
Apport du géodécisionnel et de la géocollaboration aux nouveaux systèmes de surveillance maritime

Apport du géodécisionnel et de la géocollaboration

Arnaud Van De Castele* — Aldo Napoli* — Michel Morel**

* Mines ParisTech, CRC
Rue Claude Daunesse, 06904 Sophia Antipolis
arnaud.van_de_casteele@crc.mines-paristech.fr ;
aldo.napoli@crc.mines-paristech.fr

** DCNS SIS/DDP
Le Mourillon - BP 403 ; 83055 Toulon cedex
michel.morel@densgroup.com

RÉSUMÉ. La prise en compte récente de l'importance de la sécurité maritime a permis de mettre en évidence les besoins des décideurs et des opérationnels en terme d'accès et de partage de l'information. Si les systèmes de surveillance maritime de nouvelle génération répondent à ce besoin, il reste néanmoins à améliorer leurs capacités à soutenir des processus collaboratifs. Ce document a pour objectif de présenter deux axes de recherches possibles pour améliorer la collaboration. Pour cela nous nous appuyons sur les notions de géocollaboration et de géodécisionnel tout en s'inspirant des travaux réalisés en sciences cognitives.

ABSTRACT. The new challenges for maritime sector highlight the decision makers and operational needs in terms of access and sharing useful information. If the new generation of maritime surveillance systems should meet these needs, their capacity to support collaborative processes are still to improve. This article aims to present two research areas to enhance collaboration. For this we rely on notions of géocollaboration, geobi and cognitive sciences.

MOTS-CLÉS : geocollaboration, géodécisionnel, solap, cognition distribuée

KEYWORDS: geobi, geocollaboration, solap, distributed cognition

1. Introduction

Dans nos sociétés où l'information est devenue omniprésente, la capacité à pouvoir capter et exploiter celle-ci est un enjeu majeur pour toute entité amenée à prendre une décision. En effet, de cette capacité dépendent ensuite les actions et les moyens d'interventions qui seront engagés. Mais, face à l'augmentation des données disponibles, au nombre croissant d'acteurs et à la complexification des menaces, l'environnement dans lequel évolue le décideur est marqué par une grande incertitude.

Ce constat général se retrouve également au sein dans la sécurité maritime qui se caractérise par des menaces hétérogènes, par une zone d'action très vaste et par un réseau d'acteurs important. Le débarquement en Corse d'une centaine de clandestins en janvier 2010 ou encore l'explosion le 20 avril 2010 de la plate-forme pétrolière Deepwater Horizons en Louisiane sont des exemples concrets de la difficulté à maîtriser cet environnement. Au niveau national, l'absence d'un corps d'état unique dédié à la sécurité et à la sûreté maritimes contribue également à complexifier la chaîne de décision.

Face à cela et afin de limiter cette incertitude, les organes décisionnels s'équipent en outils informatiques spécialement conçus pour le traitement et l'analyse de problèmes hétérogènes et non structurés. Ainsi, à côté des traditionnels systèmes opérationnels dédiés à l'exécution des tâches courantes s'ajoutent des systèmes d'aide à la décision permettant de définir la meilleure stratégie à adopter. Les caractéristiques de ces outils dans le domaine maritime restent encore à définir. De ce fait, de nombreux projets de recherche sont menés afin de définir un système innovant et global de surveillance maritime.

En nous appuyant sur les travaux en cours et sur les plateformes existantes, nous présenterons les futures améliorations envisagées. Pour cela, deux orientations majeures ont été identifiées. Celles-ci se basent sur les concepts de géocollaboration et de géodécisionnel. En effet, dans les organisations la collaboration entre les décideurs apparaît comme une nécessité mais aussi comme un défi. L'enjeu principal étant d'arriver à prendre en compte les différentes perceptions cognitives des individus sans déboucher sur un conflit. Pour cela nous nous proposons d'utiliser les bases disponibles dans les outils de l'informatique géodécisionnelle.

Afin d'illustrer notre problématique de recherche, nous décrirons tout d'abord le contexte maritime dans lequel s'inscrit cet article. Les différents acteurs ainsi que les systèmes d'informations existants seront abordés. Ensuite, nous nous focaliserons sur les projets en cours dans le domaine des systèmes d'aide à la décision dédiés à la surveillance maritime. Enfin, nous présenterons les futurs axes d'amélioration envisagés.

2. La sécurité maritime, un environnement décisionnel complexe

Chaque année près de 7,5 milliards de tonnes de marchandises soit environ 90% de l'économie mondiale transitent par les océans (CNUCED, 2009). Véritable vecteur économique, cet espace est néanmoins sujet à d'importantes menaces. Les attaques répétées des pirates au large de la Somalie ou la récente catastrophe de Deepwater Horizon sont des exemples concrets de cet équilibre fragile.

Dans ce paragraphe, nous abordons la notion de sécurité et de sûreté maritime puis l'action de l'état en mer et enfin les systèmes d'information maritime actuels.

2.1. Sécurité et sûreté maritime

Définir la notion de sécurité et de sûreté maritimes n'est pas qu'un simple exercice étymologique. En effet derrière ces termes et leurs relations se profile déjà toute la difficulté à appréhender la notion de risque en mer. Car, si ces deux notions visent à la protection des navires, de la cargaison et du territoire, la sûreté maritime se démarque par le caractère intentionnel de la menace (Beurier, 2006).

Les menaces, nombreuses et hétérogènes, ont été classifiées par le système européen de surveillance des frontières EUROSUR. On retrouve notamment le contrôle des frontières contre l'immigration clandestine, la lutte contre le trafic illicite et la criminalité, ou encore le contrôle des pêches. Dans le cadre de la conception d'un système de surveillance maritime cette classification pourra servir de base dans la définition des différentes thématiques de recherche.

Mais, cette codification hermétique masque la complexité des situations liées au risque maritime. Prenons par exemple le cas du pétrolier Limburg en Décembre 2002. Celui-ci, en attente d'entrée au port, subit une attaque d'un bateau suicide chargé d'explosifs. L'explosion entraîne alors un incendie à bord du navire et le déversement de plus de 90 000 barils de pétrole. On note ici concrètement le chevauchement de problématiques portant aussi bien sur la notion de sécurité que sur la notion de sûreté maritime.

2.2. L'action de l'état en mer

Au niveau national, les missions relevant du domaine maritime sont regroupées sous le terme d'action de l'état en mer (AEM). Animée par le préfet maritime l'AEM se compose d'un échelon global à dimension essentiellement politique et d'un échelon local opérationnel (Décret, 2004).

Dans cet article, nous focalisons notre analyse sur l'échelon local. En effet, c'est à ce niveau que les besoins en terme de systèmes d'informations et d'aide à la décision sont les plus importants.

A cet échelon, l'ensemble des missions de l'AEM sont réparties en fonction du domaine de compétence des quatre entités que sont : la Marine Nationale, les Douanes, la Gendarmerie Maritime Nationale et les Affaires Maritimes. Chacune d'entre elles dispose de moyens qui lui sont propres et de structures hiérarchiques différentes. En cas d'événements graves, ces entités peuvent être amenées à coopérer sous la direction du Préfet Maritime. Celui-ci réunit alors un comité d'expert qui a pour rôle de coordonner les acteurs et d'élaborer la stratégie à mettre en œuvre.

