



## Surveillance et contrôle des activités des navires en mer : Scanmaris

Michel Morel, Aldo Napoli, Anne Littaye, Jean-Pierre George, Florent Jangal,  
Bernard Alhadeff, Christian Scapel, Jacques Lebrevelec, Daniel Dejardin

### ► To cite this version:

Michel Morel, Aldo Napoli, Anne Littaye, Jean-Pierre George, Florent Jangal, et al.. Surveillance et contrôle des activités des navires en mer : Scanmaris. Workshop Interdisciplinaire sur la Sécurité Globale - WISG 2008, Jan 2008, Troyes, France. 12 p. hal-00751278

HAL Id: hal-00751278

<https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00751278>

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 CONTROLE DES ACTIVITES DES NAVIRES EN MER

## ScanMaris

- Michel MOREL (DCNS), Aldo NAPOLI (Mines Paris), Anne LITTAYE (ECOMER), Jean-Pierre GEORGE (IRIT), Florent JANGAL (ONERA), Bernard ALHADEF (SOFRESUD), Christian SCAPEL (CDMT), Jacques LEBREVELEC (CROSSA ETEL), Daniel DEJARDIN (CROSS MED)

*«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.

### **Résumé :**

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 (Centre 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 ou des périodes limitées. C'est pourquoi il est envisagé dans les futurs systèmes de surveillance globale et permanente, un recueil massif de données permettant de mieux gérer les contrôles et interventions.

Pour cette prise de contrôle global des espaces maritimes en tenant compte des nombreuses informations acquises et sans empêcher ou restreindre le libre échange, il est ainsi nécessaire de développer des outils d'analyse automatisée par croisements des données. Il devient alors possible de 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 violations à la réglementation, ainsi que les risques encourus (flux de produits illicites, l'immigration clandestine, la sur exploitation des ressources halieutiques, les pollutions par des matières dangereuses, la piraterie, les sinistres, etc.).

Mots clés : Sécurité des frontières maritimes, gestion des flux de produits, prévention des activités criminelles et des violations de la réglementation.

### **Abstract :**

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 is 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 collected information. It then becomes possible to continuously monitor the ship's traffic, the good flows, to detect criminal activities, regulation violations and identify any threats (illicit goods flows, clandestine immigrants, piracy, toxic waste pollution, accidents, etc.).

Key words: Maritime border security, Good flow management, Prevention against criminal activities and regulation violations.

## 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 carte suivante (figure 1) donne un exemple de la densité des itinéraires maritimes qui sont ceux empruntés quotidiennement en Méditerranée par les ferries.

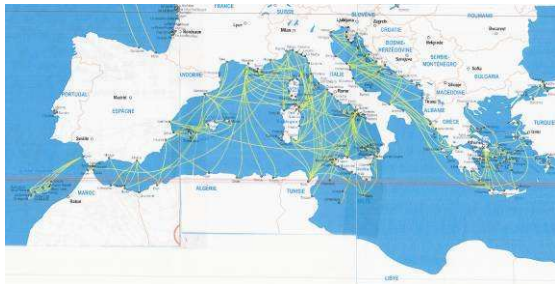


Figure 1 : Routes des ferries en Méditerranée

Des estimations de trafics illicites sont réalisées chaque année. On évalue qu'il y a :

- Un million d'immigrants clandestins (300.000 en Grèce, 100.000 en Turquie, 100.000 en Italie, etc.) transportés par bateaux réguliers (ferries, navires marchands, navires de pêche 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'hydrocarbure, huile, etc. de plus de 10 tonnes chacun ;
- 750 millions de tonnes de macro déchets rejetés en mer ;
- 250.000 tonnes de poissons 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 actuellement 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 :

- 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 ;
- Exemple d'analyse de scénario d'acte illicite ;
- 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 au projet.

### 2.1. Les besoins

La liberté de navigation dans les eaux territoriales (jusqu'à 12 milles marins) et dans la zone économique exclusive (ZEE à 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 (Centre 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 ou des périodes

limitées. C'est pourquoi il est envisagé dans les futurs systèmes de surveillance globale, tout temps et permanente, un recueil de données massif permettant de mieux gérer les contrôles et interventions.

Pour cette prise de contrôle global des espaces maritimes en tenant compte des nombreuses informations acquises et sans empêcher ou restreindre le libre échange, il est ainsi nécessaire de développer des outils d'analyse automatisée par croisements des données. Il devient alors possible de 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 violations à la réglementation, ainsi que les risques encourus (flux de produits illicites, l'immigration clandestine, la sur exploitation des ressources halieutiques, les pollutions par des matières dangereuses, la piraterie, les sinistres, etc.).

