

**Surveillance et contrôle des activités des navires en mer
= Surveillance and Control of Vessel's Activities at Sea**

Michel Morel, Aldo Napoli, Anne Littaye, Marie-Pierre Gleizes, Valérie Bazin,
Bernard Alhadef, Christian Scapel, Bruno Leroy, Jacques Lebrevelec, Daniel
Dejardin

► **To cite this version:**

Michel Morel, Aldo Napoli, Anne Littaye, Marie-Pierre Gleizes, Valérie Bazin, et al.. Surveillance et contrôle des activités des navires en mer = Surveillance and Control of Vessel's Activities at Sea. La Revue de l'Electricité et de l'Electronique, Société de l'Électricité, de l'Électronique et des Technologies de l'Information et de la Communication, 2007, 9 p. hal-00546778

HAL Id: hal-00546778

<https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00546778>

Submitted on 13 Nov 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Surveillance et contrôle des activités des navires en mer

Mots clés

Sécurité des frontières maritimes, Gestion des flux de marchandises transportées, Lutte contre la criminalité et les violations à la réglementation

■ Michel MOREL¹, Aldo NAPOLI², Anne LITTAYE³, Marie-Pierre GLEIZES⁴, Valérie BAZIN⁵, Bernard ALHADEF⁶, Christian SCAPEL⁷, Bruno LEROY⁸, Jacques LEBREVELEC⁹, Daniel DEJARDIN¹⁰
DCNS SIS¹, Mines Paris², ECOMER³, IRIT⁴, ONERA⁵, SOFRESUD⁶, CDMT⁷, DAM⁸, CROSSA ETEL⁹, CROSSMED¹⁰

« *Quiconque est maître sur la mer a un grand pouvoir sur la terre* »
 Cardinal de Richelieu

Il est donc primordial de mettre en place des solutions techniques originales pour contribuer à renforcer la sécurité et la sûreté maritimes, protéger nos vastes frontières et pérenniser nos échanges commerciaux.

1. Introduction

Le transport maritime est de plus en plus un enjeu de premier plan pour le développement économique des nations. En effet, 90 % des échanges internationaux et 43 % des échanges entre les pays européens se font par voie maritime. Onze millions de navires fréquentent par an la Méditerranée et 50 millions de passagers sont transportés. La figure 1 suivante donne un exemple de la den-

sité des itinéraires maritimes qui sont ceux empruntés quotidiennement en Méditerranée par les ferries.

Des estimations de trafics illicites sont réalisées chaque année. On évalue à :

- Un million d'immigrants clandestins (300 000 en Grèce, 100 000 en Turquie, 100 000 en Italie, etc.) transportés par bateaux réguliers (ferries, navires

L'ESSENTIEL

Pour garantir aujourd'hui des conditions sécuritaires de passage dans les eaux territoriales et exclusives économiques françaises, le dispositif de surveillance maritime s'est renforcé en utilisant de manière optimale la synergie de ses différentes composantes : CROSS (Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage), sémaphores, moyens nautiques et aériens des administrations en mer. Toutefois, ils ne recueillent des informations que pour des zones maritimes et/ou des périodes limitées. C'est pourquoi il est envisagé, dans les futurs systèmes de surveillance globale et permanente, de recueillir des données permettant de mieux gérer les contrôles et interventions.

Pour cette prise de contrôle global des espaces maritimes sans empêcher ou restreindre le libre échange, il est aussi nécessaire de développer des outils d'analyse automatisée par croisements des nombreuses informations acquises pour suivre dans le temps et l'espace la situation des activités en mer ou liées à la mer, les flux de marchandises transportées et détecter ainsi une part des activités criminelles et les risques encourus (flux de produits illicites, immigration clandestine, surexploitation des ressources halieutiques, pollutions par des matières dangereuses, piraterie, sinistres, etc.), et les violations à la réglementation.

SYNOPSIS

To guarantee good security conditions in the French national water and exclusive economic zone, the surveillance system is optimised in using various facilities: CROSS (Regional Operational Centres), a network of coastal semaphores, vessels and aircrafts from maritime administrations.. But information are acquired only over limited areas or time periods. Thus, the next solutions shall be global and permanent, and shall process all available information to better manage and control all activities at sea.

To best achieve this global surveillance of wide maritime areas without constraining the free access and commercial activities, tools are to be developed to automatically combine and process various types of information collected to continuously monitor the ship's traffic, the good flows and to detect criminal activities and threats (illicit goods flows, clandestine immigrants, piracy, accidents, etc.), and regulation violations.

marchands, navires de pêches et plaisances) et par petites embarcations rapides,

- 60 tonnes d'héroïne, 2 000 tonnes de haschisch et 6 000 tonnes de cigarettes de contrebande transportées par navires réguliers et petites embarcations rapides,
- 1 600 déballastages d'hydrocarbures, huile, etc. de plus de 10 tonnes chacun,
- 750 millions de tonnes de macrodéchets rejetés en mer,
- 250 000 tonnes de poissons sont pêchées illégalement et transbordées en haute mer sur des bateaux frigorifiques ou débarquées dans des ports non usuels.

Ouverte sur l'océan Atlantique et la Méditerranée, la France dispose d'une zone économique exclusive de 11 millions de kilomètres carrés avec ses îles. Sa position géographique, particulièrement exposée, constitue une situation tout à fait originale où 20 % du trafic maritime mondial transite au large de ses côtes sans s'y arrêter. Par ailleurs, la France effectue 70 % de ses échanges commerciaux par voie maritime, et la quasi-totalité du pétrole qu'elle importe est transportée par la mer.