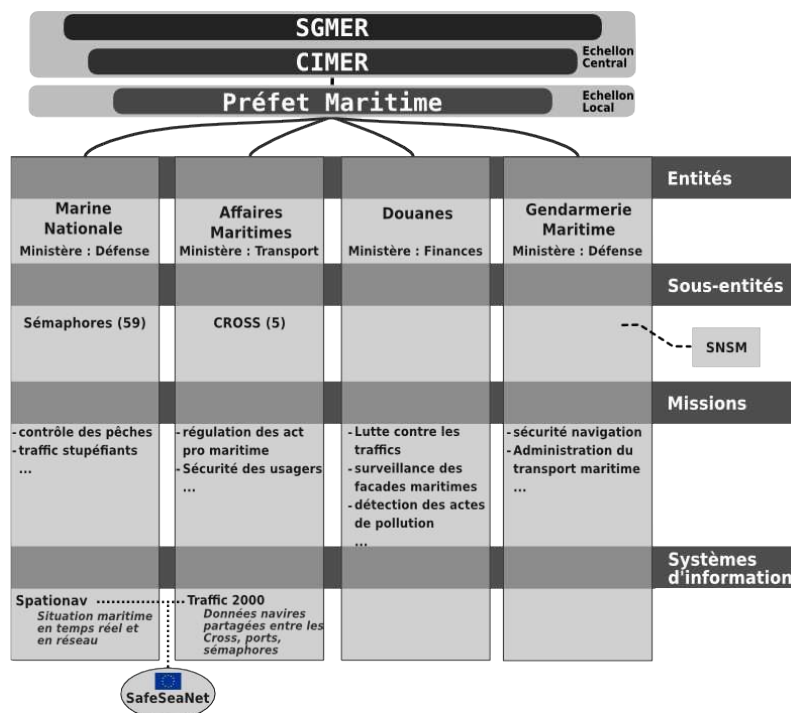


Figure 1. Les acteurs de l'Action de l'Etat en Mer

2.2. Systèmes d'Information Maritime

Dans leurs missions, les équipes disposent de différents systèmes d'informations dont les plus connus sont Spationav pour la France, SIVE pour l'Espagne, MEVAT pour la Finlande ou encore ICSS pour Israël. En complément de ces systèmes d'informations des bases de données sont utilisées comme Equasis ou Traffic 2000 et des réseaux d'informations dédiés comme SafeSeaNet (sauvetage en mer) ou encore CleanSeaNet (alerte pollution).

Néanmoins, les fonctionnalités actuelles de ces systèmes sont limitées à la visualisation d'une tenue de situation simple du trafic maritime dans la zone des eaux

territoriales (12 à 20 milles) et à la consultation de bases de données en ligne sur les navires. La surveillance des bateaux s'effectue à l'aide d'un réseau de radars conventionnels déployés le long des côtes dans des sémaphores. Ces systèmes mono-capteur intègre les informations fournies par le dispositif d'identification automatique (AIS) rendu obligatoire pour tous les navires marchands de plus de 300 tonnes et les bateaux de pêche de plus de 15 mètres.

Ces systèmes, conçus pour assister les opérationnels dans leur travail quotidien, restent à améliorer dans le cadre d'un processus décisionnel collaboratif. C'est pourquoi, les prochaines générations de ces systèmes devraient à terme intégrer de nouvelles capacités d'analyse à l'exemple d'algorithmes de détection de comportements anormaux de navires et de nouveaux capteurs comme le LRIT¹, les nouveaux radars de détection de petites embarcations, les radars à longue portée (à onde de surface)... Ces améliorations permettront alors de réaliser des tenues de situation du trafic maritime plus complètes, plus documentées et précises.

Mais l'architecture de ces futurs systèmes est encore à définir. Les différents projets qui sont menés sur ce sujet sont présentés dans le paragraphe suivant.

3. Les systèmes de surveillance maritime de nouvelle génération

Différents projets de R&D sont menés à travers le monde afin de définir les nouvelles générations de systèmes de surveillance maritime et d'anticiper la détection et l'identification de menace en mer (piraterie, trafic de drogue, pêche illicite, pollutions, etc.). La plupart d'entre eux sont directement inspirés du projet PANDA, initié en 2005 par la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) du Ministère de la Défense américain.

Au niveau national et européen, nous pouvons notamment citer la plateforme SIC 21 développée par Thales ou encore les projets ScanMaris (Morel et al., 2009), Tamaris (Morel et al., 2011), Sismaris (Morel et al., 2010a) et I2C (Morel et al., 2010b) dans lesquels Mines ParisTech-CRC collabore depuis 2005 au sein d'un consortium composé d'industriels (DCNS, Thales Alenia Space, CLS, etc.), de PME (SOFRESUD, INTUILAB, etc.) et de centres de recherches (ONERA, IRIT, etc.).

Nous présentons ci-dessous un résumé des différentes problématiques et les solutions apportées par ces projets.

3.1. Amélioration des capacités de surveillance

Prévenir la menace passe par une meilleure capacité d'analyse et d'identification. C'est pourquoi le cœur des différents projets auxquels nous participons porte sur la détection de comportements anormaux de navires.

¹ Long Range Identification and Tracking system

Pour cela, en plus du Système d'Identification Automatique (AIS) obligatoire pour tous les navires supérieurs à 300 tonneaux, différents capteurs complémentaires ont été mis en place. Ces derniers visent à pallier aux limites de l'AIS dont la portée est limitée en moyenne à 20 milles.

Ainsi aux capacités traditionnelles s'ajoutent les potentialités des radars hautes fréquences à onde de surface (HFSWR) de longue portée (200 milles) et des radar à modulation de fréquence continue (FMCWR) permettant la détection de petites embarcations (faible signature radar).

Au niveau des systèmes d'information tout l'enjeu de cette composante capteurs consiste dans un premier à détecter la signature d'un navire au sein du fouillis de mer et dans un second temps à fusionner ces données avant leur intégration.

3.2. Détection des comportements anormaux

Le socle informationnel ainsi alimenté, il est alors possible d'analyser les comportements des navires et d'en déduire les comportements jugés anormaux. Les règles permettant de lever les alertes ont été établies en collaboration avec les opérationnels.

Pour cela différents algorithmes et méthodes ont été mises en place. Celles-ci s'appuient sur un moteur d'inférence alimenté par un système multi-agents qui utilise l'ensemble des données capteurs, des informations disponibles en ligne (comme sur les sites Internet suivants : Lloyds Register, trafic2000, e-ship.net, ICCAT), les bases de données des compagnies de navigation, les contenus des messages AIS, les conditions météorologiques et des données confidentielles des organismes.

Une fois un comportement anormale détecté, celui-ci est alors affiché sur l'interface de traitement.

3.3. Analyse et traitement de la menace

La consultation de la tenue de situation maritime et le traitement des dossiers d'enquêtes se font depuis une table tactile. Afin d'éviter une surcharge cognitive des opérateurs (Lahlou, 2000), différents facilitateurs ont été implémentés.

Par exemple, contrairement aux tenues de situation traditionnelles où est affiché l'ensemble des navires, il a été décidé de ne faire apparaître que ceux ayant remontés une alerte. L'opérateur peut ensuite constituer son dossier d'enquêtes en fonction des différentes informations disponibles dans la tenue de situation renseignée. Des capacités collaboratives comme l'envoi de document ou le partage d'informations ont également été implémentées. Néanmoins, celles-ci se limitent essentiellement à une synchronisation temporo-opératoire des individus.

Illustrons maintenant l'ensemble des processus par le scénario suivant (Figure 2):

- Détection d'un abordage de nuit, entre un yacht et un chalutier dans le Golfe de Porto Torres (comportement anormal ▲).
- Le chalutier vient d'Afrique du Nord et le yacht de la Côte d'Azur.
- Le chalutier retourne ensuite sur une zone de pêche au large de la Sardaigne et le Yacht rentre, en fin de week end, à son port d'attache.
- A proximité des côtes françaises, le yacht signale une panne d'un de ses moteurs et se dérout, à faible allure, vers un chantier de réparation navale situé proche d'un réseau d'autoroutes.
- Tous ces éléments sont acquis par l'expert, interprétés et rapportés aux autorités comme un trafic de drogue probable

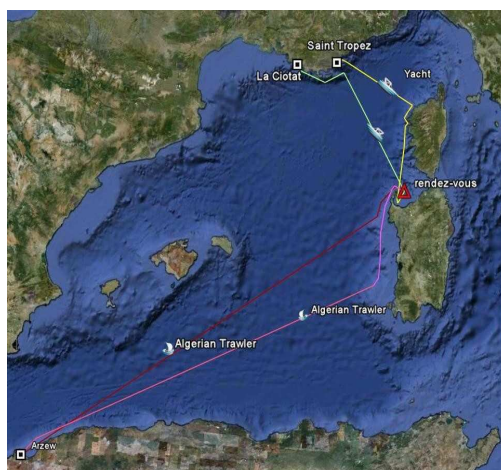


Figure 2 - Exemple de comportement suspect

4. La géocollaboration et le géodécisionnel dans les systèmes de surveillance maritime de nouvelle génération

La localisation d'une menace ou encore la proximité d'un navire par rapport à la côte fait intervenir la dimension spatiale comme axe d'analyse. La gestion de ces informations est généralement réalisée par des outils spécifiques appartenant au domaine des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG).

Néanmoins, ces systèmes, basés sur une logique transactionnelle, sont difficilement utilisables dans un contexte décisionnel. En effet, l'absence de prise en compte de la dimension collaborative, les temps de réponse beaucoup trop longs ou encore la pertinence des informations sont autant de freins à l'adoption des SIG par les décideurs (Cai et al., 2006).

Dans le domaine maritime, ce constat est également le même. En effet, l'augmentation du nombre et des types de capteurs utilisables (radars, AIS...) conduit

à un accroissement des données disponibles. Cela entraîne alors des difficultés à gérer, analyser et exploiter celles-ci. De plus, dans ce contexte multi-acteurs le partage d'une vision commune de la situation est nécessaire.

De ce fait, nous proposons une amélioration des systèmes d'informations maritimes existants en nous appuyant sur les deux paradigmes que sont le géodécisionnel et la géocollaboration. Bien que chacun d'entre eux pris individuellement vise à pallier aux faiblesses précédemment citées, le couplage de ces deux approches dans un même concept soulève de nouveaux axes de recherche. Dans les paragraphes suivants, nous présenterons successivement le géodécisionnel et la géocollaboration pour enfin conclure sur les perspectives à venir.

3.1. Apport du SOLAP dans les Systèmes d'Information Maritime

Les Systèmes d'Informations Maritime existants se basent essentiellement sur une architecture transactionnelle. Particulièrement adaptée dans un contexte opérationnel elle montre néanmoins ses limites dans une optique décisionnelle (accès rapide et intuitif à l'information).

En effet, l'accroissement du nombre de données ainsi que la difficulté à exploiter celles-ci ont conduit les organismes à développer, à côté des systèmes transactionnels, des méthodes et outils spécifiques que l'on regroupe sous le terme d'informatique décisionnelle. Cette nouvelle architecture s'appuie sur le concept d'entrepôt de données (en anglais data warehouse) qui est « une collection de données orientées sujet, intégrées, non volatiles et historisées, organisées pour le support d'un processus d'aide à la décision » (Inmon, 2002). Celui-ci permet d'homogénéiser l'environnement informationnel de l'organisation en regroupant au sein d'une même base l'ensemble des données pertinentes tout en gardant une traçabilité temporelle.

Afin d'exploiter ces entrepôts, différentes méthodes ont été développées. L'une des plus connues, nommée On Line Analytical processing, s'appuie sur une modélisation multidimensionnelle des données qui sont alors regroupées au sein d'un cube (Codd et al., 1993). L'exploration de celui-ci se fait par des outils d'interrogations spécifiques utilisant le langage Multidimensional Expressions (MDX). Similaire au Structured Query Language (SQL), il est néanmoins spécialement adapté au paradigme multidimensionnel. La navigation au sein du cube se fait par exemple via des opérateurs de coupe (Slice, Dice) ou de forage (Roll-up, Drill-Down).

Les avantages induits par cette nouvelle architecture sont autant techniques que cognitifs. En effet, en se basant sur une dénormalisation du modèle de données, les temps de réponse tout comme les facilités d'analyse s'en retrouvent améliorés. L'utilisateur peut alors se concentrer sur son cheminement intellectuel (le pourquoi) plutôt que sur la manière d'y parvenir (le comment) (Bédard et al., 2005).

Néanmoins, la dimension géographique restait jusqu'alors inutilisée. Or celle-ci représente tant par le nombre de données disponibles (Franklin 1992) que par les

potentialités d'analyse (MacEachren et al., 2001), un médium de communication privilégié.

Face à ce constat le Docteur Yvan Bedard commence dès le milieu des années 90 à réfléchir au concept de Spatial On Line Analytical processing (SOLAP). Celui-ci se définit comme « une plateforme visuelle conçue spécialement pour supporter une analyse spatio-temporelle rapide et efficace à travers une approche multidimensionnelle qui comprend des niveaux d'agrégation cartographiques, graphiques et tabulaires » (Bedard et al., 1997).

Le SOLAP enrichit alors les composants habituels de l'OLAP en y ajoutant notamment les notions de dimensions spatiales et de mesures spatiales (Bimonte, 2007) :

- Dimension spatiale : dans la logique OLAP, une dimension représente un axe d'analyse qu'il est possible d'explorer selon différents niveaux de granularité. Une dimension spatiale désigne alors l'introduction de l'information spatiale comme axe d'analyse potentiel.

- Mesure spatiale : Une mesure est une valeur résultant du croisement de différents axes d'analyse. Dans un contexte spatial une mesure enrichit les opérateurs traditionnels (somme, total...) en y ajoutant les possibilités offertes par la dimension géographique. il est ainsi possible d'effectuer des opérations telles que des intersections, des unions ou encore des calculs de superficie.

Mais, si l'utilisation d'outils issus de l'informatique géodécisionnelle permet de répondre au besoin d'instantanéité et de pertinence de l'information la dimension collaborative reste néanmoins absente. Or, dans les organisations, même si la décision est prise par une seule personne, elle est souvent le fruit d'un travail collectif (Zarate, 2005). De ce fait, nous souhaitons enrichir ces outils par l'ajout de briques collaboratives.

3.1. Apport de la géocollaboration dans les Systèmes d'Information Maritime

Un manque de fonctions permettant aux experts de collaborer à la résolution d'un problème a été identifié parmi les systèmes de surveillance maritime existants. L'intégration du concept de géocollaboration apparaît donc comme fondamentale dans les recherches à mener pour la définition des systèmes de nouvelle génération.

La prise en compte de la dimension collaborative dans les outils d'aide à la décision a donné naissance à de nombreux courants de recherches. Regroupés sous le terme de Group Decision Support System (GDSS) (DeSanctis et al., 1984) ces derniers se sont ensuite spécialisés par domaines d'application. Citons par exemple les travaux relatifs aux groupware, aux workflows ou encore aux systèmes multi-agent adaptatifs.

Plus spécifiquement, dans l'univers des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) l'ajout de la composante collaborative a donné naissance à un nouveau champ

de recherche : la géocollaboration. Celui-ci se définit comme une collection éclectique de théories, d'outils et de technologies permettant, en utilisant la dimension spatiale, de structurer la participation des individus dans le cadre d'un environnement de résolution de problème (Balram et al., 2006). Les premiers travaux initiés par Jankowsky et Nyerges (Jankowski, et al. 1997) visaient à soutenir le processus décisionnel en incluant la carte comme outil d'exploration. Essentiellement technique, la géocollaboration s'ouvre désormais à de nouveaux domaines tels que l'organisation ou les sciences cognitives.

Dans le cadre de nos travaux, c'est une des voies que nous nous proposons d'explorer. Ainsi dans cette perspective, la carte devient un élément cognitif capable de favoriser ou au contraire de freiner le processus collaboratif. Nous nous plaçons ainsi volontairement dans un environnement de cognition distribuée (Hutchins, 1996) qui étend les processus cognitifs individuels en y incluant la notion d'artefact. Celle-ci se démarque des approches traditionnelles, habituellement centrées sur l'individu, en y incorporant des processus de coopération entre l'humain et son environnement physique.

Mais, comme le souligne Norman (Norman, 1988), pour qu'un environnement soit distribué, il faut que les artefacts qui le composent soient en adéquation avec les habitudes et la tâche à accomplir. Il est donc nécessaire que ces artefacts ne soient pas source de conflit cognitif. Or, dans une perspective de collaboration, la vision des participants se heurte à la fois à celle du groupe et à celle des autres individus. Cette situation que Manuel Castells (Castells, 2001) nomme la société en réseaux traduit l'opposition qui peut résulter entre d'un côté des attentes individuelles et de l'autre les contraintes de la société.

Afin que ces différentes visions ne conduisent pas à un choc cognitif pouvant se terminer en conflit entre les individus, l'utilisation d'objet frontière (Star et al., 1989) apparait alors comme nécessaire. Ces derniers se définissent comme étant des «objets, abstraits ou concrets, dont la structure est suffisamment commune à plusieurs mondes sociaux pour qu'elle assure un minimum d'identité au niveau de l'intersection tout en étant suffisamment souple pour s'adapter aux besoins et contraintes spécifiques de chacun de ces mondes » (Trompette et al., 2009). Ainsi, ces objets se révèlent être à la fois porteur d'individualité mais aussi vecteur de médiation. Ils servent alors de terrain de recentration cognitif permettant ainsi de dépasser le clivage individu/groupe et d'arriver alors à la construction d'un référentiel commun.

Dans le domaine des Systèmes d'Informations Géographiques, Noucher (Noucher, 2009) a notamment montré comment l'information spatiale pouvait, de par ses caractéristiques, devenir un objet frontière. Nous souhaitons prolonger cette réflexion en incluant cette fois aux outils déjà existants, les avantages offerts par le géodécisionnel). En effet, de par sa rapidité, son utilisation aisée et la facilité de compréhension du modèle de données, le géodécisionnel offre déjà des briques sur lesquelles construire un environnement collaboratif performant (McHugh et al., 2007). Ces outils, une fois les différents leviers cognitifs identifiés, permettraient alors d'opérer entre les individus non plus une simple synchronisation opératoire mais aussi

une synchronisation cognitive (Conein, 2004). Il nous reste maintenant à identifier les différents éléments qui pourront servir d'objets frontière afin de structurer l'activité du groupe. Des travaux sur les interfaces hommes machines ou encore sur l'ajout de nouvelles analyses spatiales sont en cours à Mines ParisTech - CRC.

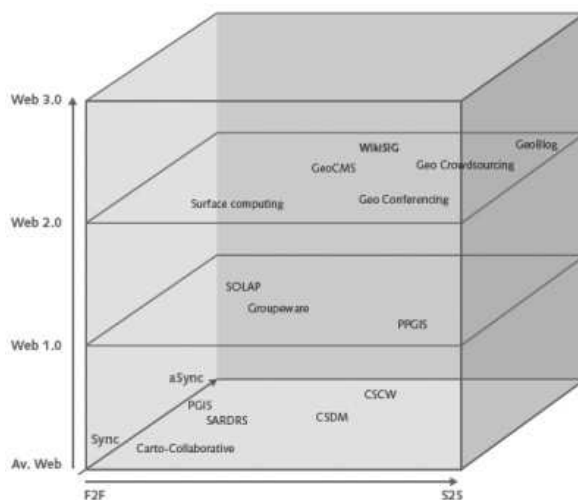


Figure 3 - Positionnement du SOLAP dans le panel d'outils géocollaboratif (Roche 2009)

Mais, avant d'arriver à ces résultats, un certain nombre de verrous technologiques et de questionnement scientifiques doivent être élucidés. En effet, malgré les nombreux travaux sur le processus décisionnel individuel (Simon, 1977; Schneider, 1994) le domaine de la décision collective reste encore à étudier. La réponse à ce questionnement définira alors les processus logiciels à implémenter afin de soutenir la collaboration et par extension la géocollaboration.

3. Conclusion

Comme nous l'avons souligné dans cet article, les organisations actuelles nécessitent d'intégrer aux systèmes existants de nouvelles composantes d'aide à la décision. Celles-ci doivent prendre en compte l'aspect collaboratif du processus décisionnel.

Dans le domaine maritime, le constat est le même. En effet, si les systèmes opérationnels permettent de répondre efficacement à l'exécution des tâches courantes, ils montrent néanmoins leurs limites dans des processus décisionnels plus complexes. Les systèmes d'information maritime de nouvelle génération que nous avons présentés sont issus de cette réflexion. Elaborés par un consortium de centres de recherches,

d'industriels et de PME ces systèmes visent à apporter aux décideurs un environnement innovant et global de surveillance maritime.

Mais, la dimension collaborative de ces outils reste à améliorer. Actuellement, ces derniers s'attachent essentiellement à réaliser une synchronisation opératoire entre les experts. Celle-ci par l'échange d'informations utiles permet alors d'assurer la coordination et la réalisation des tâches. Néanmoins, si cette synchronisation opératoire est nécessaire, elle reste insuffisante dans un contexte de collaboration. En effet, elle ne garantit en rien le partage d'un référentiel commun de connaissance. Celui-ci ne peut être alors réalisé qu'en favorisant une synchronisation cognitive entre les individus.

De par leurs caractéristiques, les outils liés à l'informatique géodécisionnelle apparaissent comme une solution intéressante à la résolution de cette synchronisation cognitive. En effet, la compréhension aisée du modèle de données, la rapidité d'exécution des requêtes ou encore l'adéquation des interfaces aux besoins des décideurs sont autant d'atouts à une synchronisation cognitive performante. Mais, afin que celle-ci soit totalement réalisée, il est nécessaire d'identifier des objets frontière communs qui serviront d'interface entre les participants.

Tout l'enjeu de cette recherche consiste donc à identifier ces objets-frontière et à leur implémentation dans les systèmes d'information maritime de dernière génération que nous avons présentés. Mais pour cela de nombreux verrous scientifiques doivent être levés. Le plus important d'entre eux restant bien évidemment la question de la dimension collective de la construction de la décision.

Références

- Bédard Y., Proulx M.J., Rivest S., « *Enrichissement du OLAP pour l'analyse géographique: exemples de réalisations et différentes possibilités technologiques* », 2005.
- Bédard Y., Proulx M.J., Caron P.Y., Létourneau F., *Geospatial Data Warehousing : positionnement technologique et stratégique*, 1997.
- Beurier J.P., *Sécurité et sûreté maritimes*, Planète océane, sous la direction de Pascal Lorot et Jean Guellec, 2006.
- Bimonte S., 2007. *Intégration de l'information géographique dans les entrepôts de données et l'analyse en ligne : de la modélisation à la visualisation*, Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2007.
- Cai, G., Sharma R., Maceachren A., Brewer I., « *Human-GIS Interaction Issues in Crisis Response. International Journal of Risk Assessment and Management* », special issue on GIS in Crisis management, 2006, p. 388-407.
- Castells M., *La Société en réseaux*, Nouv. éd. Fayard, 2000.

- CNUCED., *Étude sur les transports maritimes*, ONU, 2009
- Codd, E., Codd S., et Ct Salley., *Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate*, 1993.
- Conein B., « *Cognition distribuée, groupe social et technologie cognitive* », Réseaux, n° 124, 2004, p. 53-79.
- Décret, 2004-112. Décret n° 2004-112 du 6 février 2004 relatif à l'organisation de l'action de l'Etat en mer, 2004.
- DeSanctis G., Gallupe B., « *Group decision support systems: a new frontier* », SIGMIS Database 16, n° 2, 1984, p.3-10.
- Franklin C. « An introduction to geographic information systems: linking maps to databases ». Database. 1992,. Vol. 15, n°2, p. 12-21
- Hutchins E., « *Cognition in the Wild* », The MIT Press, 1996.
- Inmon W.H., « *Building the Data Warehouse* », Wiley, 2002
- Jankowski P., Nyerges T. L., Smith A., Moore T. J., Horvath E. « Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decision making ». International Journal of Geographical Information Science. 1 septembre 1997,. Vol. 11, p. 577-602
- Lahlou S. « Attracteurs cognitifs et travail de bureau ». janvier 2000,. n°30, p. 75-113.
- MacEachren, A., Kraak M.J., « *Research Challenges in Geovisualization* », *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 28, n° 1:, 2001, p. 3-12.
- McHugh R., Roche S., Bédard Y., Vers une solution SOLAP comme outil participatif, 2007.
- Morel M., Napoli A., Littaye A., Gleizes M.-P., Jangal F., Alhadeff B., Scapel C., Lebrevelec J., De Jardin D., « Surveillance et Contrôle des Activités des Navires en Mer », La sécurité globale : Réalité, enjeux et perspectives, sous la direction de l'IGA J. Roujansky , CNRS Editions , 2009a.
- Morel M., Littaye A., Saurel C, Poirel O., Napoli A.,Vales S et Proutiere Maulion G., TAMARIS : Traitement et Authentification des Menaces et RISques en mer, Conférence WISG (Workshop Interdisciplinaire sur la Sécurité Globale) ; 25-26 janvier 2011 ; Troyes, France, 2011.
- Morel M., Claisse S., SISMARIS – Système d'Information et de Surveillance MARtime pour l'identification des comportements Suspects, Les 8èmes JST, Brest, France, 2010a.
- Morel M., Claisse S., Integrated, System for Interoperable sensors & Information sources for Common abnormal vessel behaviour detection & Collaborative identification of threat (I2C), IEEE Conference, Piscataway,USA, 2010b.
- Noucher, M., La donnée géographique aux frontières des organisations: approche socio-cognitive et systémique de son appropriation, Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2009.
- Norman D.A., « *The Psychology of Everyday Things* », Basic Books, 1988.

- Shivanand B., Dragicevic S., *Collaborative Geographic Information Systems: Origins, Boundaries and Structures*, *Collaborative Geographic Information Systems*, 1-22, 2006.
- Star S., Griesemer J.R., Institutional Ecology, « Translations and Boundary Objects: Amateurs and Professionals », *Social Studies of Science*, vol 19, n° 3, p. 387-420, 1989.
- Schneider D., Modélisation de la démarche du décideur politique dans la perspective de l'intelligence artificielle, Thèse de doctorat, Université de Genève, 1994.
- Simon H., « *The New Science of Management Decision* », Prentice Hall PTR, 1977.
- Teste O., Modélisation et manipulation des systèmes OLAP : de l'intégration des documents à l'utilisateur, Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Toulouse, 2009
- Trompette P., Vinck D., « *Retour sur la notion d'objet-frontière* », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 3, 2009, p. 5-27.
- Zarate P., Des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision aux Systèmes Coopératifs d'Aide à la Décision : Contributions conceptuelles et fonctionnelles, Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Toulouse, 2005