## 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 utiliserons 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 [Poseidon, 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], conclut 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.

En effet, les moyens déployés en Europe sont importants. Au total, environ 2000 unités navales, 600 aéronefs et des centaines de systèmes locaux de surveillance des ports et des côtes sont et seront opérationnels. La ressource humaine pour réaliser des opérations de surveillance, de contrôle en mer et les investissements d'acquisition et de possessions des équipements sont limités. Aussi dans un proche avenir, des solutions innovantes, optimales et économiques sont à proposer pour exploiter au mieux les volumes d'informations déjà disponibles et pour étendre la surveillance aux ZEE nationales. La figure 2 présente les couvertures des systèmes actuels et futurs pour la surveillance des eaux territoriales européennes.



Figure 2 : les systèmes européens de surveillance côtière (bordure en rouge)

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 de l'accroissement des trafics (licites, illicites et violations 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'information (comme un nouveau paramètre cinématique).
- Elle prend en compte des 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. Ils comprennent 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 3) présente les fonctions essentielles S&R (Surveillance & Recognition = **Layers 3 & 4**) qui seront développées dans le projet ScanMaris.

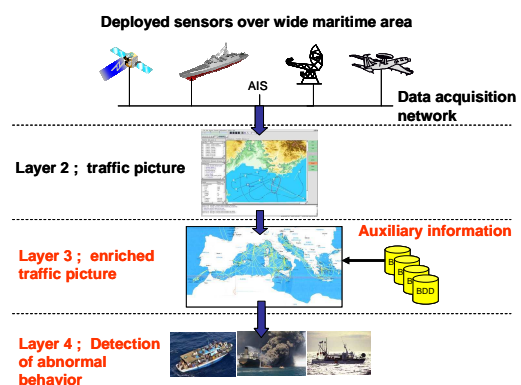


Figure 3 : ScanMaris dans un C4ISR

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. Ceci 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 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, SOFRESUD, ECOMER),
- des académiques (IRIT, ECOLE DES MINES, ONERA, CDMT) et
- des acteurs opérationnels (prescripteurs et opérateurs) de la sauvegarde maritime (DAM, CROSS MED, CROSSA ETEL, COM (Centre Opérationnel de la Marine) et Gendarmerie Maritime).

### 3.3. L'architecture fonctionnelle

Les fonctions de ScanMaris pour le recueil et l'analyse « 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 augmenter les capacités d'investigation en vue de réduire les effets, voire de prévenir des nouvelles activités illicites. De manière synthétique, ScanMaris se compose des modules suivants :

- 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 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.) et les actes comme la piraterie et les menaces asymétriques.

## 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 permettent de 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 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, VMS, futur LRIT, 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 (HFSWR dans une version compacte) ce qui permettrait de couvrir un vaste espace maritime.



Figure 4 - Prototype du radar HFSW de l'ONERA

La Figure 4 est une vue du prototype de radar HF de longue portée (émetteur à gauche et récepteur à droite) développé par l'ONERA et qui est déployé au Centre d'Essais des Landes à 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 nécessaire à l'élaboration de règles de comportements de navires. De

nombreux renseignements peuvent être obtenus :

- Les données navires (en temps différé) via les bases de données existantes accessibles en ligne comme TF2000, CD-ROM LLOYDS, EQUASIS, TROCS, SATI, etc.
- Zonage de l'espace maritime (eau territoriale, contiguë, économique exclusive, protection écologique, aire de pêche saisonnière, haute mer, etc.).
- 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

Des 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.), information accessible via le message AIS qui contient un champ sur la nature de la cargaison transportée. Ces modèles donnent les dynamiques dans le temps et sur l'espace maritime des flux des diverses marchandises et des itinéraires utilisés. Ils 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 qui 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 de 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 également intégré à partir des cas non résolus par le système multi agent adaptatif sur 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 absente 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, un 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 marchandise 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 d'un 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 à ce 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, menace asymétrique, etc.) et classer les comportements selon les activités des navires (citerne, ferry, pêche, marchand, porte conteneur, plaisance, etc.) pour éviter d'avoir un sur apprentissage 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'emploi de méta heuristiques avec un algorithme d'apprentissage émergent qui n'a pas de fonction objectif.

