

# Le défi de la "e-Navigation"

par

Yves Desnoës

Président de l'Institut Français de Navigation (IFN)

82 rue des Pyrénées - 75020 PARIS

Tel./Fax: ++331 43 48 53 98

*Version mise à jour à partir de l'article publié par le CETMEF à l'occasion de ses journées scientifiques et techniques 2010*

## Résumé

Le concept de "e-Navigation" est la réponse des organismes internationaux qui réglementent la navigation maritime 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.

Selon les termes de l'OMI, "La « 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 quai à quai et les services connexes, la sécurité et la sûreté en mer et la protection du milieu marin".

C'est là un programme fort ambitieux qui met le concepteur dans une situation paradoxale : on lui demande de fait de complexifier le dispositif en rendant les systèmes plus automatiques et plus interconnectés, ce qui tend à rendre le système moins fiable « à technologie constante », tout en le rendant plus sûr, ce qui nécessite d'améliorer sa fiabilité globale. Le nombre de partenaires impliqués sur toute la planète est un facteur de complexité particulièrement redoutable.

Il y a déjà beaucoup de normes qui encadrent les systèmes concernés. Il va falloir en rajouter tout en faisant évoluer les normes existantes. Le défi peut se résumer de la manière suivante : quel dispositif normatif juste suffisant mettre en place pour aboutir à la « e-Navigation »?

## Mots clés

Navigation, normes, sécurité, sûreté, conception, complexité, système, ingénierie, interopérabilité, communications

Le concept de "e-Navigation" est la réponse des organismes internationaux qui réglementent la navigation maritime 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.

La « e-Navigation vise à utiliser les techniques modernes de l'information et de la communication, en association avec des capteurs de plus en plus performants pour un coût de plus en plus abordable, de manière à améliorer significativement la sécurité de la navigation maritime et la productivité de tous les organismes qui y contribuent.

Pour un approfondissement du domaine, le lecteur pourra se reporter au rapport conjoint de la Direction des Affaires Maritimes (DAM) du MEEDDM<sup>1</sup> et de l'IFN intitulé : la «e-Navigation» : état des lieux et ébauche de position nationale. Le rapport « DEVELOPMENT OF AN E-NAVIGATION STRATEGY IMPLEMENTATION PLAN » présenté au sous-comité NAV de l'OMI<sup>2</sup> est également conseillé.

Avant d'en venir au défi proprement dit, nous rappellerons comment est définie la « e-Navigation » au stade actuel.

## **Des navires plus intelligents et plus sûrs et des centres à terre mieux informés**

On entend par là que la navigation devra être plus automatisée pour mieux aider le navigateur à prendre des décisions adaptées et le soulager d'actions pouvant détourner son attention dans des phases critiques. Cela requiert une synthèse informatique de beaucoup d'éléments, dont certains provenant de terre.

L'intelligence est certes nécessaire pour améliorer la sécurité, mais elle doit aussi améliorer la productivité à bord des navires, ou à tout le moins éviter de la dégrader. L'un des enjeux est d'absorber des flux d'information de plus en plus fournis sans opérateur supplémentaire, à bord comme à terre, tout en utilisant cette information pour améliorer sécurité et sûreté.

Les informations à synthétiser sont d'abord celles des différents capteurs de navigation, entre autres récepteurs de satellites de navigation, pour aboutir à ce que l'OMI dénomme « positionnement électronique à haute intégrité ».

Comme il n'y a le plus souvent qu'un officier de quart pour tout le navire, il faudra aussi synthétiser toutes les autres informations de conduite du navire, en cohérence avec la navigation : machines, carburants, électricité, circuits « incendie », étanchéité, ... Une assistance à la gestion des échanges avec la terre est également attendue. Une attention toute particulière devra être portée à l'ergonomie.

A terre, les principaux organes concernés par la « e-Navigation » sont les VTS (Vessel Traffic Services), dont les fonctions sont assurées en France par les CROSS (Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage) et par les systèmes de surveillance/contrôle des grands ports, et aussi les centres opérationnels des diverses autorités et entités intervenant dans le trafic maritime, en France Préfet maritime, services portuaires, douane, armateurs, ...

L'information centralisée sur le navire servira aussi à alimenter ces systèmes. Les informations

1 Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

2 Organisation Maritime Internationale

devront être plus fiables, donc plus utiles et posant moins de problèmes aux opérateurs. Les informations communiquées par les centres aux navires devront aussi être plus fiables, plus « temps réel » et bien protégées.

