

L'océan à la carte: le recueil des données en mer et ses applications

■ Gwladys THEUILLON

Que ce soit pour assurer la sécurité de la navigation, apporter un soutien aux politiques publiques maritimes ou aux opérations menées par la défense, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) recueille des données sur l'environnement maritime grâce à différents navires et capteurs. Les applications sont nombreuses : elles s'étendent de la recherche scientifique et la conduite d'études amont à la production opérationnelle de cartes marines et ouvrages nautiques.

Les trois missions du SHOM

La vocation du SHOM, établissement public à caractère administratif, est de garantir la qualité et la disponibilité de l'information décrivant l'environnement physique maritime, côtier et océanique, en coordonnant son recueil, son archivage et sa diffusion, pour satisfaire au moindre coût les besoins publics, civils et militaires. Trois missions principales sont confiées au SHOM.

Dans un premier temps, le SHOM est le service hydrographique national. Par conséquent, il exerce les attributions de l'Etat en matière d'hydrographie au bénéfice de tous les usagers de la mer. Le SHOM assure le recueil, la centralisation, le traitement et la diffusion de l'information nautique urgente dans la zone NAVAREA II qui s'étend de la latitude d'Ouessant à celle de l'embouchure du fleuve Congo dans la moitié est de l'océan Atlantique. Le SHOM élabore les cartes marines et les documents nautiques. Il gère et enrichit le fonds hydrographique dans ses zones de responsabilité en recueillant des données en mer et en entretenant des bases de données. Ces fonctions relèvent d'engagements internationaux (convention des Nations unies sur le droit de la mer UNCLOS et convention internationale sur la sauvegarde de la vie humaine en mer SOLAS). Le SHOM répond ainsi aux obligations fixées à la France par l'Organisation maritime internationale (OMI) sur la sécurité de la navigation. La France exerce cette responsabilité hydrographique et cartographique dans les espaces maritimes français, métropole et DROM - COM - POM - TOM (rappelons que la France possède la deuxième plus grande zone économique exclusive du monde avec 11 millions de km²), et dans plusieurs états étrangers, principalement en voie de développement, pour des raisons historiques et du fait d'engagements nationaux particuliers (Afrique de l'Ouest, Liban, Madagascar...).

Le SHOM assure également un soutien au profit de la défense en fournissant des produits d'aide à la décision dans

les domaines de l'hydrographie, de l'océanographie et de la météorologie (HOM) pour la planification et la conduite des opérations navales. Ainsi, le SHOM recueille, traite et élabore des documents synthétisant l'information HOM d'intérêt militaire (connaissance des masses d'eau, des reliefs et des natures des fonds, ainsi que leurs caractéristiques, afin de permettre une exploitation optimale du milieu marin pour les forces aéronavales et sous-marines) dans les zones d'intérêts prioritaires de la défense qui non seulement englobent mais dépassent largement les zones placées sous mission de service public. Le SHOM possède aussi la capacité de procéder avec un faible préavis à une évaluation rapide de l'environnement. Enfin, il pilote des actions de recherche et de développement dans le domaine HOM.

Le SHOM apporte un soutien aux politiques publiques maritimes. Il participe à la satisfaction des besoins en matière d'action de l'Etat en mer, de gestion intégrée du littoral ou de développement durable, notamment par les actions suivantes : la fourniture aux services de l'Etat de l'expertise et des informations relatives à l'environnement physique marin, le concours aux collectivités territoriales pour la collecte, la gestion ou la diffusion des informations marines ou littorales, la mise à disposition du public des produits non confidentiels qu'il élabore... Ce soutien se décline dans de multiples domaines : la participation à l'expertise en matière de délimitations maritimes et à la gestion intégrée des zones côtières ou encore la contribution aux réseaux d'alerte des risques naturels, tels que les tsunamis, la coopération pour la modélisation numérique de l'océan mondial et à son extension vers le domaine côtier...

La flotte hydro-océanographique

Service hydrographique national, le SHOM doit assurer à tous les navigateurs, militaires, plaisanciers ou professionnels



Le bâtiment hydrographique et océanographique Beauteemps-Beaupré.

de la mer la meilleure connaissance possible des fonds marins, pour une sécurité optimale. Mais avant d'arriver à bord et de servir de guide aux navigateurs, les cartes et documents nautiques élaborés par le SHOM ont une longue histoire qui débute en mer, par le recueil des données...

