

Contexte

L'activité maritime : un contexte générateur de risques

La mer représente 75% de la surface du globe terrestre, l'être humain l'utilise pour se déplacer, pêcher et transporter des marchandises lourdes à moindre coût. L'activité maritime qui y est engendrée par l'utilisation de la mer est l'un des facteurs essentiels du développement économique et du rapprochement des territoires éloignés. Elle évolue sur un espace à la fois spatio-temporel par son contexte physique mais aussi stratégique par son emploi. Selon un rapport de la conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED 2009), l'économie maritime représente 90% des échanges internationaux avec 80% du transport d'énergie. On recense 1,19 milliard de tonnes de port en lourd¹ (TPL) en 2009 avec une croissance de 6,7% par rapport à 2008 malgré la récession économique. Ce qui est une preuve de l'importance de ce secteur. Au niveau de l'Union Européenne (UE), la flotte commerciale a connu une augmentation de 80% de sa capacité durant ces 30 dernières années. L'Agence Internationale de l'Energie (AIE) prévoit une augmentation de 50 % d'ici 2020 de la demande européenne de gaz ce qui pourrait envoyer encore à la hausse la capacité de la flotte commerciale.

L'activité maritime évolue dans un espace maritime complexe, caractérisé par sa dimension internationale due à l'existence d'espaces internationaux libres et de plusieurs états côtiers ayant chacun leur propre réglementation maritime. La plupart des états côtiers possèdent une multitude d'acteurs intervenant en mer comme les centres de surveillance (Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage en France, etc.), d'enquête maritimes (*BEAmer*² en France, MAIB³ en Angleterre, etc.), la Marine nationale, la gendarmerie, les douanes et les gardes côtes. Ces acteurs assurent des missions variées comme la lutte antipollution, la surveillance du trafic, le contrôle des pêches, la sécurité de la navigation maritime, la sûreté, la répression des trafics illicites et le sauvetage de personnes. Les missions sont conduites la plupart du temps dans des périmètres restreints, rattachés à des découpages administratifs. D'autres sont menées en

¹ Nombre de tonnes qu'un navire peut transporter.

² <http://www.beamer-france.org/index.php>

³ <http://www.maib.gov.uk/home/index.cfm>

Introduction

haute mer dans des espaces vastes comme celles effectuées par la Marine nationale qui a pour mission de traiter les menaces au plus loin des côtes et au plus près de leur source⁴. Les navires doivent être blanchis⁵ au plutôt avant leur accostage pour une meilleure sûreté (Prati 2010).

Les découpages administratifs utilisés permettent de subdiviser l'espace maritime en zones virtuelles partant des côtes vers la haute mer. On trouve parmi ces découpages, la mer territoriale⁶, les Zones Economiques Exclusives (ZEE), les Zones de pêche, les Zones de Protection de la Pêche (ZPP) et les Zones de Protection Ecologique (ZPE). L'objectif de ces découpages est de permettre une meilleure appropriation des espaces maritimes, faciliter leur gestion, leur surveillance et éviter leur utilisation abusive. Du fait de l'importance liée à la détermination de ces zones, leur nombre augmente rapidement. En Méditerranée, ce nombre s'est multiplié en une décennie avec différentes nominations, dimensions et caractéristiques (Heredia 2009). Ces zones permettent à un Etat côtier de définir des droits exclusifs d'exploitation, d'exploration et de gestion des ressources sur elles et aux autres Etats, le droit de naviguer, de survoler et de poser des réseaux sous-marins (pipelines, câbles, etc.) si cela ne cause pas de tort (Bellayer Roille 2011).

L'évolution de l'activité maritime dans cet espace ouvert, l'augmentation du trafic maritime mondial, sa densité dans certaines zones, les différentes réglementations entre les états côtiers et les enjeux économiques et politiques de cette activité forment un contexte générateur de risques sur les navires, les personnes, les états et l'environnement (écologique et infrastructures portuaires). Nous adoptons pour la suite de ce manuscrit, la définition de Boisson (Boisson 1998) qui définit le risque comme l'éventualité d'un événement pouvant provoquer des conséquences dommageables. Dans le domaine maritime, les risques peuvent être liés à la sécurité (échouement, naufrage, collision, etc.) ou à la sûreté maritime (attaque terroriste, immigration illégale, trafics de biens illicites, etc.). Ceux liés à la sécurité maritime sont causés par un dysfonctionnement ou une activité mettant en danger les navires, les personnes et l'environnement alors que les risques liés à la sûreté sont dus à un acte illicite à l'encontre du navire, des personnes et

⁴ <http://www.cluster-maritime.fr/article.php?id=20>

⁵ Vérifiés qu'ils ne présentent pas de menaces.

⁶ C'est une zone sous souveraineté d'un Etat côtier bordant la côte d'une largeur ne dépassant pas les 12 milles s'il n'y a pas de médiation entre deux états voisins.

des infrastructures portuaires. Quelques chiffres sont présentés ci-après pour donner un aperçu des risques qui pèsent sur cette activité maritime.