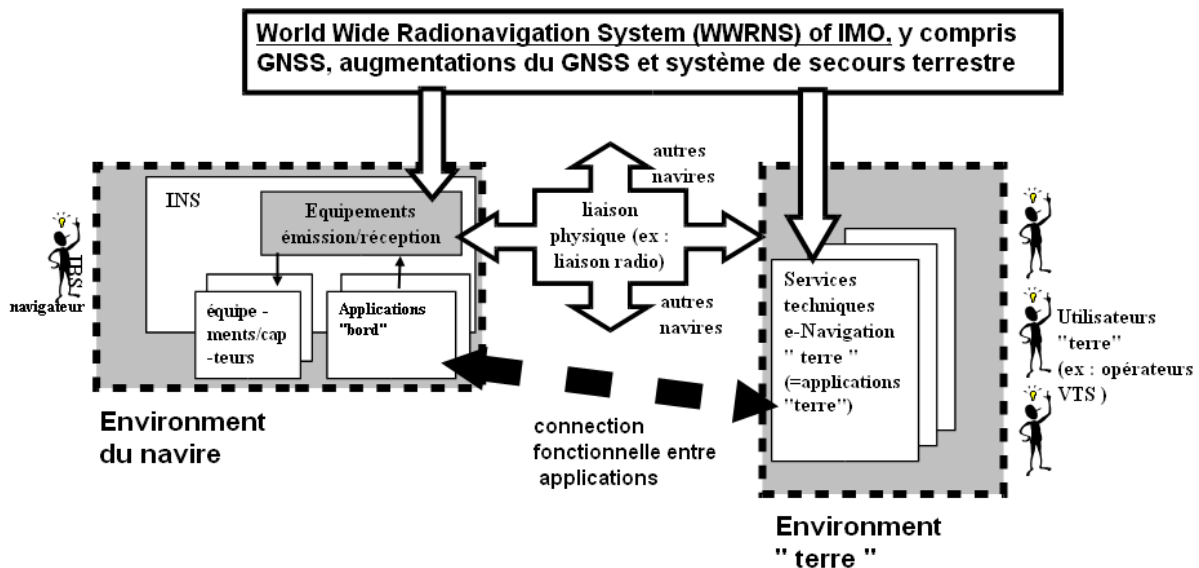


Figure 1 : vision globale de la « e-Navigation »

La mise en réseau des centres à terre devrait apporter des progrès significatifs. Elle sera facilitée par la standardisation des informations. Cette démarche est déjà traitée en France par le système SPATIONAV et il existe différentes initiatives européennes en cours (BLUE MASS MED en Méditerranée, MARSUNO en Mer du Nord).

## Comment y arriver ?

Les techniques de base existantes sont suffisantes pour atteindre les objectifs décrits ci-dessus, ce qui renforce les attentes. Mais ce ne sera pas facile : il faut intégrer des informations et des systèmes sur toute la planète, dans un contexte extrêmement varié ; on peut dire qu'il n'y a pas aujourd'hui deux pays qui aient la même organisation interne pour assurer leur souveraineté sur les zones maritimes de leurs juridictions, gérer les trafics maritimes et assurer la protection des personnes et de l'environnement. A cela s'ajoutent d'une part la variété des fournisseurs de produits et de services, à terre comme à bord, et d'autre part l'augmentation du nombre d'interconnexions et d'échanges de données entre systèmes.

Comme dans la plupart des systèmes complexes, on observe dans la « e-Navigation » un ensemble de caractéristiques spécifiques qui la rendent unique. On ne trouvera donc pas de méthode toute faite pour la définir et la mettre en œuvre. Il faudra s'inspirer des méthodes et savoir-faire existant en matière de systèmes complexes et les adapter aux spécificités. Nous décrivons sommairement ci-après ce qui nous paraît résulter d'une telle démarche, sans rentrer dans le détail des choix d'organisation et de méthodes nécessaires pour rentrer dans le concret.

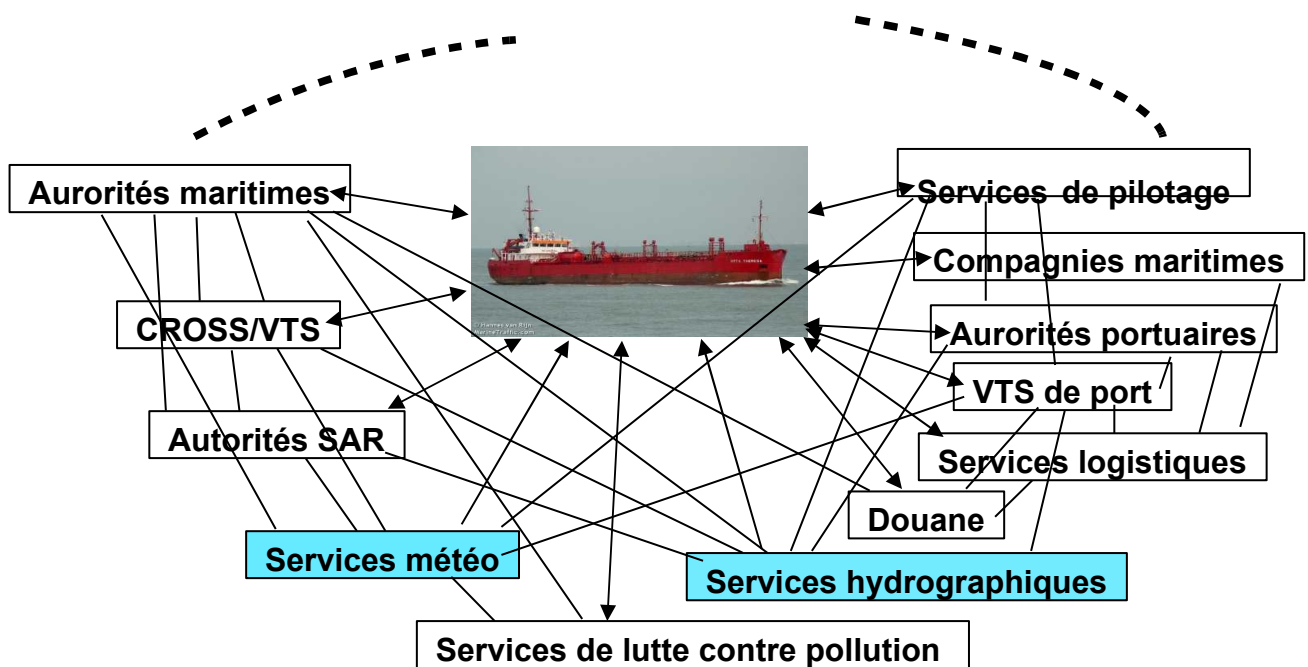


Figure 2 : un dispositif complexe à automatiser et à fiabiliser  
en bleu : retours d'information hors système

Un système au sens de l'ingénierie doit être conçu, développé et géré par une équipe étroitement coordonnée. Comme il est irréaliste d'envisager un seul système « bord » et un seul système « terre » sur toute la planète, la "e-Navigation" doit être conçue comme un ensemble de systèmes interopérants<sup>3</sup>, ce qui limite techniquement ses capacités ; en particulier, les interactions entre systèmes seront moins riches que ce que l'on peut obtenir dans un système intégré, sans que cela puisse être quantifié a priori. On voit assez bien ce qu'est un système « bord », assurant les principales fonctions de conduite du navire dont la navigation au sens strict, mais les systèmes « terre » présentent une variabilité beaucoup plus grande résultant des structures et règlements propres à chaque pays. Dans ce large éventail, il faudra définir les interfaces (notamment support de communications, format d'échange, dictionnaire de données) et les interactions (fonctions, logiques d'échange) entre systèmes dans tous leurs détails, et ce ne sera pas une mince affaire vu le nombre de pays et de partenaires.

Comme on veut arriver à un ensemble de systèmes interconnectés plus sûr (plus fiable notamment), plus automatisé et en conséquence de tout cela plus complexe que le dispositif actuel, de nombreuses précautions seront nécessaires. En premier lieu, il faudra être plus exigeant sur les processus de conception/développement des systèmes interconnectés de manière à gagner en fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité, sûreté, en tenant compte du fait que l'augmentation de la connectivité augmente les risques de dysfonctionnement.

On en déduit qu'il faudra que « l'ingénierie de l'ingénierie », c'est-à-dire l'organisation et les méthodes employées pour définir et gérer la « e-Navigation » soient également plus rigoureuses, au moins autant que celles produisant les systèmes opérationnels. L'organisation et les méthodes

<sup>3</sup> ils doivent bien sûr être interopérables, terme le plus répandu mais plus ambigu, car il peut indiquer une simple aptitude partielle à interopérer sans assurer le fonctionnement correct

employées pour définir et gérer la « e-Navigation » ne constitueront pas des normes au sens strict, mais seront d'une qualité égale ou supérieure.

## **L'impératif de la normalisation.**

La "e-Navigation" sera mise en place par des normes et des règlements sans lesquelles elle ne pourrait exister telle que nous l'avons décrite. L'industrie notamment a besoin de normes d'interopérabilité et d'exigences standardisées, associées à des contrôles rigoureux, pour porter ses produits au niveau de sécurité requis tout en restant compétitive. Il n'est pas imaginable qu'un ensemble aussi vaste converge vers un tout fiable et fortement automatisé sans un encadrement normatif, et c'est en cela que peut se résumer LE défi de la « e-Navigation » :

## **COMMENT DEFINIR L'ENSEMBLE DE NORMES NECESSAIRE ET SUFFISANT POUR QUE LA « E-NAVIGATION » EXISTE?**

En fonction de ce qui précède, et des travaux en cours à l'OMI et à l'AIMS<sup>4</sup>, on peut décrire cet ensemble comme suit :

### normes d'essai actuelles (systèmes et équipements et leurs évolutions)

Les équipements des navires sont déjà largement réglementés dans un dispositif assez complexe faisant intervenir notamment des « normes d'essai », arrêtées par :

- l'Organisation maritime internationale (OMI),
  - l'Organisation internationale de normalisation (ISO),
  - la Commission électrotechnique internationale (CEI),
  - le Comité européen de normalisation (CEN),
  - le Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC), et
  - l'Institut européen de normalisation des télécommunications (ETSI),
- dans leurs versions actualisées et élaborées conformément aux conventions.

Nota : d'autres organismes, notamment l'AIMS, l'OHI<sup>5</sup> et le CIRM<sup>6</sup> produisent également des documents à caractère normatif qui sont jusqu'à présent repris par les organismes ci-dessus avant approbation par l'OMI.

Les normes évoluent régulièrement pour tenir compte des problèmes nouveaux et de l'évolution des techniques. En fonction de ce qui a été dit, on peut notamment s'attendre à ce que les exigences de précision fixées par l'OMI pour la navigation maritime et les disponibilités associées soient durcies.

### normes de conception et de développement

Pour développer des systèmes complexes, il faut fixer de nombreuses exigences dites « non fonctionnelles », comme par exemple celles qui permettent d'assurer sécurité et sûreté conformément aux objectifs fixés. Pour les systèmes complexes, ces exigences concernent notamment la conception et le développement et doivent être

---

4 Association Internationale de Signalisation Maritime

5 Organisation Hydrographique Internationale

6 Comité International Radio-Maritime

vérifiables dans des processus généralement qualifiés de certification. Le dispositif de l'OMI est très fourni pour les équipements mais au mieux dans les limbes pour ce qui concerne les aspects « système », dont notamment les logiciels.

#### principes d'architecture (périmètre, fonctions, liens possibles,...)

L'OMI et l'AISM commencent à produire des spécifications dans ce domaine, dont il n'est pas clair qu'elles soient complètes à leur niveau, ce qui ne permet pas d'identifier clairement le périmètre du domaine ; il faudra aussi étudier en détail toutes les interfaces avec des systèmes extérieurs à la « e-Navigation ». Ces insuffisances sont reconnues par l'OMI. Les zones qui paraissent les plus floues à l'IFN<sup>7</sup> sont les interfaces avec les systèmes de sûreté extérieurs aux navires commerciaux (lutte contre la piraterie en particulier) et celles entre autorités publiques et compagnies maritimes.

#### dictionnaire(s) de données (modèle, « registry », ...)

De tels dictionnaires sont indispensables pour l'interopérabilité : il faut parler le même langage. Il faudra tenir compte de l'existence de données produites dans des systèmes hors « e-Navigation » et définies par des dictionnaires externes. La gestion des définitions de ces données devra faire l'objet d'un soin particulier et créera des difficultés spécifiques.

Actuellement le problème à résoudre est celui de la coordination entre le « registry » de l'OHI, qui existe, et celui de l'AISM, qui est en train d'être défini séparément. Comme une grande partie de l'hydrographie fait partie de la « e-Navigation », il faut chercher à avoir le moins de dictionnaires, donc de « registries », possible de manière à utiliser au mieux les automatismes pour gérer la complexité.

#### logiques d'échanges (services, ...)

Des mécanismes de base sont en train d'être définis sur la base des services AIS. Il faudra probablement les augmenter de logiques d'organisation et de logiques spatio-temporelles pour atteindre les objectifs de sécurité.

#### formats d'échanges

L'AISM prévoit des formats d'échange normalisés. D'autres modalités pourraient être envisagées, par exemple accès direct à des bases de données, ou formats auto-descriptifs. Il n'y a pas de débat actuellement sur ce sujet, mais il pourrait surgir si une compagnie disposant d'un produit conçu différemment cherchait à le faire normaliser.

#### communications normalisées

On doit s'attendre à un rôle croissant des communications par satellite. Cependant, ne serait-ce que pour des raisons de sécurité et de redondance en toute circonstance, les communications VHF, notamment par AIS, resteront un élément clé de la « e-Navigation ».

#### normes de présentation

Il en existe déjà pour les cartes électroniques officielles (ENC). Etant donné la mobilité des équipages et la diversité des formations, il paraît indispensable que les présentations des divers systèmes soient suffisamment normalisées pour que les

utilisateurs puissent passer sans danger d'un navire à un autre sans formation lourde.

## **Les conditions du succès.**

Le processus de conception devrait faire intervenir des représentants de tous les types d'organismes utilisateurs ou fournisseurs d'informations (y compris les compagnies maritimes et les systèmes de sûreté, notamment militaires) et leurs retours d'expérience. On est encore loin d'une telle organisation. Il faudra également une coopération beaucoup plus étroite entre organismes techniques impliqués dans la conception ; les débats actuels entre l'OHI et l'AIMS sur les registres de données sont un bon exemple de cette évolution. Ces deux organismes jouent un rôle fondamental pour la définition détaillée de la « e-Navigation » côté sol, mais l'on voit mal actuellement quel organisme jouera ce rôle pour les systèmes « bord ».

Même si beaucoup de choses existent déjà qui préfigurent la "e-Navigation", faire converger tout cela vers des intégrations cohérentes sera extrêmement complexe, compte tenu notamment du grand nombre de partenaires et de la couverture planétaire. Il est illusoire d'espérer y arriver d'un seul coup, et il faut donc définir des « incréments » de capacités qui devraient être compatibles (ce que les informaticiens appellent « compatibilité ascendante »), car il faut des années pour changer les équipements de toute la flotte mondiale. Il y aura probablement des points communs entre ces incréments et les versions multiples destinées aux différentes classes d'utilisateurs (objectif de « scalability » qu'on peut traduire par « possibilité d'adaptation à des échelles différentes » - sous-entendu : à coûts également adaptés).

Il y a un piège à éviter, celui de l'excès de rigueur et de détail. En effet, trop d'exigences et trop de vérifications ralentissent les processus de développement et diminuent certaines performances des systèmes opérationnels, au point de les rendre impropres à l'usage attendu, comme certains en ont déjà fait la douloureuse expérience. Mais il faudra être rigoureux et préciser les détails nécessaires, sans critère précis pour fixer la limite. La première version de la « e-Navigation » devra être la plus simple possible tout en apportant des avantages significatifs par rapport à l'existant.

Les normes devront non seulement contenir des exigences, mais aussi décrire la manière de les vérifier de manière crédible. Il faudra certainement des compléments par rapport au dispositif actuel, en particulier pour tenir compte des exigences de type nouveau.

La formation des utilisateurs devra être soignée. Le meilleur système ne peut pallier l'insuffisance d'un opérateur critique, sauf à tout robotiser, ce qui paraît actuellement hors d'atteinte.

Il est difficile d'imaginer que l'on puisse établir a priori des normes définissant un ensemble complexe de systèmes interopérants à géométrie variable. Il faut donc imaginer un autre processus pour aboutir à ces normes. On commencera probablement par des normes partielles (qui devraient être reconnues comme telles), dont celles qui définissent les systèmes actuels. Celles qui paraissent les mieux adaptées à ce début de processus sont celles qui définissent les données, celles qui définissent la présentation de l'information et celles qui encadrent conception et développement. Sur ces bases, on peut envisager que des produits nouveaux soient développés permettant de progresser vers les objectifs fixés pour la « e-Navigation ». Les meilleurs d'entre eux serviront à définir de nouvelles normes, etc . Lorsque l'on aura atteint de cette manière les objectifs (à préciser) de la première version de la « e-Navigation », on pourra dire que celle-ci existera ; ce sera long, mais il y aura des progrès réguliers d'ici là.

Pour gagner significativement en sécurité, il faudra améliorer le retour d'expérience, notamment en enregistrant et analysant mieux les situations dangereuses et en améliorant les enregistreurs d'accidents (VDR - Voyage Data Recorder).

Le cadre juridique devra être soigneusement étudié. Tous les experts s'accordent pour dire que la convention SOLAS (Safety of life at sea) de l'OMI devra être révisée.

L'une des conditions importantes de la « e-Navigation » est le positionnement électronique à haute intégrité déjà cité. étant donné son importance, il fait l'objet du paragraphe suivant : « e-Positioning ».

En dernier lieu, les considérations coût/efficacité sont particulièrement importantes pour le monde économique, et l'OMI y est très sensible. L'ingénierie devra en tenir compte.

## Le « e-Positioning ».

Au-delà de l'ingénierie de système, à laquelle ressortissent la plupart des considérations précédentes, il faudra aussi de l'algorithmie car l'intégration de capteurs multiples, en relation avec des bases de données d'environnement, n'a pas encore été poussée, pour les applications civiles, au niveau requis par la "e-Navigation" (niveau qui reste à préciser, mais on sait qu'il faut faire mieux que maintenant). Les militaires ont de l'avance dans ce domaine, mais avec des objectifs particuliers et des contraintes de coût moindres. On sait maintenant que le LORAN C est abandonné par les USA et qu'il faut donc chercher des procédés autres<sup>8</sup>, qui amèneront probablement à utiliser des capteurs actuellement peu employés pour la navigation (centrales inertielles par exemple, dont les coûts semblent baisser à performance égale), ou pas encore utilisés automatiquement pour la navigation (par exemple sondeurs, et pourquoi pas optique? Le radar peut sûrement apporter aussi des informations utiles ).



Figure 3 ; le « e-Positioning »

Le « e-Positioning » est l'intégration optimisée de multiples capteurs pour fournir en permanence au

<sup>8</sup> Il en faudrait de toute façon, car le LORAN a une portée limitée et son installation sur toutes les côtes de la planète dans de bonnes conditions ne paraît pas réaliste



navire une position maîtrisée avec une fiabilité et une disponibilité nettement meilleures que les systèmes actuels. La base en reste la navigation par satellites, mais on peut envisager, grâce justement à ces satellites, de recueillir assez d'informations sur l'environnement pour pallier des interruptions momentanées des systèmes à base de satellite en se recalant sur ces informations connues évoquées ci-dessus. Il faudra bien faire la différence entre ces informations servant au positionnement automatisé, qui pourront être suffisamment redondantes pour autoriser quelques irrégularités, et les informations utilisées directement par l'homme, où la redondance est minimale pour des raisons d'ergonomie, et qui doivent en conséquence être beaucoup plus fiables. Par exemple, on devra être très exigeant sur les cotes de hauts-fonds portés sur les cartes marines et servant à assurer la sécurité de la navigation, alors qu'un fichier bathymétrique détaillé servant au recalage de la position n'a pas besoin de la même fiabilité et doit surtout présenter des formes bien positionnées correspondant à la réalité. Cette remarque a son importance pour le coût de qualification des données.

## Conclusion.

Les techniques de base sont prêtes mais un gros travail de conception et de normalisation est nécessaire pour améliorer significativement la navigation maritime. C'est un enjeu planétaire majeur pour l'environnement et pour la sécurité des personnes, et notre pays possède de nombreuses compétences utiles dans ce domaine. Pour garder ou reconquérir une position de premier rang dans un domaine qui se complexifie en se normalisant, il faut anticiper les normes et les influencer.

Les enjeux industriels, de portée mondiale, sont également importants, car une grande partie de l'intelligence des navires sera centralisée dans la "e-Navigation". Une grande partie du savoir-faire nécessaire pour concevoir des normes adaptées se trouve dans l'industrie. La participation active de celle-ci au processus de normalisation est donc indispensable.

La présence dans les instances internationales est assurée principalement par la Direction des Affaires Maritimes (DAM) du MEEDDM<sup>9</sup>. L'industrie française devrait accroître sa participation à la mesure de ses ambitions. L'Institut Français de Navigation (IFN) est associé aux réflexions et anime un comité "e-Navigation" regroupant des représentants du MEEDDM, du CETMEF<sup>10</sup> et de l'industrie.

Nous sommes encore dans une phase amont de la définition de la « e-Navigation », mais des démonstrateurs partiels commencent à voir le jour. Il est plus que temps de se positionner sur les marchés futurs qui verront probablement arriver assez rapidement des produits améliorés se rapprochant de la « e-Navigation » et apportant des retours d'expérience précieux pour la validation progressive des concepts nouveaux.

---

<sup>9</sup> Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

<sup>10</sup> Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales