissement annuel dans le système à satellites.



Croissance de la population de balises 406 MHz 2000 - 2009
(Source : Secrétariat Cospas-Sarsat)

22/ Le cycle de vie moyen de 10 ans pour les balises 406 MHz est utilisé par le Secrétariat Cospas-Sarsat pour calculer la population de balises, à partir des données de production annuelle fournies par les fabricants. Le rythme de remplacement pourrait être plus élevé pour certains types de balises exposées à des conditions environnementales difficiles. L'évaluation ne prend pas en compte le coût du remplacement des piles, généralement après cinq ans.

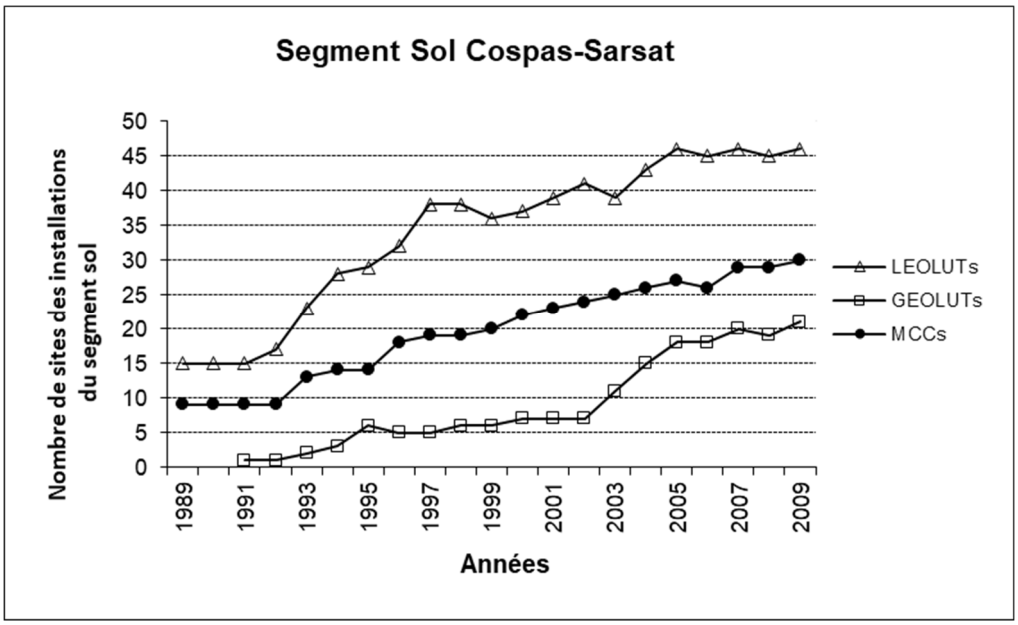
6.3 Les LUT et les MCC Cospas-Sarsat : un marché de niche

Certains chiffres ont été donnés à la section 6.1 pour les coûts typiques d'une LEOLUT, d'une GEOLUT et d'un MCC. Cependant, les coûts d'achat et d'installation réels pour ce type d'équipement pouvaient être très variables selon les exigences du client.

Le nombre d'équipements du segment sol nécessaires au fonctionnement du Système Cospas-Sarsat était assez faible, d'où un petit nombre de fabricants. À l'origine, chacun des partenaires Cospas-Sarsat (le Canada, les États-Unis, la France et l'URSS) a encouragé les fournisseurs nationaux. En 2009, deux fabricants seulement fournissaient la grande majorité des équipements du segment sol opérationnel Cospas-Sarsat (les LUT et les MCC).

Pour les fabricants de ces équipements, le prix de vente ne constituait que l'une des données de l'équation. En réalité, le marché mondial était trop petit pour assurer une activité stable de production de nouveaux équipements. Une part importante de l'activité des fabricants était liée aux modifications du Système, aux mises à jour logicielles, etc., rendues nécessaires par l'évolution rapide de l'environnement de fonctionnement. Les contrats d'entretien annuel des équipements représentaient aussi une source régulière et substantielle de revenus.

Les équipements du segment sol de Cospas-Sarsat sont un marché étroit de produits hautement sophistiqués, précisément adaptés aux besoins des clients. Le graphique ci-dessous montre la progression du nombre de LUT et de MCC entre 1989 et 2009[23].



23/ Source : documents « Données relatives au Système Cospas-Sarsat » publiés par le Secrétariat Cospas-Sarsat (de 1989 à 2009). Jusqu'en 1995, les GEOLUT étaient considérées comme des systèmes expérimentaux, ne faisant pas partie du Système opérationnel Cospas-Sarsat. Le tableau montre le nombre de sites de LEOLUT en service ; certains de ces sites avaient des équipements en double, de remplacement ou fonctionnant en parallèle, ce qui augmentait le nombre d'équipements fournis par les fabricants. C'était le cas de 11 sites en 2009. Un certain nombre de MCC étaient aussi conçus en double. Certains MCC secondaires étaient situés au même endroit que l'installation primaire, tandis que d'autres étaient des systèmes de remplacement complets installés ailleurs.

Chapitre 7

Au-delà de 2009 – l'avenir du Système Cospas-Sarsat

Le premier Arrangement Cospas-Sarsat a été signé à Léningrad en 1979. Trente ans plus tard, l'environnement international a radicalement changé, tant sur le plan politique que dans le domaine des technologies spatiales. Les mutations importantes enregistrées ont eu des répercussions sur les systèmes de communication mobile par satellite dans les années 90. À l'aube du vingt et unième siècle, les perspectives d'avenir de Cospas-Sarsat devaient être réexaminées en tenant compte de l'évolution du contexte international des services SAR et des communications mobiles par satellite.

Le Système Cospas-Sarsat a été conçu dans les années 70 pour répondre à un besoin urgent : la veille des émissions des ELT analogiques à 121,5 MHz, une technologie déjà vieille de 20 ans en 1979. Les concepteurs du Système ont aussi pris en compte l'arrivée d'une technologie plus récente, les transmissions de données numériques à 406 MHz, qui permettait une amélioration des performances, par exemple l'identification de l'utilisateur, une localisation Doppler de plus grande précision, une couverture mondiale, etc. Le système LEOSAR est devenu accessible partout dans le monde dans les années 80 et la technologie 406 MHz a fait un grand bond en avant dans les années 90 avec l'introduction du système GEOSAR 406 MHz assurant la transmission des alertes de détresse quasiment en temps réel.

L'unique concurrent du système 406 MHz, le service de RLS en bande L GEOSAR fourni par Inmarsat, a été arrêté le 1er décembre 2006[1] et le service 121,5 MHz LEOSAR par satellite Cospas-Sarsat a été arrêté le 1er février 2009 (voir le chapitre 5, section 5.4). Le système Cospas-Sarsat à 406 MHz est alors devenu la seule norme mondiale pour les alertes de détresse par satellite au moyen de « radiobalises de localisation de sinistres » selon la terminologie de l'UIT, sous leurs différentes déclinaisons (ELT aéronautiques, RLS maritimes et BLP portatives).

Néanmoins, en 2009, le système 406 MHz reposait sur une technologie vieille de 30 ans. Les systèmes de télécommunications mobiles, comprenant des systèmes de navigation par satellite et des systèmes de communication mobile par satellite, avaient progressé de façon spectaculaire. Le paysage de la coopération internationale dans le domaine spatial avait sensiblement évolué et des entrepreneurs indépendants proposaient de nouveaux services commerciaux, notamment des services de localisation et de communication mobile par satellite. Le GPS, le système mondial de navigation par satellite des États-Unis, rencontrait un immense succès qui modifiait totalement les règles du jeu pour la localisation et la navigation par satellite. Après un passage à vide dans les années 90, la Russie donnait un nouvel élan à son propre système Glonass. L'Europe et

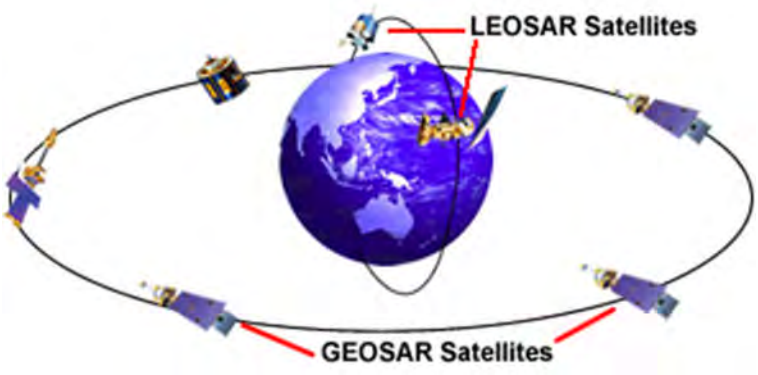


Image avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

1/ Voir le chapitre 2, section 2.4 – Les systèmes GEOSAR.

la Chine étaient engagées dans la même démarche, proposant de mettre en place des constellations GNSS indépendantes à couverture mondiale. Il n'était pas difficile d'imaginer qu'un système mondial de communications mobiles par satellite couplé à un système mondial de navigation par satellite pouvait assurer les services de transmission et de localisation des alertes de détresse.

Les États qui finançaient le Système international Cospas-Sarsat d'alertes de détresse pouvaient légitimement s'interroger sur son rôle et sa pertinence à long terme.

7.1 La révolution des systèmes de télécommunications mobiles dans les années 90

En 1990, les services de communications mobiles par satellite Inmarsat et les services d'alerte de détresse par satellite Cospas-Sarsat étaient les uns comme les autres bien établis au niveau mondial, utilisant des systèmes à satellites gérés et exploités par des organisations intergouvernementales. En parallèle, les services de téléphonie mobile se développaient rapidement dans de nombreuses régions du monde en desservant un marché plus vaste pour les communications mobiles personnelles, sans la contrainte d'une couverture mondiale. Cependant, au début des années 90, les réseaux cellulaires de téléphonie mobile souffraient de plusieurs défauts. La qualité du service n'était pas toujours très bonne, la couverture pouvait être parcellaire voire inexistante dans les zones peu peuplées, les coûts d'itinérance étaient élevés et le passage d'un réseau à l'autre était souvent impossible.

Ces considérations amenèrent des entrepreneurs privés du secteur des télécommunications à proposer de nouveaux systèmes de communications mobiles par satellites pour la voix, la transmission de données, la messagerie et la localisation. Les systèmes mobiles à satellites reposant sur des constellations LEO ou MEO devaient permettre de surmonter les limites des réseaux cellulaires terrestres et résoudre quelques problèmes techniques délicats posés par les systèmes mobiles à satellites GEO, par exemple la faiblesse du signal atteignant un satellite situé à 36 000 km de la Terre, qui nécessitait soit de pointer une antenne directionnelle, soit de prévoir une plus grande puissance d'émission au niveau du combiné mobile. En outre, la longueur du trajet aller-retour vers et depuis un satellite GEO introduit un léger retard dans la transmission, que certains clients jugeaient inconfortable pour les communications vocales.



Téléphone Iridium Motorola 9500
(avec l'antenne déployée)
Source : Wikimedia"Iridium phone2".
Licence CC BY-SA 3.0 via Commons -
https://commons.wikimedia.org/ wiki/

Il y avait peu de fréquences disponibles, en particulier en VHF ou dans la bande L déjà utilisée par Inmarsat. Sous la pression des États et des intérêts sectoriels, en 1992 la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (CAMR) ouvrit de nouvelles bandes de fréquences pour les systèmes mobiles à satellites. Les projets de nouveaux systèmes à satellites se mirent à éclore. Une douzaine au moins firent la une des journaux, se battant pour trouver du capital-risque et obtenir des licences des États. Les systèmes LEO et MEO n'avaient pas les mêmes inconvénients que les systèmes GEO mais présentaient d'autres difficultés spécifiques. Le nombre de satellites à mettre en orbite pour assurer une couverture mondiale était bien plus élevé, et par conséquent il fallait mobiliser des investissements colossaux pour les infrastructures spatiales avant que le service de télécommunication annoncé puisse être fourni au premier client payant.

Une poignée seulement de ces systèmes à satellites dépassèrent le stade de la planche à dessin, et un plus petit nombre encore n'avaient pas disparu à la fin des années 90 (voir tableau ci-après). À l'exception du système régional MSAT, tous les nouveaux systèmes qui étaient parvenus à lancer un service durent « se placer sous la protection du chapitre 11 » de la loi sur les faillites des États-Unis, victimes de l'évolution rapide du marché. Les réseaux mobiles terrestres s'étaient étendus très vite et la qualité du service s'était améliorée. De plus, la concurrence avait entraîné une baisse des tarifs, aussi bien pour les téléphones que pour les services de communication. En raison du niveau colossal des investissements nécessaires, les coûts des services mobiles par satellite étaient trop élevés et peu de clients avaient les moyens de payer des services satellite mondiaux.

Principaux projets de systèmes mobiles à satellites dans les années 90

	Constellations de satellites prévues	**Services**	**Date de lancement du projet**	**Date ouverture du service**	**Date placement chap. 11[2]**	**Situation actuelle (janvier 2016)**
MSAT	2 / 3 sat. GEO / 36 000 km / bande L	Voix, données, messagerie	1983	1995	-	En service, couverture régionale Amériques N/S
Orbcomm	36 puis 48 sat. LEO sur 6 plans orbitaux / 720 km / VHF + UHF	Données, messagerie	1990	1998	2000	En service - 18 satellites OG2. Machine à machine – AIS navires (2009)
Globalstar	48 sat. LEO sur 8 plans orbitaux / incl. 52⁰ / 1 408 km / bandes L et S	Voix, données, localisation, paging	1991	1998 (fonction-nement limité)	2002	En service, 24 sat. 2e génération / dispositif de messagerie SPOT
Iridium	66 sat. LEO + de réserve sur 6 plans orbitaux / incl. 86,4⁰ / 780 km / bande L	Voix, données, localisation, paging, télécopie	1991	1998	1999	En service depuis 2001, couverture mondiale (20 000 utilisateurs, en majorité administrations publiques États-Unis)
Odyssey (TRW)	12 sat. MEO sur 3 plans orbitaux / incl. 55⁰ / 10 000 km / bandes L et S	Voix, données, paging, messagerie	1991	-	Arrêté en 1998	Jamais ouvert
ICO Global Com. (Pendrell Corp.)	10 sat. MEO + 2 de réserve. sur 2 plans orbitaux / incl. 45⁰ / 10 000 km / bande L	Voix, données	1995	-	1999	MEO pas en service Nouveau système ICO G1 (GEO) lancé en 2008
Teledesic / 1	840 sat. LEO sur 21 plans orbitaux / incl. 98,2⁰ - 700 km / bande Ka	Voix sur IP, données	1994	-	-	Aucun satellite lancé
Teledesic / 2	288 sat. LEO sur 12 plans orbitaux / incl. 98,2⁰ - 1 400 km / bande Ka	Idem	1997	-	Arrêté en 2002	Jamais ouvert

En dehors d'Inmarsat, déjà en place, et de MSAT au Canada – deux systèmes utilisant des constellations de satellites géostationnaires – tous les nouveaux systèmes étaient basés sur des constellations LEO et MEO. En 2009, aucun système MEO n'avait survécu. Après restructuration, un « petit » système LEO, Orbcomm, fonctionnait toujours pour des services de messagerie « de machine à machine » et pour la fonction AIS[3], une nouvelle application maritime pour l'identification automatique des navires. D'autres systèmes LEO plus ambitieux (Iridium, Globalstar) réussirent à refaire surface après s'être placés sous le régime de protection du chapitre 11, moyennant des pertes considérables pour les investisseurs de départ.