Pour faire face aux risques, plusieurs stratégies peuvent être distinguées à savoir la prévention, l'acceptation, la réduction et le transfert du risque à des compagnies d'assurance ou en sous-traitant l'activité à risque (Cougnaud 2007). La stratégie de réduction des risques est la plus classique, elle commence par identifier les risques et leurs facteurs pour mettre en place des actions de prévention. La prévention consiste à poser des mesures pour limiter l'apparition de scénarios négatifs ou les éviter en suspendant par exemple l'activité à risque. Dans la suite de ce travail, l'attention est portée sur la réduction des risques maritimes et le recours à des moyens de surveillance pour assurer la sécurité et la sûreté maritimes.

Les moyens mis en œuvre pour assurer la sécurité et la sûreté

Les moyens mis en œuvre aujourd'hui pour assurer la sécurité et la sûreté maritime peuvent être scindés en trois groupes : les moyens réglementaires, organisationnels et technologiques.

1. Moyens réglementaires

Sur le plan réglementaire, des efforts ont été ressentis pour assurer la sécurité et la sûreté maritime. Les Nations Unis par exemple ont créé en 1948 un organisme appelé OMI (Organisation Maritime Internationale⁷) qui a comme principales missions aujourd'hui de rendre plus sûr, efficace, durable et écologique le secteur maritime. Pour assurer ses missions, l'OMI adopte des réglementations de sécurité comme l'instauration de la double coque pour les navires pétroliers après le naufrage de l'ERIKA⁸, la reconnaissance officielle des cartes de navigation électroniques (ENC⁹) et l'autorisation des états côtiers à enlever les épaves des navires se trouvant dans leur ZEE avec une

⁷ Organisme international consacré exclusivement à la mise en œuvre de mesures visant à renforcer la sécurité, la sûreté, l'efficacité de la navigation et la prévention de la pollution en mer (OMI 2009)(OMI 2009).

⁸ Le naufrage de l'ERIKA en image : <http://tempsreel.nouvelobs.com/galeries-photos/planete/20100330.OBS1469/en-images-le-naufrage-de-l-erika-en-decembre-1999.html> Images

⁹ Les ENC sont l'équivalent électronique des cartes marines papier qui répertorient les descriptions détaillées des objets marins dans une base de données pour permettre leur exploitation par des systèmes informatiques.

Introduction

indemnisation des opérations par les propriétaires des navires ou de leur assurance¹⁰. Avant l'ERIKA, le naufrage du Titanic¹¹ en 1916 a incité à une première convention pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS). Cette convention dresse un ensemble de règles et d'exigences à respecter pour assurer la sécurité, la sûreté du navire et de son équipage. Aujourd'hui SOLAS en est à sa cinquième version.

2. Moyens organisationnels

Sur le plan organisationnel, des organismes en charge de la sécurité et de la sûreté en mer ont été créés. Ces organismes ont souvent besoin d'une autorité coordinatrice et d'une approche globale pour le partage d'informations en matière de surveillance maritime (Bodewig et al., 2009). Le réseau de surveillance Français représenté sur la Figure 0-1, compte aujourd'hui 59 sémaphores, 4 Centres Opérationnels de la Marine (CO Marine), 7 CROSS¹², 4 Centre Opérationnels des douanes (CO Douanes), une fonction de garde côtes (CoFGC), etc.

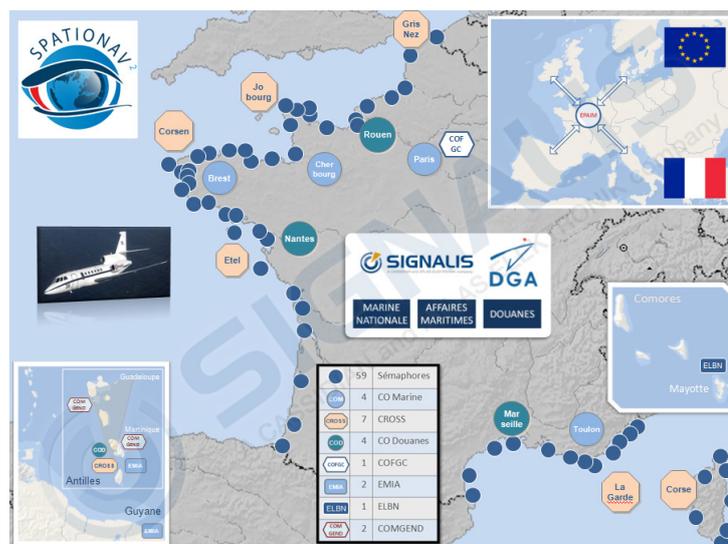


Figure 0-1 : Les moyens organisationnels maritimes mis en œuvre en France (<http://www.signalis.com>).