## 7 EXEMPLE D'ANALYSE DE SCENARIO D'ACTE ILLICITE

*Note : les auteurs souhaitent attirer l'attention des lecteurs sur le fait que le scénario présenté dans ce paragraphe est entièrement fictif et ne s'appuie sur aucun fait réel ni acteurs existants.*

Pour illustrer une possible solution de surveillance et contrôle d'une grande étendue maritime, un scénario de pêche illicite non déclarée et non réglementée (INN) est proposé ainsi qu'une analyse de la chronologie de ces anomalies détectées qui constituent un événement suspect.

Une des pratiques des bateaux engagés dans la pêche INN est le transbordement sur un autre bateau en haute mer plutôt que le

déchargement dans les ports. Ceci permet de dissimuler tout lien entre le bateau et le poisson. Le déchargement en mer permet aussi au bateau INN de rester en mer pour capturer plus de poisson au lieu de transiter par le port quand sa cale est pleine. Ainsi les quotas de pêche fixés ne sont pas respectés. Ce transbordement de cargaison en haute mer est pratiqué aussi dans le cadre de trafics illicites de stupéfiants, d'armes, de cigarette de contrebande et de biens culturels.

### 7.1 Chronologie des anomalies observées

La liste ci-dessous donne les caractéristiques cinématiques observées pour les anomalies :

- Anomalie 1, **Premier arrêt** en haute mer du navire frigorifique BYANOR III, de pavillon Panaméen, à l'Ouest des îles Eoliennes. Cet arrêt est proche de la zone de pêche au thon rouge des îles Eoliennes.
- Anomalie 2, **Second arrêt** en haute mer du BYANOR III entre Malte et Bengazi. Cet arrêt est proche de la zone de pêche au thon rouge située entre Malte et la Libye.
- Anomalie 3, **Transbordement** de capture du senneur St Antoine Pierre (avec pavillon français) sur le BYANOR III. Le senneur a rejoint ensuite la zone de pêche.
- Anomalie 4, **Transbordement de capture** de cinq navires de pêches (dont 2 avec pavillon libyen) sur le BYANOR III. Les Senneurs ont rejoint ensuite des ports de pêche libyens.

La carte ci-dessous donne l'historique de l'itinéraire du navire frigorifique BYANOR III avec les localisations des anomalies. Le BYANOR III est un navire de plus de 300 tonnes qui possède un émetteur AIS à bord.

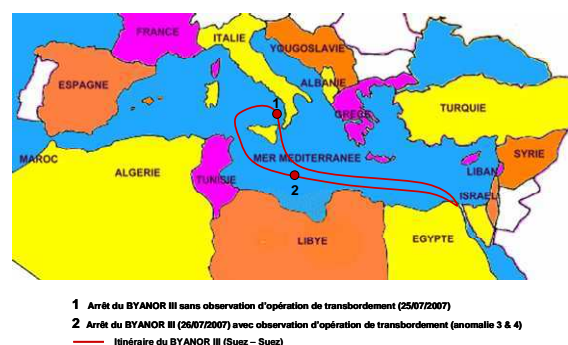


Figure 5 : l'itinéraire du navire frigorifique BYANOR III avec les localisations des anomalies.

### 7.2 Contexte

Le 25 juin 2007 à 10h43 GMT le navire frigorifique BYANOR III de pavillon panaméen

est à la dérive en haute mer pendant 10 heures à 22 milles nautique à l'ouest des îles Eoliennes. Cet arrêt du BYANOR III a lieu dans une zone proche de rassemblements de thons rouges. Le navire frigorifique BYANOR III appartient à l'armateur japonais NFC (Naval Freezer Company). Il possède une licence ICCAT (COM-001-VESS-TSC) qui autorise le transbordement en mer de capture.

Ci-dessous la fiche d'identification du navire frigorifique (source LLOYDS en ligne).

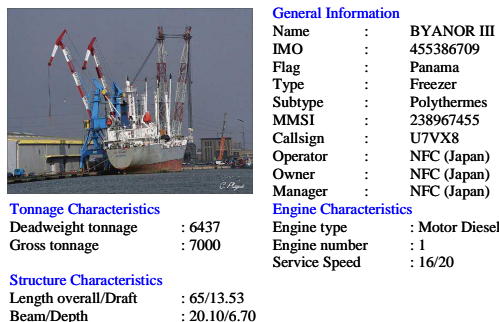


Figure 6 : Fiche LLOYDS du BYANOR III

Le 25 juin 2007 à 20h50 GMT le navire frigorifique BYANOR III a repris sa route en haute mer et contourne la Sicile par l'ouest.

Le 26 juin 2007 à 05h16 GMT le navire frigorifique BYANOR III est à nouveau la dérive en haute mer pendant 5 heures entre Malte et Bengazi (Libye). Cet arrêt du BYANOR III a encore lieu dans une zone proche de rassemblement de thons rouges.