Ces statistiques sont quelques-unes des raisons pour lesquelles la liberté de navigation et la sécurité des routes maritimes représentent pour la France un intérêt vital. Elles montrent également la « vulnérabilité » des systèmes en place, ainsi que les faiblesses des solutions actuelles utilisées.

Dans le contexte de la sécurité et sûreté globales et de ses différentes composantes, le projet ScanMaris [Surveillance et contrôle des activités des navires en mer (Maris)] propose une solution concrète qui contribue à sécuriser les frontières maritimes.

Cet article est structuré de la manière suivante :

- Le contexte du projet (besoins, enjeux et contraintes).
- Principes de ScanMaris (objectifs, partenaires et architecture fonctionnelle).
- Acquisition et traitement de l'information (capteurs et bases de données).
- Aide à la décision.
- Verrous scientifiques.
- Conclusion.
- Bibliographie.

2. Contexte du projet

Le contexte de ScanMaris présenté dans cette partie intègre les besoins, les enjeux et les contraintes qui sont associées.

2.1. Les besoins

La liberté de navigation dans les eaux territoriales (jusqu'à 12 milles marins) et dans la zone économique

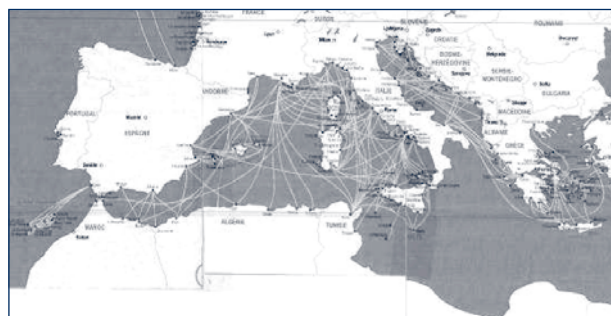


Figure 1. Routes des ferries en Méditerranée.

exclusive (200 milles marins) est garantie par la Convention internationale de Montego Bay, à condition que le passage soit inoffensif.

Pour garantir aujourd'hui des conditions sécuritaires de passage dans les eaux territoriales et exclusives économiques françaises, le dispositif de surveillance maritime s'est renforcé en utilisant de manière optimale la synergie de ses différentes composantes : CROSS (centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage), sémaphores, moyens nautiques et aériens des administrations en mer. Toutefois, ils ne recueillent des informations que pour des zones maritimes et/ou des périodes limitées. C'est pourquoi il est envisagé dans les futurs systèmes de surveillance globale et permanent, de recueillir des données permettant de mieux gérer les contrôles et interventions.

Pour cette prise de contrôle des espaces maritimes sans empêcher ou restreindre le libre échange, il est aussi nécessaire de développer des outils d'analyse automatisée par croisements des nombreuses informations acquises, pour suivre dans le temps et l'espace la situation des activités en mer ou liées à la mer, les flux de marchandises, et détecter ainsi une part des activités criminelles et les risques encourus (le trafic de produits illicites, l'immigration clandestine, la pêche illégale non régulée et non réglementée, les pollutions par des matières dangereuses, la piraterie, les sinistres, etc.), et les violations à la réglementation.

2.2. Les enjeux

Jean-Marie Carnet, délégué général du GICAN (Groupement industriel des constructions et armements navals) rappelle les définitions de la sécurité et sûreté maritimes [Carnet, 2006] :

- La sécurité maritime (contrôle des risques), c'est la sécurité portuaire, la sécurité des conteneurs, le sauvetage, la sécurité de la navigation, le contrôle du trafic maritime et les centres opérationnels.
- La sûreté maritime (la lutte contre les menaces), c'est la lutte contre les trafics, la lutte contre la piraterie et la contrebande, la lutte contre l'immigration illégale, la protection des forces navales, l'anti-terrorisme, la surveillance des pêches.

Dans la suite du document, par commodité, nous uti-

liserons le terme sauvegarde maritime pour recouvrir les définitions ci-dessus.

Au plan national un renforcement des moyens et de l'organisation actuelle pour la sauvegarde maritime aux frontières est souhaitable. Ce souhait est rappelé dans le rapport 2006 du groupe POSEIDON sur la politique maritime de la France [Poséidon 2006]. Il y est précisé que la charge budgétaire est évidente, mais elle est à mettre en rapport avec les bénéfices économiques escomptés d'un développement d'échanges commerciaux sécurisés et une limitation des risques encourus.

2.3. Les contraintes

Ce rapport POSEIDON, comme le « Livre vert » de l'Union européenne [UE, 2006], concluent que cette mise en œuvre d'une sauvegarde maritime coûteuse en investissement et en fonctionnement n'est acceptable que si elle s'accompagne de solutions techniques originales et innovantes d'extraction, de croisement, de fusion et d'exploitation de plus en plus performante des nombreuses informations acquises par différents capteurs en temps réel et par des bases de renseignements disponibles en temps différé.

Dans son rapport scientifique sur la sauvegarde maritime la DARPA [Darpa 2005] mentionne que 75 à 85 % des activités en mer, des déplacements et des comportements des navires sont directement liés à des décisions et des actions humaines (statistiques obtenues à partir d'analyses faites sur plus de 50 000 navires). Il est également noté que les activités en mer sont en forte expansion (plus de 4 % par an) et régies par de nouvelles réglementations nationale, européenne et internationale. De plus, la surveillance globale :

- Doit être réalisée avec des sources d'information hétérogènes disponibles sur les types d'activités maritimes, les déplacements et positions des navires.
- Nécessite d'acquérir en permanence des connaissances détaillées sur les routes maritimes (flux de marchandise) et les comportements des navires (licites et illicites).