Dans le cadre de l'amélioration de leurs moyens organisationnels, différentes restructurations des organismes en charge de la sécurité et sûreté ont été effectuées.

¹⁰ <http://www.actu-environnement.com/ae/news/enlevement-epaves-ratification-convention-internationale-nairobi-19035.php4>

¹¹ Le naufrage du Titanic en image : <http://tempsreel.nouvelobs.com/galerias-photos/le-titanic-100-ans-apres/20120413.OBS6115/en-images-titanic-du-naufrage-a-la-legende.html>

¹² Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage : assurent la sécurité maritime dans le cadre de l'action de l'Etat en mer.

Prenons l'exemple de la création de la fonction de Garde-côtes dans l'objectif d'assurer des missions d'observation, d'analyse des flux maritimes, être le point d'entrée des coopérations internationales en termes de situations maritimes et information du gouvernement pour l'adaptation de leurs priorités¹³. Le Centre de Garde-côtes (CoFGC) est opérationnel depuis le 20 septembre 2010. Des unités de la Gendarmerie maritime appelées Pelotons de Sûreté Maritime et Portuaire (PSMP¹⁴) ont été aussi créées pour assurer la sûreté des navires, des approches maritimes et des installations portuaires contre les attaques terroristes.

Même si les outils règlementaires et organisationnels sont bien établis, leur application demande des moyens technologiques adaptés.

3. Moyens technologiques

Sur le plan technologique, des moyens de surveillance sont utilisés pour améliorer la sécurité et la sûreté maritime. Parmi les moyens de surveillance, nous pouvons distinguer les systèmes d'aide à la navigation et les systèmes de surveillance maritimes. Ces systèmes sont composés d'une infrastructure de détection (AIS, radar, etc.) permettant de capturer et transmettre les données de géolocalisation de navires et d'un système de traitement d'informations pour traiter, stocker et restituer les dernières informations sur les navires via des dispositifs d'affichage.

Avant de découvrir les systèmes d'aide à la navigation et les systèmes de surveillance, nous allons présenter les infrastructures de détection qui compose ces systèmes et les alimentent en données de déplacement de navires.

a. Infrastructures de détection

Les moyens de détection comme l'AIS et le radar sont très utilisés pour la surveillance maritime. Ces moyens permettent aux navires et aux systèmes de surveillance de détecter les positions des navires et leur déplacement.

L'AIS est composé d'une antenne de réception, de transmission VHF (Very High Frequency), d'un système de géolocalisation (GPS), un capteur de direction, un capteur

¹³ <http://www.sgmer.gouv.fr/Fonction-garde-cotes.html>

¹⁴ <http://www.gouvernement.fr/gouvernement/pelotons-de-surete-maritime-et-portuaire-psmp>

Introduction

de vitesse, un écran de contrôle et d'autres composantes. Pour des raisons d'optimisation, la fréquence de synchronisation ou de transmission d'informations AIS est relative à la vitesse du navire, à son changement de direction et au type d'informations échangées. Parmi les informations échangées, on peut citer le code unique MMSI¹⁵, la position, le cap, la vitesse, le tirant d'eau (partie immergée du navire), le port de rattachement, la cargaison, le temps de transmission et le temps d'arrivée estimé du navire. Les informations de type statique comme le port de rattachement et la cargaison ont un délai de synchronisation plus long que par exemple la vitesse et le cap qui sont de type dynamique.

Les radars sont fréquemment utilisés pour l'aide à la navigation. Ils sont composés d'un émetteur et récepteur électromagnétique permettant de détecter les objets voisins, de calculer leur position, leur vitesse par la réception d'ondes émises et réfléchies par les objets cibles (navires, obstacles, etc.). La position est calculée par rapport au temps de réflexion de l'onde et la position angulaire de l'émetteur. La vitesse est relative au décalage de fréquence de l'onde réfléchi.

Les AIS et les radars sont complémentaires. En effet, les navires non équipés de l'AIS sont détectés par radar dès qu'ils sont à la portée des ondes radars. Cependant si ces ondes n'arrivent pas à les détecter à cause de la portée de l'onde, de la présence d'obstacles empêchant leur propagation ou de la petite taille du navire, le transpondeur AIS permet de détecter les navires qui en sont équipés comme le montre la Figure 0-2.



Figure 0-2 : La complémentarité entre le signal radar et l'AIS (Etienne 2011).

¹⁵ Maritime Mobile Service Identity est un numéro unique d'équipements radio mis sur un navire. Il est utilisé pour identifier les navires exploitant ces équipements.

L'inconvénient de l'AIS et des radars conventionnels réside dans la portée du signal qui est entre 30 et 50 miles (la portée radio) des côtes : au-delà de cette limite, les navires ne sont donc plus détectés.

b. Les systèmes d'aide à la navigation

Les systèmes d'aide à la navigation sont des systèmes qui équipent les navires de radar et d'un logiciel conforme à la norme des systèmes de visualisation des cartes électroniques et d'information (ECDIS¹⁶) (Noyon 2007).