2/ Le chapitre 11 de la loi des États-Unis sur les faillites permet à une entreprise qui dépose son bilan de se protéger de ses créanciers pendant son redressement. En général, cette procédure entraîne des pertes financières pour les investisseurs de départ.

3/ AIS : système d'identification automatique.

Globalstar proposa un service d'alerte et de localisation en complétant par le dispositif de messagerie SPOT son service commercial de suivi et de messagerie, au moyen d'un terminal portatif combiné à un récepteur GPS. Néanmoins, en 2009 la couverture de Globalstar n'était pas globale et le système ne pouvait pas concurrencer le service mondial Cospas-Sarsat. Étant le seul système de communication mobile par satellites LEO véritablement mondial, Iridium cherchait activement à être accepté par l'OMI pour les communications de sécurité du SMDSM.

Le Système LEO et GEO Cospas-Sarsat restait unique à plusieurs égards. Il fournissait une couverture vraiment mondiale pour le service de transmission et de localisation des alertes de détresse, gratuitement pour l'utilisateur en détresse. Le service de localisation Doppler LEO pouvait fonctionner indépendamment de tout dispositif de navigation externe, c'est-à-dire sans le besoin d'avoir un récepteur GNSS intégré dans la balise émettrice. Il était accepté partout dans le monde sur le plan réglementaire et validé par des organisations internationales telles que l'OACI et l'OMI. D'autre part, grâce à sa coopération étroite avec les autorités SAR du monde entier, Cospas-Sarsat avait mis en place un système unique de distribution des données d'alerte, planétaire, automatique et fiable, permettant un accès direct aux services SAR responsables.

Lorsqu'une vie humaine est confrontée à un « *danger grave et imminent* », tous les moyens d'alerte sont autorisés. Ce principe est communément admis dans la communauté SAR. C'est pourquoi les systèmes commerciaux de communication mobile par satellite pourraient à l'avenir être considérés comme une alternative viable au Système Cospas-Sarsat dans les domaines aéronautique et maritime réglementés où, actuellement, les balises 406 MHz sont des équipements de sécurité obligatoires. En 2009, les applications commerciales existantes comme le SPOT de Globalstar concurrençaient déjà les balises de localisation personnelles (BLP) Cospas-Sarsat. Les systèmes de communication commerciaux pouvaient fournir à leurs clients des services supplémentaires de messagerie et de suivi qui n'étaient pas autorisés avec les BLP Cospas-Sarsat car, en vertu de la réglementation de l'UIT, la bande de fréquences 406 MHz était strictement réservée aux radiocommunications de détresse. Les applications de messagerie et de suivi disponibles auprès de fournisseurs de services satellitaires commerciaux limitaient en fait la croissance de la population de BLP 406 MHz. Elles montraient également qu'une politique trop restrictive concernant les BLP, comme il a été expliqué au chapitre 5, aurait été vaine.

Pour les partenaires Cospas-Sarsat, il était clair que leur Système devait continuer à évoluer pour rester au plus près des besoins de ses utilisateurs.



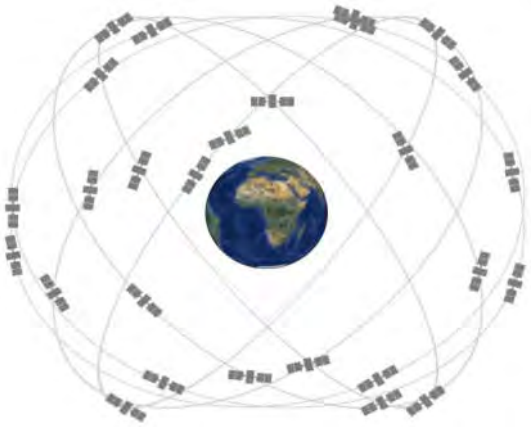
Antenne GEOSAR
(Photo avec l'aimable autorisation du CNES)



Hélicoptère HH 60 de la Garde côtière des États-Unis
(Photo avec l'aimable autorisation de la Garde côtière américaine)



Antennes MEOSAR
(Photo avec l'aimable autorisation du CNES)



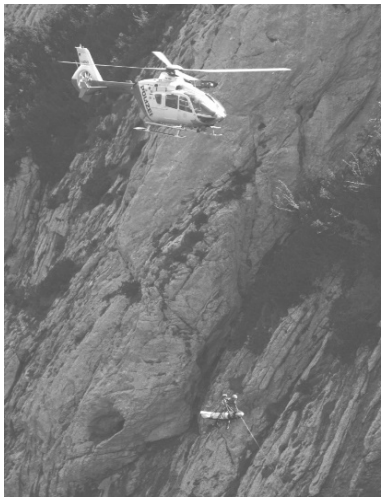
Constellation des satellites GPS (Photo : GPS.gov)

7.2 MEOSAR et l'avenir de Cospas-Sarsat

En 1997, une étude canadienne sur le système SAR[4] explora des méthodes possibles pour améliorer les services SAR par satellite. Présentée à la réunion ouverte du Conseil Cospas-Sarsat en 1999 (CSC-23), l'étude montra que des charges utiles SAR à bord de satellites de navigation en orbite de moyenne altitude (MEO) à environ 20 000 km d'altitude, comme ceux du GPS, pouvaient apporter des avantages importants par rapport aux satellites LEO. En plus de fournir une capacité de localisation indépendante, potentiellement plus performante que la technique de localisation Doppler LEO, un système MEOSAR basé sur une constellation de satellites de navigation pourrait garantir la continuité de la couverture mondiale, et donc la perspective d'une capacité indépendante de transmission et de localisation des alertes de détresse quasiment en temps réel.

Conscients que cette couverture continue était souhaitable mais irréalisable avec le petit nombre de plateformes susceptibles d'héberger la charge utile SAR en orbite basse, les partenaires du Canada au sein de Cospas-Sarsat, c'est-à-dire la France, les États-Unis et la Russie, décidèrent d'explorer plus avant le concept MEOSAR.

En marge de la 25e session du Conseil (CSC-25) qui avait lieu à Laval, au Québec (Canada), en 2000, une réunion fut organisée entre les quatre Parties Cospas-Sarsat et des représentants de la Commission européenne (CE), au cours de laquelle les États-Unis et la CE présentèrent chacun leur projet visant à intégrer des répéteurs 406 MHz sur les futurs satellites MEO de leurs constellations GNSS respectives : GPS et Galileo. Tous deux annoncèrent leur intention d'adapter leurs systèmes pour les rendre compatibles avec les balises de détresse Cospas-Sarsat à 406 MHz, tout en ouvrant des perspectives de nouveaux développements.



Sauvetage en montagne
(Photo avec l'aimable autorisation du CNES)

Un groupe d'experts MEOSAR présidé par M. Claude Gal, du CNES (France) se réunit du 10 au 12 juillet 2001 au Canada et de nouveau du 15 au 17 octobre 2001 à Londres (Royaume-Uni). Le rapport du groupe d'experts fut présenté

4 / Renner, R.C., (1997), « Follow-on SAR System (FOSS) Final Report », document CAL-RP-0890-10016, CAL Corporation, présenté au MDN/SNRS, mars 1997, Ottawa (Canada).

au Conseil à sa 27e session (CSC-27) en octobre 2001. Les représentants de la CE et de l'Agence spatiale européenne (ESA) chargée du projet de GNSS Galileo avaient été invités à assister à la présentation du rapport du groupe d'experts au Conseil et aux discussions sur les mesures à prendre, amorçant un processus de coordination qui allait être officialisé en décembre 2006 par la signature conjointe d'une « *Déclaration d'intention*[5] *concernant la coopération pour le développement et l'évaluation du système de satellites pour les recherches et le sauvetage en orbite moyenne (MEOSAR) entre les organismes coopérateurs du Programme international Cospas-Sarsat et l'entreprise commune Galileo*[6] ».

À la réunion CSC-27, la délégation russe annonça également l'intention de la Russie d'étudier la possibilité d'installer des répéteurs 406 MHz sur les satellites Glonass K destinés à assurer le renouveau de leur GNSS.

À partir de ce moment, la NASA aux États-Unis, le MDC au Canada, le CNES en France et Morsviazsputnik en Russie, de concert avec la CE et l'ESA[7], cherchèrent activement à promouvoir le concept MEOSAR à 406 MHz comme étant l'avenir du Système Cospas-Sarsat sur le long terme.

Dans le concept MEOSAR, les émissions des balises à 406 MHz ne sont pas traitées à bord des satellites mais seulement relayées par des répéteurs vers les stations terriennes de réception et de traitement (les MEOLUT). La technique de localisation indépendante est également différente de la technique Doppler utilisée avec les satellites LEO. Comme dans les systèmes de GNSS (GPS, Glonass ou Galileo), elle repose sur des mesures des temps de propagation sur quatre trajets de transmission différents entre la balise et la MEOLUT réceptrice (c'est-à-dire le même message de balise relayé par quatre satellites différents[8]).

Les études préliminaires montrèrent qu'en plus de fournir une couverture mondiale continue, un système MEOSAR convenablement conçu permettrait :

- d'assurer une compatibilité totale avec les balises Cospas-Sarsat 406 MHz existantes et d'avoir la possibilité d'améliorer les performances des balises existantes ;
- de proposer des balises 406 MHz de deuxième génération avec de nouvelles caractéristiques de signaux ;
- d'augmenter la capacité de transmission de données dans le message numérique des balises 406 MHz de deuxième génération ;

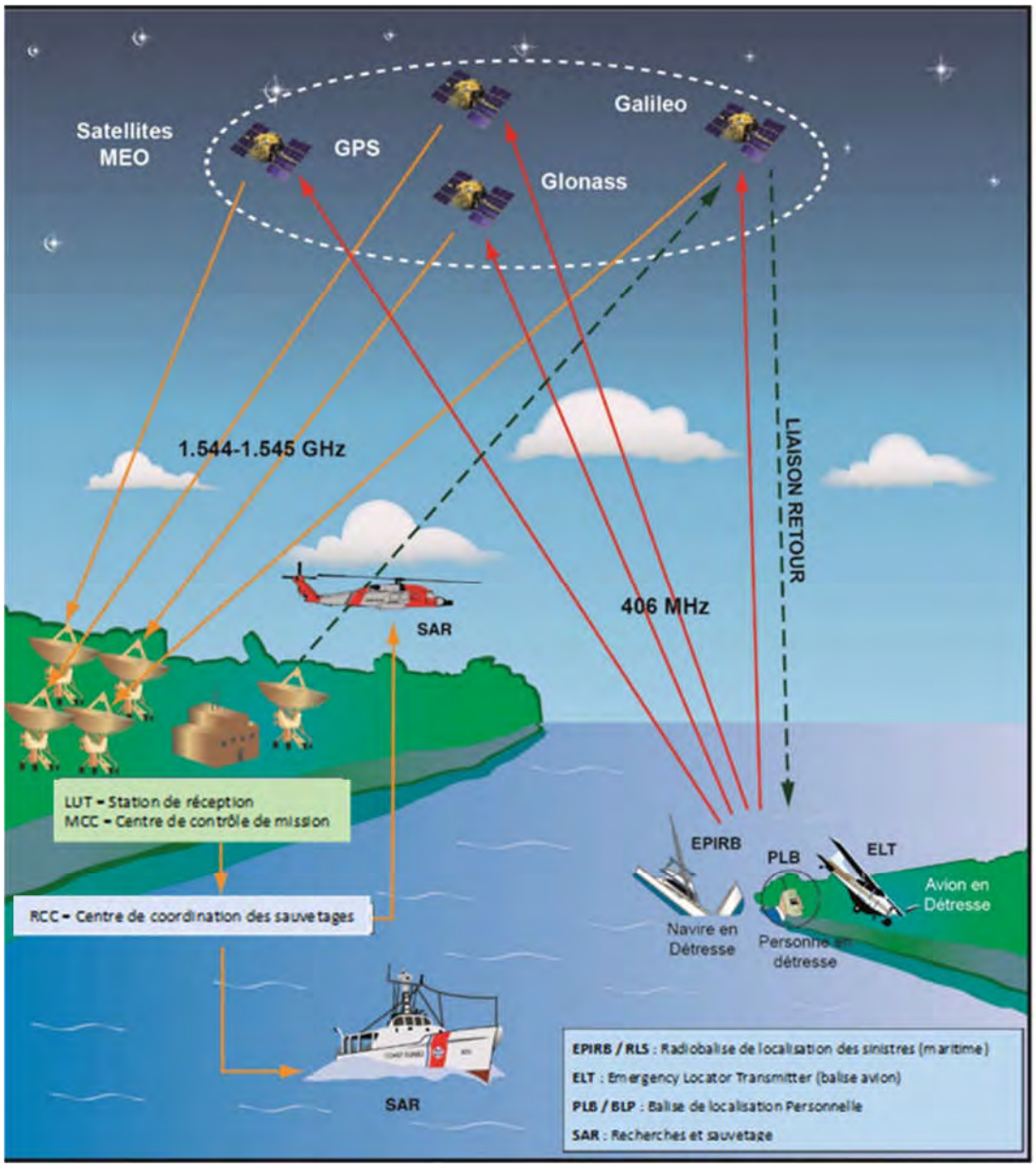
5/ La Déclaration d'intention concernant la coopération pour le développement et l'évaluation du système de satellites pour les recherches et le sauvetage en orbite moyenne (MEOSAR) (…) est disponible auprès du Secrétariat Cospas-Sarsat sous la référence C/S P.014.

6/ L'entreprise commune Galileo a été créée par le Conseil de l'Union européenne par le Règlement (CE) n°876/2002 du Conseil du 21 mai 2002, pour la mise en œuvre de la phase de développement du programme Galileo. Elle a été remplacée en janvier 2007 par l'Agence du GNSS européen, appelée aussi GSA.

7/ Le projet DASS d'alerte de détresse par satellite MEO était piloté à la NASA par Dave Affens. Dans les premières discussions Cospas-Sarsat, le système DASS était aussi appelé GPRS (*Global Personnel Recovery System*). Daniel Ludwig à la CE et Igor Stojkovic, responsable du projet Galileo à l'ESA, menèrent les travaux sur la mission SAR-Galileo. Richard Renner de CAL à Ottawa (Canada) contribua activement par une étude de faisabilité financée par l'ESA. Jim King au CRC travailla également sur les études préliminaires et défendit activement le concept au Canada. Vladislav Rogalski du RISDE en Russie coordonna le développement du système MEOSAR interopérable Glonass K.