Plusieurs méthodes et technologies sont étudiées dans ce rapport pour obtenir ces connaissances. Finalement, les recommandations préconisent de mettre en place des méthodes d'apprentissage basées sur une technologie multi-agent adaptatif [Mano 2005] qui est particulièrement pertinente pour le domaine du trafic maritime, car :

- Elle permet le traitement multi-contexte et multi-dimension qui facilite la prise en compte de l'évolution et l'accroissement des trafics (licites, illicites et violation à la réglementation).
- Elle permet d'ajouter facilement un nouvel agent (pour intégrer par exemple une nouvelle activité maritime).
- Elle peut s'adapter à de nouvelles sources d'informa-

tion (comme un nouveau paramètre cinématique).

- Elle prend en compte de nouveaux cas d'anomalie (comme un nouveau comportement de contrevenant) qui sont détectables par le processus d'auto-organisation des agents.

En conclusion, l'intensification des échanges et leur mondialisation nécessitent le recours à des systèmes de surveillance des flux de marchandise transportée de plus en plus vigilants, afin d'en faire un suivi permanent et de détecter les activités illicites et violations à la réglementation.

3. Principes de ScanMaris

Compte tenu des besoins et des arguments présentés précédemment, l'objectif du projet ScanMaris vise donc à réaliser et expérimenter un système d'aide à la sauvegarde des frontières maritimes françaises. Nous détaillons dans cette partie les objectifs, les partenaires impliqués ainsi que l'architecture fonctionnelle de la plateforme.

3.1. Les objectifs

ScanMaris s'inscrit dans l'élaboration d'un C4ISR maritime [ONR]. Les systèmes C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) utilisés par les forces armées et les ingénieurs système englobent les domaines suivants : commandement, contrôle, communication, informatique, renseignement, surveillance et reconnaissance. Il comprend également les systèmes d'information, la technologie des satellites et des capteurs plus d'autres outils, compétences et processus venant appuyer la collecte d'information.

Les fonctions ScanMaris permettent d'améliorer l'efficacité d'une surveillance globale et de la détection des contrevenants. Elles contribuent donc à mettre en place des réponses optimales dans le temps et les moyens d'intervention adaptés de lutte contre les activités illicites et les violations aux réglementations. Dans un C4ISR maritime le schéma simplifié suivant (figure 2) présente les fonctions S&R (Surveillance & Recognition) qui seront développées dans le projet ScanMaris.

Compte tenu des volumes d'informations hétérogènes acquis par les futurs systèmes intégrés pour la sauvegarde maritime, il est nécessaire que des fonctions automatisées ainsi que des filtres spécialisés permettent en permanence d'établir et de suivre les évolutions du trafic maritime, les différentes activités en mer, les flux de marchandises licites et illicites. Cela doit être développé en accord avec le droit de la mer et en prenant en compte le découpage géographique des espaces en zones maritimes réglementées.

