HAL
open science

Le système d'identification automatique (AIS) : une source de données pour étudier la circulation maritime

Arnaud Serry, Laurent Leveque

To cite this version:

Arnaud Serry, Laurent Leveque. Le système d'identification automatique (AIS) : une source de données pour étudier la circulation maritime. NETCOM : Réseaux, communication et territoires / Networks and Communications Studies, 2015, Tracer sa route à l'heure du numérique, 29 (1-2), pp.177-202. 10.4000/netcom.1943 . hal-01724139

HAL Id: hal-01724139

https://hal.science/hal-01724139

Submitted on 6 Mar 2018

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.

Netcom

29-1/2 (2015)
Tracer sa route à l'heure du numérique

Arnaud Serry et Laurent Lévêque

Le système d’identification automatique (AIS)

Une source de données pour étudier la circulation maritime

Avertissement
Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.
Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.
Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique
Arnaud Serry et Laurent Lévêque, « Le système d’identification automatique (AIS) », *Netcom* [En ligne], 29-1/2 | 2015, mis en ligne le 17 décembre 2015, consulté le 05 janvier 2016. URL : http://netcom.revues.org/1943

Éditeur : Netcom Association
http://netcom.revues.org
http://www.revues.org

Document accessible en ligne sur : http://netcom.revues.org/1943
Ce document est le fac-similé de l'édition papier.
© Netcom Association

Networks and Communication Studies,
NETCOM, vol. 29 (2015), n° 1-2
pp. 177-202

LE SYSTEME D'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE (AIS) : UNE SOURCE DE DONNEES POUR ETUDIER LA CIRCULATION MARITIME

SERRY ARNAUD[1], LEVEQUE LAURENT[2]

Résumé *- Le système automatique d'identification (AIS) des navires est un outil destiné à accroitre la sécurité de la navigation et l'efficacité de la gestion du trafic maritime. Son utilisation renforce à la fois la sécurité et la sureté maritime. Ses apports sont indéniables malgré quelques carences et limites techniques. Cet article présente les apports et les utilisations de la technologie AIS à l'origine d'une importante manne d'informations riches pour l'étude et la compréhension des circulations maritimes, spécialement pour la communauté scientifique ou les acteurs portuaires. Cet état de l'art est réalisé dans le cadre de la mise en œuvre d'une plateforme permettant de reconstituer les itinéraires des navires en utilisant les signaux AIS.*

Mots-clés *- AIS, Système d'identification automatique, circulation maritime, plateforme de recherche, commerce maritime mondial, stratégie des compagnies maritimes.*

Abstract *- The Automatic Identification System (AIS) is an automatic tracking system used on as a tool to increase navigation safety and efficiency as well as vessel traffic management. It enhances maritime safety and security. AIS' contributions are undeniable in spite of some deficiencies and technical restrictions. This article presents the impacts and uses of AIS technology that can provide useful information to study maritime traffic, especially for the scientific community and port authorities. This desktop study is carried out in the framework of the implementation of a platform to reconstruct shipping routes using AIS data.*

Keywords *- Automatic Identification System, AIS, maritime traffic, Research Platform, World maritime trade, Strategy of shipping companies.*

---

[1] Maître de Conférences à *l'Université d'Orléans*. CEDETE / UMR IDEES LE HAVRE - e-mail : serryarnaud@gmail.com
[2] Chercheur associé à l'UMR IDEES LE HAVRE – e-mail : laurent.leveque@univ-lehavre.fr

INTRODUCTION

Le transport maritime, support de 90% des échanges internationaux, est protégé par plusieurs dispositifs de sécurité comme le développement de systèmes de surveillance maritime (Vandecasteele, Napoli, 2011).

De nos jours, les navires embarquent de plus en plus de systèmes d'aide à la navigation. Ces systèmes ont pour objectif de simplifier le positionnement du navire vis-à-vis de son environnement (Devogele, 2009). Parmi ces technologies, il faut citer les RADAR ARPA[3] qui facilitent le positionnement relatif d'autres navires afin d'aider le navigateur dans le choix d'une manœuvre, et les systèmes d'information et de cartographie. Depuis quelque temps, les récepteurs AIS (*Automatic Identification System*) ont fait leur apparition dans les passerelles. Ils gèrent l'envoi et la réception des positions GPS, vitesse, cap, type, lieu et heure d'arrivée des navires, vers et depuis les navires environnants. Ces systèmes embarqués ou à terre sont d'autant plus importants que le trafic maritime est dense et augmente comme dans les principaux points de passages obligés que sont les détroits et canaux ou dans les zones de concentration portuaire (Mer du Nord par exemple). L'AIS est un système d'échange de données entre navires rendu obligatoire par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) depuis 2004. L'AIS présente des avantages pour les acteurs du transport maritime : amélioration de la sécurité, amélioration de la gestion des flottes et de la navigation. Sa diffusion présente aussi de nombreux avantages pour la gestion de la voie maritime. Cependant, la généralisation de l'AIS pose des problèmes de confidentialité pour les armateurs, voire de sécurité. Les données transmises par l'AIS sont en effet à la portée de tous, y compris de la communauté scientifique.

Le travail présenté est la synthèse d'une réflexion menée dans le cadre du développement d'une plateforme de recherche pour l'analyse de la circulation maritime et l'évaluation des aléas du transport maritime, la plateforme CIRMAR. Cet outil permet d'envisager de multiples applications opérationnelles qui concernent aussi bien la sécurité de la navigation que l'économie maritime, l'analyse de stratégies des acteurs maritimes ou l'impact environnemental de la circulation maritime.

L'article repose avant toute chose sur une analyse documentaire des études existantes, mais également sur une recherche bibliographique approfondie à la fois technique et dans le domaine des sciences humaines même si la littérature francophone consacrée à cette nouvelle technologie est rare. L'article présente dans une première partie une définition de l'AIS englobant ses caractéristiques et objectifs. Dans un second temps, il propose de mettre en avant les apports de ce système et son emploi. En troisième partie, il se concentre sur l'utilisation des données produites par l'AIS. L'accent y est mis sur le projet CIRMAR qui vise à construire et à exploiter une

[3] ARPA : *Automatic Radar Plotting Aid*, en français "aide de pointage radar automatique", est un équipement associé au radar de navigation pour assurer le suivi des échos afin d'aider le navigateur dans le choix d'une manœuvre pour éviter la collision.

plateforme d'intégration de données et de développement applicatif fondé sur la reconstitution des itinéraires des navires en utilisant les signaux AIS émis par les navires de plus de 300 tonneaux. A travers une démarche d'abord empirique, le présent article porte ainsi sur la mise en évidence de l'intérêt de l'AIS pour les communautés maritimes et scientifiques.

1. DEFINITION DU SYSTEME D'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE (AIS)

1.1. Un outil de sécurisation de la navigation imposé par l'OMI

L'OMI participe à la sauvegarde de la vie en mer, à l'amélioration de la sécurité et l'efficacité de la navigation maritime ainsi que la protection de l'environnement marin. Elle accorde une grande importance au développement de systèmes visant à faciliter et sécuriser la navigation maritime à travers de nombreux groupes de travail sur les outils électroniques. Afin d'accroitre cette sécurité maritime, l'OMI a adopté des règlements obligatoires concernant l'installation de systèmes automatiques d'identification capables de fournir des informations d'un navire à un autre ainsi qu'aux autorités côtières. Ces règlements font partie du chapitre V de la convention SOLAS[4].

La règlementation, adoptée par la majeure partie de la flotte de commerce mondiale, concerne principalement tous les navires à passagers quelles que soient leurs dimensions et les navires d'une jauge brute égale ou supérieure à 300 tonneaux (tjb[5]) qui effectuent des voyages internationaux.

Basé sur l'échange automatisé de communications par radio VHF[6] entre navires d'une part, entre navires et centres de surveillance maritime d'autre part et plus récemment via des satellites, il permet une identification en temps réel des navires émetteurs. Ceci s'intègre dans l'adoption du code ISPS[7] par l'OMI, code international pour la sureté des navires et installations portuaires qui outre l'instauration de l'AIS prévoit entre autre la désignation d'officiers de sécurité, la mise en place de plans de sureté ou la traçabilité des marchandises en engins de transport. Il existe en fait 2 classes d'AIS :

– Les transpondeurs classe A sont exigés à bord des navires marchands de plus de 300 tonneaux et tous les navires à passagers répondant aux normes SOLAS (marine

---

[4] Safety Of Life at Sea [http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-%28SOLAS%29,-1974.aspx].

[5] Tjb : le tonneau de jauge brute est l'une des unités de mesure de la capacité de transport d'un navire.

[6] La bande des très hautes fréquences (*Very High Frequency/VHF*) est la partie du spectre radioélectrique s'étendant de 30 MHz à 300 MHz.

[7] International Ship and Port Security, signifie Code international pour la sûreté des navires et des installations portuaires.

marchande, ferries…). Le système AIS de classe A permet l'échange de plusieurs types de signaux qui contiennent diverses informations : informations sur les caractéristiques des navires, leur position, leur vitesse et leur cap, leur tirant d'eau, leur type de cargaison et leur destination (Cf. Figure 1).