8/ Cette technique de localisation de base (TDoA : différence des temps d'arrivée) peut être améliorée par des mesures supplémentaires des décalages de fréquence sur les mêmes émissions, ou par les mesures d'autres MEOLUT, ou par les données de précédentes émissions de la même balise.

- de mettre éventuellement en place une liaison retour, comme proposé par l'ESA pour le système SAR sur Galileo, qui permettrait d'envoyer à la balise émettrice une confirmation de la réception de l'alerte, mais aussi de mettre en œuvre d'autres fonctions SAR.



Pour que le système MEOSAR puisse fournir les résultats voulus, la balise doit à tout moment être en visibilité d'au moins quatre satellites simultanément. Chacune des constellations MEO proposées (GPS, Galileo et Glonass), une fois le nombre prévu de satellites en service, assurerait la couverture simultanée requise avec un minimum de quatre satellites de manière quasi-ininterrompue. Malheureusement, plus le temps passait, plus chacune de ces constellations en projet voyait s'éloigner la date à laquelle elle formerait un segment spatial convenable, comprenant un nombre suffisant de satellites équipés du répéteur 406 MHz idoine. C'est pourquoi il apparut clairement souhaitable d'assurer une interopérabilité entre les trois constellations pour permettre aux balises et aux MEOLUT de fonctionner avec n'importe quel satellite disponible des trois constellations MEO ayant à son bord le répéteur 406 MHz approprié. L'interopérabilité des trois constellations permettrait de disposer plus rapidement du nombre de satellites MEOSAR opérationnels requis.

Les études préliminaires montrèrent aussi que, s'il était possible d'assurer une compatibilité entre les systèmes MEOSAR proposés et le Système Cospas-Sarsat existant pour garantir l'absence d'interférences entre les systèmes satellitaires, l'interopérabilité totale restait un défi. Les avantages potentiels devant être apportés par des systèmes MEOSAR entièrement interopérables nécessitaient des analyses approfondies, des études de faisabilité et une coordination détaillée afin de définir des spécifications et des paramètres d'interopérabilité précis.

En 2009, l'élaboration de constellations MEOSAR 406 MHz interopérables était bien avancée. La première édition d'un Plan Cospas-Sarsat de mise en œuvre du MEOSAR 406 MHz [9] avait été adoptée par le Conseil Cospas-Sarsat en 2004. La décision du Conseil reconnaissait clairement que le « Système MEOSAR 406 MHz Cospas-Sarsat » allait remplacer à terme le système LEO Cospas-Sarsat. Un plan de fréquences coordonné pour la liaison descendante MEOSAR en bande L fut convenu entre les fournisseurs du segment spatial MEOSAR, assurant la compatibilité avec les segments spatiaux LEO et GEO existants et permettant aux futures MEOLUT de fonctionner avec les trois constellations MEOSAR. Des répéteurs 406 MHz expérimentaux étaient disponibles sur huit satellites Block IIR du GPS. Sans être totalement représentatifs des charges utiles opérationnelles 406 MHz puisqu'ils ne présentaient pas la liaison descendante en bande L prévue sur les futurs satellites opérationnels, ces satellites GPS permirent de tester le système MEOSAR au cours d'une phase de validation du concept en orbite.



Photo avec l'aimable autorisation du CNES

9/ Document C/S R.012.

7.3 Conclusion provisoire de l'étude historique Cospas-Sarsat

À l'heure d'écrire une conclusion à cette étude historique, le Programme international Cospas-Sarsat est bien vivant et a entrepris de concevoir et mettre en place le système MEOSAR 406 MHz Cospas-Sarsat.

La compatibilité entre les trois constellations MEO est assurée. Les paramètres d'interopérabilité et les objectifs de performance pour le futur Système opérationnel ont été définis et acceptés. Il reste encore à finaliser la configuration exacte du segment sol de manière à garantir un fonctionnement optimal et la continuité du service partout dans le monde. De même, les discussions se poursuivent sur les spécifications des balises 406 MHz de deuxième génération, ainsi que sur l'utilisation opérationnelle effective du nouveau concept de liaison retour, qui nécessitera des opérations minutieuses de démonstration et d'évaluation avec la participation des autorités SAR.

L'année 2009 a été choisie comme date limite pour l'étude historique Cospas-Sarsat car elle a représenté un jalon important dans l'évolution du Programme : l'arrêt du système LEO 121,5 MHz. Le but était aussi de ne pas interférer avec le travail entamé par les partenaires Cospas-Sarsat. Pour la même raison, il serait déplacé de tirer des conclusions définitives et de formuler des prédictions sur l'avenir du Programme Cospas-Sarsat.

Néanmoins, en 2009, bien que les performances du système MEOSAR ne soient pas encore totalement caractérisées, il est admis que l'avenir de Cospas-Sarsat reposera, au moins dans un premier temps, sur une combinaison de satellites GEO et MEO. Une combinaison de ce type pourra normalement fournir tous les services requis pour les balises de détresse 406 MHz actuelles et futures, notamment la veille permanente, la transmission mondiale des alertes, la localisation indépendante et coopérative/dépendante du site de détresse, et éventuellement une liaison retour vers les balises de détresse actives.

Depuis sa mise en service en 1982 jusqu'à la fin de 2014, le système Cospas-Sarsat de satellites pour les recherches et le sauvetage a permis aux services SAR de secourir près de 40 000 personnes[10]. Les futures capacités opérationnelles du Système Cospas-Sarsat devraient lui assurer de rester, à l'horizon d'un avenir prévisible, la pierre angulaire du dispositif de transmission et de localisation automatiques des alertes à terre et en mer, apportant une assistance aux autorités SAR du monde entier, gratuitement et sans discrimination, pour le sauvetage de toute personne en détresse.

Le regard historique porté sur l'aventure Cospas-Sarsat met en évidence son caractère unique. Conçu dans les années 1970 et construit dans le cadre d'une coopération intergouvernementale Est-Ouest en pleine Guerre froide, le système à satellites expérimental est devenu un système opérationnel mondial géré de façon coopérative par un ensemble de 42 pays et organisations. Il n'aurait pas pu voir le jour sans l'esprit visionnaire d'un petit groupe de pionniers de l'espace et sans leur conviction que la coopération internationale était la réponse au défi que représentaient la transmission et la localisation des alertes de détresse à terre et en mer. Ces pionniers ont entraîné dans leur sillage un grand nombre de professionnels de l'industrie et d'organismes publics dont l'engagement pendant plus de trente ans a permis de transformer l'expérience en un système satellitaire opérationnel mondial au service de la communauté SAR internationale. La poursuite de l'aventure Cospas-Sarsat jusqu'à ce jour, et les nouveaux développements prometteurs qui se dessinent, attestent de leur réussite.

10 / Entre septembre 1982 et décembre 2014, le Système Cospas-Sarsat a aidé au sauvetage d'au moins 39 565 personnes lors de 11 070 événements SAR (source : Données relatives au Système Cospas-Sarsat n° 41 – décembre 2015).

--<>--

ANNEXE 1

Sigles et acronymes

ACC	(*Air-traffic Control Centre*) centre de contrôle de la circulation aérienne
AEROSAT	projet de satellites de télécommunications aéronautiques
AMSAT	organisation mondiale de satellites pour les radio amateurs
ARCC	(*Aeronautical RCC*) centre de coordination de sauvetage aéronautique
Argos	système de collecte de données environnementales et de localisation Doppler du CNES exploité en coopération avec la NOAA
ASN	appel sélectif numérique – norme de l'OMI pour la transmission de messages numériques prédéfinis dans les bandes de fréquences MF, HF et VHF
BLP	balise de localisation personnelle (voir aussi PLB)
CAMR	Conférence administrative mondiale des radiocommunications (rebaptisée en 1992 CMR : Conférence mondiale des radiocommunications)
CCIR	Comité consultatif international des radiocommunications – fait maintenant partie du secteur UIT-R
CDCS	Comité directeur Cospas-Sarsat (1985-1988)
CGMS	(*Coordinating Group for Meteorological Satellites*) Groupe de coordination des satellites météorologiques
CNES	Centre national d'études spatiales (agence spatiale française)
COPUOS	Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique des Nations Unies
COSPAR	Comité de la recherche spatiale du Conseil international pour la science
COSPAS	acronyme russe (Коспас) de « Космическая система поиска аварийных судов » qui signifie « Système spatial de recherche de navires en détresse »
CPI	(*Crash Position Indicator*) indicateur de position d'écrasement (système canadien à déploiement automatique pour l'aviation)
CRC	Centre de recherches sur les communications (Canada)
CSC	(*Cospas-Sarsat Council*) Conseil Cospas-Sarsat (à partir d'octobre 1988)
CSCG	(*Cospas-Sarsat Coordinating Group*) Groupe de coordination Cospas-Sarsat (1979-1984)
CSIP	(*Cospas-Sarsat Implementation Plan*) Plan de mise en œuvre Cospas-Sarsat
CSSC	(*Cospas-Sarsat Steering Committee*) voir CDCS
DDP	(*Data Distribution Plan*) Plan de distribution des données Cospas-Sarsat
DFVLR	Institut allemand de recherche et développement pour le transport aérien et spatial
DGAC	Direction générale de l'aviation civile (administration de l'aviation civile française)
DOC	(*Department of Communications*) ministère canadien des Communications -voir MDC
D&E	phase de démonstration et d'évaluation Cospas-Sarsat
ELT	(*Emergency Locator Transmitter*) émetteur de localisation d'urgence (balise de détresse utilisée dans l'aviation)
éphémérides	ensemble de paramètres définissant la position d'un satellite sur son orbite
EPIRB	(*Emergency Position-Indicating Radio Beacon*) sigle anglais souvent utilisé pour une RLS
EPS	(*European Polar System*) Système polaire d'EUMETSAT (voir METOP)
ESA	(*European Space Agency*) Agence spatiale européenne

EUMETSAT	Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques
EWG	(*Exercise Working Group*) Groupe de travail Exercice du Comité conjoint Cospas-Sarsat
FAA	(*Federal Aviation Administration*) Administration fédérale de l'aviation (États-Unis)
FCC	(*Federal Communications Commission*) Commission fédérale des communications (États-Unis)
FSMDSM	Futur système mondial de sécurité et de détresse en mer (rebaptisé SMDSM en 1999)
FIR	(*Flight Information Region*) région d'information de vol
Galileo	GNSS européen
GEO	(Geostationary Earth Orbit) orbite terrestre géostationnaire
GEOLUT	station terrienne du système GEOSAR
GEOSAR	système de satellites géostationnaires pour les recherches et le sauvetage
GHz	gigahertz (10^9 hertz)
Glonass	Système global de navigation par satellite (GNSS russe)
GNSS	(*Global Navigation Satellite System*) système global de navigation par satellite
GOES	(*Geostationary Operational Environmental Satellite*) satellite géostationnaire opérationnel d'étude de l'environnement – NOAA (États-Unis)
GPS	(*Global Positioning System*) Système global de localisation (GNSS des États-Unis)
GSFC	(*Goddard Space Flight Center*) Centre spatial Goddard – NASA (États-Unis)
HF	bande des hautes fréquences (de 3 à 30 MHz)
Hz	hertz (unité de fréquence)
IATA	(*International Air Transport Association*) Association internationale du transport aérien
IBRD	(*International Beacon Registration Database*) base de données internationale d'enregistrement des balises Cospas-Sarsat
ICSAR	(*Inter-agency Committee on SAR*) Comité inter-agence pour les recherches et le sauvetage (États-Unis)
ICSPA	(*International Cospas-Sarsat Programme Agreement*) Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat
IFRB	(*International Frequency Registration Board*) Bureau internationl d'enregistrement des fréquences – fait maintenant partie du secteur UIT-R
IJPS	(*Initial Joint Polar System*) Système polaire conjoint initial (système coordonné de satellites météorologiques en orbite polaire de la NOAA et d'EUMETSAT)
IMSO	(*International Mobile Satellite Org.*) Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites (à partir du 15/04/1999 et de la privatisation d'INMARSAT)
INMARSAT	Organisation internationale de télécommunications maritimes par satellites (de 1979 à 1994) Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites (de 1994 à 1999, jusqu'à la privatisation d'INMARSAT en 1999, devient Inmarsat Ltd. à partir du 15/04/1999)
INSAT	série de satellites géostationnaires indiens de télécommunications
ISRO	(*Indian Space Research Organisation*) Organisation de la recherche spatiale indienne (agence spatiale indienne)
ITDC	*(International Telecommunications Development Company)* Société de développement des télécommunications internationales (Taipei chinois)
JC	(*Joint Committee*) Comité conjoint Cospas-Sarsat (à partir de 1989)
JRCC	(*Joint Research Coordination Centre*) centre conjoint de coordination de sauvetage (aéronautique et maritime)

JWG	(*Joint Working Group*) Groupe de travail conjoint du CSSC (avant 1989)
K (bande K)	bande de fréquences : de 18 à 26,5 GHz
Ka (bande Ka)	bande de fréquences : de 26,5 à 40 GHz
kHz	kilohertz (10^3 hertz)
L (bande L)	bande de fréquences : de 1 à 2 GHz
LEO	(*Low-altitude Earth Orbit*) orbite terrestre basse
LEOLUT	station terrienne du système LEOSAR
LEOSAR	système de satellites à basse altitude pour les recherches et le sauvetage
LUT	(*Local User Terminal*) terminal d'utilisateur local (station terrienne de réception dans le système Cospas-Sarsat)
MCC	(*Mission Control Centre*) centre de contrôle de mission Cospas-Sarsat
MDC	ministère des Communications du Canada
MDN	ministère de la Défense nationale du Canada
MEO	(*Medium-altitude Earth Orbit*) orbite terrestre moyenne
MEOLUT	station terrienne du système MEOSAR
MEOSAR	système à satellites de moyenne altitude pour les recherches et le sauvetage
METOP	série de satellites météorologiques LEO du système polaire d'EUMETSAT (voir EPS)
MF	bande des moyennes fréquences (de 300 à 3 000 kHz)
MHz	mégahertz (10^6 hertz)
MORFLOT	ministère soviétique de la marine marchande
Morsviazsputnik	entreprise rattachée à MORFLOT chargée des télécommunications mobiles maritimes par satellite (URSS/Russie)
MRCC	(*Maritime RCC*) centre de coordination de sauvetage maritime
MSC	(*Maritime Safety Committee*) Comité de la sécurité maritime de l'OMI
MSG	Météosat seconde génération (série de satellites de deuxième génération du système géostationnaire d'EUMETSAT)
NASA	(*National Aeronautics and Space Administration*) Administration nationale de l'aéronautique et l'espace (États-Unis)
NDB	(*Non-Directional Beacon*) Radio-balise non directionnelle (aide MF à la navigation aérienne)
NESDIS	Service national d'information, de données et de satellites environnementaux de la NOAA
NOAA	(*National Oceanic and Atmospheric Administration*) Administration nationale pour les océans et l'atmosphère (États-Unis)
NTSB	(*National Transportation Safety Board*) Conseil national pour la sécurité des transports (États-Unis)
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OMI	Organisation maritime internationale
OMCI	Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (rebaptisée OMI en 1982)
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONU	Organisation des Nations Unies
OWG	(*Operations Working Group*) Groupe de travail Opérations du Comité conjoint Cospas-Sarsat
PIRE	Puissance isotrope rayonnée équivalente (EIRP)
PLB	(*Personal Locator Beacon*) sigle anglais souvent utilisé pour une Balise de Localisation Personnelle (BLP)