Finalement ScanMaris va contribuer à l'efficacité des

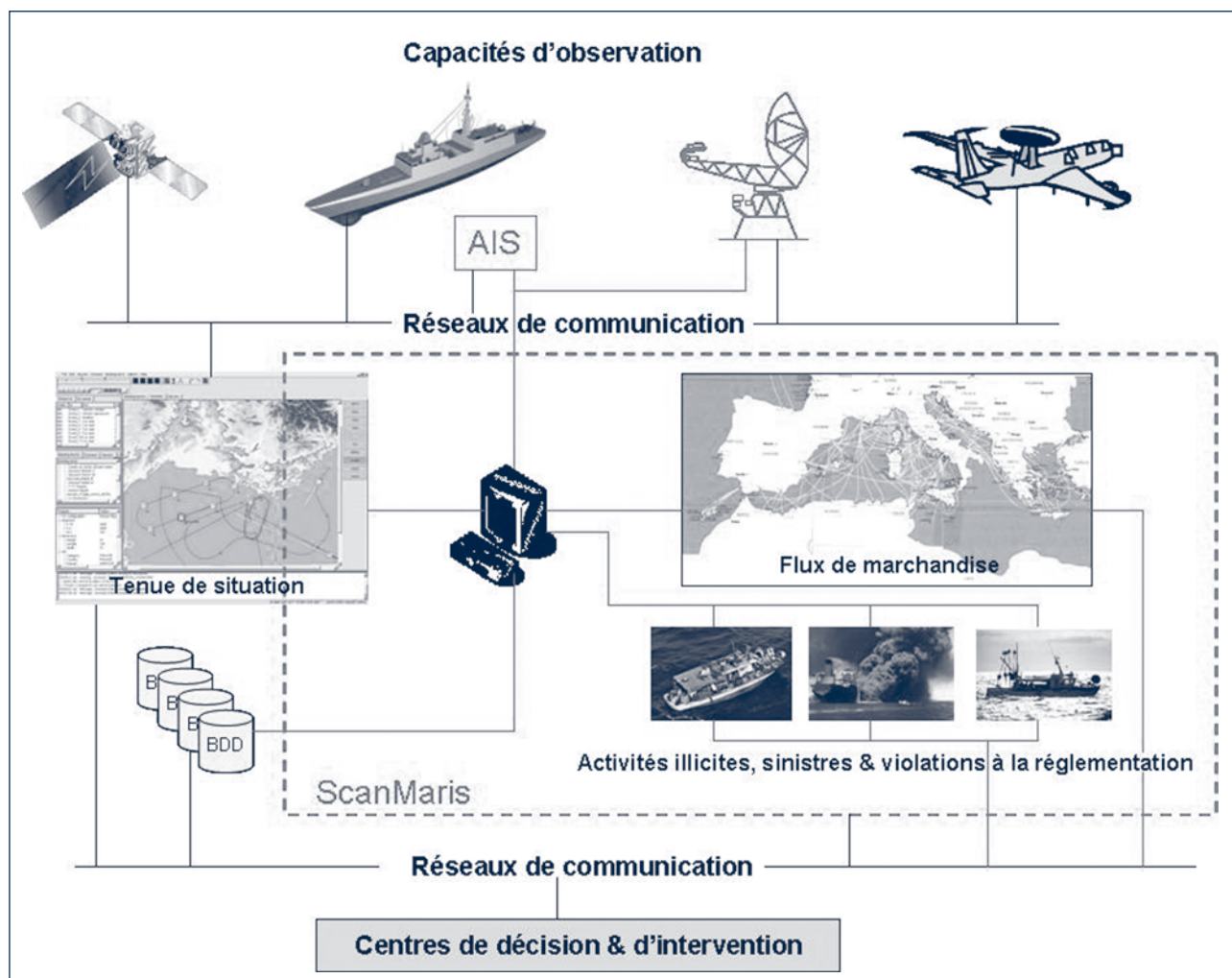


Figure 2. Le C4ISR ScanMaris.

moyens d'anticipation et de prévention pour une sécurité globale visant à la protection des états et de leurs citoyens.

3.2. Le partenariat

Cette approche système et transverse de la sauvegarde aux frontières maritimes (sécurité du territoire et protection contre les actions malveillantes) fait appel à des compétences pluridisciplinaires qui sont capitalisées dans un groupement de partenaires complémentaires (voir les références dans la partie bibliographie). Les partenaires sont de trois types :

- des industriels (DCNS-SIS, SOFRESUD, ECOMER),
- des académiques (IRIT, ECOLE DES MINES, ONERA, CDMT),
- des acteurs opérationnels (prescripteurs et opérateurs) de la sauvegarde maritime (DAM, CROSS-MED, CROSS ETEL).

3.3. L'architecture fonctionnelle

Les fonctions de ScanMaris pour le recueil et l'ana-

lyse « intelligente » des nombreuses données disponibles permettront d'acquérir une meilleure connaissance et pratique, d'être à même de mettre à jour et suivre des « réseaux » criminels en mer et ainsi d'augmenter les capacités d'investigation en vue de réduire les effets, voire de prévenir des nouvelles activités illicites. De manière synthétique, il se compose des modules suivants (figure 2) :

- Tenue de situation (les positions, vitesses et caps de l'ensemble des navires sur la zone maritime) à partir de données de capteurs déployés ou simulées.
- Tenue de situation précédente renseignée par des informations externes (par exemple sur les types de cargaisons, les destinations, les pavillons, les certifications, etc.), de la réglementation et des conditions de navigation (météorologie, océanographie et géographie).
- Méthodes d'apprentissage et de modélisation des itinéraires, des flux de marchandises et des anomalies (transbordement, dérive, mouillage, changement fréquent de vitesse et de cap, etc...).
- Moteur de règles d'investigation pour détecter les anomalies du trafic et des comportements.
- Outils d'aide pour l'évaluation des performances des

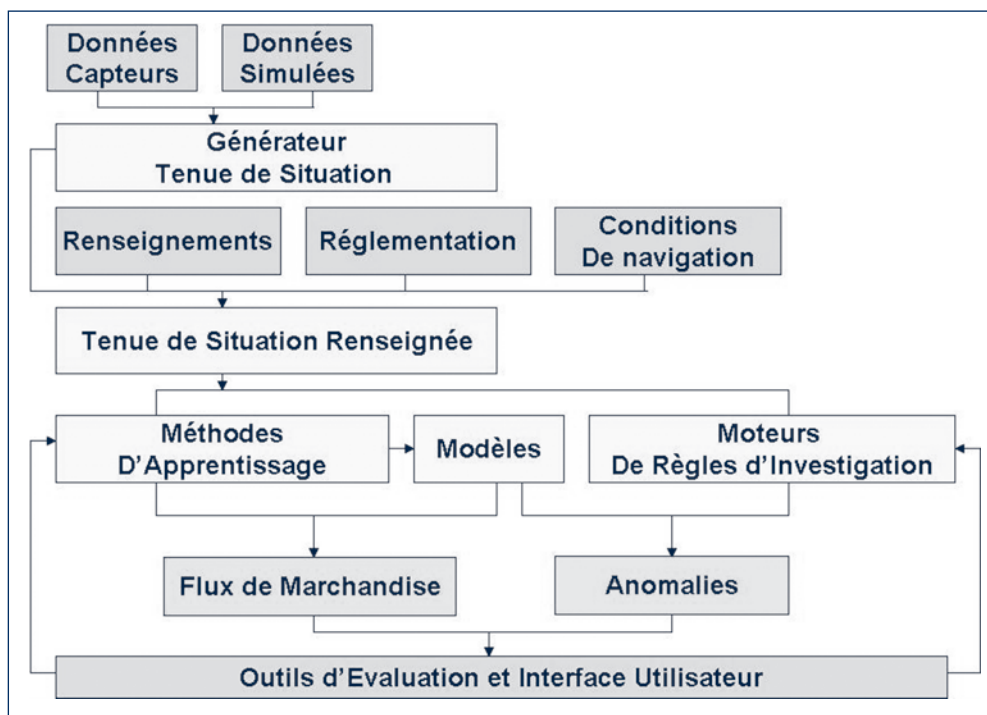


Figure 3. Architecture de ScanMaris.

méthodes, modèles et moteurs à partir de différents scénarios de trafic maritime (observés et simulés).

- Interfaces homme-machine pour l'évaluation et le contrôle du système.

Le projet ScanMaris est un « atelier » pour développer et évaluer des solutions de prévention et surveillance des frontières maritimes. Ces solutions reposent sur des outils d'exploitation de tenue de situation dite renseignée issue du traitement continu d'importants volumes de données très largement hétérogènes acquises en temps réel (capteurs) et en différé (renseignements).

Les solutions ScanMaris permettent de surveiller les évolutions permanentes du trafic dense sur une zone maritime globale pour suivre les flux de marchandise transportée (vrac, conteneur, énergie, produit chimique, produit de la pêche, passager, etc.) selon différents itinéraires (corridor, autoroute de la mer, cabotage, etc.) et détecter les trafics criminels de produits illicites (stupéfiant, contrebande, immigrant clandestin, ressource halieutique pêchée illégalement, etc.).

4. Acquisition et traitement des informations

Les solutions ScanMaris sont composées d'outils de traitement pour croiser et fusionner des données cinématiques des navires et des renseignements hétérogènes pour établir et maintenir une tenue permanente de situation renseignée complexe et globale du trafic maritime. Des méthodes d'apprentissage qui exploitent ces tenues de

situation renseignées permettent d'acquérir une meilleure connaissance des flux de marchandise transportée pour en améliorer le suivi, et des moteurs de règles d'investigation pour détecter les anomalies comme les flux de produits illicites, les sinistres, les violations à la réglementation, etc...

Pour la tenue de situation renseignée du trafic sur l'espace maritime, les données hétérogènes traitées, croisées et fusionnées proviennent, soit d'observations géo référencées faites en temps réel, soit par des capteurs, soit simulées, soit de bases de données. Cette partie présente ensuite succinctement les approches pour l'apprentissage des comportements des navires ainsi que les verrous scientifiques qui en découlent.

4.1. Les capteurs

Les capteurs sont des radars déployés (côtier, longue portée, AIS, etc...). Aujourd'hui, l'observation des déplacements de navires dans la zone économique exclusive peut se réaliser en combinant des systèmes radars conventionnels avec des moyens aériens et navals. Or, la détection pour de tels radars est limitée par l'horizon électromagnétique (soit quelques dizaines de kilomètres).

Le radar HF (haute fréquence) à ondes de surface peut être une alternative aux systèmes micro-ondes actuels (côtier, aérien et naval) utilisés, car sa portée peut être supérieure à 300 km. Le radar HF à onde de surface peut se déployer sur le littoral ou bien en mer sur une barge ce qui permettrait de couvrir un vaste espace maritime.

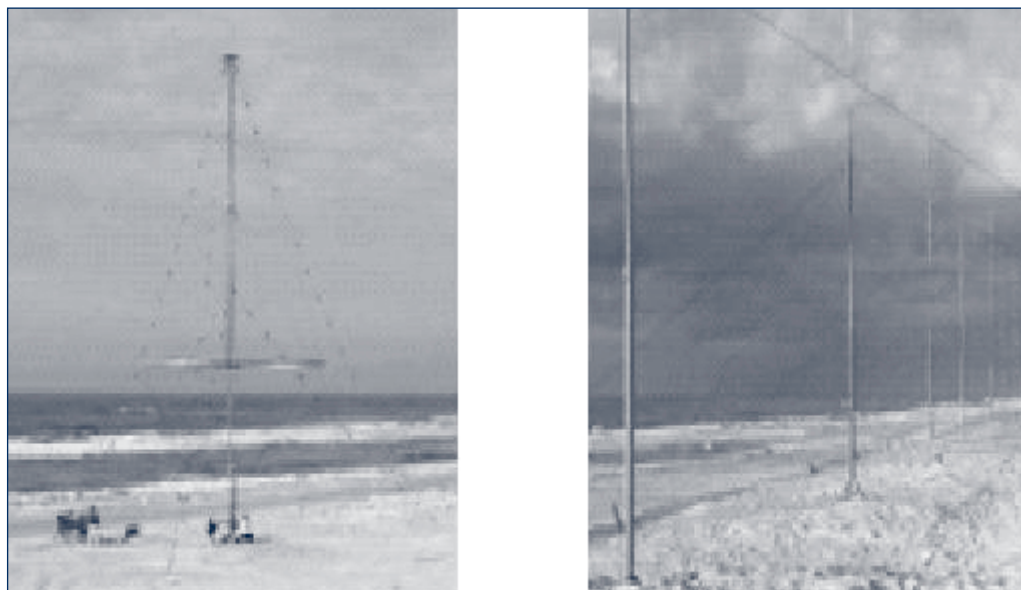


Figure 4. Prototypes de radar HF de l'ONERA.

La figure 4 est une vue du prototype de radar HF de longue portée (émetteur à gauche & récepteur à droite) développé par l'ONERA et qui est déployé au Centre d'Essais des Landes (Biscarosse).

4.2. Les bases de données

Il existe de nombreuses bases de données permettant de connaître les caractéristiques des navires, de leurs déplacements (port de départ, port d'arrivée, type de cargaison, etc...) et de l'environnement maritime (carte bathymétrique, contours côtiers, etc...). Cependant, ces données ne participent pas à l'élaboration de connaissances pour déterminer des flux et des comportements de navires.