Ces systèmes sont couramment utilisés pour aider les marins en leur fournissant des informations précises sur l'environnement de navigation. Comme on le voit sur la Figure 0-3, la bathymétrie, les côtes, les obstacles, la réglementation, les navires à proximité et d'autres informations sont affichées sur ces systèmes. Parmi les systèmes les plus communément utilisés, citons NavTrack, Marine GIS et ex-Trem.

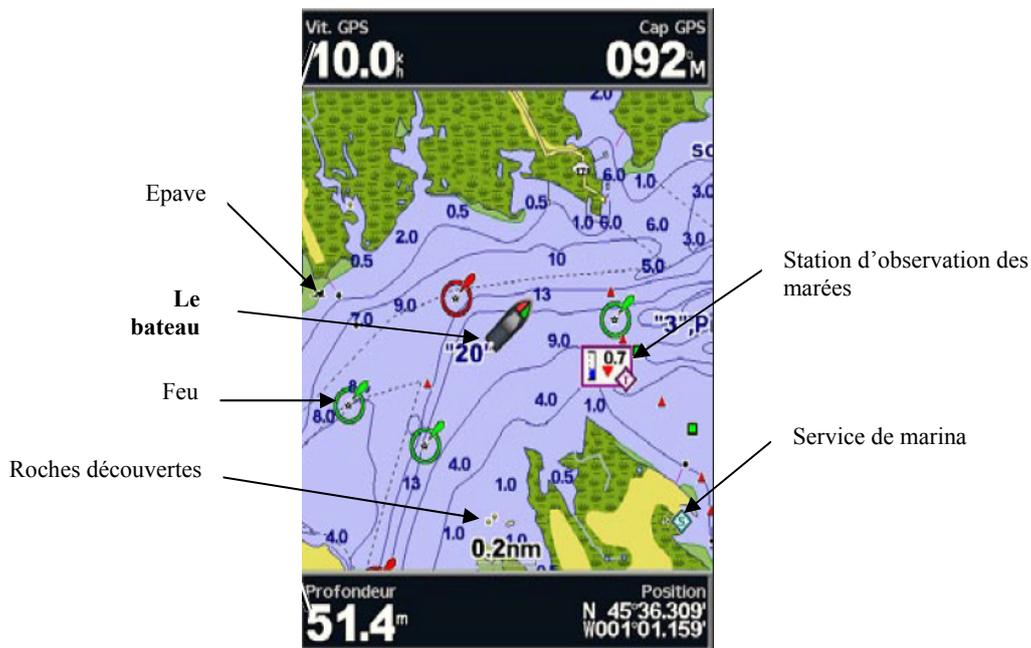


Figure 0-3 : Capture écran de l'interface d'un système d'aide à la navigation (source Garmin¹⁷).

¹⁶ Electronic Chart Display and Information System, sont des systèmes de visualisation de positions de mobiles sur une cartographie électronique selon la norme de l'OMI.

¹⁷ <https://www.garmin.com/>

c. Les systèmes de surveillance du trafic maritime

Le développement des systèmes de surveillance maritime comme SPATIONAV, ICSS, SIVE et SYTAR (Morel 2009) est le fruit des avancées technologiques en géolocalisation, en télécommunication, en systèmes embarqués et en cartes numériques. Ces systèmes sont des systèmes centralisés permettant aux centres de surveillance le suivi sur un dispositif d'affichage du trafic maritime en quasi temps-réel. Ces systèmes sont basés sur les informations AIS et pistes radar affichées sur des cartes ENC intégrées aux systèmes pour permettre l'analyse temps-réel des comportements de navires.

La majorité des pays de l'Union Européenne se sont équipés de systèmes de surveillance maritime après la directive 2002/59/CE du Parlement Européen et du Conseil du 27 juin 2002. La marine française a adopté un système de surveillance maritime appelé SPATIONAV qui permet le suivi du trafic maritime au large et dans tous les ports de l'hexagone métropolitain. La Direction Générale de l'Armement (DGA) en collaboration avec la Marine, conduit un projet d'amélioration de SPATIONAV pour bien répondre aux objectifs évolutifs du secteur de la surveillance maritime (Britz 2011). Comme SPATIONAV, la plupart des systèmes de surveillance maritime existant présentent des limites qu'il est possible de contrer en améliorant les infrastructures de détection et les systèmes de traitement d'informations.

L'évolution spatio-temporelle des navires sous-entend qu'il existe deux échelles d'observation du trafic maritime : une échelle spatiale qui peut être locale ou globale et une échelle temporelle. L'échelle locale se focalise sur la surveillance de l'espace autour du navire, d'une plateforme ou d'un port (Figure 0-4) et l'échelle globale réunit plusieurs espaces maritimes.

Selon cette définition, il est possible de dire que les systèmes d'aide à la navigation se focalisent sur une échelle locale car ils permettent aux navigateurs d'avoir une vision locale de leur environnement et que les systèmes de surveillance maritime se focalisent plutôt sur une échelle globale comme les territoires et les routes maritimes.

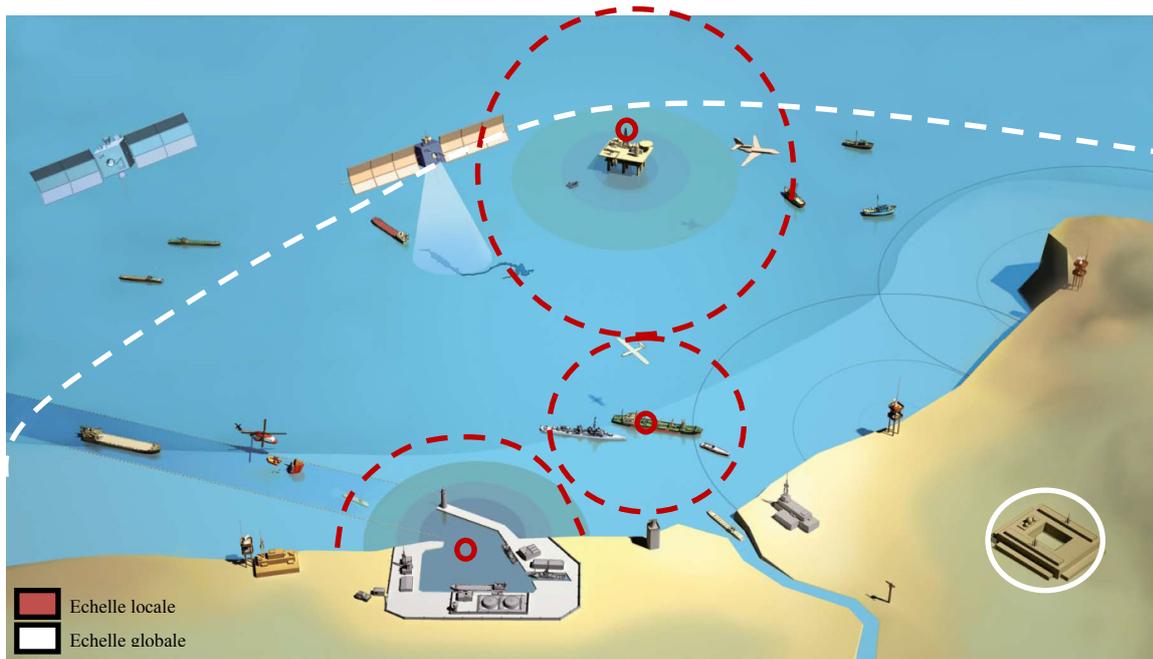


Figure 0-4 : Les différents échelles de surveillance maritimes (Thales 2013)¹⁸.

L'échelle temporelle quant à elle permet de classer l'observation du trafic maritime en différentes fenêtres temporelles : une analyse *a posteriori*, temps-réel et anticipé (Figure 0-5). Les deux systèmes de surveillance, à savoir, les systèmes d'aide à la navigation et les systèmes de surveillance du trafic maritime affichent les dernières positions des navires pour permettre aux utilisateurs de ces systèmes d'analyser les comportements en temps-réel. Ces systèmes permettent d'identifier automatiquement des risques potentiels de collisions en se basant sur les cinématiques des navires (Etienne 2011).

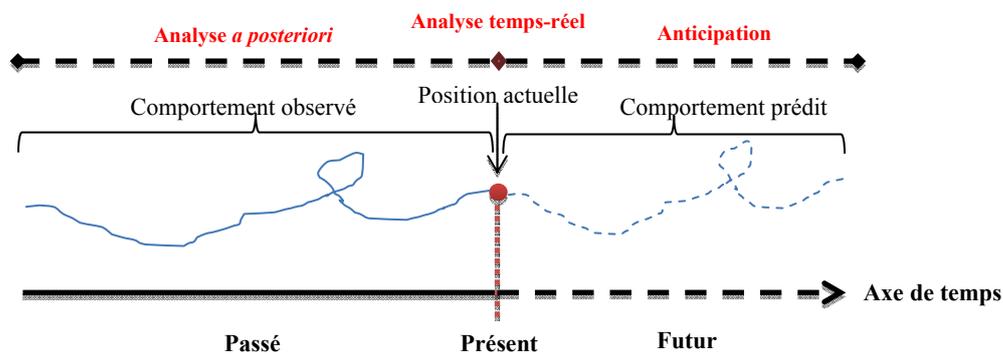


Figure 0-5 : Illustration des différentes fenêtres d'analyse des comportements de navires : a posteriori, temps-réel et anticipé.

¹⁸ http://www.thalesgroup.com/Markets/Security/Documents/Maritime_Safety_and_Security/

Un risque maritime toujours aussi important

Bien que, des dispositifs réglementaires, organisationnels et technologiques soient déployés, les risques maritimes sont toujours aussi importants. Les statistiques recensées par les différents organismes internationaux montrent l'importance de ces risques. Le Bureau Maritime International (BMI) recense 445 actes de piraterie en 2010 avec une croissance de 8,5% par rapport à 2009 et 1181 marins pris en otage dans la même année (Deiss 2011). La piraterie coûte chaque année à l'Union Européenne 565 millions d'euros, principalement dus au réacheminement de marchandises pour éviter les zones à risque, les primes de risques et d'assurance kidnapping. Le Centre de documentation de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (Cedre), publie que 54 700 tonnes d'hydrocarbures et de substances dangereuses ont été déversées accidentellement en 2009 contre 7 500 tonnes en 2008 avec une augmentation importante de plus de 600%. Sans oublier les milliers d'accidents et d'incidents maritimes recensés par an dans le monde mettant en danger les personnes, l'environnement et l'économie. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la pêche illégale représente 30% de la pêche totale dans certaines pêcheries importantes (FAO 2010) ce qui coûte plus d'un milliard d'euro par an à l'UE (Autran 2011). Selon la FAO, 19% des stocks de pêches qu'elle suit sont surexploités et 8% sont même épuisés¹⁹. L'organisation Environmental Justice Foundation (EJT) publie qu'en 2009, 16% des importations de l'UE proviennent d'une pêche illégale ce qui peut avoir des répercussions importantes sur le secteur maritime²⁰. En ce qui concerne la lutte antidrogue, la facture payée chaque année par l'Europe s'élève à 18 milliards d'euros sachant que 70% de la cocaïne et 60% du cannabis sont saisis à bord de navires.

Pour réduire les risques, plusieurs pistes peuvent être envisagées. Parmi ces pistes, nous pouvons imaginer la proposition de nouvelles réglementations, une augmentation des moyens de contrôle et d'investigation et l'amélioration des systèmes de surveillance maritime. C'est cette dernière piste que nous privilégions dans notre travail de recherche.

¹⁹ <http://lci.tfl.fr/science/environnement/fao-stop-ou-encore-a-la-peche-illegale-5836838.html>

²⁰ <http://edition.cnn.com/2011/WORLD/africa/06/30/illegal.pirate.fishing/>

Amélioration des systèmes de surveillance maritime

L'amélioration de la surveillance maritime peut concerner les infrastructures de détection de données ou les systèmes de traitement d'informations. Au niveau de la détection, de nouveaux capteurs plus performants sont proposés (FMCW²¹, satellites, drones aériens, etc.) et en ce qui concerne les améliorations des systèmes de traitement d'informations, elles vont être détaillées ci-après.

L'une des pistes d'amélioration intéressante des systèmes de traitement d'informations est de les doter d'un module d'identification automatique de comportements à risques. Le comportement d'un objet mobile peut être défini comme un ou plusieurs mouvements dans une situation qui correspond à des facteurs et à des zones (zones à risque de piraterie, zones accidentogènes, etc.). Les facteurs sont des caractéristiques de l'objet (Type, dimension, etc.), de son contexte (panne, phare cassé, etc.) et de son environnement d'évolution (météorologie, océanographie, etc.). Le mouvement quant à lui est défini comme une évolution spatio-temporelle d'un mobile, un changement de positions pour les navires.

En effet, l'identification des comportements à risques par les opérateurs de surveillance est difficile et complexe à cause du nombre important de navires en déplacements, la multiplicité des risques et de leur caractère imprévisible. Les opérateurs se trouvent rapidement submergés par une quantité importante de cinématiques de navires qui rendent difficile l'identification de ces comportements. Chaque opérateur a jusqu'à 250 navires à surveiller (Etienne 2011) et selon la Lloyd's²², 41 millions de positions AIS sont captées chaque jour pour 62 000 navires en mer.

Pour pouvoir automatiser cette identification, il faut au préalable disposer de modèles décrivant les comportements à risques. Des phases d'observation, d'analyse, de compréhension et de construction de connaissances sont nécessaires à cette modélisation. Ce travail de recherche s'inscrit dans cette perspective en proposant l'extraction de connaissances sur les mouvements et les situations potentiellement à risques, pour aider à la modélisation des comportements à risques. L'extraction de connaissances se base sur une approche inductive (partir des données pour les transformer en connaissances) et la

²¹ Frequency Modulated Continuous Wave – Onde Continue Modulée en Fréquence

²² Compagnie d'assurance.

Introduction

découverte de régularités et irrégularités sous forme de motifs et de règles dans les historiques de données. Ces motifs et règles peuvent aider à l'analyse *a posteriori* des comportements à risques en identifiant par exemple des facteurs, zones et mouvements potentiellement à risques. Un motif désigne un modèle, une structure et une forme décrivant une organisation apparaissant dans les observations. Appelé aussi pattern (terme en anglais), le motif est une sorte de synthèse ou de résumé des ensembles d'observations (Etienne 2011) apparaissant d'une manière répétée dans le cas de motifs fréquents. Une règle est une expression de la forme $A \mathbf{R} B$ tel que A et B sont des ensembles de valeurs de variables et \mathbf{R} une relation entre les deux ensembles. La relation peut être par exemple d'association ou de corrélation (Cf. section 2.2.1.1).

Dans ce travail de thèse, il est proposé une méthodologie pour l'extraction de connaissances sous forme de motifs et de règles décrivant des comportements à risques. Cette méthodologie est composée : d'un ensemble de méthodes de fouille de données ; d'une méthode d'acquisition et de préparation de l'espace de données à explorer ; et enfin, d'une méthode d'analyse et de validation de notre proposition à l'aide d'un atelier fondé sur cette méthodologie.

L'extraction de connaissances à partir de grands volumes de données demande de suivre un certain nombre d'étapes regroupées sous forme d'un processus d'Extraction de Connaissance à partir de Données (ECD). Une ECD (*Knowledge Discovery in Databases* (KDD) en anglais), regroupe l'ensemble des méthodes et des outils qui permettent de transformer les données volumineuses et hétérogènes en connaissances utiles à la prise de décision. Les méthodes d'ECD doivent être ordonnées dans un processus logique, d'extraction de données, sélection, préparation, exploration et diffusion des résultats aux consommateurs d'informations.

Ces méthodes sont issues de plusieurs domaines comme les bases de données, l'intelligence artificielle et les statistiques. La fouille de données (*data mining*) fait partie intégrante de l'ECD et représente l'étape d'exploration de données. La fouille de données peut être définie comme l'extraction non triviale de connaissances cachées et potentiellement utiles à partir de données (Frawley et al., 1992). Elle permet l'exploration automatique des données et la découverte de nouvelles connaissances non connues auparavant.

Problématique et objectifs de recherche

Notre travail de thèse a porté sur la fouille de données appliquée à la gestion des risques maritimes et plus particulièrement sur l'aide à la modélisation des comportements à risques de navires.

Aujourd'hui, énormément de données brutes sont produites sur le déplacement des navires et leur environnement de navigation. L'analyse de ces données présente un enjeu majeur pour extraire des connaissances sur les comportements de navires. L'exploration de ces données par des méthodes de fouille de données va générer automatiquement des motifs et des règles décrivant des comportements inhabituels, fréquents, périodiques et de groupements.

La problématique de notre travail est de savoir si les motifs (spatio-temporels inhabituels, fréquents, périodiques, groupements, etc.) et les règles (règles d'association, séquentielles, etc.) issus de la fouille de données peuvent décrire un comportement à risque. Si oui alors quelles méthodes et algorithmes de fouille de données utiliser pour les extraire ?

Selon l'échelle temporelle vue sur la Figure 0-5, la fouille de données se place dans la fenêtre d'analyse *a posteriori* en permettant l'exploration des comportements passés. L'objectif de cette exploration est d'aider à construire des modèles descriptifs et prédictifs des comportements. Les modèles descriptifs peuvent être utilisés pour l'analyse temps-réel des comportements de navires et les modèles prédictifs pour l'anticipation des comportements.

Méthodologie

La problématique posée dans la section précédente est identifiée à partir d'une recherche bibliographique et d'une réflexion guidée par l'implication de notre centre de recherche dans plusieurs projets de surveillance maritime comme ScanMaris (Morel et al., 2008; Morel et al., 2010), TaMaris (Morel et al., 2011), SisMaris (Morel 2009), I2C (Morel & Broussolle 2011)) et dans différents travaux de recherche (Vandecasteele 2012)(Idiri & Napoli 2012b)(Chaze et al., 2012)(Vatin & Napoli 2013a).

Introduction

Il est intéressant de noter que la plupart des approches actuelles d'acquisition de connaissances sur les comportements de navires sont basées sur l'expertise humaine ce qui présente quelques limites qu'il est intéressant de combler. Ces limites sont exposées dans la section 1.7 du chapitre 1.

Afin de combler ces limites, une méthodologie d'extraction de connaissances sur les comportements à risques de navires est proposée. La méthodologie se compose de plusieurs phases :

- **Analyse des besoins sur la découverte de connaissances décrivant des comportements à risques,**

Dans ce travail de recherche, les besoins d'extraction de comportements potentiellement à risques de navires sont issus d'une revue de littérature (Vandecasteele & Napoli 2012) (Etienne 2011) (Morel et al., 2010)(Marven et al., 2007).

- **Identification de méthodes de fouille de données permettant l'extraction de ces comportements à risques de navires,**

Dans cette phase, un ensemble de méthodes de fouille de données sont identifiées et testées pour l'extraction de connaissances décrivant des comportements de navires potentiellement à risques.

- **Acquisition et préparation de données à explorer,**

Dans cette phase, nous devons répondre à deux questions : quelles données doit-on acquérir ? Comment les préparer et les exploiter pour en extraire des connaissances sur les comportements à risques ?