RCC	(*Rescue Coordination Centre*) centre de coordination de sauvetage (coordonne les opérations SAR dans une SRR)
RISDE	Institut de recherche scientifique sur les constructions spatiales de l'URSS
RLS	radiobalise de localisation des sinistres (balise de détresse maritime / à l'UIT : tout type de balise de détresse) (voir aussi EPIRB)
RR	Règlement des radiocommunications de l'UIT
RSFTA	réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques
RSM	renseignement sur la sécurité maritime
S (bande S)	bande de fréquences : de 2 à 4 GHz
SAR	(*Search And Rescue*) recherche(s) et sauvetage
SARSAT	(*Search and Rescue Satellite-Aided Tracking*) satellites pour les recherches et le sauvetage
SARP (Cospas-Sarsat)	(*SAR Processor*) processeur de recherche et de sauvetage (récepteur-processeur à mémoire 406 MHz embarqué sur les satellites Cospas-Sarsat)
SARP (OACI)	(*Standards And Recommended Practices*) normes et pratiques recommandées
SARR	(*SAR Repeater*) répéteur de recherche et de sauvetage (répéteur 121,5 MHz sur les satellites Cospas ; répéteur 121,5 MHz, 243 MHz et 406 MHz sur les satellites Sarsat)
SART	(*SAR Transponder*) répondeur radar de recherche et de sauvetage (dispositif de radioralliement pour les RLS)
SERES	système à satellites polaires MEO en bande L imaginé par le société MBB/ERNO pour le DFVLR
SMDSM	Système mondial de détresse et de sécurité en mer
SNRS	Secrétariat national Recherche et et sauvetage (Canada)
SOLAS	(Safety Of Life At Sea) Convention pour la sauvegarde de la vie humaine en mer
SPOC	(*SAR Point Of Contact*) point de contact SAR
SRR	(*Search and Rescue Region*) zone de responsabilité SAR
SSG	(*Sarsat Steering Group*) Groupe de pilotage Sarsat (1979-1984)
TIC	technologies de l'information et de la communication
TSO	(*Technical Standard Order*) spécification technique de la FAA (États-Unis)
TWG	(*Technical Working Group*) Groupe de travail technique du Comité conjoint Cospas-Sarsat
UHF	(*Ultra High Frequencies*) bande des ultra-hautes fréquences (de 300 à 3 000 MHz)
UIT	Union internationale des télécommunications
UIT-R	Secteur des radiocommunications de l'UIT
UNCLOS	(UN Convention on the Law Of the Sea) Convention des Nations Unies sur le droit de la mer
URSS	Union des Républiques socialistes soviétiques
UTC	temps universel coordonné
VFR	(*Visual Flight Rules*) règles du vol à vue (aviation – pilotage d'un avion)
VHF	(*Very High Frequencies*) bande des très hautes fréquences (de 30 à 300 MHz)

ANNEXE 2

La coopération internationale en matière de recherche et sauvetage (SAR)

Le terme « recherche(s) et sauvetage », abrégé par le sigle anglais SAR (Search And Rescue), désigne l'ensemble des opérations menées pour rechercher et porter secours à des personnes en détresse ou confrontées à un danger imminent. Cette définition s'applique à toutes sortes de situations : un navire en perdition, un avion en détresse sur terre ou en mer, ou encore des personnes en difficulté dans une zone reculée ou inhospitalière. Les opérations dites de « recherche et sauvetage au combat » sont des interventions militaires particulières qui ne sont généralement pas traitées dans les textes sur la coopération internationale. Il n'en sera pas question dans la suite de cette annexe.

1. Le dispositif SAR maritime

Au petit matin du 15 avril 1912, le paquebot de croisière britannique Titanic fait naufrage après avoir heurté un iceberg, la veille, à 650 km des côtes de Terre-Neuve dans l'Atlantique Nord. Il est équipé d'un émetteur radio puissant mais, aucun des navires ayant effectivement capté les signaux de détresse n'est assez proche pour rejoindre le Titanic avant qu'il ne sombre. Le nombre de canots de sauvetage à bord est insuffisant pour embarquer les 2 200 passagers et membres de l'équipage, dont plus de 1 500 périssent en mer avant l'arrivée du Carpathia qui récupère les survivants. Un autre navire faisant route à proximité, le Californian, a vu des fusées mais n'a pas réagi.

1.1 La Convention pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS)

Deux enquêtes sur la catastrophe du Titanic diligentées respectivement aux États-Unis et au Royaume-Uni aboutissent à des recommandations, notamment sur la nécessité de modifier profondément la réglementation maritime afin d'établir de nouvelles mesures de sécurité. Le naufrage du Titanic conduit la communauté internationale à créer la Patrouille internationale des glaces, chargée de surveiller la présence d'icebergs en Atlantique Nord, et la réglementation sur la sécurité maritime est harmonisée à l'échelon international par le biais d'une nouvelle « Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer » (Convention SOLAS) adoptée le 20 janvier 1914. La Première Guerre mondiale empêche l'entrée en vigueur de la Convention en 1915 : seuls cinq États l'ont ratifiée à l'époque. Néanmoins, le travail accompli pour rédiger la Convention SOLAS amène les grands États maritimes à adopter de nouvelles réglementations sur la sécurité.



Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

Aujourd'hui, la Patrouille internationale des glaces est toujours pleinement en activité. La Convention SOLAS est entrée en vigueur et a été modifiée plusieurs fois pour tenir compte des nouvelles pratiques et du progrès technique. En 1988, l'Organisation maritime internationale a adopté des amendements à la Convention SOLAS qui, entre autres, ont remplacé le code morse par les obligations d'emport du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM). En 1993, les radiobalises de localisation des

sinistres (RLS) par satellite sont devenues obligatoires sur tous les navires soumis à la Convention SOLAS.

La présence obligatoire de matériel de sécurité à bord des navires ne constitue qu'un aspect du dispositif SAR. D'autres accords internationaux sont en effet nécessaires pour mettre en place des services SAR opérationnels en mer. Les États doivent s'entendre pour construire les installations à terre et coordonner l'utilisation des équipements, notamment prévoir les moyens et les ressources permettant de recevoir les alertes de détresse et définir les règles du traitement de ces alertes. Des accords doivent également être conclus à l'échelon mondial ou local afin de définir les principes à suivre pour planifier et coordonner les réponses aux alertes de détresse, ainsi que les responsabilités de chacun lors des opérations SAR dans les eaux internationales.

1.2 L'UNCLOS [1] et le principe de l'assistance mutuelle en mer

Le principe de la liberté des eaux internationales au-delà de trois milles marins des côtes est posé au XVII^{e} siècle. Cette distance correspond à une donnée très factuelle, à savoir la portée d'un boulet de canon : il est ainsi admis que les États ont compétence exclusive sur les eaux pouvant être atteintes par un boulet de canon tiré depuis le rivage. Au XX^{e} siècle, des États soucieux de préserver leurs droits sur les ressources naturelles en mer (minéraux, stocks de poissons, lutte contre la pollution, etc.) remettent en cause la règle des trois milles. En 1945, le Président des États-Unis Harry Truman déclare que les États-Unis contrôleront désormais tout le plateau continental afin de protéger les ressources naturelles. Les autres pays suivent l'exemple et étendent leurs eaux territoriales jusqu'à 12 milles marins ou instituent une zone économique exclusive de 200 milles marins (370 km). Des conférences sur le droit de la mer sont organisées par les Nations Unies entre 1973 et 1982 en vue d'harmoniser les fondements juridiques des réglementations nationales. Ce travail diplomatique aboutit à l'adoption de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS) qui entre en vigueur en 1994, après avoir été ratifiée par 60 États.

L'obligation de prêter assistance aux navires en détresse est énoncée pour la première fois à l'article 11 de la Convention internationale pour l'unification de certaines règles en matière d'assistance et de sauvetage maritimes,[2] et reprise à l'article 98 de l'UNCLOS qui stipule que :

> « *Tout État exige du capitaine d'un navire battant son pavillon que, pour autant que cela lui est possible sans faire courir de risques graves au navire, à l'équipage ou aux passagers :*
>
> - *il prête assistance à quiconque est trouvé en péril en mer ;*
> - *il se porte aussi vite que possible au secours des personnes en détresse s'il est informé qu'elles ont besoin d'assistance, dans la mesure où l'on peut raisonnablement s'attendre qu'il agisse de la sorte ;*
> - *en cas d'abordage, il prête assistance à l'autre navire, à son équipage et à ses passagers, et, dans la mesure du possible, indique à l'autre navire le nom et le port d'enregistrement de son propre navire et le port le plus proche qu'il touchera. »*

1/ UNCLOS : Convention des Nations Unies sur le droit de la mer.

2/ Adoptée à Bruxelles le 23 septembre 1910.

1.3 La Convention internationale sur la recherche et le sauvetage maritimes

L'UNCLOS ne contient pas de dispositions particulières sur l'organisation détaillée des services SAR. Celle-ci est l'objet de la Convention internationale de 1979 sur la recherche et le sauvetage maritimes (Convention SAR) adoptée à Hambourg (Allemagne) le 27 avril 1979. L'annexe à la Convention SAR de 1979 définit les termes clés applicables aux accords relatifs aux opérations SAR maritimes, notamment les phases d'urgence, les services de recherche et de sauvetage, les régions de recherche et de sauvetage (SRR : *Search and Rescue Regions*, appelées aussi « zones de responsabilité SAR »), les centres de coordination de sauvetage (RCC : *Rescue Coordination Centre*), etc. Elle énonce aussi les obligations relatives à la fourniture et à la coordination des services SAR par les signataires, les principes de coopération entre États, les procédures de mise en œuvre et la coordination des activités sur site.

Une SRR est une zone maritime dans laquelle un État prend la responsabilité d'assurer les services SAR. Le problème des limites de compétence en mer complique sérieusement la délimitation des SRR adjacentes qui « *devraient être contiguës et, dans la mesure du possible, ne pas se chevaucher*[3] *»*. La Convention SAR précise également que chaque SRR « *est établie par accord entre les Parties intéressées*[4] *»*. Si celles-ci n'arrivent pas à s'entendre, elles « *déploient tous les efforts possibles pour parvenir à un accord sur l'adoption de dispositions appropriées permettant d'assurer une coordination générale équivalente des services de recherche et de sauvetage dans cette zone*[5] *»*. Cette formulation pour le moins diplomatique signifie qu'un désaccord sur les limites d'une SRR ne peut pas servir d'excuse pour refuser de coopérer avec un État voisin lors d'une opération de sauvetage réalisée dans une zone maritime faisant l'objet d'un différend. En cas d'absence d'accord sur le pays supposé prendre en charge les opérations SAR, des dispositions « locales » appropriées doivent être mises en place pour garantir la fourniture d'une assistance effective et efficace.

Enfin, la Convention de 1979 précise que « *la délimitation des régions de recherche et de sauvetage n'est pas liée à celle des frontières existant entre les États et ne préjuge aucunement de ces frontières*[6] *»*.

Pour la plupart des zones maritimes du globe, les États se sont entendus sur des SSR maritimes adjacentes et contiguës et ont pris des mesures appropriées pour assurer la fourniture des services SAR. Ces dispositions sont consignées dans le Plan SAR maritime international tenu à jour par l'Organisation maritime internationale (OMI). Cependant, même si aux termes de la Convention SAR de 1979, le fait d'accepter la responsabilité de services SAR ne confère aucune forme de droits souverains sur une SRR, la question est hautement sensible dans certaines parties du monde pour des raisons de concurrence politique et de volonté des pays de préserver leurs droits exclusifs sur des ressources potentielles. En dépit des efforts constants déployés par l'OMI pour coordonner les responsabilités, des désaccords existent sur les limites de certaines SRR et peuvent générer des conflits entre les États concernés.



Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

3/ Annexe à la Convention SAR, chapitre 2, paragraphe 2.1.3.

4/ Annexe à la Convention SAR, chapitre 2, paragraphe 2.1.4.

5/ Annexe à la Convention SAR, chapitre 2, paragraphe 2.1.5.

6/ Annexe à la Convention SAR, chapitre 2, paragraphe 2.1.7.

Les partenaires Cospas-Sarsat ont été confrontés aux mêmes difficultés lorsqu'ils ont dû régler la question de la distribution des alertes de détresse Cospas-Sarsat en mer, avec la complication supplémentaire d'avoir à traiter simultanément la question des alertes de détresse aéronautiques au-dessus des zones maritimes. Ce point est examiné plus en détail au chapitre 5.

1.4 L'OMI et la révolution du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM)

La Convention portant création de l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (OMCI) est adoptée lors d'une conférence organisée à Genève le 6 mars 1948 sous l'égide des Nations Unies. L'Assemblée de l'OMCI se réunit pour la première fois à Londres (Royaume-Uni) le 6 janvier 1959. L'adjectif « consultative » figurant dans le nom de l'organisation peut laisser penser que les diplomates avaient quelques craintes de voir menacé, à terme, le principe de la liberté des mers appliqué jusqu'alors avec une réglementation internationale minimale. En 1982, la transformation de ce nom en « Organisation maritime internationale » marque probablement une reconnaissance de la nécessité d'instaurer des règles internationales détaillées en matière de sécurité, applicables à tous les États et aux propriétaires de navire, pour tous les aspects du commerce maritime en croissance rapide, notamment la construction navale, les radiocommunications, la formation et la qualification des gens de mer, les risques de pollution des océans, etc.



Un navire en détresse
Photo : SMIT Amandla Marine (Pty) Ltd.