Ce projet ScanMaris se propose d'exploiter les données cinématiques et les différentes bases de données spatio-temporelles existantes afin de construire le corpus de connaissances nécessaires à l'élaboration de règles de comportements de navires. De nombreux renseignements peuvent être obtenus :

- Par l'accès en temps différé des bases de données existantes accessibles en ligne comme TF2000, CD-ROM Lloyds, EQUASIS, TROCS, etc...
- Le zonage de l'espace maritime (eau territoriale, contiguë, économique exclusive, protection écologique, aire de pêche saisonnière, haute mer, etc...).
- Les conditions météorologiques (visibilité, nébulosité, vent de surface, etc...) et océanographiques (conditions de houle, température de surface de la mer, courant de surface, etc...).

La réglementation OMI (Organisation Maritime Internationale) oblige depuis le 31 décembre 2004 les navires de commerce de jauge brute supérieure à 300 effectuant des voyages internationaux à être équipés d'un transpondeur AIS (Automatic Identification System) qui

transmet en bande VHF toutes les 2 à 10 secondes des informations sur l'identification, la cargaison, la position, la route et la vitesse, etc.

5. L'aide à la décision sur les activités

Les modèles de flux de marchandise transportée sur différents itinéraires sont développés à partir de techniques d'apprentissage des différents itinéraires sur l'espace maritime, et d'une segmentation des diverses marchandises transportées (vrac, énergie, produit chimique, passager, conteneur, etc...), car le message AIS contient un champ sur la nature de la cargaison transportée. Les modèles donnent les dynamiques dans le temps et sur l'espace maritime des flux des diverses marchandises et des itinéraires utilisés. Ces modèles permettent aussi de dissocier les flux dits principaux (corridor) vers les ports concentrateurs (hubs) des flux dits secondaires (cabotage) des hubs vers les ports de distribution. Les entrées des techniques d'apprentissage sont :

- La tenue de situation renseignée et maintenue dans le temps sur l'espace maritime surveillé.
- La cartographie sur l'espace maritime des zones réglementées et des infrastructures côtières.
- Les bases de données ou CD-ROM comme la Lloyds (cohérence et complémentarité des informations contenues dans les messages AIS et celles fournies par la Lloyds).
- Des cas suspects résolus et non résolus serviront aussi à l'apprentissage de nouveaux contextes d'activités (licites et illicites).

L'apprentissage doit faire émerger des contextes où des activités licites ou illicites ont été avérées ; il sera effectué par système multi-agent adaptatif [Mano, 2005].

Un contexte est un vecteur multidimensionnel d'informations associées à ces cas (identifiant de type navire, cargaison, itinéraire, destinations, anomalies de parcours, etc...) et est créé à partir de cas connus. L'ensemble des contextes appris individuellement sur ces tenues de situations renseignées constitue l'apprentissage collectif supervisé. Un apprentissage émergent (non supervisé) est aussi intégré à partir des cas non résolus par le système multi-agent adaptatif d'une carte maritime virtuelle (voir ci-dessous). Le « pool » de contextes génériques issu de cet apprentissage est fourni à la carte maritime virtuelle.

La carte maritime virtuelle détermine les activités licites et illicites supposées pour l'ensemble des navires avec une force d'évocation associée. L'opérateur disposera en temps réel d'une liste de prévision d'activités illicites, ordonnée par degré de confiance, ainsi que de cas suspects mais non résolus. Au sein de cette carte maritime virtuelle chaque navire devient un agent en interaction potentielle avec d'autres dans son voisinage. Le comportement d'un agent navire est principalement alimenté par :

- Le moteur de règles qui fournit les normalités et anomalies-types de navires portant sur divers points tels que des comportements cinématiques habituels et inhabituels, des incohérences dans les renseignements ou des violations à la réglementation.
- Le modèle adaptatif d'apprentissage de contexte d'activités licites et illicites (voir ci-dessus). Le contexte instantané du navire suspect est corroboré aux contextes types qui ont été appris par le modèle adaptatif.

Les moteurs de règles d'investigation servent à interpréter précisément le trafic maritime organisé selon un réseau d'itinéraires et de flux de marchandise, à investiguer les situations afin de déceler d'éventuels incidents et à accroître la performance des opérationnels pour la détection rapide d'anomalies (violation des réglementations en vigueur, flux de produits illicites, comportements suspects, accidents, sinistres, etc...).

Dans différentes configurations et conditions du trafic, par apprentissage entre des tenues de situation renseignées sans anomalies et avec anomalies, les règles d'investigation et les anomalies sont déduites et validées. Les anomalies considérées sont notamment :

- Des comportements cinématiques non usuels : par exemple, un transbordement en mer entre navires, des vitesses excessives, des changements de caps fréquents dans une zone dépourvue de trafic, une dérive de navire dans une zone à risque (trafic dense, forte houle, récif, etc.), etc.
- Des incohérences dans les renseignements acquis : par exemple, port de départ différent dans le message AIS et la base Lloyds, un historique d'itinéraire différent de l'itinéraire suivi par le navire, un port de destination déclaré différent de celui du flux de mar-

chandise dans lequel le navire circule, etc...

- Des violations à la réglementation : par exemple, navire de pêche dans une zone interdite, navire non autorisé dans les eaux territoriales, navire transportant une cargaison dangereuse non déclarée, navire avec une certification en fin de validité, navire avec des équipages ou passagers suspects, etc...

6. Les verrous scientifiques

La modélisation de comportement de navires est un domaine scientifique peu exploré. Le projet a pour objet aussi de réaliser une modélisation de ces comportements complexes.