Pour assurer les trois grandes missions qui lui sont confiées, le SHOM met en œuvre une grande diversité d'instruments de mesure à partir de cinq navires spécialisés. Les trois bâtiments hydrographiques *Borda*, *Laplace* et *Lapérouse* (900 tonnes environ) sont affectés principalement aux tâches d'hydrographie (mesure de la profondeur et caractérisation des fonds marins) côtière. Ces navires sont armés par un équipage militaire. Le *Lapérouse*, quant à lui, dispose également de capteurs dédiés à l'océanographie (caractérisation des masses d'eau) en domaine peu profond (inférieurs à 200 mètres). Les bâtiments hydrographiques et océanographiques *Beautemps-Beaupré* (3300 tonnes environ) et *Pourquoi pas ?* (6600 tonnes), basés à Brest et cofinancés par le ministère de la défense et le ministère de la recherche, sont utilisés conjointement par le SHOM et l'Ifremer. Le premier, le *Beautemps-Beaupré*, financé à hauteur de 95 % par la marine est armé par un double équipage militaire pour effectuer 300 jours de mission par an au profit du SHOM. Le *Pourquoi pas ?*, quant à lui, financé à 45 % par la marine et armé par un équipage civil, est également employé par le SHOM 150 jours par an. Ces deux navires, équipés d'instruments hydrographiques et océanographiques les plus actuels, permettent de recueillir des données en domaines côtier et hauturier. De plus, ces cinq bâtiments sont capables d'embarquer et de déployer des vedettes hydrographiques, destinées à réaliser des travaux hydrographiques côtiers et portuaires par très petits fonds, zone où la mesure précise de la profondeur est cruciale pour la sécurité de la navigation mais qui demeure peu accessible aux navires de plus gros tonnage. Ainsi ces vedettes qui opèrent au plus près des côtes, complètent utilement les travaux effectués par les autres bâtiments employés par le SHOM. Enfin, ces dernières années ont vu l'émergence des engins sous-marins autonomes, les AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*). Le SHOM dispose d'un AUV dont l'utilisation est dédiée à certaines opérations militaires, en particulier la reconnaissance rapide d'environnement de manière discrète.

Le recueil des données en mer et ses applications

Ce chapitre s'articule autour de deux grands axes : le premier concerne les levés hydrographiques et le deuxième s'attache aux campagnes d'océanographie. Des exemples d'application sont développés dans les deux cas.

■ Les levés hydrographiques

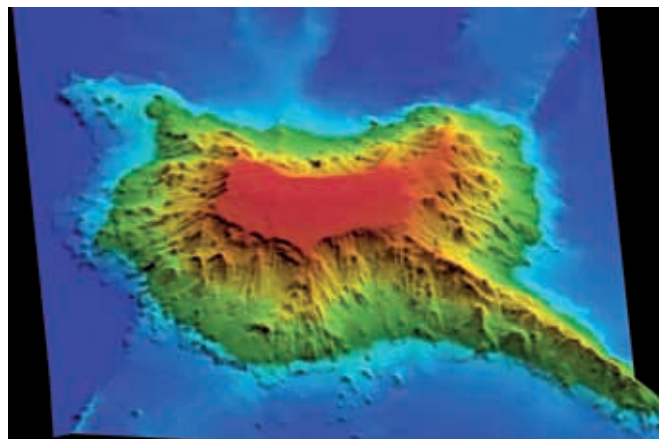
La réalisation des levés hydrographiques constitue un des moyens d'acquisition des connaissances au SHOM, lui permettant de répondre à ses trois grandes missions. En effet, si ces levés sont d'abord conçus pour les besoins de la sécurité de la navigation et notamment la détection des

dangers potentiels, la mise à jour des cartes et documents nautiques, l'entretien du fonds hydrographique, ils peuvent aussi répondre à des usages aussi variés que l'aménagement du littoral ou l'exploitation des ressources naturelles.

Parmi les données recueillies par la flotte spécialisée pendant les levés hydrographiques, on peut citer les mesures suivantes.

Les données bathymétriques (mesures de la profondeur) peuvent être acquises au moyen de :

- sondeurs verticaux (encore appelés sondeurs monofaisceaux) qui permettent de déterminer la profondeur à la verticale du navire,
- sondeurs multifaisceaux qui mesurent la profondeur sur une large fauchée perpendiculairement à la route du navire et selon plusieurs directions simultanément, pour une exploration rapide de zones étendues (on parle de bathymétrie surfacique et d'exploration ou insonification totale),



Exemple d'enregistrement obtenu au sondeur multifaisceau : un mont sous-marin.

- lasers bathymétriques aéroportés, de technologie plus récente, pour les zones plus difficiles d'accès.

Ces mesures génèrent des volumes de données très importants (plusieurs millions de mesures) qui sont ensuite traitées avant d'être stockées dans les bases de données du SHOM. De plus, ces données nécessitent des mesures complémentaires pour leur exploitation. Ainsi, il faut réaliser en parallèle des mesures de localisation (récepteur GPS), d'attitude (roulis, tangage, pilonnement des navires effectuant les levés), de marée, de géodésie...