À la fin des années 1970, la réglementation internationale sur les équipements radio destinés à la sécurité et aux alertes de détresse à bord des navires, ainsi que les installations côtières prévues par les États, sont globalement jugées insuffisantes et parfois obsolètes. Ces équipements comprennent des systèmes de radiocommunications terrestres à moyennes fréquences (MF) assurant l'émission des alertes en morse, et des systèmes de radiocommunications longue portée à hautes fréquences (HF) pour les appels téléphoniques, les télex et les télégrammes. La station de radio du navire doit être tenue 24 heures sur 24 par des opérateurs qualifiés. De nouvelles technologies de communication numériques et de nouveaux moyens de communication mobile par satellite sont attendus dans un futur proche,[7] mais ils ne sont pas reconnus dans les normes de sécurité internationales. En 1979, les experts qui rédigent la Convention SAR à Hambourg adoptent une résolution appelant l'OMI à mettre au point un nouveau système mondial de détresse et de sécurité à l'appui du Plan SAR mondial. L'élaboration du « Futur système mondial de détresse et de sécurité en mer », ou FSMDSM, devient bientôt un élément majeur du programme de travail du Comité de la sécurité maritime de l'OMI et le restera jusqu'à l'achèvement de la mise en place du SMDSM le 1er février 1999. Compte tenu de la nécessité d'améliorer rapidement la

7/ La Convention portant création de l'organisation Inmarsat (voir le chapitre 1, section 1.2) entre en vigueur en 1979 et le système Inmarsat commence à fonctionner en 1982. Le premier Arrangement Cospas-Sarsat est signé en 1979 et le premier satellite Cospas lancé en 1982.

réglementation sur les alertes de détresse et la sécurité, certaines composantes de ce système sont devenues obligatoires à partir du 1er août 1993, en particulier le système Navtex[8] et les RLS satellite.

Dispositions du SMDSM relatives aux alertes de détresse

Le SMDSM comprend tout un ensemble de systèmes et d'équipements de radiocommunication conçus pour exécuter plusieurs fonctions élémentaires de sécurité : l'alerte de détresse, y compris la détermination de la position de l'unité en détresse et son repérage par radioralliement, la coordination des opérations de recherche et de sauvetage, la diffusion de renseignements sur la sécurité maritime, les communications d'ordre général et les communications de passerelle à passerelle. Pour assurer ces fonctions, des équipements obligatoires à bord sont spécifiés en détail (« prescriptions d'emport ») selon la zone de navigation du navire. Les prescriptions d'emport du SMDSM s'appliquent uniquement aux navires de plus de 300 tonneaux de jauge brute.

Les zones de navigation des navires, ou zones océaniques, sont définies en fonction de la portée des équipements de radiocommunication utilisés pour les alertes ASN,[9] à savoir la VHF (zone A1), la MF (zone A2), les zones de couverture des satellites géostationnaires de télécommunications mobiles (zone A3), et l'ensemble du globe (zone A4), y compris les régions polaires (au-delà de la zone de couverture des satellites Inmarsat) où la HF et un système de RLS utilisant des satellites en orbite basse sont requis. Une capacité d'alerte par RLS satellite est obligatoire dans toutes les zones océaniques. À l'origine, en dehors de la zone A4, cette obligation pouvait être satisfaite soit avec une RLS Cospas-Sarsat à 406 MHz, soit par une RLS Inmarsat E fonctionnant en bande L (1,6 GHz). Depuis l'arrêt du service Inmarsat E en 2006 (voir la section 2.5.7), seules les RLS 406 MHz Cospas-Sarsat satisfont à l'obligation du SMDSM d'embarquer une RLS satellite.

L'obligation d'avoir à bord différents équipements utilisant des technologies numériques modernes a modifié radicalement les procédures d'alerte en mer. Du fait des limites de la radiotéléphonie analogique, la plupart des alertes de détresse étaient habituellement adressées aux autres navires se trouvant à proximité de l'unité en détresse, supposés être les mieux placés pour porter secours immédiatement. Dans le SMDSM, bien que la fonction d'alerte de détresse de navire à navire existe toujours et soit utilisée pour relayer les messages de détresse en cas de nécessité, la priorité est l'alerte navire-terre, et c'est le centre de coordination de sauvetage (RCC) qui engage et coordonne les opérations SAR. L'alerte radio ASN améliore la portée et l'efficacité des transmissions d'alertes par radio et facilite les communications radiotéléphoniques ultérieures. Le RCC a généralement accès aux données sur le trafic maritime dans la zone concernée et s'en sert pour planifier l'intervention SAR, qui implique le plus souvent de dérouter d'autres navires proches. Dans le cas des RLS satellite, le RCC est le premier destinataire du message d'alerte automatique, et le seul habilité à déclencher une opération SAR. De même, les alertes du système Inmarsat sont relayées directement à un RCC par la station côtière de réception.

8/ Navtex est un système automatisé international destiné à diffuser instantanément des renseignements sur la sécurité maritime (RSM), comprenant des avertissements de navigation, des bulletins et des alertes météorologiques, des avis de recherche et de sauvetage, etc.

9/ L'appel sélectif numérique (ASN) est une norme définie pour envoyer des messages numériques prédéfinis au moyen de systèmes radio maritimes fonctionnant en moyennes fréquences (MF), hautes fréquences (HF) ou très hautes fréquences (VHF). Une alerte ASN contient le numéro MMSI (identité dans le système mobile maritime) du navire et, si elle est disponible, sa position. Elle peut être émise sur un ou plusieurs canaux de fréquences simultanément.

Dans le contexte de la sécurité maritime, le système d'alerte automatique de détresse par RLS satellite n'est que l'un des moyens d'alerte dont disposent les marins et les sauveteurs. Par rapport aux autres dispositifs et méthodes d'alerte, les RLS satellite présentent certains avantages uniques qui sont :

- de survivre à un naufrage et de fournir automatiquement des données de position, indépendamment de tout autre dispositif ;
- d'identifier l'unité en détresse et d'assurer une fonction de radioralliement (pour compléter le dispositif de localisation 'indépendante' par satellite), n'importe où dans le monde.

2. Le dispositif SAR aéronautique

L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) est une institution spécialisée des Nations Unies chargée de coordonner et réglementer le transport aérien international. Elle a vu le jour le 4 avril 1947 avec l'entrée en vigueur, après la 26e ratification, de la Convention internationale relative à l'aviation civile internationale (dite Convention de Chicago), signée par 52 États le 7 décembre 1944. La Convention établit « *certains principes et arrangements, afin que l'aviation civile internationale puisse se développer d'une manière sûre et ordonnée et que les services internationaux de transport aérien puissent être établis sur la base de l'égalité des chances et exploités d'une manière saine et économique ».*

Les 19 annexes à la Convention de Chicago décrivent en détail ces principes et arrangements, appelés « normes et pratiques recommandées internationales », ou SARP (*Standards And Recommended Practices*). Elles portent sur tous les aspects de la sécurité du transport aérien, notamment les licences du personnel (annexe 1), les règles de l'air (annexe 2), l'exploitation technique des aéronefs (annexe 6), la navigabilité des aéronefs (annexe 8), les télécommunications aéronautiques (annexe 10) et les recherches et le sauvetage (annexe 12).

2.1 Incidents d'aviation, alertes de détresse et réponse SAR

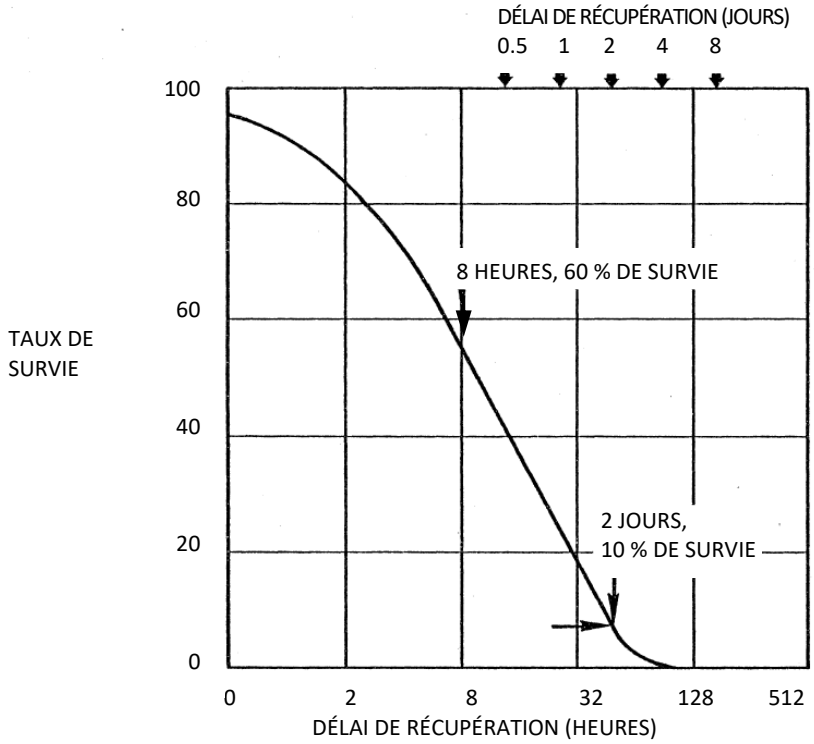
La perte de contact radio avec un aéronef et sa disparition des écrans radar ne sont pas des situations rares pour les centres de coordination de sauvetage chargés des incidents aériens. Bien que ces événements touchent principalement l'aviation générale (c'est-à-dire les petits avions) et non les gros avions de ligne, certaines disparitions récentes montrent que le risque n'est pas nul, même dans le domaine du transport aérien commercial.

Le 1er juin 2009, le vol 447 d'Air France parti de Rio de Janeiro (Brésil) à destination de Paris (France) s'abîme au milieu de l'océan Atlantique. Une vaste opération SAR internationale est lancée, mais seuls des débris flottants et des corps sont retrouvés. Le site du crash est localisé en 2011, après deux années d'efforts et des dépenses considérables, permettant de récupérer les enregistreurs de vol. L'analyse et l'interprétation des enregistrements ont finalement permis aux enquêteurs de comprendre et d'éclaircir les circonstances de la catastrophe.

En mars 2014, c'est le vol 370 de la Malaysia Airlines reliant Kuala Lumpur (Malaisie) à Beijing (Chine) qui disparaît dans des conditions mystérieuses. De nombreux pays participent aux opérations SAR, qui restent sans résultat. Bien que l'on soit arrivé à la conclusion que l'avion s'était probablement perdu en mer quelque part au large de la côte occidentale de l'Australie, loin de la

trajectoire de vol normale de l'avion, aucun élément tangible en rapport avec l'accident n'a été retrouvé avant août 2015,[10] et la zone où l'avion aurait pu s'écraser reste controversée.

La disparition d'un gros porteur à la suite d'une défaillance catastrophique ou de conditions météorologiques extrêmes dans des zones reculées, inhospitalières ou en mer, est un événement rare qui ne laisse généralement que peu d'espoirs de retrouver beaucoup de survivants. Cette issue est la conséquence des conditions de vol (vitesse, altitude) et de la taille de l'aéronef, lequel n'a pas été conçu pour supporter des chocs importants ni pour flotter.



REF: DOD & NSC DATA GIVEN IN C. MUNDO, L. TAMI & G.LARSON,
FINAL REPORT PROGRAM PLAN FOR SEARCH AND RESCUE ELECTRONICS ALERTING & LOCATING SYSTEM.
DOT-TSC-OST-73-42, FEB., 1974.

Probabilité de survie en fonction du temps

Le diagramme ci-contre montre l'évolution du taux de survie des victimes d'un crash en fonction du temps mis pour retrouver les survivants. Ce délai est indiqué en heures (en bas) et en jours (en haut) sur une échelle logarithmique.

Le pourcentage de survivants est de 60 % avec un délai de récupération de 8 heures mais descend à moins de 10 % après 2 jours.

Le diagramme est tiré d'un rapport de l'ICSAR (Comité inter-agence des États-Unis pour les recherches et le sauvetage) publié en octobre 1976 : « Report on Satellites for Distress Alerting and Locating ». Les données du NTSB portent sur 121 accidents survenus en 1974 et ayant touché 264 personnes.

Les choses sont relativement différentes dans le cas d'avions plus légers et, souvent, plusieurs membres d'équipage ou passagers survivent à des chutes modérées ou à des atterrissages durs, y compris sur l'eau. Mais du fait des blessures occasionnées, le délai d'intervention est un facteur critique en termes de survie après un incident d'aviation. Il est généralement admis que les premières heures après l'incident sont déterminantes pour la survie des passagers blessés car le taux de survie décroît ensuite rapidement (voir le diagramme ci-dessus).

La plupart des incidents aéronautiques se produisent au-dessus du sol, dans les environs d'un aéroport ou sur un terrain d'aviation. Pourtant, même à proximité d'un aéroport, un site de détresse terrestre peut être extrêmement difficile à localiser lorsque les sauveteurs ne disposent d'aucune

10/ Alors que l'avion est supposé s'être perdu en mer dans l'océan Indien à l'ouest des côtes australiennes, un « flaperon » de l'avion a été retrouvé sur le rivage de l'île de la Réunion, de l'autre côté de l'océan Indien, en août 2015.

information précise ni de données de position. En outre, le coût des opérations de recherche peut vite devenir extrêmement élevé pour la société, même dans un périmètre restreint.

2.2 Émetteurs de localisation d'urgence (ELT) et enregistreurs de vol

L'annexe 6 à la Convention de l'OACI impose l'utilisation d'émetteurs de localisation d'urgence (ELT) destinés, lorsque cela est possible, à transmettre une alerte rapidement et aider à localiser le site de détresse. Les avions légers ne sont pas soumis à la réglementation internationale lorsqu'ils ne franchissent pas de frontière durant un vol. Néanmoins, un petit avion piloté suivant les règles de vol à vue (VFR) n'est pas en contact radio permanent. Si l'avion s'écrase, il peut se passer des heures avant que son retard ne soit signalé et l'alerte donnée. On comprend donc que les ELT soient devenus obligatoires à bord des avions légers dans le cadre des réglementations nationales, d'abord aux États-Unis à partir de 1971, puis dans la plupart des pays ayant une communauté d'aviation générale développée. On trouvera au chapitre 1, section 1.3, une analyse détaillée des avantages et des limites des ELT 121,5 MHz de première génération.



La survie d'une ELT lors d'un crash ne peut pas être garantie
Photo avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-

Les balises ELT ne doivent pas être confondues avec les enregistreurs de données de vol, appelés communément « boîtes noires », qui sont également obligatoires à bord des avions de ligne en vertu des SARP de l'OACI. Leurs fonctions sont totalement distinctes et leurs modes de fonctionnement sont différents, pratiquement opposés. Une ELT est destinée à rester inactive durant le vol, jusqu'à ce qu'une situation de détresse survienne et que des transmissions radio soient déclenchées, automatiquement ou manuellement. Les enregistreurs de vol et de conversation sont actifs en permanence pendant le vol afin d'enregistrer les voix et les bruits dans le cockpit, ainsi qu'un ensemble de données de vol importantes générées par les instruments de bord.

Après un crash, les enregistreurs de vol et de conversation sont inactifs, à l'exception d'un signal de localisation qui peut être détecté sous l'eau. Si l'enregistreur de données peut être détruit lors de l'impact, son support d'enregistrement a une probabilité de survie élevée.