Tout navire (marchand, passager, plaisance, pêche, etc...) peut être considéré comme un agent qui cherche à satisfaire un objectif en allant du port de départ à destination. L'activité illicite cherche toujours à se masquer derrière les objectifs déclarés d'un ou plusieurs navires. L'ensemble des transports maritimes est ainsi un système multi-agent dont les nombreux agents sont potentiellement en interaction, et qui ont des comportements évolutifs et plus ou moins nominaux. Détecter la fraude maritime (contrebande, terrorisme, rejets illégaux, pêche interdite, etc...) consiste donc à faire émerger des activités implicites à partir de comportements quasi standards. Les systèmes multi-agents adaptatifs exhibant des propriétés d'auto-organisation, semblent pertinents pour réaliser cette tâche. En effet, la théorie des AMAS (Adaptive Multi Agent Systems) permet une résolution émergente de problèmes, de manière que l'apprentissage des agents ne soit pas guidé par la connaissance d'une fonction globale définie préalablement à l'apprentissage par le concepteur. Cette technique d'apprentissage s'avère donc particulièrement adaptée pour la découverte de fraudes, qui par nature sont non explicites et évolutives.

ScanMaris impose aussi une combinaison particulière d'algorithmes d'apprentissage pour la détection d'activités illicites pour deux raisons :

- Le corpus d'apprentissage est contraint par les cas réels connus. Il faudra segmenter en type de fraude (pêche, pollution, trafics illicites, immigration clandestine, menaces asymétriques, etc...) et classifier les comportements selon les activités des navires (citerne, ferry, pêche, marchand, porte-conteneur, plaisance, etc...) pour éviter d'avoir un surapprentissage et pour bien observer les fraudes.
- Les activités illicites sont en constante évolution, ce qui impose la détection sans apprentissage supervisé. Pour cela nous emploierons un apprentissage émergent fondé sur la technologie des systèmes multi-agents adaptatifs.

Ainsi, l'enjeu scientifique est d'importance et très actuel, car il faudra pouvoir combiner en temps réel l'em-

ploi de méta-heuristiques avec un algorithme d'apprentissage émergent qui n'a pas de fonction objectif.

7. Conclusion

De nombreux pays se sont équipés ou sont en cours d'équipements de système de surveillance maritime. Mais aujourd'hui, force est de constater que les systèmes proposés rencontrent des limites. Leur couverture géographique manque de profondeur (sauvegarde non globale), car ils sont limités aux approches territoriales maritimes (de 0 à 25 milles marins). La permanence de la surveillance peut être plus ou moins assurée, mais pas celle du suivi des flux de marchandise et de la détection des flux de produits illicites. Ils ne savent pas isoler des données hétérogènes acquises (capteurs et bases de données) les informations d'intérêt, et sont très limités en outils d'aide à la décision.

Par essence même, les fonctions développées dans le projet ScanMaris répondent également à une surveillance maritime transfrontalière souvent l'objet d'accords régionaux ou de conventions entre nations maritimes voisines. Le concept ScanMaris initialise donc une démarche et les premiers jalons techniques pour la « standardisation » d'une surveillance maritime globale qui nécessite la mise en commun d'informations hétérogènes acquises par plusieurs États coopérants.

L'atelier ScanMaris peut être considéré comme un laboratoire technico-opérationnel qui permet de mettre au point et d'évaluer des fonctions complexes de traitement, de croisement et de fusion de données hétérogènes pour améliorer les connaissances sur les activités menées en mer et détecter les anomalies.

Cet atelier ScanMaris est une plate-forme de logiciel de référence qui permettra par la suite de prendre en compte des données des futurs senseurs plus performants (par exemple, les Lidars doppler), de nouvelles bases de données de renseignements (par exemple LRIT (Long Range Identification and Tracking system)), des nouveaux risques et menaces (par exemple, la pollution radioactive), des nouvelles réglementations (par exemple, les sanctions des navires pollueurs en haute mer IP/05/888 de la Commission européenne), etc...

Cet atelier assure donc la pérennité des fonctions complexes développées dans le projet ScanMaris par la prise en compte des évolutions des activités en mer, des besoins des opérationnels, des futurs moyens techniques et méthodes scientifiques, et des outils législatifs.

Le prescripteur et les opérationnels partenaires du projet ScanMaris sont des acteurs-clés en France pour la sauvegarde des espaces maritimes. Ils bénéficieront donc

directement des avancées techniques et scientifiques du projet ScanMaris. De plus, ces acteurs sont fortement intégrés dans les missions des préfets maritimes (PREMAR) qui ont l'autorité pour coordonner l'ensemble des intervenants français (Marine, Douane, Gendarmerie maritime, Affaires maritimes) pour mener les actions de l'État en mer. Dans ce cadre, le prescripteur des Affaires Maritimes et les opérationnels des CROSS pourront donc promouvoir les résultats du projet ScanMaris auprès des autres entités impliquées dans la sauvegarde maritime.

Au-delà des solutions technologiques, les nombreuses données capturées (trafic maritime et réglementation en vigueur), traitées et utilisées pourront être distribuées, sous certaines conditions de sécurité de l'information, à d'autres utilisateurs comme les capitaineries des ports, les armateurs, les affréteurs, les assureurs, les courtiers maritimes, etc. pour satisfaire divers besoins opérationnels.

Références

- [DAM] Direction des Affaires maritimes - www.mer.equipement.gouv.fr
- [Carnet, 2006] J.-M. CARNET - *Défense, Sécurité, Sûreté du monde naval* - Euronaval : revue mensuelle Défense Nationale et Sécurité Collective - octobre 2006.
- [CDMT] Centre de Droit Maritime et des Transports de l'Université Paul Cézanne - www.cdmtdroit.u-3mrs.fr
- [CROSS] CROSS MED & CROSSA ETEL - Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et Sauvetage en Méditerranée et Atlantique - www.mer.equipement.gouv.fr
- [Darpa, 2005] " *Predictive Analysis for Naval Deployment Activity* " - Rapport de la Defence Advanced Research Projects Agency - Septembre 2005.
- [DCNS-SIS] Direction des Chantiers Navals Systèmes et services - L'entité SIS anciennement l'entité Combat Management System - www.dcn.fr
- [ECOMER] Cabinet d'ÉCOlogie Marine Étude & Recherche.
- [IRIT] Institut de Recherche Informatique de Toulouse de l'Université Paul-Sabatier, UMR 5505 www.irit.fr/SMAC
- [Mano, 2005] J.-P. MANO, M.-P. GLEIZES, P. GLIZE - *Résolution émergente et collective de problèmes par systèmes multi-agents : principes et applications*. Revue Traitement du signal (Méthodologie de la gestion intelligente des senseurs), Grets, CNRS, Vol. 22, N° 4, 2005.
- [Mines Paris] Ecole des Mines Paris - Pôle Cindyniques www.cindy.ensmp.fr
- [ONERA] Office national d'études et de recherches aérospatiales www.onera.fr/demr/index/php
- [ONR] Office of Naval Research http://www.onr.navy.mil/sci_tech/31/
- [Poseidon, 2006] *Une ambition maritime pour la France* - Rapport du groupe POSEIDON « Politique maritime de la France » - décembre 2006.
- [SOFRESUD] SOFRESUD www.sofresud.com
- [UE, 2006] *Vers une politique maritime de l'Union, une vision*

européenne des océans et des mers - Rapport de la Commission européenne - juin 2006.

Les auteurs

Michel Morel est diplômé maître ès sciences physiques, ingénieur ENSTA option Génie maritime et architecte naval. Responsable de la mission du satellite HELIOS d'observation (Aérospatiale à Paris) et ENVISAT (Agence spatiale européenne au Pays-Bas) puis responsable des études et développements scientifiques au Western European Union (Etablissement de la Commission européenne) à Madrid. Actuellement il est responsable de la R & D de la Division système d'information et sécurité de DCNS.

Aldo Napoli est titulaire d'un doctorat en Géographie (Université de Nice-Sophia Antipolis). Chargé de recherche à l'École des Mines de Paris, il est impliqué depuis 1995, dans des projets R & D nationaux et européens dans le domaine des technologies appliquées à la gestion des risques majeurs naturels et technologiques (aide à la décision et traitement de l'information spatio-temporelle).

Anne Littaye est docteur en océanographie écologie, avec une spécialisation sur l'intégration de données multi sources et modélisation d'écosystème à des fins de gestion des ressources naturelles. Après avoir travaillé durant 9 ans pour l'Ifremer sur différentes problématiques, et développé ses domaines de compétences par une formation au droit environnemental, elle intervient depuis 5 ans comme consultant sur des projets européens (Maroc, développement d'un outil d'aide à la décision pour la gestion du littoral), études d'impacts (expertise environnementale préalable à des aménagements portuaires). Elle est aussi maître de conférence pour différentes universités et écoles d'ingénieur, et formatrice en météorologie marine.

Marie-Pierre Gleizes est professeur à l'Université Paul Sabatier-Toulouse III et effectue ses recherches à l'IRIT (Institut de recherche en informatique de Toulouse) où elle est responsable de l'équipe SMAC (Systèmes multi-agents coopératifs). Son principal domaine

de recherche est la conception de systèmes complexes à fonctionnalité émergente. À cette fin, elle travaille sur les systèmes multi-agents, l'auto-organisation, l'adaptation et l'émergence, et s'intéresse au développement d'une méthodologie pour de tels systèmes. Dans ce cadre, elle a participé à plusieurs projets européens.

Valérie Bazin a obtenu son doctorat, spécialité Mathématiques, à Paris XI (Orsay) en 1990. Depuis, elle a intégré l'ONERA au sein du Département Electromagnétisme et Radar. Après s'être investie dans la modélisation des équations de Maxwell pendant une dizaine d'années dans le cadre de la furtivité radar, elle a rejoint l'unité Basse Fréquence (DEMR/RBF) où elle assiste les responsables de projet. Elle participe actuellement aux études menées avec le Radar HF à ondes de surface (HFSWR) déployé à Biscarosse.

Bernard Alhadef est diplômé ingénieur électronicien ENSI, 3^{èmes} cycles IAE et CNAM. Chef du service "électronique embarquée" de la Direction de la recherche de Renault, puis responsable de la gestion industrielle d'Arianespace et enfin directeur de la société SOFRESUD. Auteur ou co-auteur d'une douzaine de brevets en électronique, électrotechnique et informatique.

Christian Scapel est avocat au Barreau de Marseille, maître de conférence à la Faculté de droit d'Aix-Marseille, directeur du Centre de droit maritime et des transports (CDMT) de cette Faculté. Il enseigne le droit maritime dans cette Faculté depuis 1975, et a également enseigné à la Faculté de droit de Casablanca, de Sofia et de la République de Maurice. Il dirige les Mastères de droit maritime et des transports, de transport aérien et de droit des transports terrestres. Il est directeur de la Revue de droit commercial maritime, aérien et des transports et directeur scientifique de l'IFURT (Institut de formation et de recherche sur le transport aérien) de la Faculté d'Aix-Marseille.

Bruno Leroy est administrateur en chef des Affaires maritimes, chef du Bureau du sauvetage et de la circulation maritime à la Direction des Affaires maritimes.

Jacques Lebrevelec est administrateur en chef des Affaires maritimes, directeur du CROSSA ETEL.

Daniel Dejardin est administrateur en chef des Affaires maritimes, directeur du CROSSMED.