- **Analyse et validation des méthodes de fouille de données pour l'extraction de comportements à risques de navires à l'aide d'un atelier fondé sur cette méthodologie**

Dans cette phase, il est décrit comment extraire des connaissances sur les comportements de navires, les analyser et comment interpréter les comportements potentiellement à risques. La validation des méthodes de fouille de données identifiées passe par la conception et le développement d'un atelier d'analyse de comportements à risques fondée sur cette

méthodologie. L'atelier va offrir un environnement destiné à l'analyse et à l'aide à la modélisation des comportements à risque.

Nous présentons ci-après (Figure 0-6), un diagramme représentant les étapes générales de la méthode d'avancement suivie dans cette thèse. Les lectures bibliographiques effectuées ont été organisées en plusieurs thèmes à savoir, la surveillance maritime, la fouille de données et l'analyse de comportements.

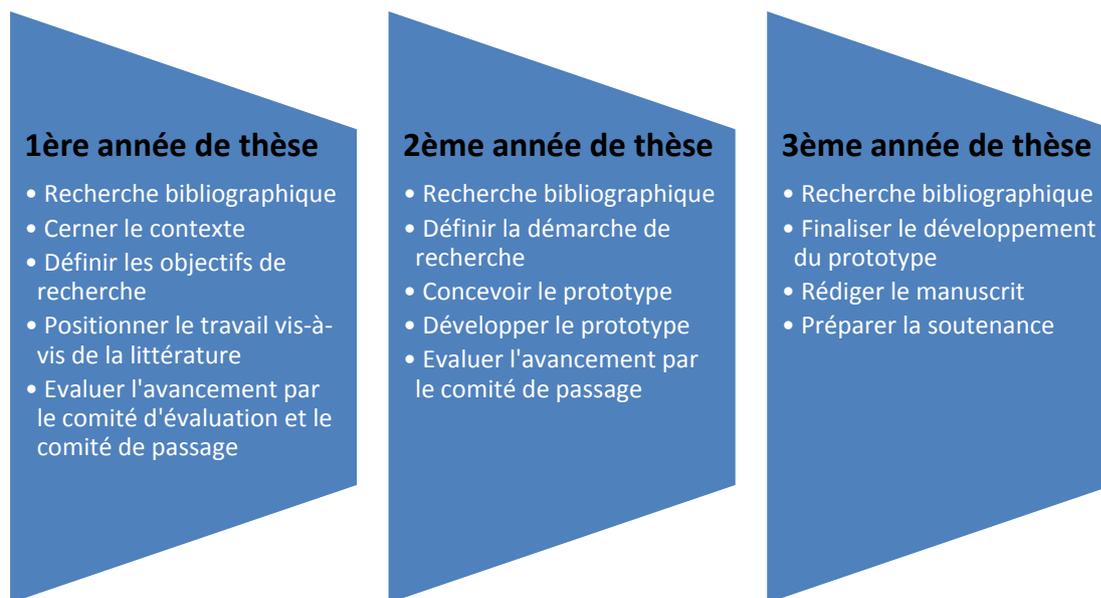


Figure 0-6 : Diagramme représentatif de la méthode d'avancement de la thèse.

Périmètre de notre proposition

L'exploration des comportements de navires est basée sur les données AIS qui présentent des limites concernant la portée du signal radio et le nombre de navires qui ont obligation à s'équiper de ce transpondeur. Les infrastructures d'acquisition AIS actuelles ne permettent pas l'identification des navires qui sont loin des côtes, les petites embarcations et les navires non coopérants (qui ne sont pas équipés de transpondeur). Cette incomplétude des données empêche la découverte des comportements à risques de ces navires.

Dans ce travail, nous ne proposons pas une nouvelle méthode de construction de connaissances mais une nouvelle approche combinant plusieurs méthodes de fouille de

Introduction

données. Ces méthodes ont été étudiées, sélectionnées et intégrées afin de démontrer la validité de la méthodologie. La plus-value de ce travail est la découverte automatique de comportements à risques de navires.

Le dernier périmètre concerne le cadre applicatif de l'étude. Nous avons choisi d'appliquer notre méthodologie à une problématique maritime. Il est alors nécessaire d'écarter les navires naviguant dans les fleuves.

Structure de ce mémoire

Ce mémoire se compose de quatre chapitres. Le chapitre 1 concerne l'analyse de comportements dans le domaine de la surveillance maritime ; le chapitre 2 porte sur la contribution de la fouille de données à l'analyse de comportements ; le chapitre 3 est consacré à la conception et au développement d'un environnement d'extraction de connaissances sur les comportements à risques et enfin ; le chapitre 4 présente quelques exemples d'extraction de comportements potentiellement à risques pour valider notre méthodologie. Nous terminerons le mémoire par une conclusion qui pose le bilan de ce travail, met en avant les principales contributions et présente de multiples perspectives approfondies.