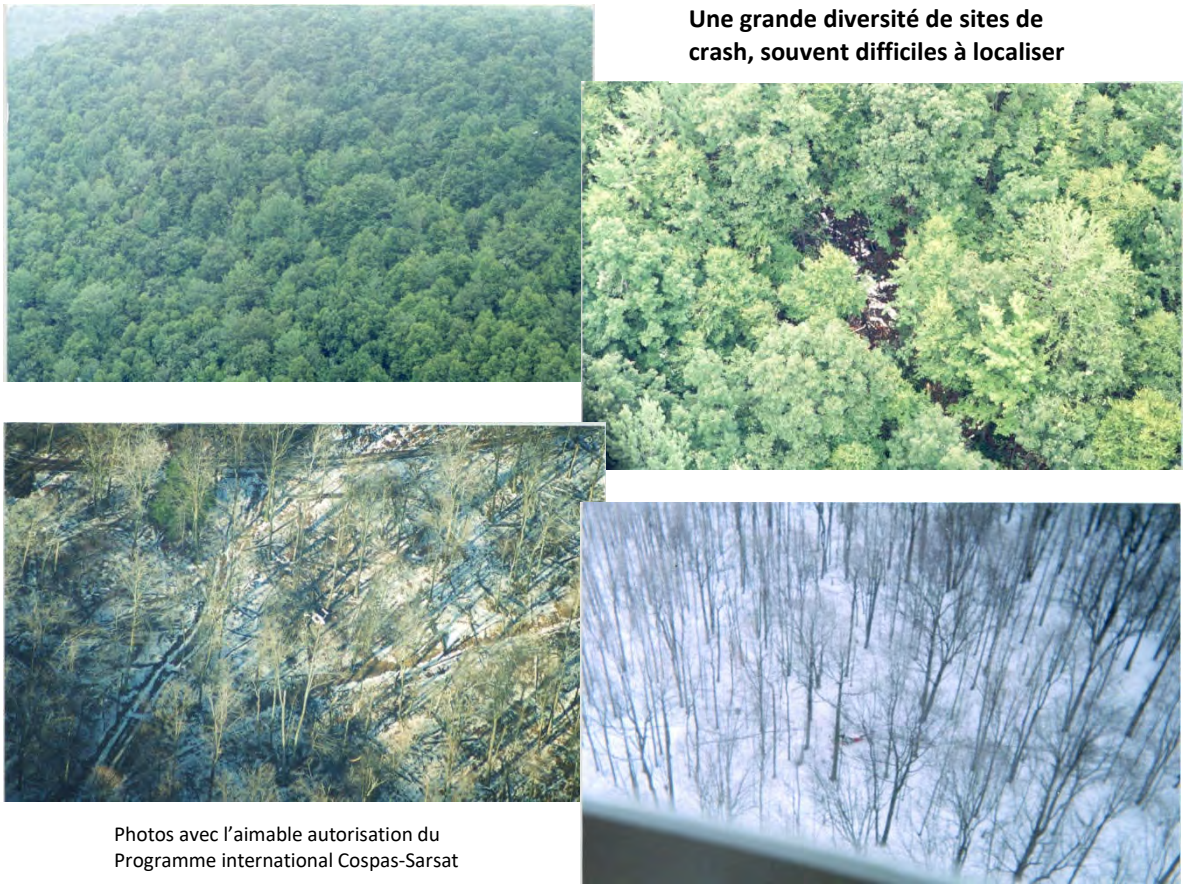
Le fonctionnement normal d'une ELT après un crash ne peut être garanti pour diverses raisons évidentes. On peut donc s'interroger sur l'utilité du système et l'obligation actuelle d'avoir une ELT à bord. La question fait encore débat au sein de la communauté aéronautique. L'efficacité des ELT 406 MHz à technologie numérique et fonctionnant avec le système Cospas-Sarsat a pourtant été démontrée, en particulier pour les incidents d'aviation générale. Les ELT 406 MHz sont maintenant la norme OACI. Différentes évolutions sont envisagées pour améliorer leurs performances sur des avions plus gros. Il s'agit notamment du déclenchement automatique en vol en cas de détection de configurations de vol anormales et de l'éventuel largage automatique de l'ELT avant un crash, en association avec les enregistreurs de vol.

2.3 Coordination des dispositifs SAR aéronautique et maritime

L'organisation territoriale du dispositif SAR aéronautique suit un schéma similaire à celle du dispositif SAR maritime. Elle repose sur les centres de coordination de sauvetage aéronautique (ARCC) qui sont chargés d'assurer les services SAR dans une SRR (zone de responsabilité SAR) donnée. Cette SRR coïncide généralement avec la région d'information de vol (FIR) de l'OACI. Sur terre, les SRR et les FIR suivent habituellement les frontières nationales admises. En mer, les SRR maritimes et aéronautiques sont conçues pour coïncider autant que faire se peut. En raison de diverses contraintes politiques et parce que les États peuvent avoir des responsabilités différentes en matière de circulation maritime et aéronautique, cette harmonisation n'est pas toujours possible.

La coopération entre l'OACI et l'OMI dans le domaine des recherches et du sauvetage s'est améliorée avec la création d'un groupe de travail mixte OACI/OMI sur les procédures SAR qui se réunit chaque année et rend compte aux organes concernés des deux organisations. Un manuel commun de recherche et de sauvetage aéronautiques et maritimes (Manuel IAMSAR) a été publié. Certains États (comme l'Australie) ont mis en place un RCC regroupant les activités SAR aéronautiques et maritimes. Cette organisation conjointe des dispositifs SAR pour les détresses aéronautique et maritime reste une exception.

Une grande diversité de sites de crash, souvent difficiles à localiser



Photos avec l'aimable autorisation du Programme international Cospas-Sarsat

3. Autres opérations SAR sur terre

La réponse à une situation de détresse sur terre est du ressort exclusif de l'État ayant compétence sur le territoire en question. Lorsque la situation de détresse ne concerne pas un aéronef, aucune convention internationale ne régit l'organisation de l'opération SAR, ni les moyens à utiliser. Aucune norme internationale ne définit les équipements de sécurité requis pour explorer des zones inhospitalières ou

reculées, ni ne recommande une organisation particulière du dispositif SAR à mettre en place par un État. De ce fait, les États ont élaboré différentes méthodes pour les recherches et le sauvetage sur terre, en fonction des besoins locaux et de leurs ressources. La réponse aux urgences sur terre dépend donc beaucoup des moyens dont un État dispose ainsi que de l'environnement et du climat local.

Cette situation et l'absence de réglementation particulière dans la plupart des pays ont entraîné une certaine confusion lorsque de nouvelles technologies comme les appareils de localisation et d'alerte automatiques ont été proposées au grand public. Cela a été le cas quand les balises de localisation personnelles (BLP, désignées aussi par leur sigle anglais PLB) utilisant la technologie analogique des ELT 121,5 MHz ou mises ou point pour satisfaire la norme Cospas-Sarsat 406 MHz sont arrivées sur le marché. Le principe selon lequel n'importe quel moyen d'alerte peut être employé en cas de situation de détresse véritable, lorsque la vie humaine est menacée par « *un danger grave et imminent* », est généralement admis bien qu'il ne soit pas défini précisément sur le plan juridique. La réglementation de certains États interdit cependant la possession ou l'usage de dispositifs d'alerte électroniques non autorisés. L'évolution rapide de la technologie va rendre ce type de réglementation difficile à appliquer et à maintenir. L'harmonisation des législations et des réglementations nationales en matière de SAR sur terre n'est pas envisagée à court terme.

4. Rôle de l'Union internationale des télécommunications (UIT)

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est la plus ancienne de toutes les organisations internationales du système des Nations Unies. Sa création a en réalité précédé celle de l'ONU en 1947. Son ancêtre, l'Union télégraphique internationale, a vu le jour en 1865. Elle a été rebaptisée Union internationale des télécommunications en 1934 afin de tenir compte de l'apparition de nouvelles techniques telles que le téléphone, et intégrée au système des Nations Unies en 1947.

Parce que les ondes radioélectriques ne s'arrêtent pas aux frontières des États, il est indispensable de réglementer à l'échelon international l'utilisation des fréquences afin de ne pas compromettre le fonctionnement des systèmes radio. Dans le secteur des radiocommunications, la mission de l'UIT est de coordonner le partage du spectre de fréquences entre toutes les applications et de définir les fréquences attribuées aux services radio. L'UIT est chargée en particulier d'attribuer des fréquences aux services « mobiles » de radiocommunication maritime et aéronautique, notamment aux services de détresse et de sécurité. Le tableau des attributions de fréquences, défini dans le Règlement des radiocommunications (RR), est régulièrement actualisé par les Conférences mondiales des radiocommunications.

La fréquence 121,5 MHz dans la bande aéronautique VHF est réservée aux communications de détresse et de sécurité. C'est le canal de détresse standard utilisé dans l'aviation pour les transmissions vocales, qui est utilisé également par les émetteurs de localisation d'urgence (ELT) mis au point dans les années 1960. En vertu du Règlement des radiocommunications, la bande de fréquences 406,0-406,1 MHz est réservée aux radiobalises de localisation de sinistres (RLS) satellite à faible puissance. Le détail des attributions de fréquences pour les communications d'urgence, notamment les ELT et les RLS satellite, est présenté au chapitre 1, section 1.3.

L'UIT a aussi pour mission, entre autres, d'élaborer les normes techniques qui assurent l'interconnexion harmonieuse des réseaux et des technologies, et s'efforce « *d'améliorer l'accès aux technologies de l'information et des communications (TIC) pour les communautés mal desservies du monde entier*[11] ».

11/ Source : site web officiel de l'UIT : http://www.itu.int.

ANNEXE 3

États et organisations associés ou contribuant au Programme Cospas-Sarsat

En vertu des dispositions des articles 11 et 12 de l'Accord relatif au Programme international Copsas-Sarsat (ICSPA : *International Cospas-Sarsat Programme Agreement*), les États qui ne sont pas Parties à l'ICSPA peuvent notifier leur association officielle au Programme international Cospas-Sarsat en tant que Fournisseurs du segment sol ou États utilisateurs (voir le chapitre 4, section 4.3).

Les Fournisseurs du segment sol sont les États qui acquièrent et installent au moins une station terrienne de réception (appelée LUT, *Local User Terminal*) et un Centre de contrôle de mission (MCC, *Mission Control Center*) afin de poursuivre les satellites LEOSAR ou GEOSAR Cospas-Sarsat, traiter les données des satellites et transmettre les alertes de détresse conformément aux dispositions du Plan de distribution des données Cospas-Sarsat (document C/S A.001). L'article 11 de l'ICSPA prévoit que les Fournisseurs du segment sol doivent notifier leur association au Programme international Cospas-Sarsat. Lorsque leur association devient effective, ils sont habilités à assister aux « réunions ouvertes » du Conseil et aux réunions de ses organes subsidiaires afin de participer à la gestion du Système.

Les États utilisateurs sont les États qui notifient leur association officielle au Programme international Cospas-Sarsat conformément à l'article 12 de l'ICSPA afin de participer à la gestion du Système, mais qui n'installent pas d'équipements du segment sol. Les États utilisateurs sont habilités à assister aux « réunions ouvertes » du Conseil et aux réunions de ses organes subsidiaires.

Selon les dispositions des articles 3 et 7 de l'ICSPA, si cela est jugé utile pour améliorer le fonctionnement du Système Cospas-Sarsat et sous réserve d'une décision spécifique du Conseil, d'autres entités que des États, y compris des organisations internationales, peuvent conclure un arrangement officiel avec le Programme international Cospas-Sarsat pour la fourniture de composantes du Système.

Plusieurs de ces entités (le ministère de la Marine de Hong-Kong [Chine], la société ITDC [International Telecommunication Development Company] du Taipei chinois) ont signé des lettres d'association dans le but de participer en tant qu'Opérateurs du segment sol, avec les mêmes droits et obligations que les États Fournisseurs du segment sol. Par ailleurs, les Parties à Cospas-Sarsat ont signé en 2007 un « *Arrangement entre les États Parties à l'ICSPA et la République de l'Inde concernant l'association de la République de l'Inde en qualité de Fournisseur de services par satellite géostationnaire pour les recherches et le sauvetage (GEOSAR) »* - document C/S P.009 – et en 2010 un « *Arrangement de coopération entre les organismes coopérateurs des Parties à l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat et l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT) concernant la contribution d'EUMETSAT au système GEOSAR de Cospas-Sarsat »* - document C/S P.008.

Le tableau ci-dessous fournit la liste des 40 États et des 2 organisations qui étaient officiellement associés au Programme Cospas-Sarsat en décembre 2010. Les organisations qui contribuent au Système dans le cadre d'arrangements spéciaux y figurent également[1]. La dernière liste en date des États et organisations associés est disponible sur le site web de Cospas-Sarsat (document C/S P.010).

1/ EUMETSAT et la Commission européenne.

États et organisations associés ou contribuant au Programme Cospas-Sarsat (à fin décembre 2010)

États / Organisations	Statut	Date effective d'association	Contribution au Système	Organisme coopérateur
Afrique du Sud	Fournisseur du segment sol	2 novembre 2000	1 LEOLUT (Le Cap)	Autorité sud-africaine de la sécurité maritime (SAMSA)
Algérie	Fournisseur du segment sol	10 mai 1996	2 LEOLUT (Ouargla, Alger) 1 GEOLUT (Alger)	Ministère de la Défense nationale - Service SAR
Allemagne	État utilisateur	17 décembre 1992		Ministère des Transports, Dépt. de l'aéronautique
Arabie saoudite	Fournisseur du segment sol	19 août 2000	1 LEOLUT double (Djeddah)	Autorité générale de l'aviation civile
Argentine	Fournisseur du segment sol	9 janvier 2002	2 LEOLUT (Palomar, Rio Grande) 1 GEOLUT (Palomar)	Service des communications navales
Australie	Fournisseur du segment sol	22 juin 1991	2 LEOLUT (Albany, Bundaberg)	Autorité australienne de la sécurité maritime (AMSA)
Brésil	Fournisseur du segment sol	10 juillet 1992	3 LEOLUT (Brasilia, Manaus, Recife) 2 GEOLUT (Brasilia, Recife)	Département du contrôle de l'espace aérien (DECEA)
Canada	Partie à l'ICSPA / Fournisseur du segment spatial	30 août 1988	Instruments SARR Sarsat sur les satellites Sarsat 3 LEOLUT (Churchill, Edmonton, Goose Bay) 2 GEOLUT (Edmonton, Ottawa)	Secrétariat national SAR (SNRS)
Chili	Fournisseur du segment sol	23 février 1990	3 LEOLUT (île de Pâques, Punta Arenas, Santiago) 1 GEOLUT (Santiago)	Service de recherche et de sauvetage des forces armées du Chili
Chine (R.P. de)[2]	Fournisseur du segment sol	28 mars 1997	1 LEOLUT double (Beijing)	Administration de la sécurité maritime
Chypre	État utilisateur	6 octobre 2006		RCC conjoint de Larnaca
Commission européenne	D&E MEOSAR	14 décembre 2006	Démonstration et évaluation du Système MEOSAR Galileo	CE, DG Entreprises et industrie, Gestion du programme européen de navigation par satellite
Corée (Rép. de)	Fournisseur du segment sol	25 octobre 1995	1 LEOLUT (Incheon)	Garde côtière coréenne
Danemark	État utilisateur	8 mars 1991	1 balise d'orbitographie Sarsat (Thule)	Administration de l'aviation civile
Émirats arabes unis	Fournisseur du segment sol	26 novembre 2009	1 LEOLUT (en cours d'établissement en 2009) 1 GEOLUT (Abu Dhabi)	Autorité de réglementation des télécommunications

2/ La R.P. de Chine a d'abord rejoint le Programme en tant qu'État utilisateur le 18 novembre 1992.