Les données topographiques servent à la représentation du trait de côte et de l'estran, déterminés principalement à partir de l'analyse de photos obliques prises à marée basse. La comparaison de deux photos aériennes, prises sous deux angles différents permet de reconstituer le relief qui est ainsi restitué.

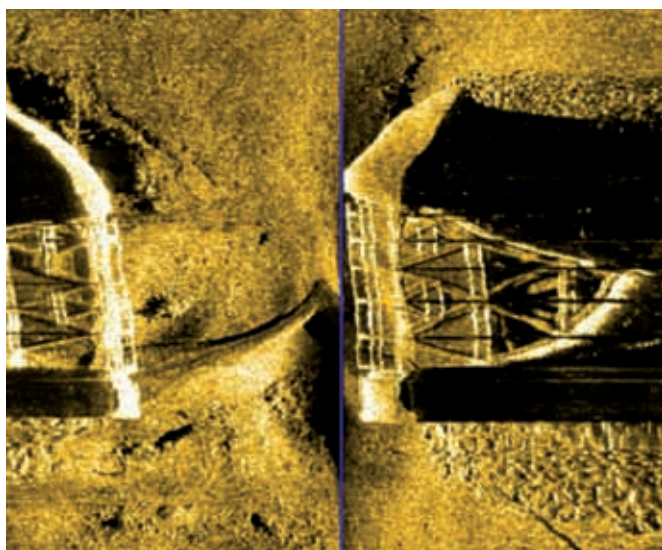
Les données d'imagerie satellite sont utilisées principalement dans les eaux claires (atolls...) du Pacifique Sud ; celles-ci permettent d'établir des spatiocartes. Moins fiable que la bathymétrie classique, cette technique permet toutefois de représenter rapidement des tranches de profondeurs dans des zones très peu accessibles et donne l'emplacement approximatif des remontées coralliennes suffisamment



importantes. Dans les régions où la clarté des eaux ne permet pas cette analyse bathymétrique, les images satellites sont utilisées pour restituer le trait de côte.

Les données sédimentologiques, quant à elles, proviennent de prélèvements ou de mesures physiques.

- Le sonar latéral enregistre le signal acoustique réfléchi par les fonds marins qui est restitué sous la forme d'une image (ressemblant à la photographie aérienne des fonds marins). Ce système est un outil très utile pour les hydrographes car il permet de détecter les épaves et les obstructions grâce à des résolutions bien plus importantes que les sondeurs de bathymétrie. Une autre application du sonar latéral est la cartographie des sédiments car celui-ci permet de localiser et de caractériser les différentes structures sédimentaires qui ne peuvent être détectées par la bathymétrie.



Exemple d'enregistrement obtenu au sonar latéral : une épave partiellement recouverte par une dune de sable.

- Les sondeurs de sédiments enregistrent les ondes acoustiques à basses fréquences qui se sont propagées dans le sous-sol. L'exploitation des mesures permet de déduire les différentes couches sédimentaires et leurs caractéristiques physiques. On peut aussi déterminer des profondeurs d'enfouissement (câbles, mines...), les limites d'extension du plateau continental...
- Les mesures explicitées dans les deux points précédents sont utilement complétées par des prélèvements de sédiments *in situ* à l'aide de petites pelles mécaniques (pour obtenir un échantillon en surface) ou des carottiers (tube de plusieurs dizaines de mètres de longueur). Ces prélèvements permettent d'identifier beaucoup plus finement les sédiments observés à partir des mesures physiques et servent également à les interpréter. Ils sont donc indispensables mais leur obtention requiert beaucoup plus de temps.

A tout cela s'ajoutent les données bathymétriques et topographiques provenant des organismes extérieurs tels que l'Institut géographique national (IGN), les ports ou les directions régionales mais aussi toutes les données complémentaires : câbles, réglementations diverses, amers et balisage... récupérées auprès des organismes qui en ont la

charge (Phares et balises, EDF/GDF...). Les relations de coopération entre les services hydrographiques permettent également d'échanger des données, des films de reproduction, de fixer des mécanismes de coproduction ou de reproduction afin d'éviter la duplication des efforts, à l'échelle internationale.

La diffusion de l'information nautique

L'exploitation de ces données pour les besoins de la sécurité de la navigation vient immédiatement à l'esprit, mais il faut souvent de nombreuses années pour lever entièrement une zone décrite sur une carte marine. Il est bien entendu impensable que les résultats des levés "dorment" une fois réalisés, en attendant de pouvoir être intégrés dans la carte (l'âge moyen des levés en attente d'intégration et avant une exploitation définitive sous forme d'édition d'une carte est d'un peu plus de quatre ans environ). Leur exploitation va donc se faire en plusieurs étapes selon la criticité de l'information recueillie. Chacune de ces étapes emprunte un canal différent ; le produit livré au navigateur va prendre des formes variées et être réalisé avec des contraintes de temps fort différentes... Ainsi, on distingue l'exploitation immédiate en cas de danger, le traitement rapide et l'édition de la carte marine.