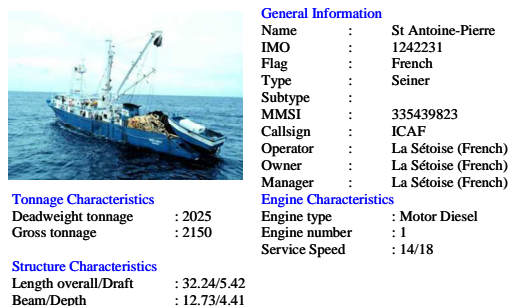


Figure 7 : Fiche du sennier St Antoine Pierre

Le 26 juin 2007 à 05h50 GMT le sennier Saint Antoine Pierre aborde le BYANOR III sachant que le 24 et 25 juin il a mené des opérations de pêche dans la zone de rassemblement des thons rouges.

Ce sennier basé au port de Sète a pris ses quartiers de pêche le 12 juin au port libyen Al

Khums. Il possède une licence ICCAT (COM-020-VESS-EBFTfish) pour la pêche au thon rouge en Méditerranée, mais pas d'autorisation préalable pour transbordement en mer de capture. Comme navire de pêche de plus de 15 mètres et de pavillon français, ce sennier possède un émetteur VMS qui donne en permanence ses positions, par liaison satellite, à une fréquence entre 45 et 60 minutes.

La position du navire frigorifique, où a lieu le transbordement de capture, n'est pas dans une zone surveillée définie par l'ICCAT.

D'après les données VMS collectées, le sennier Saint Antoine Pierre a réalisé les 21 et 22 juin 2007 une mission de reconnaissance dans la zone de rassemblement de thon rouge entre Malte et Bengazi, puis est rentré au port de Al Khums (Libye). Puis, le 23 juin, le sennier a appareillé du port Al Khums et rejoint la zone de rassemblement des thons rouges entre Malte et Bengazi. Le 25 juin 2007, un avion patrouilleur italien déployé sur zone a observé le sennier et ses navires d'assistance en train de «caler la mate» (encercler avec une senne un rassemblement de thon rouge).



Figure 7 : Observation faite par l'avion patrouilleur Italien

D'après les profils des positions et des déplacements qui ont été extraits des données VMS collectées, les 24 et 25 juin 2007 le sennier a déployé par deux fois la senne dans une zone de rassemblement des thons qui est caractérisée par une température de surface atypique à la hausse à 23/25 degrés Celsius.

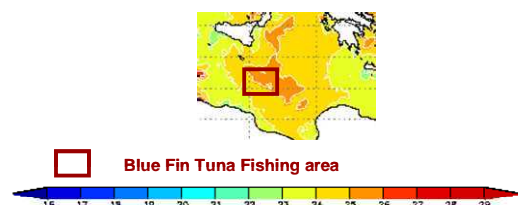


Figure 8 : Carte des températures de surface de la mer (SST; source Medspiration) Le 26 juin 2007, à la demande des autorités françaises, un avion patrouilleur italien sur zone s'est dérouteré et a observé à 08h25 deux

navires de pêche, avec pavillon libyen, en opérations de transbordement de capture à bord du BYANOR III.



Figure 9 : Cliché photographique du transbordement pris par l'avion de patrouille italien

Le 26 juin 2007 à 06h20 GMT cinq autres navires successivement abordent le BYANOR III.

Le 26 juin 2007 à 10h33 GMT le senneur Saint Antoine Pierre rejoint la zone de rassemblement de thon rouge entre Malte et Bengazi (Libye) pour réaliser de nouvelles opérations de pêche.

Le 26 juin 2007 à 11h00 GMT le navire frigorifique BYANOR III reprend sa route en haute mer.

Les conditions de mer dans les zones de pêches des îles Eoliennes et entre Malte et la Libye étaient avec une faible houle (< 1m), donc très favorables aux opérations de pêche et de transbordement.

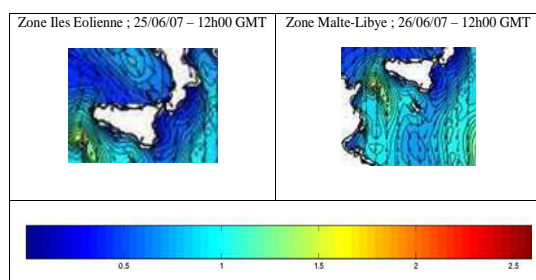


Figure 10 : Carte des hauteurs des vagues les 25/06 et 26/06/07 (source ; Triton Wave Forecast System)

Le 27 juin 2007 à 12h36 GMT le navire frigorifique BYANOR III est en attente au passage Sud du canal de Suez.

### 7.3 Analyse

La chronologie et les natures (arrêts et transbordements) des anomalies, qui ont été

détectées dans le comportement du navire frigorifique BYANOR III (pavillon panaméen et armateur japonais), présentent le profil suspect suivant :

- Arrêt en haute mer pendant une dizaine d'heures du navire frigorifique BYANOR III de pavillon panaméen et d'armateur japonais proche de la zone de pêche au thon rouge des îles Eoliennes. Le BYANOR a une licence ICCAT de transbordement.
- Arrêt en haute mer du BYANOR III pendant environ 5 heures proche de la zone de pêche au thon rouge entre Malte et Bengazi (Libye).
- Probable transbordement de capture du senneur St Antoine Pierre (pavillon français et armateur La Sétoise) qui pêchait le jour précédent dans la zone de pêche au thon rouge proche de l'arrêt du BYANOR III.
- Observations de 2 (avec pavillon libyen) des 5 navires de pêche qui successivement ont transbordé des captures à bord du BYANOR III.

Les éléments de violation à la législation des pêches suivants ont été notés :

- Transbordements de capture dans une zone non définie au préalable par l'ICCAT comme une zone autorisée sous surveillance.
- L'armateur du senneur St Antoine Pierre n'a pas déposé ni obtenu de l'ICCAT une autorisation préalable de transbordement en mer de capture.
- La Libye ne dispose pas de quota de pêche au thon rouge en méditerranée.

Dans ces circonstances, les recommandations suivantes sont à prendre en compte par les autorités en charge du contrôle des pêches en Méditerranée :

- Inscrire à la liste noire ICCAT des navires frigorifique BYANOR III et du senneur St Antoine Pierre.
- Réaliser un contrôle complet du senneur St Antoine Pierre à sa prochaine escale à Sète avec rapport dans la base SATI.
- Réaliser un contrôle du navire frigorifique BYANOR III à sa prochaine sortie de Méditerranée par le canal de Suez.
- Rapporter et demander des clarifications aux autorités japonaise et libyenne sur les événements suspectés de transbordement de capture qui ont été observés.

Ce scénario d'un cas fictif de pêche INN avec transbordement des captures en mer sur un navire frigorifique, illustre la nécessité pour les solutions de sauvegarde maritimes futures de

renseigner par des informations hétérogènes une chronologie d'anomalies constituant un événement suspect en mer. Evénement qui a été détecté et suivi par des capacités de surveillance déployées sur une zone étendue. Il montre également l'importance de disposer de moyens d'aide à la décision innovants pour suivre l'évolution, analyser et expertiser des événements suspects qui peuvent se dérouler sur plusieurs jours et sur une large zone maritime.

## 8 CONCLUSION

De nombreux pays se sont équipés ou sont en cours d'équipements de systèmes 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 Etats 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 d'algorithmes 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 d'observation, des 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 et du COM 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.

## 9 BIBLIOGRAPHIE

[DAM] Direction des Affaires Maritimes

[www.mer.equipement.gouv.fr](http://www.mer.equipement.gouv.fr)

[Carnet, 2006] Jean-Marie 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.cdmt.droit.u-3mrs.fr](http://www.cdmt.droit.u-3mrs.fr)

- [CROSS] CROSS MED & CROSSA ETEL -  
Centres Régionaux Opérationnels de  
Surveillance et Sauvetage en  
Méditerranée et Atlantique -  
[www.mer.equipement.gouv.fr](http://www.mer.equipement.gouv.fr)
- [DARPA, 2005] Predictive Analysis for Naval  
Deployment Activity - Rapport de la  
Defence Advanced Research Projects  
Agency - Septembre 2005.
- [DCNS]  
[www.dcn.fr](http://www.dcn.fr)
- [ECOMER] Cabinet d'ECologie Marine Etude  
& Recherche.
- [IRIT] Institut de Recherche Informatique de  
Toulouse de l'Université Paul Sabatier,  
UMR 5505 [www.irit.fr/SMAC](http://www.irit.fr/SMAC)
- [Mano, 2005] Jean-Pierre Mano, Marie-Pierre  
Gleizes, Pierre 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](http://www.cindy.ensmp.fr)
- [ONERA] Office National d'Etudes et de  
Recherches Aérospatiales  
[www.onera.fr/demr/index/php](http://www.onera.fr/demr/index/php)
- [ONR] Office of Naval Research  
[http://www.onr.navy.mil/sci\\_tech/31/](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](http://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.