États et organisations associés ou contribuant au Programme Cospas-Sarsat (à fin décembre 2010)

États / Organisations	Statut	Date effective d'association	Contribution au Système	Organisme coopérateur
Espagne	Fournisseur du segment sol	8 juillet 1992	1 LEOLUT + 2 GEOLUT (Maspalomas)	Institut national des techniques aérospatiales (INTA)
États-Unis	Partie à l'ICSPA / Fournisseur du segment spatial	30 août 1988	Satellites LEO et GEO Sarsat - 5 LEOLUT doubles (Alaska, Californie, Floride, Guam, Hawaï) - 2 GEOLUT (Maryland)	NOAA
EUMETSAT	Fournisseur du segment spatial	25 octobre 2010	2 satellites LEO Metop (plateformes Sarsat) et 4 satellites GEO MSG hébergeant une charge utile 406 MHz.	EUMETSAT
Finlande	État utilisateur	7 mars 2010		Ministère de l'Intérieur, Surveillance des frontières
France	Partie à l'ICSPA / Fournisseur du segment spatial	30 août 1988	Instruments SARP Sarsat sur les satellites Sarsat 1 LEOLUT double + 1 GEOLUT (Toulouse)	Centre national d'études spatiales (CNES)
Grèce[3]	Fournisseur du segment sol	13 mai 2006	1 LEOLUT + 1 GEOLUT (Penteli)	Ministère de la Protection civile – Division de la sécurité de la navigation
Hong Kong	Opérateur du segment sol	28 juin 1998	1 LEOLUT double (Hong Kong)	Ministère de la Marine de Hong Kong
Inde[4]	Fournisseur du segment spatial et du segment sol	23 mai 1991	Satellites GEO INSAT hébergeant des charges utiles 406 MHz 2 LEOLUT (Bangalore, Lucknow) 1 GEOLUT (Bangalore)	Agence spatiale indienne (ISRO)
Indonésie	Fournisseur du segment sol	27 juin 1992	1 LEOLUT (Djakarta)	Agence nationale SAR (BASARNAS)
Italie	Fournisseur du segment sol	27 janvier 1991	1 LEOLUT (Bari)	Département de la protection civile
ITDC[5]	Opérateur du segment sol	4 juin 1992	1 LEOLUT double (Keelung)	Chunghwa Telecom Co. Ltd.
Japon	Fournisseur du segment sol	10 juillet 1993	1 LEOLUT (Gunma)	Garde côtière japonaise
Nigéria[6]	Fournisseur du segment sol	20 mai 2004	1 LEOLUT (Abuja)	Agence nationale de gestion des urgences (NEMA)

3/ La Grèce a d'abord rejoint le Programme en tant qu'État utilisateur le 13 septembre 1992.
4/ L'Inde est devenue associée en qualité de Fournisseur du segment sol le 23 mai 1991 et en qualité de Fournisseur du segment spatial le 23 février 2007.
5/ ITDC : International Telecommunication Development Company (Taipei chinois).
6/ Le Nigéria a d'abord rejoint le Programme en qualité d'État utilisateur le 3 mars 2001.

États et organisations associés ou contribuant au Programme Cospas-Sarsat (à fin décembre 2010)

États / Organisations	Statut	Date effective d'association	Contribution au Système	Organisme coopérateur
Norvège	Fournisseur du segment sol	30 décembre 1990	2 LEOLUT (Tromsø, Spitzberg) 1 GEOLUT (Fauske)	Ministère de la Justice
Nouvelle-Zélande	Fournisseur du segment sol	15 mai 1993	1 LEOLUT et 2 GEOLUT (Wellington)	Centre de coordination de sauvetage de Nouvelle-Zélande (RCCNZ)
Pakistan	Fournisseur du segment sol	13 octobre 1991	1 LEOLUT (Karachi)	Commission de recherche sur l'espace et la haute atmosphère
Pays-Bas	État utilisateur	3 mars 1995		Garde côtière néerlandaise
Pérou	Fournisseur du segment sol	27 novembre 1996	1 LEOLUT (Callao)	Direction nationale des Capitaineries et de la Garde côtière
Pologne	État utilisateur	16 septembre 2005		Bureau de l'aviation civile Aviation
Royaume-Uni	Fournisseur du segment sol	9 mars 1990	1 LEOLUT double +1 GEOLUT (Combe Martin)	Agence des affaires maritimes et de la garde côtière (MCA)
Russie[7]	Partie à l'ICSPA / Fournisseur du segment spatial	30 août 1988	Satellites Cospas hébergeant des charges utiles SARR et SARP 3 LEOLUT (Arkhangelsk, Moscou, Nakhodka)	Morsviazsputnik
Serbie	État utilisateur	17 juillet 2010		Direction de l'aviation civile
Singapour	Fournisseur du segment sol	23 octobre 1992	1 LEOLUT (Singapour)	Autorité de l'aviation civile de Singapour
Suède	État utilisateur	24 octobre 1990		Agence suédoise de la protection civile (MSB)
Suisse	État utilisateur	14 février 1991		Office fédéral de l'aviation civile
Thaïlande	Fournisseur du segment sol	19 novembre 1999	1 LEOLUT double (Bangkok)	Département de l'aviation
Tunisie	État utilisateur	5 août 1994		Ministère des Transports
Turquie	Fournisseur du segment sol	11 juin 2005	1 LEOLUT double + 1 GEOLUT (Ankara)	Direction générale des transports maritimes
Vietnam	Fournisseur du segment sol	26 juin 2002	1 LEOLUT (Haiphong)	Administration maritime du Vietnam (VINAMARINE)

7/ La Russie a remplacé l'URSS en qualité de Partie à l'ICSPA en 1992. La Russie a également fourni des satellites GEOSAR (Electro et Loutch) et les GEOLUT associées après 2011.

ANNEXE 4

Bibliographie de l'étude : contributions et documents de référence

De nombreux documents de référence sont disponibles au Secrétariat Cospas-Sarsat à Montréal (Canada), sous forme papier ou électronique, en particulier sur la gestion du Programme Cospas-Sarsat et sur le Système pour les années suivant la création du Secrétariat à Londres (Royaume-Uni) en juillet 1987. Ils comprennent tous les comptes rendus des réunions du Conseil et du Comité conjoint, qui n'ont pas été énumérés dans la présente annexe. De même, les documents « Bulletin d'information Cospas-Sarsat » et « Données relatives au Système Cospas-Sarsat », qui sont publiés chaque année par le Secrétariat Cospas-Sarsat et mis en ligne sur le site web de Cospas-Sarsat, ont été largement utilisés pendant la préparation du présent rapport mais ne sont pas mentionnés ci-dessous.

Pour les années antérieures à 1987, les archives du CNES et de la NASA ont été utilisées, ainsi que des archives personnelles et des notes personnelles non publiées pour la période 1979 à 1987. Les Résumés des discussions du Groupe de coordination Cospas-Sarsat pour les réunions du CSCG ayant eu lieu entre 1980 et 1984 ont été fournis par le CNES à Paris (France), ainsi qu'un certain nombre de documents originaux détenus dans les archives du CNES. Le CNES a fourni des copies des Résumés des discussions du Comité directeur Cospas-Sarsat pour les réunions CSSC-1 à CSSC-4 (1985 à 1988), qui sont également disponibles au Secrétariat Cospas-Sarsat à Montréal (Québec, Canada).

Les contributions individuelles non publiées soumises au rédacteur en chef de l'étude sont incluses dans la liste ci-dessous.

Origine	Auteurs ; Titre du document - Références et date de publication
	Chapitre 1
IAF/IAA/IISL ACHA	Stephen E. Doyle, A. Ingemar Skoog ; « *The International Geophysical Year - Initiating International Scientific Space Co-operation »* - IAF 2012.
IMSO	Convention portant création de l'Organisation internationale de télécommunications mobiles par satellites (IMSO), ouverte à la signature à Londres (Royaume-Uni), le 24/04/1998.
INMARSAT	Convention portant création de l'Organisation internationale de télécommunications maritimes par satellites (Inmarsat), ouverte à la signature à Londres (Royaume-Uni), le 03/09/1976.
Morsviazsputnik	Roald Sagdeev ; « *United States - Soviet Space Cooperation during the Cold War »* - NASA (États-Unis), mai 2008.
SOLAS	Convention internationale sur la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) adoptée le 20/01/1914.
Ministère des Transports de l'État de Washington	« *Emergency Locator Transmitters (ELTs) - Mandatory ELT Laws Instituted in January 1968 »* – (http://www.wsdot.wa.gov/aviation/SAR/ELT_History.htm) Source : Civil Air Patrol News (États-Unis), octobre 2000.
King, J.V.	J.V. King, Secrétariat C/S (retraité) ; « *Emergency Communications and Distress Beacons Prior to Cospas-Sarsat »* - (contribution à l'étude historique, non publiée) 2015.

Chapitre 2

CNES

Claude Carlier - Marcel Gilli; « *Les trente premières années du CNES, l'agence française de l'espace »* - La Documentation Française - 2010.

« *Summary of Discussion of the Cospas-Sarsat Coordinating Group* » – Réunions du CSCG (1980-1984).

Actes du Colloque « *Utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage – Résultats expérimentaux et perspectives opérationnelles »* ; CNES, Toulouse (France) - 1984
- Session finale - Minutes de la table ronde présidée par G. Brachet.

Lettre du directeur de la Division de la sécurité maritime de l'OMI au CNES (14/06/1985) – Extraits du rapport de la cinquante et unième session du Comité de la sécurité maritime - MSC-51, 20-24/05/1985.

CNES / NOAA

« *Summary of Discussion of the First Meeting of the Cospas-Sarsat Steering Committee »* - NOAA Western Regional center, Seattle (Washington, États-Unis) - 15-19/07/1985.

Secrétariat Cospas-Sarsat

« *Arrangement entre la National Aeronautics and Space Administration des États-Unis d'Amérique, le ministère des Communications du Canada et le Centre national d'études spatiales de la France relatif à la coopération dans un projet expérimental d'aide à la recherche et au sauvetage par satellite »* signé le 27/08/1979.

« Arrangement entre la National Aeronautics and Space Administration des États-Unis d'Amérique, le ministère de la Marine marchande de l'Union des Républiques socialistes soviétiques, le ministère des Communications du Canada et le Centre national d'études spatiales de la France, relatif à la coopération dans le cadre d'un projet expérimental conjoint d'aide à la recherche et au sauvetage par satellite » signé à Léningrad (URSS) le 23/11/1979.

« Arrangement entre le ministère de la Marine marchande de l'Union des Républiques socialistes soviétiques, la National Oceanic and Atmospheric Administration des États-Unis d'Amérique, le ministère de la Défense nationale du Canada et le Centre national d'études spatiales de la France concernant la coopération relative au système de satellites pour les recherches et le sauvetage Cospas-Sarsat » signé à Léningrad (URSS) le 05/10/1984.

« *Summary of Discussions of the Cospas-Sarsat Steering Committee »* – Réunions CSSC-1 (1985) à CSSC-4 (1988).

IAF/IAA

Rapport du Groupe de travail conjoint IAF/IAA (IAF Committee on Application Satellites - IAA Space Rescue and Safety studies Committee); « *Global Satellite-Aided Search and Rescue »* - Janvier 1979.

INMARSAT

Communiqué de presse Inmarsat ; « *Inmarsat will withdraw EPIRB service in 2006 and promises new safety service on next generation I-4 satellites »* - 07/09/2004.

Morsviazsputnik

A. Balashov, Y. Zurabov, L. Pcheliakov, V. Rogalsky, V. Shebshaevich ; « *International Space Radio Engineering System for Detection of Persons in Distress »* - Moscou, 1987.

Y. Urlichich, Y. Makarov, A. Selivanov, I. Nikushkin, V. Rogalsky, Y. Zurabov ; « *History and Perspectives of International System for Search and Rescue - Cospas-Sarsat »*, Telecommunications and Transport (T-Comm) n°4 - Moscou, 2012.

Vladislav Rogalsky ; « *Cospas-Sarsat History »* - (document non publié) Moscou, 2014.

NASA

Bernie Trudell ; « *Responses to Jasmine Black; Questionnaire No.1 and Questionnaire No.2 »* (document non publié – archives de la NASA).

Hugh L. Dryden, administrateur adjoint de la NASA ; « *Luncheon Talk »*, Institut des sciences aéronautiques - New York, 27/01/1960.

Robert C. Seamans Jr., administrateur associé de la NASA ; « *Address to the American Ordnance Association »* - San Francisco (Californie) 24/05/1962.

Arnold W. Frutkin, administrateur assistant de la NASA chargé des affaires internationales ; « *Address to the Subcommittee on International Cooperation in Science and Space, Committee on Science and Astronautics »* - Chambre des Représentants des États-Unis, 18/05/1971.

Conseil national de la recherche du Canada Stevinson H.T. et Baker D.A. ; « *Locating People in High Latitudes »* - Rapport technique de laboratoire LTR-FR-32 & 32-A, Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1971.

Blevis, B. Dr. Bert Blevis, CRC (retraité) ; « *Cospas-Sarsat Background Information* » - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2014.

King, J.V. J.V. King, ; « *Canada - United States Bilateral Cooperation in Space in the 1960's and 1970's »* et « *Canada's Effort towards Satellite Detection of 121.5 MHz Beacons »* - (contributions à l'étude historique - non publiées) 2015.

Maynard, L.A. et Pearce, J. L. Larry A. Maynard et J. LeRoy Pearce ; « *SARSAT - The Genesis in Canada »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2014.

McKinnon, D. Don McKinnon, MDN (retraité) ; « *Canadian Perspective on the Cospas-Sarsat Programme »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2014.

Ruark, W. W. Ruark ; « *The United States Space Effort in the 1960's and 1970' »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2015.

Rogalsky, V. V. Rogalsky ; « *Joyeux 30ème anniversaire, Cospas-Sarsat ! »* - Bulletin d'information Cospas-Sarsat n° 24, 2012.

Studenov, V. V. Studenov, V. Rogalsky, V. Arkhangelsky ; « *The USSR space Effort before the Cospas Project »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2015.

V. Studenov ; « *Creation of the Cospas-Sarsat System »* - (contributions à l'étude historique - non publiées) 2015.

Ziegelheim, J. Jonathan Ziegleheim, pilote de la United Airlines ; Présentation au Conseil Cospas-Sarsat CSC-49/OPN, Victoria, B.C. (Canada), 22-26/09/2012 ; Bulletin d'information C/S n° 25, 2013.

Chapitre 3

CNES / NASA Plan de mise en œuvre Cospas-Sarsat (CSIP), « *Joint Canada, France, U.S., U.S.S.R. Demonstration Project »* - Première édition (22/05/1980), Rév.3 (28/10/1982) et Rév.4 (08/02/1984).

CNES Actes du Colloque « *Utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage – Résultats expérimentaux et perspectives opérationnelles »* ; CNES, Toulouse (France) - 1984

- H.L. Werstuik - CRC/MDC, Canada ; D. Ludwig - CNES, France ; B.J. Trudell - GSFC/NASA, États-Unis ; A.S. Selivanov - RISDE, URSS ; « The Cospas-Sarsat System ».

Secrétariat Cospas-Sarsat Document C/S R.001 ; « *Cospas-Sarsat Project Report »* (*Results of the Cospas-Sarsat System performance evaluation during the Demonstration and Evaluation phase - 1982-1984*) - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) septembre 1985.

Document C/S R.009 ; « *Summary Report of the 406 MHz Geostationary System Demonstration and Evaluation »* - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) octobre 1999.

CRC (Canada) Winter A.E. ; Mémorandum « *Assessment of Potential Ground Stations »* - CRC, Ottawa (Canada), mai 1978.

King, J.V. ; Rapport SAR 82/2 du CRC, 1e édition « *Analysis of the NOAA-E EMI Test Tape after All Fixes Incorporated on Spacecraft »* - CRC, Ottawa (Canada), 1982.

Université d'Ottawa (Canada) King, J.V. ; Thèse de master en ingénierie « *Determination of the Effects of Spacecraft-Generated Electromagnetic Interference on the 121.5/243 MHz Sarsat Mission »* - Université d'Ottawa (Canada), avril 1986.

Hill, D. Denis Hill, CosSar Consulting Inc. ; « History of Cospas-Sarsat » - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2013.

King, H.E. Maj. H. E. (Ted) King ; « *Cospas-Sarsat History study project »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2015.

King, J.V. J.V. King ; « *Cospas-Sarsat Satellite System Design, Development, Demonstration and evaluation »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2016.

Ruark, W. W. Ruark ; « *LEOSAR Demonstration and Evaluation and Operational Challenges »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2016.

Chapitre 4

CNES Actes du Colloque « *Utilisation des satellites pour les recherches et le sauvetage – Résultats expérimentaux et perspectives opérationnelles »* ; CNES, Toulouse (France) – 1984.

- T.E. McGunigal - NASA, États-Unis ; D.J. McKinnon - MDN-DREO, Canada ; G. Brachet - CNES, France ; Y. Zurabov - Morsviazsputnik, URSS ; « *Cospas-Sarsat - An Overview »*.
- D. Levesque - CNES, France ; K. Hodgkins - NOAA, États-Unis ; P. Drover - MDN, Canada ; « *The Development of an Institutional Structure for the future Global satellite System for Search and Rescue »*.

Secrétariat Cospas-Sarsat Document C/S P.001 ; « *Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat »*, signé à Paris (France) le 1er juillet 1988 - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat).

Document C/S P.002 ; « *Procédure de notification de l'association au Programme Cospas-Sarsat des États non-Partie à l'Accord Cospas-Sarsat »* - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) décembre 1992.

Document C/S P.005 ; « *Arrangement entre le Canada, la République française, la Fédération de Russie et les États-Unis d'Amérique concernant le siège du Programme international Cospas-Sarsat »* - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) avril 2005.

Document C/S P.008 ; « *Arrangement de coopération entre les organismes coopérateurs des Parties à l'Accord relatif au Programme international Cospas-Sarsat et l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT) concernant la contribution d'EUMETSAT au Système GEOSAR de Cospas-Sarsat »* - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) octobre 2010.

Document C/S P.009 ; « *Arrangement entre les États Parties à l'Accord international relatif au Programme Cospas-Sarsat et la République de l'Inde concernant l'association de la République de l'Inde avec le Programme Cospas-Sarsat en qualité de Fournisseur de services par satellite géostationnaire pour les recherches et le sauvetage (GEOSAR) »* - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) février 2007.

Document C/S P010 ; « *List of States and Organizations Associated with or Contributing to the Cospas-Sarsat Programme »* - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) 21 avril 2016.

Rose, L.A. Lisle A. Rose, Département d'État des États-Unis (retraité) ; « *How'd you like to go to Moscow? - I wouldn't. - Well, you're going anyway »*" - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2013.

Ellingsen, E. Einar Ellingsen, JRCC Bodø (Norvège) ; « *History of Cospas-Sarsat* » - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2014.

Chan, K.W. Kwok Wai Chan, ministère de la Marine de Hong Kong ; « *History of Hong Kong Association with Cospas-Sarsat »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2014.

Hodgson, J.R. J.R (Dick) Hodgson, SNRS (retraité) ; **«** *International Agreement Information »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2014.

Chapitre 5

Secrétariat Cospas-Sarsat Document C/S A..001 ; « *Cospas-Sarsat Data Distribution Plan »* -
- 2e édition, 16 novembre 1988 (archives du Secrétariat)
- 4e édition-Rév.11, octobre 2008 (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat).

Document C/S G.007 ; « *Handbook on Distress Alert Messages for Rescue Coordination Centres (RCCs), Search and Rescue Points of Contact (SPOCs) and IMO Ship Security Competent Authorities* » - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat) octobre 2014.

Document C/S R.007 ; « *Cospas-Sarsat Report on System status and Operations »* - publié chaque année (C/S R.007 n°26 – janv-déc. 2009) (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat).

Document C/S R.010 ; « *Cospas-Sarsat Phase-Out Plan for 121.5/243 MHz Satellite Alerting Services »* - 1e édition, oct. 2000 / Rév. 8, oct 2009 - (site web du Secrétariat Cospas-Sarsat).

DRD Canada J. Keillor, RDDC Toronto ; Maj. G. Newbold, SNRS ; A. Rebane, S. Roberts & J. Armstrong, CAE Professional Services ; TR 2009-101: « *Emergency Locator Transmitter (ELT) - Performance in Canada from 2003 to 2008: Statistics and Human Factors Issues »* - Recherche et développement pour la défense Canada – RDDC Toronto, sept. 2009.

DECEA, Brésil Peralta P.F., directeur du CENIPA ; rapport final « *Investigation of the Varig Aircraft PP-VNK (B 737-200) Accident on 3 Sept. 1989 »* - CENIPA 04, 23 avril 1991.

Burlinghame, S. Lt. Scott Burlinghame, JRCC de Honolulu ; « *LUT Coverage in the Pacific Region - Present and Future »* - Conférence Cospas-Sarsat pour la Région Pacifique, 17 mai 1990.

Carney, W. Wayne Carney ; « *Phasing-out of 121.5 MHz Satellite Alerting Services »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2015.

Ruark, W. WIlliam Ruark ; « *Development of the Cospas-Sarsat Ground Segment »* - (contribution à l'étude historique - non publiée) 2016.

Chapitre 6

CNES Daniel Ludwig, PMF/CLS Centre spatial de Toulouse « *Évaluation indicative des coûts récurrents du système »*, juillet 1985.

Note de Cospas-Sarsat au Sous-comité des radiocommunications de l'OMI (COM 30/WP 12) ; octobre 1985.

Secrétariat Cospas-Sarsat

Actes du Séminaire Cospas-Sarsat de 1996 au siège de l'OMI, Londres (Royaume-Uni) (23-25/10/1996) :

- James Bailey – NOAA ; Bernie Trudell - CSC États-Unis ; « *Status of 406 MHz ELTs in the United States and Cost/Benefit Study to Gain Regulatory Approval* ».

Actes du Séminaire Cospas-Sarsat de 2000, Laval (Québec, Canada) (12-14 janvier 2000) :

- Lt. Paul Steward, Garde côtière des États-Unis ; « *The Impact of 121.5 MHz Satellite Alerting on Search and Rescue Services* ».
- R. William Slaughter, directeur du SNRS Canada ; « *Benefits, Advantages and Effectiveness of the Cospas-Sarsat System from the Canadian Perspective* ».
- Chris Payne, AusSAR, Australie ; WP1-3 « *Preparations within Australia on Phasing-out Satellite Processing of 121.5 MHz in 2009* ».
- Don MacCaul, Secrétariat national SAR, Canada ; WP1-4 « *Canada's Strategy to Gain Acceptance of 406 MHz ELTs* ».

Chapitre 7

Secrétariat Cospas-Sarsat

Richard C. Renner, CAL Corp. ; Document CAL-RP-0890-10016 « *Follow-on SAR System (FOSS) Final Report* », soumis au MDN/SNRS, Ottawa (Canada), mars 1997

Document C/S P.014 ; « *Déclaration d'intention concernant la coopération pour le développement et l'évaluation du système de satellites pour les recherches et le sauvetage en orbite moyenne (MEOSAR) entre les organismes coopérateurs du Programme international Cospas-Sarsat et l'entreprise commune Galileo » (site web Cospas-Sarsat) décembre 2006.*

Document C/S R018 ; « *Cospas-Sarsat Demonstration and Evaluation Plan for the 406 MHz MEOSAR System » (site web Cospas-Sarsat) 1e édition – octobre 2011.*

Annexe 2

NASA

Comité inter-agence des États-Unis pour la recherche et le sauvetage (ICSAR) ; Rapport « *Satellites for Distress Alerting and Locating* » - octobre 1976.

ANNEXE 5

Participants à l'étude historique et remerciements

Je tiens à remercier ici Gérard Brachet, initiateur du projet Sarsat alors qu'il était Directeur des Programmes du CNES en 1978, qui a proposé en 2013 le thème de l'histoire et de l'expérience du Programme Cospas-Sarsat au Comité consultatif sur les activités historiques (ACHA) de l'IAF/IAA/IISL. La liste des membres de l'ACHA figure à la page suivante.

Je souhaite également exprimer ma gratitude aux personnes qui ont rédigé des contributions à l'étude historique sur le Programme Cospas-Sarsat et/ou proposé leur aide pour relire le projet de rapport et apporter des conseils. Il s'agit tout d'abord des membres de l'équipe de rédaction de l'étude, mes amis et anciens collègues du Programme Cospas-Sarsat : Jim King, William Ruark, Claude Gal, Wayne Carney et Vladislav Stoudenov. Outre les contributions originales rédigées pour le rapport, leurs commentaires et leurs relectures minutieuses du document préliminaire ont été inappréciables. Je suis également reconnaissant à Gérard Brachet, Ingemar Skoog, Jennifer Clapp, Pierre Bescond, Denis Hill, Cheryl Bertoia, N.K. Shrivastava, Einar Ellingsen et Miriam Paknys pour leur travail de relecture, de correction et d'amélioration du projet de rapport. Enfin, je souhaite remercier mon épouse Françoise pour son soutien constant durant mes longues années de participation au Programme Cospas-Sarsat et pour sa patience pendant que je préparais ce rapport.

Daniel LÉVESQUE
Rédacteur en chef de l'étude

Membres de l'équipe de rédaction



Daniel Lévesque
France, Responsable Collecte de données et systèmes de navigation à la Direction des programmes du CNES, 1982-1987,
Chef du Secrétariat Cospas-Sarsat, 1987-2011,



Jim V. King
Canada,
Secrétariat Cospas-Sarsat, 1987-1997,
Responsable technique et Chef adjoint du Secrétariat.



William Ruark
États-Unis,
Chef de l'USMCC, 1984-1987,
Secrétariat Cospas-Sarsat, 1994-2002,
Responsable des opérations et Chef adjoint du Secrétariat.



Claude Gal
France,
Chef de service Argos et Sarsat, 1983-2004, Centre spatial du CNES de Toulouse.



Wayne Carney
Canada,
Secrétariat Cospas-Sarsat, 1998-2006,
Responsable technique.



Vladislav Stoudenov
Russie,
Secrétariat Cospas-Sarsat, 1989-2016, Ingénieur chargé des opérations.

Comité consultatif sur les activités historiques (ACHA) de l'IAF / IAA / IISL

Le Comité consultatif sur les activités historiques IAF/IAA/IISL est un comité conjoint créé en 2006 par la Fédération internationale d'astronautique (IAF), l'Académie internationale d'astronautique (IAA) et l'Institut international du droit de l'espace (IISL).

Membres du Comité ACHA

Dmitry PAYSON	Président de l'ACHA – Directeur du Centre d'information et de recherche de l'ORKK (entreprise unifiée des lanceurs et de l'espace), Moscou (Russie)	ORKK IAA
Oleg ALIFANOV	Institut d'aéronautique de Moscou, Moscou (Russie)	IAF/IAA
Ivan ALMAR	Académie des sciences de Hongrie, Budapest (Hongrie)	MANT IAA
Gérard BRACHET	Secrétaire hon. de l'IAF - Sic Itur, Paris (France)	IAF/IAA
Michael L. CIANCONE	Président du Comité d'histoire de l'AAS, JSC NASA, Houston (Texas, États-Unis)	AAS
B. DEEPENDRAN	Ingénieur-chercheur au Centre spatial Vikram Sarabhai, Thiruvananthapuram (Inde)	ISRO
Stephen E. DOYLE	Vice-président exécutif de Clean Energy Systems, Inc. Shingle Springs (Californie, États-Unis)	AAS IAF/IAA/IISL
Roger S. LAUNIUS	Musée national de l'air et de l'espace, Washington (D.C. , États-Unis)	AAS IAA
Yasunori MATOGAWA	Directeur associé de l'Agence japonaise d'exploration aréospatiale, Kanagawa (Japon)	JAXA ret IAF/IAA
Johannes ORTNER	Vice-président d'EURISY, Vienne (Autriche)	EURISY IAF/IAA
Lubos PEREK	Ancien président de l'IAF, Institut d'astronomie, Académie des sciences de la République tchèque, Prague (République tchèque)	IAF/IAA/IISL
Ake Ingemar SKOOG	Ancien président de l'ACHA, Immenstaad (Allemagne)	DGLR IAF/IAA
Roberto Battiston	Agence spatiale italienne (ASI)	ASI IAF
Mario HERNANDEZ		Expert
Daniel LEVESQUE	Chef du Secrétariat Cospas-Sarsat (retraité), Neuilly-sur-Seine, France	Expert



IAF Secretariat

3 rue Mario Nikis – 75015 Paris – France
T: +33 (0)1 45 67 42 60
F: +33 (0)1 42 73 21 20
E: info@iafastro.org

www.iafastro.org