– Des transpondeurs classe B concernent les petits navires non soumis aux conventions SOLAS (plaisance, pêche de moins de 15 mètres…), afin de leur permettre de s'adapter volontairement au système AIS.

o Fonctionnement et caractéristiques techniques de l'AIS

Le système AIS utilise un transpondeur qui émet et reçoit en VHF. Il inclut également un récepteur GPS qui recueille la position et les détails du mouvement. La séparation entre les 2 classes d'AIS se retrouve sur le plan technique : La portée en classe A est d'environ 20 milles nautiques (Dujardin, 2004) alors que celle de la classe B est plus limitée (entre 5 et 10 milles nautiques) et la fréquence d'émission des messages est plus faible (toutes les 30 secondes) qu'avec les transpondeurs de classe A (toutes les 10 secondes en route et toutes les 3 minutes à l'ancre). Par ailleurs, les équipements de classe B ne transmettent pas le numéro IMO du navire, la destination, l'état de navigation, le texte des messages de sécurité, d'information sur le rayon de giration ou le tirant d'eau maximal. L'émission/réception se fait en continu et de façon autonome (Fournier, 2012). Il transmet aussi bien des informations statiques d'identification et de type sur le navire et des informations dynamiques de position (Cf. Figure1), que des informations relatives au voyage sur la nature de la cargaison et les ports de départ et de destination. En moyenne, un navire envoie un message AIS de 50 octets toutes les 6 secondes[8] contenant notamment ses identifiants (n° IMO et MMSI), sa position GPS, sa trajectoire, sa vitesse et son cap ainsi que des données statiques caractérisant le navire et sa cargaison. Les autres navires et les stations terrestres sont en mesure de recevoir cette information, de la traiter à l'aide d'un logiciel spécifique et d'afficher les positions des navires sur un traceur ou sur l'écran d'un ordinateur. Le système fonctionne en mode navire-navire, comme en mode navire-terre. Généralement, les navires reçoivent des informations dans un rayon de 15-20 miles nautiques. Les stations terrestres situées à une altitude plus élevée peuvent étendre ce rayon jusqu'à 40-60 miles, selon les obstacles et les conditions météorologiques.

[8] Cette fréquence est une moyenne, par exemple elle est plus rapide quand le navire est en manœuvre.

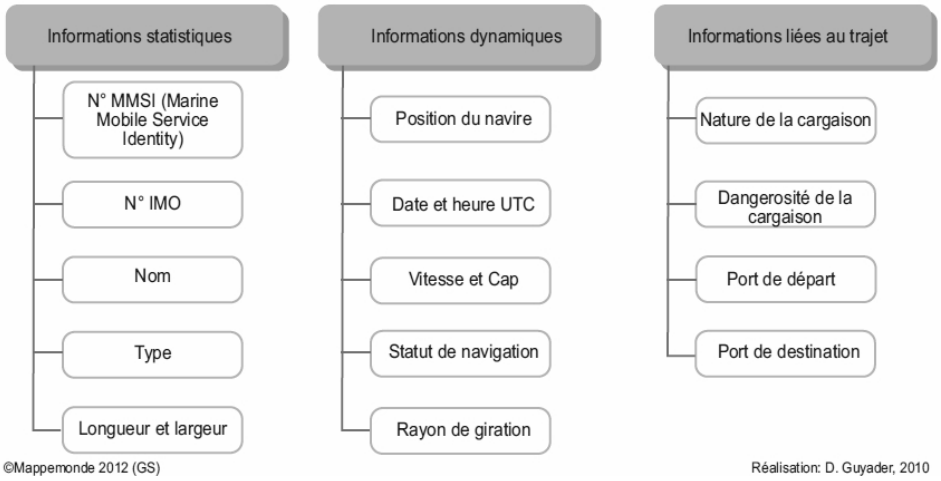

Figure 1 *: Nature des données AIS.*
Source *: Le Guyader, Brosset, Gourmelon, 2011.*

Jusqu'en 2009, la visibilité d'un bateau par AIS était conditionnée par la présence d'un récepteur dans un rayon d'environ 20 milles marins, la portée du signal étant, comme pour tout signal radio VHF, limitée par la rotondité de la terre. Seuls les ports et certaines zones côtières étaient donc bien couverts. En haute mer, les bateaux restaient, eux, totalement invisibles. La situation a évolué. Des satellites AIS ont été lancés réduisant considérablement le nombre de zones blanches (Chen, 2013). Tout navire équipé d'AIS est aujourd'hui aisément localisable, et ce à tout moment et où qu'il soit. L'AIS est souvent confondu avec le système international d'identification à longue portée des navires LRIT (*Long-Range Identification and Tracking System*) établi en 2006 par l'OMI. Ceci est dû au fait que les informations AIS peuvent désormais être obtenues à l'aide du satellite (S-AIS). Des problèmes techniques sont liés à la collecte des données AIS par satellite notamment celui de la collision des messages en raison de l'altitude des satellites (Prévost, 2012) ainsi « *des signaux de bateaux qui ne se voient pas peuvent être reçus dans le même espace temps-fréquence, conduisant à des interférences* » (Baudais, Méric, Le Maitre, 2012). Les données LRIT, transmises, par voie satellitaire, ne sont pas, contrairement à l'AIS, accessibles par tout utilisateur. En effet, elles sont communiquées, sur demande, aux administrations autorisées à recevoir ces informations ainsi qu'aux services de recherche et de sauvetage. L'Etat du pavillon du navire doit les communiquer à l'autorité du pays de destination, dès que le navire a annoncé son intention d'accéder à un port, ainsi qu'aux autorités des pays qui longent la route, jusqu'à une distance de 1000 miles nautiques à partir du littoral (Source : OMI). L'OMI a mis en place un plan de distribution des données LRIT auquel les Etats signataires de la Convention SOLAS doivent se conformer. Dans ce cadre, ils doivent prendre à leur charge tous les coûts afférents aux renseignements d'identification et de suivi à grande distance qu'ils sollicitent et reçoivent afin de n'entraîner aucun frais pour les navires autorisés à battre son pavillon.

Les dispositifs AIS et LRIT présentent un intérêt primordial à la sécurité et à la sûreté maritimes. Ils permettent un suivi des navires en quasi-temps réel et contribuent donc à l'application des politiques nationales, régionales et internationales dans tous les secteurs maritimes (Lebœuf, 2013).

La généralisation de l'AIS ne permet pas de supprimer l'utilisation des systèmes préexistants, qui lui sont complémentaires :

– En plus des systèmes embarqués, les dispositifs *vessel traffic services (VTS)* assurent un contrôle actif de la circulation maritime. Ils obligent les navires d'une certaine taille ou transportant des passagers ou des produits dangereux à se faire connaître et, le cas échéant, à recevoir des recommandations, voire des instructions, sur leur route ou leur vitesse ;

– le système mondial de détresse et de sécurité en mer (*Global Maritime Distress and Safety System*) coordonne l'ensemble des moyens radioélectriques de sauvetage, aujourd'hui couplé en matière de sûreté au *Ship security alert* system.

L'objectif est de réaliser la fusion de données préexistantes en provenance de ces sous-systèmes, dans un système intégré communément appelé *Vessel Trafic monitoring Information System*. Dans ce domaine, la France est pionnière avec le système SPATIONAV, système de surveillance côtière, développé depuis 2003. Ce programme fédère les moyens de détection des sémaphores de la Marine nationale et des Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage (CROSS). Les autorités disposent en temps réel d'une vision globale de la circulation maritime et peuvent choisir des moyens adaptés pour intervenir.

o L'objectif de la maitrise et de la sécurisation maritime

En raison des dimensions nouvelles de la circulation et des flux de toute nature qui irriguent de façon croissante l'ensemble de la planète, la gestion de la circulation maritime devient un enjeu contemporain majeur (Faye, 2005). En fait, un des défis de la communauté maritime est désormais de concilier l'essor du transport maritime tout en garantissant la protection des ressources marines dans un contexte de changement climatique. Dans les eaux hautement fréquentées, un contrôle actif de la circulation maritime prend encore plus de sens.

La sécurité et la sûreté maritimes couvrent un large domaine en pleine expansion : de la gestion du trafic commercial à la lutte contre la piraterie, en passant par le sauvetage en mer, le contre-terrorisme et la protection des infrastructures portuaires. Des mesures récentes visent à renforcer la sécurité maritime qui fait référence à la sauvegarde de la vie en mer, la préservation des biens transportés, la protection du navire et la prévention des abordages. Souvent confondue avec la sécurité, la sûreté est définie comme un état de protection contre les menaces ou les dangers venant de l'extérieur. Dans le domaine maritime, la sureté peut être définie comme la prévention des actes criminels susceptibles de nuire au bon fonctionnement de la chaîne logistique et à la sécurité des personnes et des biens (Fournier, 2012). Néanmoins, dans

les faits, cette classification n'est pas hermétique. En effet, un événement lié à l'une de ces notions peut avoir des répercussions sur l'ensemble du système maritime.