Si le SHOM détecte un danger lors d'un levé, cette information doit être relayée vers les navigateurs dans les meilleurs délais. Ainsi, un haut-fond dangereux ou une nouvelle épave vont être signalés dès que leur existence est confirmée. Ils feront alors l'objet d'un avis urgent aux navigateurs (AVURNAV), qui indiquera nature et position des dangers, et qui sera diffusé par tous les moyens disponibles pour toucher le plus grand nombre (VHF, SafetyNET, NAVTEX). Un AVURNAV ne cible pas un produit particulier du SHOM, il reprend l'ensemble des informations jugées dangereuses par le directeur technique du levé : il convient donc, dans un second temps, de mettre en forme ces informations pour les adapter à l'échelle des cartes utilisées.

Les informations déjà diffusées par AVURNAV sont reprises dans le groupe hebdomadaire d'avis aux navigateurs (GAN) qui indique notamment les corrections à apporter sur telle ou telle carte. Ces avis doivent paraître dans un délai resserré, de l'ordre de deux à trois semaines en moyenne. Si les corrections sont trop nombreuses ou trop complexes pour être portées manuellement, une annexe graphique est produite, destinée à être collée directement sur la partie à corriger de la carte marine en vigueur. Une annexe graphique est bien sûr plus complexe à produire qu'un simple avis de correction de carte. Néanmoins, les délais de réalisation doivent toutefois être compatibles avec l'importance de l'information nouvelle, quinze semaines en moyenne. Enfin, si l'étendue des corrections l'impose (une annexe graphique étant limitée matériellement au format A4), une édition sommaire de type "grande correction" de la carte sera réalisée. Une telle édition doit être produite rapidement, même si les contraintes de réalisation d'une carte marine ne peuvent généralement pas permettre de descendre en dessous de six mois.





Des levés... à la carte

Lorsque toutes les informations "critiques" et "importantes" ont déjà été diffusées d'une façon ou d'une autre, et que l'ensemble des levés couvrant une zone est disponible, la conception des cartes marines peut débuter. Il peut s'agir de la création d'une nouvelle carte ou d'une nouvelle édition lorsque leur refonte s'avère nécessaire. Une réédition est l'occasion, le cas échéant, de mettre aux normes internationales une carte de facture ancienne, de changer son système géodésique vers le WGS84 pour qu'elle soit utilisable directement avec un GPS, voire de changer son emprise et son échelle pour qu'elle décrive au mieux la zone couverte. La nouvelle édition en vigueur périmé alors l'édition précédente. Entre deux éditions, les nouvelles informations critiques pour la sécurité de la navigation donnent lieu à des corrections diffusées par le GAN ou les annexes graphiques détaillées plus haut.

La conception d'une carte marine est un exercice difficile. En effet, l'objectif est de synthétiser des données d'origines et de natures très diverses afin d'aboutir à un support d'information complet mais lisible qui doit répondre aux besoins des navigateurs, tout en s'appuyant sur des normes et des pratiques élaborées sous l'égide de l'OHI (Organisation hydrographique internationale). De plus, l'enjeu est de taille : il s'agit de définir une image simplifiée du fond des mers, tout en garantissant la sécurité de la navigation.

La première étape de l'élaboration de la carte consiste en un examen minutieux de toutes les données disponibles sur la zone correspondante : il s'agit pour le cartographe de déterminer la stratégie d'exploitation qui sera adoptée, en fonction de la qualité et de la précision des différentes données sources, mais aussi en fonction des caractéristiques des zones cartographiées. En effet, on n'exploitera pas les données de la même façon dans des zones de fonds évolutifs telles que le Pas-de-Calais ou les embouchures de fleuves, que dans les zones stables. Ces décisions sont répertoriées dans un cahier des charges, dans lequel seront

consignées toutes les décisions qui seront prises au cours de l'élaboration de la carte.

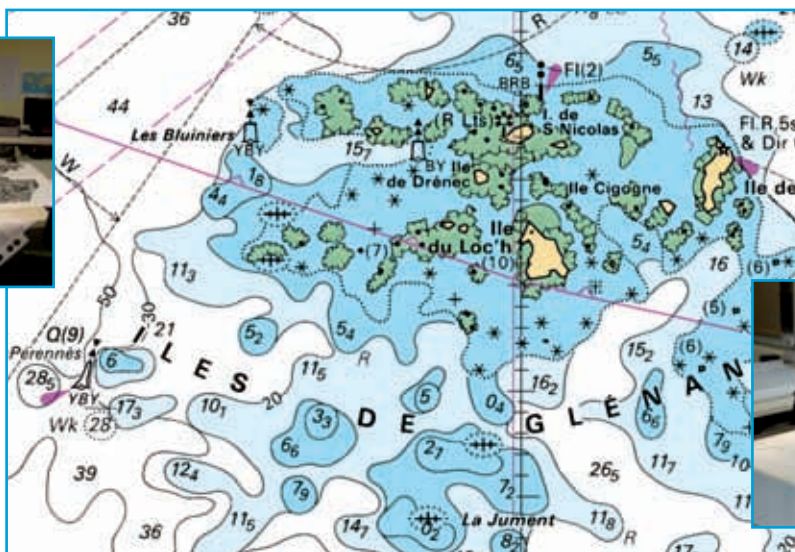
Le cartographe va ensuite passer à la réalisation proprement dite de la carte. Tous les thèmes sont mis en place un par un : le trait de côte est issu de la photogrammétrie, des plans de port ou de l'imagerie satellite, la topographie intérieure est issue des cartes de l'IGN, les amers, le balisage, les câbles et la réglementation sont issus des bases de données du SHOM. En ce qui concerne la bathymétrie, le cartographe doit choisir les profondeurs ("sondes" dans le jargon de l'hydrographe) afin de définir une image simplifiée et lisible du fond qui garantisse la sécurité de la navigation et préserve les formes remarquables du relief sous-marin. Ce choix est encore réalisé en grande partie manuellement, car il n'existe pas encore de processus automatique qui assume à la fois les contraintes de sécurité et les contraintes de navigabilité. En effet, le choix de sondes réalisé par le cartographe doit mettre en évidence les passages permettant la navigation :



Extrait d'un SCAN Littoral®.



Le cartographe examine différents documents en vue d'élaborer le trait de côte : ici, comparaison entre la carte IGN, une mosaïque orthophoto et le rendu carte marine.



Extrait d'une carte marine.

Le cartographe choisit les profondeurs qui permettront de représenter le relief parmi les millions de mesures qui ont été acquises.





il est aussi important de représenter le fond d'un chenal de navigation que ses bords !

D'autres informations complémentaires sont également prises en compte. Il peut s'agir d'informations relatives à la marée ou aux courants, de nature des fonds, d'aides à la navigation (radiophares...), de services (stations de sauvetage, services portuaires tels que la douane, la capitainerie ou les postes visiteurs), des déclinaisons magnétiques, de changement de système géodésique ou de références à d'autres cartes du portefeuille.

Une fois tous les thèmes abordés, la maquette de la carte ainsi élaborée est contrôlée par un autre cartographe expérimenté. Ce contrôle, appelé vérification cartographique, se doit d'être exhaustif. Seul un "regard neuf" est susceptible de déceler des erreurs.

La maquette de la carte est ensuite numérisée afin de créer les fichiers numériques qui permettront de réaliser non seulement les éléments d'impression pour une carte papier, mais également les éléments numériques constituant la carte électronique de navigation (ENC). Une fois cette étape effectuée, un ultime contrôle est alors réalisé : une quinzaine d'exemplaires de la carte sont tracés et distribués à différents intervenants, experts chacun dans leurs domaines. Pour les cartes à grande échelle (ports), un exemplaire est adressé aux organismes extérieurs concernés (autorités portuaires, affaires maritimes, service de pilotage, associations locales d'usagers). Ce contrôle permet de vérifier que la carte est bien adaptée à son usage : il s'agit en quelque sorte d'un banc d'essai. Il permet également d'enrichir la carte d'informations qui n'auraient pas été déjà communiquées au SHOM car très récentes. Toutes les remarques sont prises en compte avant l'impression finale de la carte qui se solde par la mise en service de la carte, annoncée dans le GAN. Les nouvelles cartes sont ensuite stockées au SHOM, en attendant d'accompagner le navigateur vers de nouveaux horizons.

Avec l'émergence du tout numérique, les quinze dernières années ont vu le développement des ENC. Les ENC françaises (de type vecteur) répondent à des standards internationaux ; elles sont élaborées à partir des cartes papier du SHOM. Mais plus qu'un simple fichier image de la carte papier, l'ENC constitue une base de données contenant une description détaillée de chaque objet (marque de balisage, épave, sonde, secteur de feu, zone réglementée...). Ceci permet donc de naviguer de manière interactive : en effet, le système de visualisation des ENC est lui-même couplé avec d'autres systèmes de navigation, le GPS par exemple et autorise de nouvelles fonctionnalités comme le respect de profondeurs et de distances de sécurité, le déclenchement d'alarmes, la préparation, l'enregistrement et le suivi de routes... Les ENC permettent donc de renforcer la sécurité et de faciliter la navigation. La mise à jour des ENC, disponible de manière hebdomadaire, est très simple et fiable car elle est automatisée et contrôlée par le système. Les nouvelles informations sont téléchargeables sur internet, peuvent être reçues par cédérom ou par liaison satellite. De plus, les ENC et les mises à jour sont cryptées pour garantir l'intégrité des données et l'authentification du producteur.

Les cartes marines sont élaborées selon des processus et sur une organisation certifiée ISO 9001-2000. Le portefeuille français de cartes s'élève à 1100 cartes papier (soit environ un tiers du portefeuille mondial) et 280 cartes électroniques. L'âge moyen des cartes en métropole est de l'ordre de douze ans (depuis la dernière édition ou publication). La tenue à jour régulière du portefeuille de cartes marines a pour objectif d'y intégrer les informations nouvelles (nouveaux levés hydrographiques, nouvelles réglementations, évolutions du balisage ou des infrastructures portuaires...) et de les rendre conformes aux normes internationales en vigueur.

Autres applications

L'essentiel de ce chapitre a porté sur la mission de service hydrographique national. Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que des levés hydrographiques plus spécifiques permettent également de répondre aux deux autres missions confiées au SHOM.

Le SHOM possède un fonds hydrographique progressivement enrichi depuis plus de 200 ans au cours des levés. Les cartes du SHOM présentent une vision synthétique et tenue à jour de la connaissance disponible, adaptée à un usage de la navigation mais dont le support ou le contenu ne convient pas toujours à des besoins d'aménagement du littoral, de prévention des risques... Le soutien aux politiques publiques maritimes exige le plus souvent des données numériques, denses et recueillies à diverses époques. Le SHOM propose des réponses à ces besoins par des projets comme Litto3D® (définition d'un modèle numérique de terrain à haute résolution de la bande littorale) conduit en partenariat avec l'IGN ou par des prestations. Ainsi, le SHOM a apporté son expertise à la préfecture maritime de la Manche et de la mer du Nord sur des projets d'implantation d'éoliennes en mer, il a livré une étude des paramètres environnementaux nécessaires pour la définition de sites d'accueil pour les navires en difficulté... Le SHOM a apporté son expertise pour la définition des lignes de bases de l'Etat français et pour la négociation des frontières maritimes (permettre à la France de faire valoir, de manière



Simulation de montée des eaux grâce au MNT haute résolution obtenu avec Litto3D® : exemple du golfe du Morbihan, submersion au niveau de la flèche rouge.

▶ objective, ses revendications sur certains espaces et garantir la légitimité de l'action de l'Etat en mer sont les principaux enjeux de l'activité du SHOM consacrée à la délimitation maritime). Dernièrement, le SHOM a coproduit avec l'IGN une nouvelle carte, le SCAN Littoral®, fusion intelligente des cartes marines du SHOM avec les cartes topographiques de l'IGN. Ces cartes offrent une représentation cohérente et continue entre la terre et la mer des éléments géographiques du littoral et constituent un outil d'aide à la planification des opérations de sécurité nationale (sécurité civile) et de défense.

En ce qui concerne le soutien au profit de la défense, les bâtiments de la marine ont, pour la navigation, les mêmes besoins que les autres usagers de la mer. En revanche, pour la conduite de certaines activités militaires, les besoins peuvent être spécifiques. C'est le cas par exemple des opérations de plageage qui nécessitent une connaissance très précise de la nature des fonds et des gradients bathymétriques. De même, le porte-avions *Charles de Gaulle*, dans le cadre de certaines missions, a besoin de disposer d'informations nautiques plus précises compte tenu des précautions particulières d'emploi de ce bâtiment. Pour souligner la diversité des besoins, voici un autre exemple : la marine nationale, en charge de la lutte contre l'immigration clandestine dans le cadre de l'action de l'Etat en mer et pour garantir à ses unités d'opérer en sécurité pour leurs missions, a demandé une mise à jour de la connaissance hydrographique à Mayotte, zone très complexe et dangereuse (milieu corallien) où une bonne partie du lagon n'est pas encore hydrographiée et certains levés sont très anciens. Enfin et plus généralement, les missions des bâtiments de la marine nationale sont conduites très souvent dans des zones où la France n'exerce pas de responsabilité cartographique. Le SHOM peut donc être amené à y effectuer des levés pour compléter l'information nautique existante.

Acquisition de la connaissance, soutien aux opérations d'action de l'Etat en mer, participation aux politiques publiques maritimes (pour le développement économique par exemple)... les besoins auxquels répondent les levés hydrographiques sont très divers tout comme leurs utilisateurs. En revanche, la finalité reste la même, contribuer à améliorer la sécurité de la navigation.

■ Les campagnes d'océanographie

L'acquisition *in situ* des données océanographiques requiert l'utilisation d'équipements bien spécifiques et très différents les uns des autres. La liste ci-dessous, non exhaustive, recense les capteurs les plus fréquemment utilisés par le SHOM.

Les bâtiments hydro-océanographiques employés par le SHOM permettent de déployer des capteurs d'hydrologie comme des bathysondes (mise en œuvre en station) ou des poissons remorqués, le Seasoar par exemple. Une bathysonde est un capteur utilisé pour acquérir un profil vertical continu de mesures océanographiques (en général la température, la pression, la conductivité électrique, pour en déduire la salinité en fonction de la profondeur). Suivant les besoins, une bathysonde peut être munie de capteurs

additionnels (turbidité, chlorophylle, oxygène dissous...) ; elle est souvent montée sur un dispositif de prélèvement d'eau de mer appelé rosette (barillet portant des bouteilles de prélèvement dont la fermeture peut être commandée de la surface). Les échantillons recueillis peuvent être utilisés pour étalonner les capteurs de la bathysonde, par comparaison avec les mesures acquises au moment du prélèvement.

Les courantomètres à effet doppler (de coque ou déployables) permettent de déterminer la direction et l'intensité du courant ponctuellement ou dans la colonne d'eau. Il existe aussi une grande variété d'équipements légers (bouées instrumentées, flotteurs dérivants ou mouillés, drogues océanographiques...) pour mesurer *in situ* les propriétés de l'eau de mer, estimer la dérive des masses d'eau...

Pour déterminer l'état de la mer et la hauteur des vagues, les observations sont réalisées avec des radars à hautes fréquences embarqués sur les navires ou installés à terre. Il est également possible de déployer des houlographes (flotteurs instrumentés avec des accéléromètres) pour mesurer l'agitation de la surface de la mer.

Enfin, le SHOM, référent national en matière de marégraphie, met en œuvre et exploite un réseau de marégraphes côtiers installés en métropole et dans les DROM - COM - POM - TOM pour mesurer la hauteur d'eau. Certains appareils sont capables de transmettre leurs mesures en temps réel.

Quelques applications

Comme pour les levés hydrographiques, les applications des campagnes océanographiques sont encore une fois très nombreuses. Voici quelques exemples pour illustrer comment le recueil des mesures en mer permet au SHOM de répondre à ses trois grandes missions.

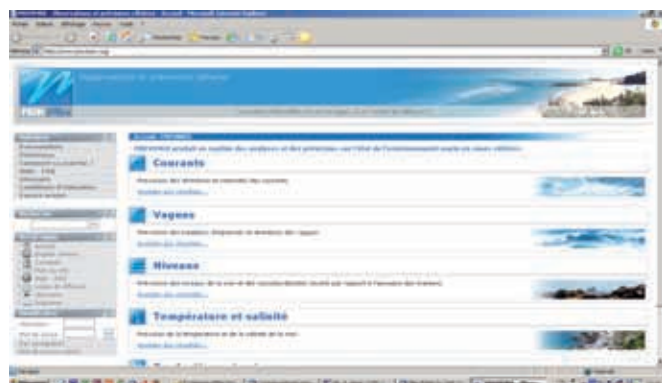
Le SHOM est l'établissement public chargé de l'élaboration des documents nautiques. A ce titre, la fourniture aux navigateurs des renseignements relatifs aux courants marins figure parmi ses attributions. Les courants de marée, phénomène très complexe qui se caractérise par la diversité de ses origines et par une grande variabilité tant spatiale que temporelle, sont calculés à partir des équations de l'hydrodynamique marine en prenant en compte les données physiques (hauteur d'eau, bathymétrie...). Les atlas de courants de marée permettent de visualiser les champs de courant à chaque heure de marée, en fonction des coefficients. Parmi les secteurs et domaines d'utilisation, on peut citer : la navigation et le pilotage, la pêche, la plongée sous-marine, les opérations de recherche en mer...

Les campagnes d'océanographie permettent de recueillir des données *in situ*, essentielles à la description et à la prévision de l'océan (fronts thermiques, courants, propriétés hydrologiques...). En effet, ces mesures (complétées par les observations satellitales : couleur de l'eau, altimétrie...) alimentent des modèles mathématiques simulant les processus hydrodynamiques de l'océan pour réaliser des prévisions en trois dimensions. Par exemple, le SHOM développe le programme SOAP (système opérationnel d'analyses et de prévisions) dont l'objectif est de fournir des analyses et des prévisions de l'état de l'océan (hauturier), en

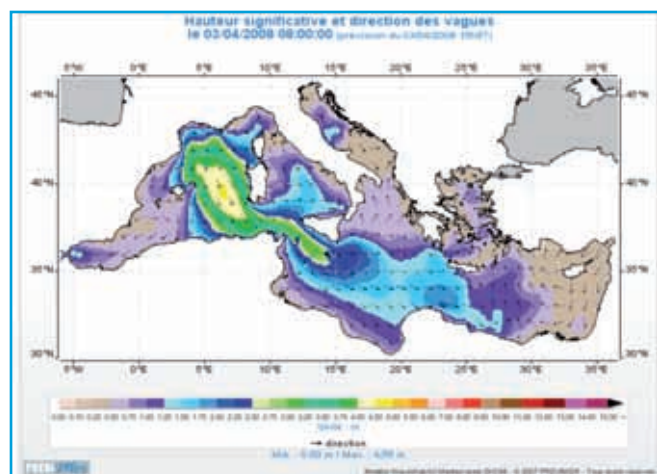


température et salinité, afin que les forces sous-marines disposent des informations nécessaires sur l'environnement pour optimiser l'utilisation des systèmes d'armes (sonars, hydrophones...). De même, les exercices et opérations de déploiement de forces par moyens maritimes montrent l'influence déterminante de l'environnement en zone littorale sur la conduite des opérations. Or, la qualité des prévisions d'état de mer sur la plage est largement inférieure à la qualité des prévisions au large, du fait de la complexité des phénomènes en milieu littoral, ce qui limite par prudence, le choix des points de débarquement. Par ailleurs, l'information sur la bathymétrie est aujourd'hui limitée à des informations statiques (telles que des dossiers de plage élaborés à partir des levés hydrographiques), qui ne prennent pas en compte la forte variabilité temporelle de ce milieu. Ainsi, certaines campagnes océanographiques réalisées par le SHOM (en coopération avec d'autres partenaires) alimentent des études amont dont l'objectif vise l'amélioration importante de la qualité des prévisions de houle, réalisées à la côte. Dans la zone de déferlement, il s'agit aussi de caractériser la prévisibilité de la dynamique des plages sur des échelles de temps allant de quelques jours à l'échelle saisonnière. Cette compréhension de la dynamique côtière aboutira à la réalisation d'un démonstrateur de prévision littorale (caractérisation des plages, de leurs environnements et de leurs dynamiques). Outre les applications militaires, les développements réalisés bénéficieront aux utilisateurs de météorologie marine et aux gestionnaires du littoral.

Dans ses domaines de compétence, le SHOM participe aux actions de prévention des risques majeurs. Service référent de l'Etat dans la mesure des hauteurs d'eau, il gère un grand nombre d'observatoires du niveau de la mer, le long du littoral métropolitain et d'outre-mer. Ce réseau, sans cesse complété et modernisé, est un outil essentiel pour la surveillance des hauteurs d'eau et la prévention des risques majeurs associés (submersion par tsunami ou onde de tempête, observation de l'évolution du niveau moyen des mers...). Enfin, le développement de l'océanographie côtière opérationnelle est un enjeu important pour le soutien aux politiques publiques. L'objectif est de connaître et décrire l'environnement physique marin, d'en prévoir l'évolution et de diffuser les informations correspondantes. Les avancées technologiques acquises grâce aux développements réalisés au profit de la marine pour le domaine hauturier ont été intégrées, capitalisées, et



Page web du site PREVIMER.



Site PREVIMER : exemple de prévision pour les vagues (hauteur et direction).

L'océanographie opérationnelle étend désormais ses capacités d'analyse et de prévision aux courants, aux états de mer et aux propriétés hydrologiques et biogéochimiques des eaux côtières. Le SHOM cherche à promouvoir, en association avec les partenaires nationaux concernés, l'organisation d'un futur service national d'océanographie côtière opérationnelle (SNOCO) ; ainsi, il participe activement au projet Previmer, coordonné par l'Ifremer, qui consiste à développer un démonstrateur des services d'océanographie côtière développés dans le cadre du SNOCO.

En conclusion, le recueil des données en mer repose sur des moyens très spécialisés mis en œuvre par des ingénieurs et techniciens eux-mêmes très spécialisés. De plus, la tâche est très longue : la flotte hydro-océanographique travaille généralement en station ou à vitesse réduite (inférieure à 8 nœuds) pour un bon fonctionnement du matériel, si bien que les zones pas ou peu explorées restent importantes. Pour pallier cette difficulté, le SHOM s'appuie sur le caractère dual des opérations. En effet, les nombreuses applications illustrant cet article mettent en exergue la dualité des activités menées par le SHOM, c'est-à-dire qu'une action peut aussi bien répondre à différentes attentes (civiles ou militaires, organismes privés ou pouvoirs publics...) à condition, bien entendu, d'adapter le produit au besoin exprimé. ●

Contact

Gwladys THEUILLON

Service hydrographique et océanographique de la marine
gwladys.theuillon@shom.fr

ABSTRACT

To fulfil its three main missions (national hydrographic service, environmental support to defence, support to maritime and coastal public policies), SHOM collects at sea geophysical data with different vessels and sensors.

Applications are various: scientific research, development, operational production of maritime documentation...