Concrètement, le monde maritime est marqué par une grande hétérogénéité des menaces caractérisées par un champ d'action très vaste et des effets qui peuvent se combiner. En intégrant les conditions météorologiques des informations annexes et des alertes liées au comportement des navires, les systèmes de surveillance maritime de dernières générations permettent aux opérationnels d'obtenir une tenue de situation maritime enrichie (Vandecasteele, Napoli, 2011). L'E-Navigation est une réponse des organismes internationaux aux pressions conjointes des sociétés humaines, qui demandent plus de sécurité, et des techniques qui poussent inéluctablement les progrès, notamment en matière d'information et de communication ; les soucis sur la préservation de l'environnement contribuent également à cette dynamique. D'après l'OMI, l'E-Navigation est la création, la collecte, l'intégration, l'échange et la présentation harmonisés d'informations maritimes à bord et à terre par voie électronique visant à améliorer la navigation et les services connexes, la sécurité et la sûreté en mer et la protection du milieu marin. Cependant, l'automatisation visant à aider à la navigation implique une synthèse informatique de beaucoup d'éléments, dont certains provenant de terre, donc un cadre technique complexe. A ce dernier s'ajoute un cadre juridique que beaucoup d'experts estiment devoir être révisé (Desnoes, 2010).

2. APPORTS DE L'AIS ET UTILISATION DES DONNEES

Les apports primordiaux de l'AIS concernent les domaines de la sécurité et de la sureté maritime. Le système AIS, permet de localiser la grande majorité des navires à travers le monde. Ainsi, plusieurs nouveaux services sont disponibles pour les autorités ou les armateurs, comme le contrôle maritime global ou la connaissance constante de la position de leurs bateaux (Prévost, 2012). Des sites Internet communautaires ont vu le jour, qui permettent de suivre des milliers de navires partout dans le monde. On y trouve les positions de plus de 70000 navires à tout moment, ainsi que les historiques de leurs mouvements, des photos et des données techniques. Si cette technologie est récente, ses utilisations se multiplient, à bon ou à mauvais escient.

2.1. Un outil efficace

« L'AIS est initialement destiné à aider les navires à éviter les collisions, et les autorités portuaires et maritimes à surveiller la circulation et assurer un meilleur contrôle de la mer » (Thery, 2012). Ce système qui permet de visualiser les bateaux sur leur parcours est un dispositif qui permet également la traçabilité des navires, mais aussi d'anticiper leurs mouvements. Le fait de disposer en temps réel de données précises sur la position des navires permet de gérer efficacement la circulation, de réagir plus rapidement en cas d'accident ou d'incident, tout en disposant d'une information plus précise sur les cargaisons dangereuses ou encore d'améliorer le contrôle des navires à des fins de sécurité. L'AIS apporte un complément aux informations de l'ARPA. Le système AIS permet en outre de soulager le travail des VTS et des CROSS ou de recevoir des messages de sécurité,

navigation et météo. De plus, l'espace marin est, de fait, un lieu privilégié de trafics ou d'actions illicites que l'AIS peut permettre de réduire :

– les migrations clandestines comme dans le bassin méditerranéen ;
– la contrebande de produits stupéfiants, cigarettes… ;
– les pêches illégales transbordées en haute mer sur des bateaux frigorifiques ou débarquées dans des ports non autorisés ;
– les déballastages d'hydrocarbures ou autres matières toxiques.

L'utilisation de l'AIS comme aide à la navigation constitue une précieuse source d'informations non seulement sur les navires, mais aussi sur toutes les balises d'aide à la navigation (Świerczyński, Czaplewski, 2013). L'AIS se positionne notamment comme un outil pertinent dans la préservation de l'environnement maritime. La pollution par les navires peut prendre principalement deux formes. Elle intervient de manière accidentelle ou par les rejets délibérés, c'est-à-dire les opérations de nettoyage des citernes et l'élimination des huiles usagées (Serry, 2013). Dans le premier cas de figure, les systèmes AIS ont une capacité potentielle à réduire la fréquence des accidents polluants liés à la navigation en fournissant simplement la mise à jour des informations des navires. De même, ils peuvent raccourcir le temps de réponse face aux accidents en fournissant des informations, en temps quasi-réel, sur la situation. De ce fait, l'AIS est un atout important dans la préservation de l'environnement maritime. (Schwehr, Mc Gillivary, 2007).

Les rejets illégaux sont la seconde cause de pollution du milieu marin. Les impacts de ces rejets ne sont pas aussi impressionnants que ceux des catastrophes maritimes et n'ont, de ce fait, pas été au centre des préoccupations (Cf. Figure 2). Cependant, il s'agit d'une pollution qui pourrait être sérieusement réduite et la technologie AIS peut y contribuer. Les préoccupations au sujet de la pollution d'origine pétrolière, particulièrement dans les eaux européennes, ont conduit à des programmes internationaux qui tentent de détecter les rejets illégaux en mer et appliquer pour sanctionner les navires qui enfreignent la réglementation MARPOL[9]. Par exemple, la commission d'Helsinki utilise depuis 2005 les données AIS (HELCOM AIS) pour évaluer les risques de rejets d'hydrocarbures associés avec des navires spécifiques (Cf. Figure 2).

[9] MARPOL est le nom d'une convention internationale concernant la pollution de la mer, élaborée dans le cadre de l'OMI.

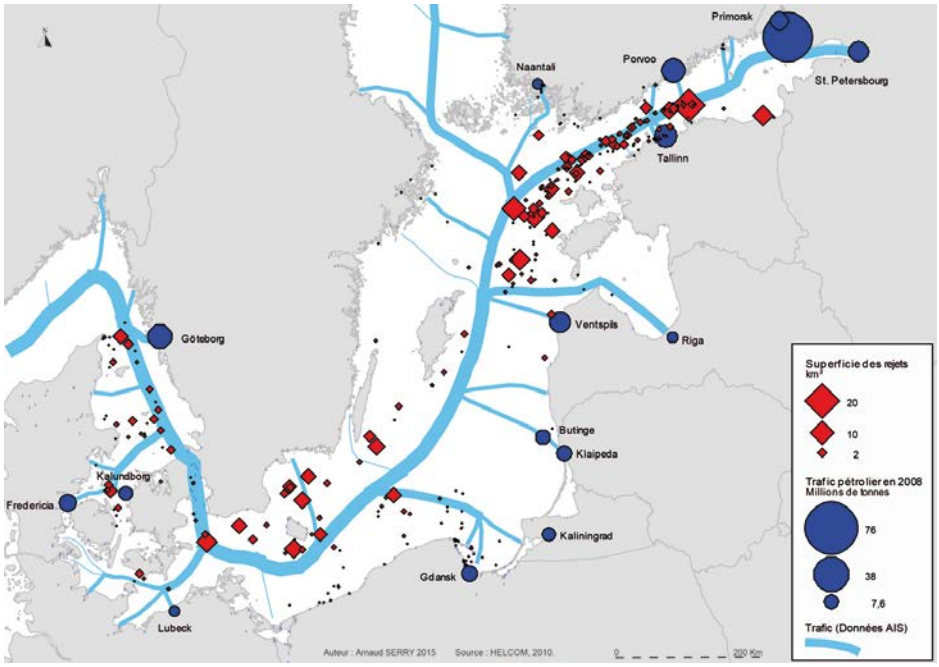

Figure 2 *: L'AIS, outils de rapprochement entre circulation et rejets maritimes.*

Ce programme a la capacité d'intégrer l'AIS afin d'établir un lien entre les navires et les rejets constatés, ceci à des fins de poursuites judiciaires. L'utilisation conjointe des images satellites et de l'AIS pour corréler les rejets et les mouvements des navires est également possible et permet de mieux cerner les navires coupables. Les nappes de pétrole et les navires coupables de pollution peuvent se déplacer rapidement. Afin de pouvoir retrouver les navires à l'origine de ces rejets, il est essentiel de stocker les données AIS. Par exemple, la Lloyds de Londres a déjà utilisé les données AIS du service AISLive[10] dans des procédures judiciaires impliquant des accidents de navires.

L'AIS est appelé à devenir un élément important pour lutter contre les pollutions marines d'origine circulatoire. D'autant plus que, en lien avec les techniques de détection par satellite et les avions, la couverture AIS augmente à la fois le long du rivage et en mer ce qui permet de réduire la possibilité des navires de déverser illégalement des hydrocarbures en mer.

2.2. Obstacles et limites

« *Si les avantages des nouvelles technologies sont indéniables, tant ces progrès sont intégrés dans la vie économique et sociale, ils trouvent leurs limites dans les risques d'atteinte à la vie privée et à la liberté individuelle* » (Deboosere, Dessouroux, 2012).

[10] http://www.aislive.com/

2.2.1. Des limites techniques

Les navires de commerce de moins de 300 tonneaux sont dispensés du système ce qui limite les capacités de l'AIS en matière de surveillance maritime Le gros inconvénient à ce jour est lié au fait que la majorité des petits navires ne sont pas équipés et ne peuvent donc pas être repérés ni repérer les autres bateaux par ce système. Le système ne permet pas non plus de détecter les bouées des filets et tout objet flottant inhabituel (Dujardin, 2004). De ce fait, les États-Unis ont rendu obligatoire l'AIS sur tous les navires de plus de vingt mètres de long se rendant dans les eaux intérieures ou portuaires américaines. Les navires de guerre ne sont pas tenus d'en disposer.

L'AIS est considéré comme le meilleur système de détection actuellement utilisé dans tous les ports mondiaux, mais il ne permet pas de détecter tous les navires (Zouaoui-Elloumi, 2012). En fait, la fiabilité de l'AIS est loin d'être parfaite. Le capitaine peut couper le système. La redondance des équipements n'est pas prévue. Ils peuvent tomber en panne ou être défectueux et donner de fausses indications. Les liaisons VHF peuvent se dégrader dans certaines conditions et selon la position et l'altitude de l'antenne d'émission sur le navire et les 20 milles marins de profondeur n'être pas couverts. Les informations relatives au voyage sur la nature de la cargaison et les ports de départ et de destination sont entrées manuellement par le bord. Elles peuvent être erronées volontairement ou non. La majorité des erreurs constatées sont avant tout de l'ordre de l'omission (Harati-Mokhtari, Wall, Brooks and Wan, 2007). Par ailleurs, l'information fournie par l'AIS peut être mal interprétée sur les intentions d'un navire par une station VTS ou par un navire à proximité.

Ensuite, l'usage de l'AIS en vue de communications radio entre navires pour s'accorder sur une manœuvre pour éviter un abordage est une question très débattue. L'AIS ne changera pas le statut de l'ARPA comme principal outil pour assister le navigateur dans les manœuvres pour éviter les abordages, non seulement parce que tous les navires ne seront pas équipés d'AIS, mais aussi en raison des limitations du système. AIS et ARPA sont en fait complémentaires et doivent être utilisés conjointement, même si l'AIS propose des informations plus complètes que les radars embarqués. Par ailleurs, la réception des signaux AIS par satellite est perturbée par certains phénomènes qui n'existent pas ou dont l'effet est limité lorsque la réception se fait au niveau du sol comme un niveau de bruit plus élevé, ou des collisions entre les signaux AIS.

Enfin, le système est potentiellement vulnérable à des attaques plus sophistiquées :

– Le système est vulnérable au brouillage volontaire ou non car les caractéristiques techniques sont publiques (Dujardin, 2004), notamment dans les zones de fort trafic ;

– L'envoi volontaire d'informations erronées (navires fictifs, doublons avec des navires réels) ;

– Les transmissions de virus informatiques (l'AIS est géré par un mini-ordinateur).

Ainsi, la situation d'une zone maritime ne peut être tenue d'une manière exhaustive avec l'AIS. En fait, l'AIS doit s'intégrer dans l'E-Navigation. De plus, un des enjeux principaux est *« l'adéquation du principe de liberté de circulation sur les mers avec le respect d'un cadre d'activité de plus en plus réglementé »* (Terrassier, 2004). En effet, la haute mer est couramment définie comme une zone marine qui, en principe, échappe à toute souveraineté. La surveillance en temps réel de la circulation maritime semble partiellement remettre en cause cette liberté séculaire de la navigation. Qui a le droit et dans quel cadre de tracer des navires dans des eaux internationales ? Aujourd'hui, le droit international n'apporte pas de réponses à l'utilisation des données AIS, laissant la porte ouverte à des pratiques très éloignées de l'objectif initial du système.

2.2.2. Le cas de la piraterie

La piraterie maritime n'est pas un phénomène nouveau, mais face à sa recrudescence, notamment dans le golfe d'Aden, on est en droit de s'interroger devant l'apparente incapacité de la force maritime multinationale à lutter efficacement contre ces pirates. En effet, les bandits des mers ne semblent pas rencontrer de difficultés pour repérer leurs cibles potentielles.

L'existence d'un vaste réseau de renseignement dans les principaux ports du Moyen-Orient et d'Afrique orientale est avérée (Auzon, 2013). Parallèlement, le système est de plus en plus fréquemment utilisé par les pirates des temps modernes (Salim Chebli, 2009), afin de localiser leurs cibles potentielles. Toutes ces données sont en effet à la portée, bien entendu, de tous les services d'écoutes officiels, mais également de toute autre personne. Dans sa forme actuelle, le système ne permet pas de choisir la direction et le transpondeur vers lesquels les informations AIS sont envoyées. Ceci facilite le travail des pirates et laisse supposer la maitrise de ces technologies par ces derniers. D'ailleurs, certains groupes de pirates réalisent d'importants bénéfices qui leur permettent d'investir, notamment dans les meilleurs systèmes technologiques et dans la formation (Dumouchel, 2009). Ainsi, les bateaux-mères sont équipés des dernières technologies en matière de repérage dans l'espace, ce qui leur permet de cibler et d'organiser très précisément une attaque en prenant au dépourvu le navire pris pour cible, en envoyant des vedettes qui sont parfois indétectables.

Une autre solution, plus simple existe : celle d'un terminal autonome commercialisé librement à destination des plaisanciers. Pour quelques centaines d'euros, n'importe quel pirate potentiel, peut visualiser sur son écran les navires se trouvant dans un rayon d'une vingtaine de milles autour de sa position. Il suffit ainsi aux pirates de bien se positionner afin de couvrir les routes habituelles du trafic maritime et de choisir leur proie en fonction du nom du navire, de sa cargaison ou encore de sa destination.

Par ailleurs, le système AIS peut aussi être utilisé pour diffuser de fausses informations, qu'il est possible de « fabriquer » relativement facilement. L'objectif de ces faux messages (signal de détresse, fausse localisation de navire…) est avant tout d'attirer l'attention et de piéger les navires visés. En effet, le protocole AIS implique que les transporteurs génèrent une alerte dans ce cas de figure (Balduzzi, Pasta, Wilhoit, 2014).

La prévention reste un élément majeur dans la lutte contre la piraterie maritime (Salim Chebli, 2009). Hors, même en naviguant tous feux éteint, les navires restent repérables par leurs émissions VHF lièes à l'AIS. Dans ce cas, la solution est de désactiver le système AIS des navires entrant dans les zones à risques telles que le golfe d'Aden qui sont également généralement des zones de fort trafic dans lesquelles le recours à l'AIS est primordial pour réduire les risques de collision.

2.2.3. Activités et conséquences socioéconomiques

En raison de son développement rapide, l'AIS est un fantastique outil de suivi. Avec les agences de renseignements, les armateurs ont été les premiers à s'en emparer : il leur permet de suivre leur flotte depuis la terre et d'optimiser la logistique. Si la gratuité des données existe, en ce qui concerne l'observation des positions AIS en temps réel, elle ne fait pas force de loi, notamment pour accéder à des bases de données archivées. Les enregistrements d'arrivée et de départ sont également mis à disposition par le *Lloyd's Register Fairplay* à des fins commerciales dans le cadre de sa base de données Sea-web[11] (Kaluza, Kölzsch, Gastner, Blasius, 2010). Ces grands groupes proposent des informations AIS au niveau mondial, mais dont l'accès est payant, et relativement onéreux. Par exemple, *Lloyd's List* a le plus grand réseau mondial de récepteurs AIS. Une couverture supplémentaire des océans et des zones peu peuplées peut être fournie par des rapports AIS *via* satellite (Thery, 2012). Il existe également entre autres *ExactEarth* (http://www.exactearth.com) compagnie canadienne spécialisée dans la vente des données AIS collectées par satellite.

Par ailleurs, l'information ouverte de l'AIS fait naître des craintes d'espionnage commercial. Les compagnies maritimes et les affréteurs souhaitent en effet rester les plus discrets possibles sur les données et informations commerciales. Hors la transmission automatique de certaines données telles que la destination du navire ou son ETA[12] leur font craindre un risque d'espionnage commercial : la connaissance des ports d'origine ou de destination, de certaines cargaisons ou encore des vitesses de navigation sont en effet à la disposition des armateurs concurrents.

---

[11] www.sea-web.com

[12] ETA signifie Estimated Time of Arrival, ou estimation de l'heure d'arrivée. Ce terme est très souvent utilisé par les compagnies de fret et de transport de colis express. Par convention, l'ETA est donné dans l'heure locale du destinataire.

Enfin, si le suivi de la flotte de pêche est d'abord assuré par le système par couverture satellitaire *Vessel Monitoring System* qui contrôle l'intégralité de l'activité des navires de pêche européens de plus de 12 mètres, dans le cadre de la gestion commune des ressources, le système AIS peut être utilisé pour cette activité. Son utilité est déjà reconnue dans les espaces où circulation commerciale et activités de pêche sont importantes, même si les pêcheurs n'apprécient pas que leurs positions soient rendue publiques et sont parfois réticents à s'équiper. Aussi, des modélisations peuvent être effectuées afin de réaliser des bilans de capture et d'évaluer les changements d'intensité de la pression sur les ressources par exemple. Les résultats peuvent être agrégés à différents niveaux d'échelles spatiales et temporelles (Gourmelon, Le Guyader, Fontenelle, Levrel, Tissot, et al., 2013). De plus, des organisations écologistes utilisent l'AIS afin de surveiller les activités des bateaux de pêche. Ainsi, le WWF déclare suivre les navires grâce à l'AIS et établir certaines activités de pêche afin de réagir rapidement à des activités de pêche illicite (Source : Sciences et Avenir[13], 20 décembre 2012). Le WWF entend ainsi vérifier le respect des restrictions de pêche dans les aires marines protégées, évaluer le dépassement des quotas de prises en Europe et traquer les pratiques de pêche peu durables.

3. AIS ET RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Les données tirées des systèmes AIS constituent, de fait, une nouvelle manne d'informations pour la communauté maritime, le grand public mais aussi les chercheurs. Elles constituent en effet une source potentielle d'informations sur les circulations maritimes, principalement marchandes. De ce fait, leur diffusion est un réel apport notamment pour la communauté scientifique.

3.1. Une source récente à l'utilisation encore étroite

L'état de l'art principalement fondé sur une littérature francophone fait apparaître des travaux basés principalement sur la thématique sécuritaire (Fournier, 2012) ou sur la fréquentation d'espaces spécifiques, principalement littoraux (Rade de Brest, espaces littoraux marins et insulaires). De plus, l'analyse des ouvrages, rapports, travaux universitaires et de recherche confirme la relative rareté des travaux en Sciences Humaines et met en exergue une littérature fragmentée qui ouvre sur le droit maritime international, la physique, le traitement du signal, la géopolitique et bien d'autres thèmes encore (Fournier, 2012).

En ce qui concerne la littérature en langue anglaise, plus abondante, la situation est relativement différente. Les recherches portant sur l'AIS sont plus nombreuses, à différentes échelles spatiales, mondiale (Shelmerdine, 2015), régionale (Cairns, 2005), locale (Perkovic, Gucma, Przywarty, Gucma, Petelin, Vidmar, 2012). Comme ceci apparait dans les travaux de Richard L. Shelmerdine (Shelmerdine, 2015), les recherches

[13] http://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/20120930.OBS4036/wwf-surveille-la-peche-illicite-par-satellite.html

focalisent sur la surveillance des routes empruntées par le transport maritime et de l'intensité du trafic de navires (Eriksen, Høye, Narheim, Meland, 2006), la prévention des accidents maritimes et la détection des situations inhabituelles (Kao, Lee, Chang and Ko, 2007) et sur les impacts environnementaux de la circulation maritimes (Jalkanen, Johansson, Kukkone, 2013).

Le site *Marine Traffic*[14] est un très bon exemple de la diffusion de l'information. Il fournit, en partie gratuitement et en temps réel, des informations sur les mouvements de navires dans une zone de couverture presque mondiale (Thery, *2012)*. Il fait partie d'un projet universitaire qui a pour but la collecte et la diffusion de ces données en vue de leur exploitation dans divers domaines. Le projet est ouvert, ses organisateurs sont constamment à la recherche de partenaires disposés à partager les données de leur région, afin de couvrir plus de zones maritimes et de ports dans le monde. *MarineTraffic* annonce aujourd'hui pas moins de 5 millions d'utilisateurs mensuels. Chacun peut explorer à loisir chacune des zones pour lesquelles les informations sont disponibles. Cette exploration est d'autant plus intéressante dans les zones de concentration des trafics comme la Manche (Cf. figure 3), route maritime la plus fréquentée au monde dont le site donne de fait une image spectaculaire. À titre d'exemple, *marinetraffic* positionne simultanément en un instant T, 44 500 navires de tous types sur le globe et 650 navires en Manche centrale (Cf. figure 3).

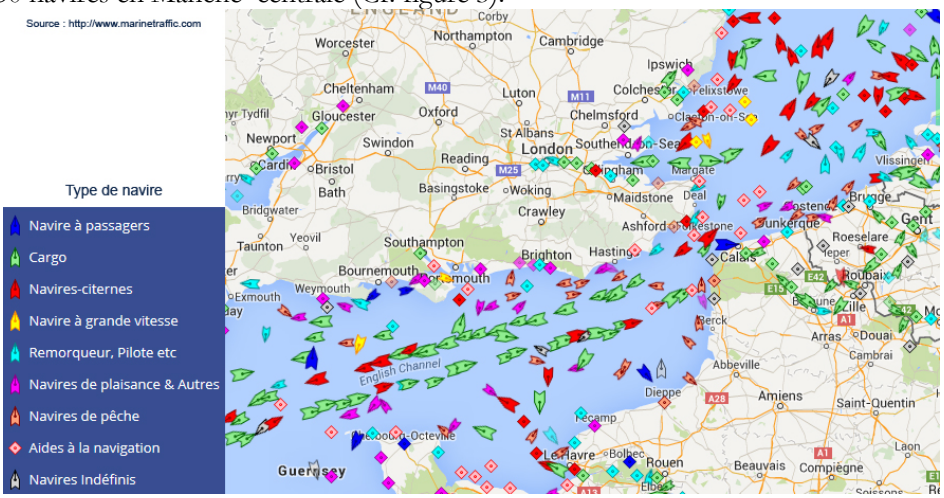

Figure 3 *: Les navires en Manche d'après le site Marine Traffic (21 avril 2015 / 15h40).*

Au-delà d'une vision des routes maritimes, *Marine Traffic* offre également le moyen d'observer les mouvements des navires dans les ports, pourvu qu'ils soient équipés de stations AIS. Le système AIS étant ouvert, il a donné naissance à d'autres sites, en dehors de *Maritime Traffic* comme le britannique, *ShipAIS*. Les sites de diffusion de l'information AIS ont donc un grand avantage, celui de permettre de visualiser gratuitement la circulation maritime en temps réel. En termes de recherche, l'intérêt de

[14] http://www.marinetraffic.com

ces sites de visualisation de données Ais est certes moins important que la mise à disposition de bases de données archivées mais il permet notamment de comparer la réalité du trafic maritime avec le discours des compagnies maritimes en vérifiant par exemple les navires en opérations sur des lignes régulières. En couplant ces informations avec une base de données navires, il est par ailleurs possible de déterminer les capacités offertes sur ces mêmes lignes maritimes.

Une utilisation plus poussée des données AIS est possible grâce au développement d'un réseau de stations couvrant de plus en plus de zones côtières, ce qui offre de nouvelles possibilités à la cartographie de l'activité de transport. « *Plusieurs travaux menés à l'Institut de recherche de l'école navale (IRENAV) sont basés sur l'exploitation de données AIS dans le but de détecter des situations inhabituelles (risques de collision) et de qualifier le comportement des navires en temps réel. Grâce à la mise à disposition des données AIS, il est possible d'identifier, quantifier et cartographier les couloirs de navigation des navires »* (Le Guyader, Brosset, Gourmelon, 2011). La méthode fondée sur une analyse spatiale au sein d'un système d'information géographique (SIG) associé à un serveur de base de données, permet de reconstruire les trajectoires de chaque navire de manière à identifier les couloirs de navigation puis d'y associer le trafic journalier dans ses dimensions temporelles et quantitatives. Il est ainsi possible de compléter la cartographie du transport maritime traditionnellement tournée vers l'analyse des réseaux et flux maritimes au niveau mondial, les enregistrements des ports de départ et d'arrivée ou pour l'analyse de l'emprise spatiale du transport maritime. « *Dans une approche globale du déroulement des activités maritimes, ces informations peuvent être analysées avec d'autres décrivant le déroulement des activités nautiques et de pêche, afin de caractériser leurs interactions et mettre en évidence des conflits potentiels. À moyen terme, l'application des systèmes de suivi du trafic maritime à l'ensemble des activités impliquant différents types de navires, prévue dans le cadre de l'E-Navigation, constituera sans aucun doute une source de données précieuse pour l'aide à la navigation en temps réel, la gestion des pêches et pour contribuer à la gestion intégrée de la mer et du littoral* » (Le Guyader, Brosset, Gourmelon, 2011).

En outre, Le dispositif *Envisia*, illustre l'intérêt des données AIS. Créé par le CETMEF (Centre d'études techniques maritimes et fluviales) à l'initiative de l'Etat français, c'est un système de collecte et d'archivage de toute une série de données fournies par des serveurs informatiques et des installations côtières, parmi lesquelles les données AIS (Guichoux et al., 2011). Ce système est déjà utilisé afin d'identifier les zones à forte densité de trafic et ainsi, mieux évaluer les risques liés à la circulation maritime, de repérer les zones littorales aménageables, ou de mesurer la pression des activités humaines sur le milieu marin.

L'utilisation de l'AIS repose sur le caractère multi scalaire ; échelles spatiales (local/global) et temporelles (temps court/temps long) de l'information produite par les signaux AIS couplée à d'autres bases. Elle permet des applications opérantes dans des domaines variés. Une application potentielle des données AIS archivées consiste ainsi à extraire des statistiques de temps de voyage pour une population de navires (Mitchell et al, 2014).

La mise à disposition de données AIS archivées ouvre d'intéressantes perspectives pour la caractérisation des activités maritimes sur les plans spatiaux, temporels et quantitatifs. Les potentialités de l'AIS pour la recherche scientifique sont en fait multiples : analyse des routes maritimes empruntées par les navires, estimation des rejets des navires, identification des escales et de leurs durées, analyse des stratégies des compagnies maritimes, cartographie des flux de navires, analyse des interactions avec des éléments d'environnement du navire comme les conditions météorologiques, l'état de la mer, ou la densité du trafic.

3.2. La mise en place d'une plateforme de recherche pour l'analyse de la circulation maritime

Afin de construire et d'exploiter une plateforme d'intégration de données et de développement applicatif fondé l'utilisation des signaux AIS, le projet CIRMAR implique une collaboration multidisciplinaire entre géographes, aménageurs et informaticiens notamment.

3.2.1. Apports et caractéristiques générales

Alors que plus de 90% du transport international de marchandises s'effectue par voie maritime, la circulation des navires marchands se trouve être un champ d'investigation relativement peu exploré d'un point de vue analytique à l'exception de la thèse de doctorat de Joly (Joly, 1999) sur l'analyse morphologique des circulations maritimes de lignes régulières conteneurisées à l'échelle mondiale. Jusqu'à ce jour, la circulation maritime a donc été appréhendée en combinant des approches élémentaires d'analyse statistique descriptive à d'autres empruntant à la recherche opérationnelle sur les problèmes de réseaux de transport (mesures globales et locales de morphologie de réseau, chemins optimaux dans un graphe et éléments d'optimisation de flux sous contrainte) à partir de plusieurs saisies de registres de la Lloyd's (Ducruet, Joly, Le Cam, 2012), ce qui a représenté un travail considérable ne pouvant matériellement être assuré en continu.

Bien que les premières expérimentations aient porté sur le trafic en Baie de Seine, l'utilisation pour la recherche dépasse largement le contexte des ports normands et touche aussi bien la sécurité de la navigation que l'économie maritime ou encore les relations du trafic maritime avec la conjoncture mondiale ou régionale. Nous nous proposons d'explorer trois grands domaines :

- Le domaine géoéconomique portant sur l'insertion de la circulation maritime dans les chaînes logistiques globales,
- Le domaine de la sécurité de la navigation qui correspond à la finalité première du dispositif AIS,
- Le domaine de l'évaluation des impacts environnementaux de la circulation maritimes en corrélation avec de l'analyse d'image aérienne ou satellitaire.

De ces domaines nous pouvons mettre l'accent sur quelques pistes de recherche qui nous semblent primordiales :

- Le suivi longitudinal[15] des routes maritimes. Les routes maritimes sont l'illustration des grands courants d'échanges commerciaux. Leur variation est significative, à l'image du basculement des trafics dominants entre Europe et Amérique du Nord vers les flux Europe-Asie et Amérique-Asie dans les années 70-80. Plus récemment l'intensification des flux Nord-Sud a accompagné le décollage des pays émergeants, notamment en Atlantique Sud. Ces routes traduisent la forte réactivité des compagnies maritimes qui s'adaptent en permanence aux évolutions de la demande et donc aux aléas de l'économie mondiale. À l'échelle macro géographique, suivre sur du moyen terme les transformations de ces routes permet de bien comprendre les fluctuations de l'économie mondiale. Les caractéristiques des navires mis en service sur les lignes régulières de porte-conteneurs notamment, sont le reflet des stratégies des armements et des alliances dans un contexte hyper concurrentiel. Parmi les phénomènes que l'on pourra analyser plus précisément, citons évidemment l'augmentation de la taille des navires (20 000 EVP aujourd'hui), mais également le « cascading[16] » ou le « slow steaming[17] ». D'un point de vue de l'analyse théorique, les informations caractérisant les lignes, les escales et les capacités devraient pouvoir être intégrées dans un modèle de flux de type markovien avec la possibilité de réaliser des simulations sur l'introduction de nouvelles escales dans les ports existants, la construction de nouveaux terminaux, voire des projections de trafic en fonction d'hypothèses macroéconomiques. De même, en se fondant sur le graphe que constitue les lignes maritimes et les ports, il est envisageable de calculer pour ceux-ci des indices de centralité ou de connectivité (Ducruet, Notteboom, 2012) et surtout d'analyser l'évolution de ces indices dans le temps.

Ces stratégies ont des conséquences sur l'organisation des chaînes logistiques terrestres, par exemple la généralisation du « slow steaming»[18] a augmenté le transit time sur les lignes Asie-Europe, amenant les chargeurs à reconsidérer leurs schémas logistiques. Le projet CIRMAR bénéficie avec les ports de la vallée de la Seine et le marché francilien d'un terrain d'expérimentation des interactions entre logistique terrestre et flux maritimes qui a été largement exploré dans différents programmes de recherche (Lévêque, Michel, 2013). Cette expertise sera donc complétée par une meilleure connaissance des incidences des fluctuations du trafic maritime.

- Le «design » des lignes régulières (le choix des ports d'escale) ne dépend pas exclusivement des capacités nautiques des terminaux, elle peut être mise en relation avec

---

[15] Nous entendons par là l'observation sur une durée relativement longue, au minimum de plusieurs années, des changements affectant les escales et les destinations des navires.

[16] La mise en services de navires de très grande taille (15-18 000 evp) sur les grandes routes transocéaniques reporte les navires de tailles intermédiaires (10 000 evp) sur les flux nord-sud et les navires de 5000 evp sur les liaisons régionales. Se pose alors la question de terminaux susceptibles d'accueillir les 10 000 evp dans les pays du sud.

[17] Le « slow steaming » est une stratégie des armateurs qui consiste à réduire la vitesse des navires tout en conservant les caractéristiques des services. Déployées depuis la crise de 2008, ces stratégies ont pour objectif de réduire les coûts de fonctionnement.

[18] La baisse récente des prix du brut n'a pas remis en cause cette stratégie extrêmement profitable.

la profondeur et la densité des hinterlands et des infrastructures terrestres de desserte ainsi qu'avec le positionnement des autres compagnies sur les mêmes « trade[19] ». L'analyse des pratiques des compagnies maritimes par rapport au choix des ports d'escale (dans le range Nord-ouest par exemple) et par rapport aux navires et capacités réellement mises en service, devrait permettre d'évaluer si elles reposent sur une approche rationnelle de la demande où sur des considérations exogènes liées par exemple à l'image du cluster portuaire ou aux intérêts croisés avec les opérateurs de terminaux.

- La fiabilité des compagnies maritimes. Dans la pratique, le concept de « ligne régulière », fortement associé aux trafics conteneurisés (Frémont, 2008) occulte de nombreux aléas, météorologiques, commerciaux, ou sociaux qui peuvent altérer la régularité des escales. L'analyse de la ponctualité des navires dans les ports par rapport aux plannings publiés par les compagnies maritimes, devrait permettre de construire un indicateur de fiabilité des compagnies sans avoir à passer par l'interrogation des différentes capitaineries.

- La compétitivité portuaire. La compétitivité des ports repose, entre autres choses, sur leur capacité à accueillir des navires de plus en plus grands mais également à traiter de gros volumes dans des délais de plus en plus contraints. La notion de congestion portuaire peut avoir une dimension maritime et le recours à l'AIS permet de comparer les temps d'attente en rade, par exemple pour remonter un fleuve en fonction de la marée. La durée d'escale peut également être mise en relation avec la capacité de traitement des terminaux et les services portuaires proposés aux navires et à la marchandise, notamment pour comparer la performance des ports d'un même range.

- Les conditions de circulation dans les mers très fréquentées (i.e. La Manche). La majorité des accidents de navigation a lieu à proximité des côtes et dans les zones à forte densité de trafic. On se rapproche donc de la finalité première du dispositif AIS. À partir d'observations agrégées, on peut envisager de mesurer, voire de modéliser les « écarts de routes » dans ces zones souvent balisées par un DST[20] et les conflits potentiels entre les différents types de trafic (cargos, ferries, pécheurs). C'est tout un domaine de recherche qui recouvre également l'analyse du facteur humain dans la conduite du navire (Clostermann, 2014).

- L'impact du changement climatique sur le transport maritime. Selon l'Organisation Météorologique Mondiale, le changement climatique va contribuer à augmenter la fréquence des évènements météorologiques exceptionnels, à l'image des tempêtes qui se sont succédées en Atlantique nord et en Manche entre novembre 2013 et février 2014. Elles ont entrainé de multiples retards dans l'approvisionnement des chaines logistiques terrestres. On pourra envisager des analyses, corrélées avec les

[19] Grands courant d'échanges maritimes à l'échelle mondiale.
[20] Dispositif de Séparation du Trafic.

relevés télétransmis des bouées météo situées en quelques points stratégiques (Ouessant, golfe de Gascogne), sur les vitesses de navigation, selon les types de navires, le tirant d'eau ainsi que les décisions des commandants sur la conduite du navire (en route, à la cape ou à l'abri en rade).

Dans un premier temps, le projet va donc expérimenter les possibilités de collecte et de traitement des données ainsi qu'une évaluation de la fiabilité et de la qualité des informations transmises par les navires en utilisant un ou deux capteurs couvrant la Baie de Seine et la Manche centrale, mer qui est la plus fréquentée du globe.

Les problèmes à régler sont multiples. Ils relèvent du traitement d'une grande masse de données de qualité inégale, de la capacité à compléter les informations issues des signaux AIS avec des bases de données externes, sur les navires, les ports, les conditions de navigation et sur la réalisation d'une interface de consultation qui tiennent compte des différentes échelles géographiques et temporelles auxquelles se prête l'analyse des signaux AIS.

3.2.2. L'acquisition des données

Les contraintes liées à l'acquisition des données sont les premières rencontrées. Destiné avant tout à assurer la sécurité de la navigation par identification mutuelle des navires, le système AIS est public, mais la portée des émetteurs est limitée (20 à 40 miles nautiques). Nous réalisons des tests de réception et de qualité des données à partir d'un récepteur situé sur un bâtiment de l'université du Havre à 80 m d'altitude, test qui va être complété avec les signaux issus du récepteur du cap de la Hève, positionné à 100 m d'altitude, géré par le GPMH. Il couvre une bonne partie de la Baie de Seine et de la Manche centrale. L'idéal serait de le coupler avec un récepteur du Solent (GB), ce qui permettrait de couvrir l'intégralité de la Manche centrale.

À l'échelle mondiale, les réseaux de récepteurs et de diffusion relèvent de services commerciaux (Lloyd's par exemple) ou de réseaux collaboratifs. Le projet CIRMAR, coopère avec l'un de ces réseaux, qui en échange de l'intégration de ses récepteurs donne accès à l'intégralité des données à l'échelle du globe ce qui représente un flux moyen de 1,5 Giga-octets par jour qui est archivé. La comparaison des signaux issus des récepteurs que nous maitrisons intégralement, avec ceux provenant du réseau collaboratif permet également de mieux appréhender les différentes questions liées à la qualité des données issues des signaux AIS.

3.2.3. Les contraintes sur le traitement des données

Il s'agit essentiellement des problèmes de traitement d'une grande masse de données dont l'acquisition s'effectue en continu nécessitant donc de construire un entrepôt de données destiné à stocker l'historique des positions des navires et des informations connexes. Cette démarche s'accompagne d'un dispositif de consultation et d'extraction en cours de développement qui s'adaptera aux différentes applications énoncées ci-dessus. Les informations émises par les navires permettent de reconstituer la trace des navires (Cf. Figure 4). Toutes les 6 minutes sont diffusées des informations

complémentaires sur la nature de la cargaison, son port d'origine et de destination. Le volume de données produites nécessite éventuellement d'échantillonner les données en fonction des types d'analyse envisagés et donc de leur « amplitude » temporelle. L'analyse des « transit times » entre l'Asie et l'Europe ne nécessitera pas le même niveau de précision de l'information que l'analyse des temps d'attente en rade ou celui des durées d'escale.

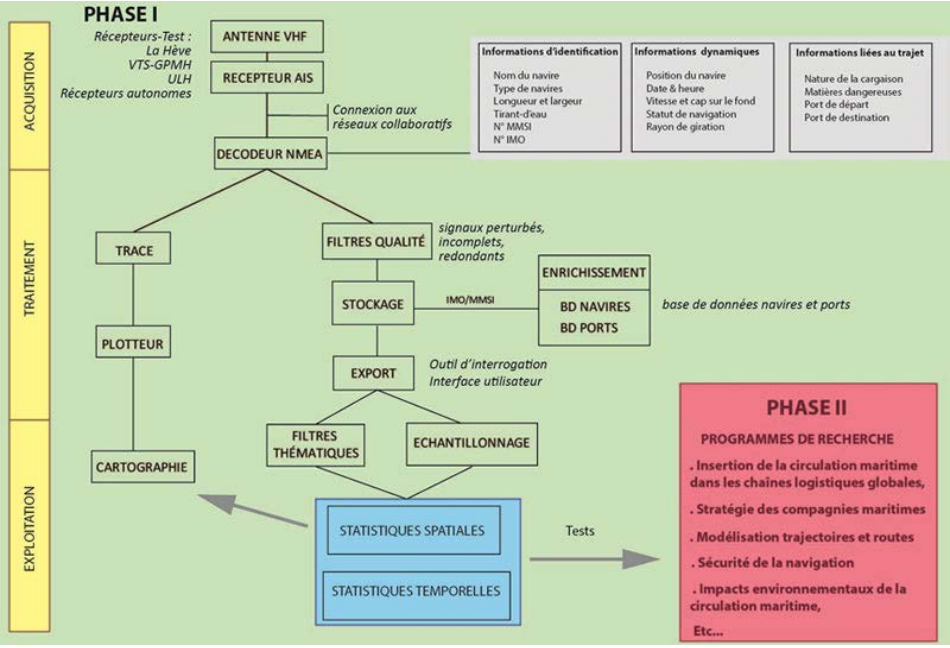

Figure 4 *: Architecture du projet CIRMAR.*
Source *: L. Lévêque.*

D'autre part, la constitution d'un système d'information sur la circulation maritime implique l'appariement des données de flux avec des données caractérisant les navires via le n° IMO/MMSI et celles localisant les ports d'escale via le SIG maritime (Cf. Figure 4). Cet appariement contribue à l'amélioration de la qualité des données statiques qui ne sont pas toujours bien renseignées par les opérateurs sur les navires. Des bases de données actuellement commercialisées permettent de connaitre les caractéristiques des navires composant la flotte marchande mondiale et des terminaux portuaires : Containerisation International, Alphaliner, ISL Brème, Fair-Play mais ces données doivent pouvoir être régulièrement mises à jour, notamment pour enregistrer les changements de nom ou d'armateur des navires, ce qui représente un coût non négligeable pour la recherche.

Chaque type d'application envisagée (géoéconomique, sécurité, environnementale) est donc amené à interroger la base de données « flux-navires-ports » selon des modalités spécifiques. Il convient donc de réaliser un inventaire, le plus

exhaustif possible, de ces interrogations déclinées en une série de cahiers des charges réalisés avec les différents utilisateurs, chercheurs ou professionnels.

3.2.4. Les contraintes sur l'agrégation des données

Pour certains types d'applications, celles liées à la sécurité de la navigation, l'agrégation des données individuelles de positionnement en trajectoires puis en flux nécessite un traitement de l'information qui a fait l'objet de recherches menées à l'IRENAV et au laboratoire LETG GEOMER de l'Université de Bretagne Occidentale sur la navigation dans la rade de Brest, ainsi que sur l'ensemble de la Manche (thèse de M. Zekar devant être soutenue en 2015). L'application de ces outils au trafic transitant par la Manche change l'échelle des volumes de données à exploiter et va nécessiter des traitements particuliers pour trouver le bon compromis entre la précision des résultats recherchés et les moyens techniques à mettre en œuvre voire avec la durée des traitements effectués. Si un résultat parvient après une durée estimée trop importante alors l'intérêt des applications développées s'en trouvera réduit. Il est donc envisageable d'utiliser ou d'adapter des techniques empruntées aux systèmes temps-réel sachant qu'on est ici sur du temps-réel souple[21]. Il existe dans ce domaine des techniques de calcul imprécis capable de s'adapter aux conditions de charge des systèmes pour apporter des résultats dans un temps contraint.

Enfin, le traitement cartographique des flux de navires selon leurs types, les marchandises transportées, leur taille nécessite également une recherche spécifique que ce soit dans le domaine de la cartographie des flux que dans celui de la cartographie des données temporelles.

CONCLUSION

L'AIS est devenu en peu de temps un outil opérationnel exploité par de nombreux acteurs. En effet, il fournit de précieux renseignements, aussi bien aux équipages, qu'aux organes de régulation à terre, voire même à des particuliers ou des chercheurs. La sécurité à bord et la sûreté pour les navires en mer sont des thématiques d'actualité en raison de la multiplication des actes de piraterie. Parmi les outils de suivi du trafic maritime qui existent, l'AIS renseigne mais ne suffit pas à renforcer la sûreté des navires. Au contraire, il semble même parfois être utilisé par ces mêmes pirates. En fait c'est d'une des principales richesses du système que découle la plus grande faille : les données sont, à l'origine gratuites et libres, difficilement contrôlables.

Les possibilités d'exploitation des informations issues des signaux AIS donnent à ce dispositif un caractère d'information globale, en effet il est :

- Multi échelles, temporelles et spatiales,

[21] L'analyse temps réel doit intégrer la possibilité de dégradation du signal (données dynamiques) et/ou de la mauvaise qualité des données statiques, avec un niveau de criticité qui sera déterminé en fonction de la finalité du traitement.

- Multi finalités : aide à la navigation, suivi des flux économiques mondiaux, analyse des comportements d'acteurs économiques, comportements des marins, interactions avec l'environnement…
- Multi usages : gestion des lignes maritimes, de la circulation, des escales portuaires, construction d'indicateurs de fiabilité, de performance, impacts sur les chaînes logistiques…
- Riche en possibilité de développements théoriques dans de nombreuses disciplines puisque c'est, avec son équivalent aérien, la seule source de suivi continu d'objets mobiles à l'échelle planétaire.

Cet énorme potentiel pose des défis scientifiques et a pour conséquence la nécessité d'une approche interdisciplinaire. Tout d'abord pour construire la plateforme d'acquisition de traitement et de mise à disposition de données exploitables selon les différentes finalités et usages. La valorisation scientifique des données AIS implique en effet la mise en place de nouveaux outils en relation étroite avec les spécialistes du traitement de l'information. Parallèlement il est nécessaire d'appréhender le plus largement possible les différents types d'exploitation qui seront demandés à cette plateforme et donc la collaboration avec l'ensemble des différentes disciplines et métiers concernés ; géographie, économie, statistiques, sciences de l'ingénieur, logisticiens, navigants, etc., est indispensable. Il est souhaitable que cette collaboration s'effectue le plus en amont possible afin de déterminer pour chaque développement envisagé un cahier des charges spécifique qui participera à améliorer les services proposés par la plateforme. Enfin, même si des résultats sont immédiatement disponibles, c'est un projet qui se construit également sur le moyen et long terme avec l'archivage des données. Un réseau émergent est en cours de structuration, grâce à des programmes de recherche financés par la Région Haute-Normandie et le FEDER, il doit s'élargir progressivement vers une communauté d'utilisateurs scientifiques et professionnels qui sera le garant de sa pérennité.

BILIOGRAPHIE

AUZON O. (2013), La piraterie maritime est en baisse mais il ne faut pas baisser la garde, *Diploweb*, mars2013, http://www.diploweb.com /La-piraterie-maritime-est-en.html.

BALDUZZI M., PASTA A., WILHOIT K. (2014), A Security Evaluation of AIS, Automated Identification System, *The 30th Annual Computer Security Applications Conference*, ACSAC, New Orleans, Louisiana, USA, 8-12 décembre 2014.

BAUDAIS J.-Y., MERIC S., LE MAITRE J. (2012), Estimation de position de bateaux depuis l'espace à l'aide des signaux AIS, *Colloques sur le Traitement du Signal et des Images*, Dijon, 4 p.

CAIRNS W. R. (2005), AIS and Long Range Identification & Tracking, *Journal of Navigation*, 58, pp 181-189.

CHEN Y. (2013), Will Satellite-based AIS Supersede LRIT? », *Marine Navigation and Safety of Sea Transportation: Advances in Marine Navigation*, CRC Press, pp. 91-94.

CLOSTERMANN J. P. (2014), *Les facteurs humains au cœur de la sécurité maritime*, thèse de doctorat, Université de Bretagne Sud, 251 p.

DEBOOSERE P., DESSOUROUX C. (2012), « Le contrôle de l'espace et de ses usage(r)s : avancées technologiques et défis sociaux », *Espace populations sociétés*, 2012/3, pp. 3-11.

DESNOES Y. (2010), Le défi de la e-navigation, *Journées Scientifiques et Techniques du CETMEF*.

DEVOGELE T. (2009), *Système d'information géographique temporelle maritime: des distances linéaires à l'analyse temps réels des trajectoires*, Université de Brest, Habilitation à diriger des recherches de Géomatique.

DUCRUET C., JOLY O., LE CAM M. (2012), Maritime flows, Draft Final Scientific Report, *ESPON 2013 Programme, Territorial Impact of Globalization on Europe and its Regions (TIGER)*, Applied Research Project 2013/1/1.

DUCRUET C. & NOTTEBOOM T. (2012), The worldwide maritime network of container shipping: Spatial structure and regional dynamics, *Global Networks*, 12(3), pp. 395-423.

DUJARDIN B. (2004), L'AIS et ses capacités de surveillance maritime, *La revue maritime*, n°467.

DUMOUCHEL A.-C. (2009), *Les atteintes à la sûreté en haute mer*, Mémoire de Master recherche en relations internationales, Université Panthéon-Assas-Paris II.

ERIKSEN T., HØYE G., NARHEIM B., MELAND BENTE J. (2006), Maritime traffic monitoring using a space-based AIS receiver, *ActaAstronaut*, 58:5, pp. 37–49.

FAYE F. (2005), Une stratégie navale pour le XXIe siècle La maîtrise de l'information sur mer, *La Revue Maritime,* 471*,* pp. 116-125.

FOURNIER M. (2012), *L'apport de l'imagerie satellitale à la surveillance maritime : contribution géographique et géopolitique*, thèse de doctorat, Université de Montpellier 3.

FRÉMONT A. (2008), Les armements de lignes régulières et la logistique, *Cahiers Scientifiques du Transport*, 53, pp. 123-143.

GOURMELON F., LE GUYADER D., FONTENELLE G., LEVREL H., TISSOT C., et Al. (2013), *Modélisation et scénarisation des activités humaines en rade de Brest*, Institut Universitaire Européen de la Mer, Université de Brest.

GUICHOUX Y. et Al. (2011), ENVISIA – A scalable archiving system for AIS data storage, *Global sharing of Maritime Data- IALA workshop 12-16 September, 2011*.

HARATI-MOKHTARI A., WALL A., BROOKS P., WANG J. (2007), Automatic Identification System (AIS): Data Reliability and Human Error Implications, *Journal of Navigation*, 60, pp. 373-389.

JALKANEN J.-P., JOHANSSON L., KUKKONEN J. (2013), A Comprehensive Inventory of the Ship Traffic Exhaust Emissions in the Baltic Sea from 2006 to 2009, *AMBIO*, Volume 43, Issue 3, pp. 311-324.

JOLY O. (1999), *La structuration des réseaux de circulation maritime : position des plates-formes d'interconnection en Europe du Nord-Ouest*, Thèse de doctorat, Université du Havre.

KALUZA P., KÖLZSCH A., GASTNER M. T., BLASIUS B. (2010), The complex network of global cargo ship movements, *Journal of the Royal Society Interface*, vol.7, No.48, 1093.

KAO S.-L., LEE K.-T., CHANG K.-Y., KO M.-D. (2007), A Fuzzy Logic Method for Collision Avoidance in Vessel Traffic Service, *Journal of Navigation*, 60, pp. 17-31.

LEBŒUF C. (2013), Les systèmes de communication : outils de sécurité et de sûreté maritimes, *Neptunus*, Vol. 19, 2013/2, http://www.cdmo.univ-nantes.fr.

LE GUYADER D., BROSSET D., GOURMELON F. (2011), Exploitation de données AIS (Automatic Identification System) pour la cartographie du transport maritime, *Mappemond*e, N°104.

LÉVÊQUE L., MICHEL S. (coord.) (2013), *Le passage portuaire, approches interdisciplinaires des flux de marchandises transitant par les ports*, Le Havre Université du Havre, 85 p. (Consultable en ligne : www.projet-devport.fr/PDF/41.pdf)

MITCHELL K. N. et Al. (2014), Waterway Performance Monitoring via Automatic Identification System (AIS) Data, *Transportation Research Board (TRB) 93rd Annual Meeting*, Chicago, 12-16 janvier 2014.

PERKOVIC M., GUCMA L., PRZYWARTY M., GUCMA M., PETELIN S., VIDMAR P. (2012), Nautical risk assessment for LNG operations at the Port of Koper, *StrojniskiVestnik-J Mech Eng,* 58, pp. 607-613.

PREVOST R. (2012), *Décodage et localisation AIS par satellite*, thèse de doctorat, Université de Toulouse.

SALIM CHEBLI A. (2009), *La piraterie maritime au début du XXIème siècle*, Mémoire pour le diplôme d'Université de 3ème cycle, Université Paris II.

SCHWEHR K., MC GILLIVARY P. (2007), Marine Ship Automatic Identification System (AIS) for Enhanced Coastal Security Capabilities: An Oil Spill Tracking Application, *Oceans07 MTS/IEEE*, Vancouver.

SERRY A. (2013), Le transport maritime en mer Baltique, entre enjeu économique majeur et approche durable, *Revue d'études comparatives Est-Ouest*, n°44, 2013, pp. 89-123.

SHELMERDINE R. L. (2015), Teasing out the detail: How our understanding of marine AIS data can better inform industries, developments, and planning, *Marine Policy*, vol.54, pp. 17–25.

ŚWIERCZYŃSKI S., CZAPLEWSKI K. (2013), The Automatic Identification System operating jointly with radar as the aid to navigation, *Zeszyty Naukowe Akademia Morska w Szczecinie,* 36, pp. 156-161.

TERRASSIER N. (2004), *Les évolutions en matière de sécurité et de sureté dans le transport maritime : réglementation et enjeux économiques*, ISEMAR.

THERY H. (2012), Marine Traffic Project, un outil d'observation des routes et des ports maritimes, *Mappemonde*, 104, http://mappemonde.mgm.fr/num32/internet/int11401.html.

VANDECASTEELE A., NAPOLI A. (2011), La place du géodécisionnel dans les systèmes de surveillance maritime de nouvelle génération : Apport du géodécisionnel dans la surveillance maritime, *SAGEO International Conference on Spatial Analysis and GEOmatics*, Conférence internationale de Géomatique et d'Analyse, 3-8 juillet 2011, Paris.

ZOUAOUI-ELLOUMI S. (2012), *Reconnaissance de comportements de navires dans une zone portuaire sensible par approches probabiliste et événementielle : Application au Grand Port Maritime de Marseille*, thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris.