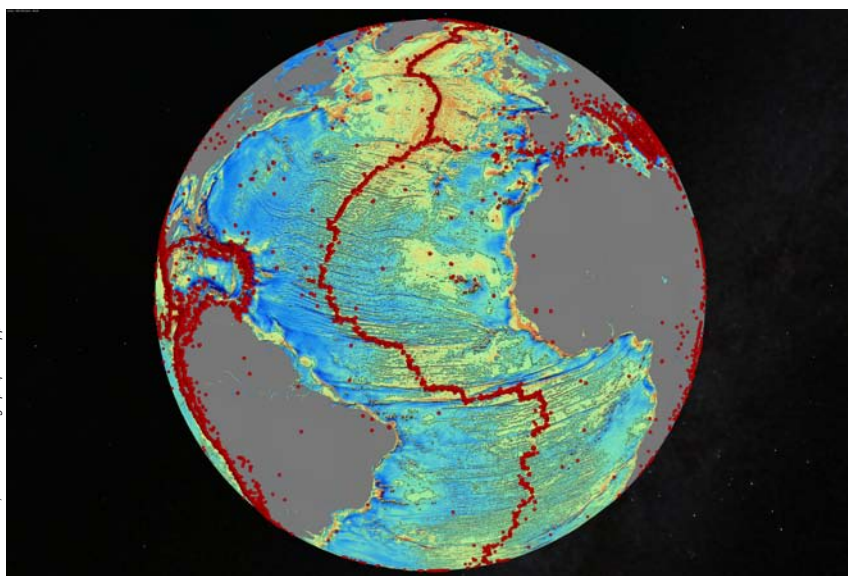


David Sandwell, Institut océanographique Scripps



CETTE CARTE DES FONDS DE L'Océan ATLANTIQUE a été obtenue grâce à des mesures de gravimétrie effectuées par les satellites *CryoSat-2* et *Jason-1*. Cependant, la précision, qui est de quelques kilomètres, est insuffisante pour dresser des cartes de navigation.

arguant que la dorsale constitue un prolongement géologique de leur plateau continental. En 2007, la Russie a montré sa détermination en posant un drapeau russe dans la zone revendiquée à plus de 4 000 mètres de profondeur. En 2013, le gouvernement canadien a lancé une nouvelle campagne de cartographie pour déterminer à quel plateau continental se rattache la dorsale. Les enjeux sont évidemment économiques, des hydrocarbures étant présents dans le sous-sol.

PLS

Par quels aspects la bathymétrie a-t-elle aussi une importance pour la recherche océanographique ?

T.S. : Les études océanographiques sont tributaires des données bathymétriques, en particulier pour établir la trajectoire des courants, qui dépendent des reliefs sous-marins. C'est utile par exemple pour le suivi des proliférations de phytoplancton. Ces efflorescences algales peuvent s'étendre sur des centaines de kilomètres et ont un impact sur l'environnement. Elles suivent les courants marins et on ne peut anticiper leur trajectoire que si l'on connaît la dynamique des masses d'eau. On utilise les mêmes méthodes pour modéliser la propagation de polluants, tels les plastiques ou les marées noires.

PLS

Les tsunamis sont-ils aussi influencés par le relief sous-marin ?

T.S. : Tout à fait. D'ailleurs, le SHOM participe à certains programmes de prévention de risques liés aux tsunamis. La configuration sous-marine près des côtes permet d'estimer les zones à risque. Par exemple, si la côte est dépourvue de plateau continental, comme c'est le cas dans le Sud de la France, une grande vague ne sera pas amortie ou freinée et peut menacer le rivage. En revanche, la façade Atlantique, par exemple, est dotée d'un long plateau continental. Un raz-de-marée qui atteint ces eaux de faible profondeur perd en intensité et fera moins de dégâts sur les côtes.

PLS

Venons-en aux techniques utilisées pour cartographier les fonds marins. Le sonar semble être la plus courante. En quoi consiste-t-elle ?

T.S. : Avant le sonar, les techniques étaient rudimentaires : pour déterminer la profondeur, on attachait un plomb à un fil qu'on lâchait dans l'eau. Au cours de la Première Guerre mondiale, le physicien Paul Langevin a développé le principe

d'un sonar actif dont l'objectif était principalement de repérer les sous-marins ennemis. Grâce à un matériau piézoélectrique, qui vibre sous l'action d'un champ électrique, ce dispositif émet dans l'eau une onde acoustique. Celle-ci est réfléchiée par l'environnement (le fond marin, un rocher, un banc de poissons, un sous-marin...), et une partie revient vers le sonar. En mesurant le temps d'aller-retour de l'onde, on détermine la distance de l'obstacle si l'on connaît la vitesse de propagation de l'onde sonore dans l'eau.

PLS

Quelles évolutions cette technique a-t-elle connues ?

T.S. : Le sonar a été utilisé pour la bathymétrie à partir des années 1930 et est devenu la technique la plus performante. Puis, dans les années 1980-1990, il a encore été perfectionné. Le sonar émettant une onde sonore unique et dirigée à la verticale du bateau a ainsi été remplacé par des sonars multifaisceaux. Plusieurs ondes sont émises simultanément et forment un éventail vertical et perpendiculaire à l'axe du navire, ce qui permet de couvrir une zone plus large lors d'un passage unique.

On adapte aussi les fréquences des ondes. Les ondes de fréquence élevée permettent d'obtenir des mesures de meilleure résolution spatiale, mais elles sont davantage absorbées que les ondes de basse fréquence. La gamme de fréquences utilisées est comprise entre 10 kilohertz et quelques centaines de kilohertz. Le choix dépend de l'usage du sonar. Par exemple, les normes de l'organisation hydrographique internationale imposent une précision inférieure à 25 centimètres sur les zones littorales critiques pour assurer la sécurité de la navigation ; dans ce cas, on opte pour une fréquence élevée.

La nécessité de relevés suffisamment précis pour la navigation pose d'autres problèmes, tels que la position et les mouvements du bateau, la vitesse du son dans l'eau, etc. Une équipe du SHOM étudie ainsi les marées. Elle établit le « zéro hydrographique » qui sert de référence verticale pour les cartes marines ; ce zéro est en général proche, pour chaque lieu, de la plus basse mer astronomique (obtenue à partir des mesures du niveau des marées basses sur 19 ans). Avec cette référence, le marin est assuré de

disposer au minimum de la profondeur d'eau affichée sur la carte.

PLS

Hormis la cartographie par sonar, qui reste la technique la plus précise mais qui est lente à mettre en œuvre, existe-t-il des méthodes aériennes, voire satellitaires ?

T. S. : La difficulté majeure pour cartographier le fond des océans est que la lumière visible ne pénètre qu'à 60 mètres au mieux et cela dépend aussi de la turbidité des eaux. Si les conditions sont optimales, en Polynésie française par exemple, où l'eau est peu profonde et assez limpide, on peut utiliser des images aériennes pour estimer la profondeur. Mais cette approche est peu précise.

Une autre possibilité est d'utiliser un lidar aéroporté, un faisceau laser, que l'on oriente et dont on mesure le temps d'aller-retour. Cette méthode est utilisée en topographie terrestre. Dans le cas des océans, on utilise deux lasers ; l'un est réfléchi à la surface et l'autre pénètre dans l'eau. Mais cette technique ne permet pas d'explorer de grandes profondeurs, la lumière du laser étant vite absorbée.

Les satellites peuvent effectuer des mesures de gravimétrie, ce qui permet de dresser des cartes bathymétriques globales, mais de faible résolution, de l'ordre de quelques kilomètres. Cette approche est néanmoins un bon complément au sonar. Le principe est d'abord une mesure altimétrique, où l'on détermine la forme de la surface des océans. En effet, cette surface n'est pas sphérique mais présente des irrégularités du fait des variations locales du champ gravitationnel. Ces variations sont liées à la masse des roches situées sous l'océan. En analysant les mesures altimétriques, on peut déterminer si le relief sous-jacent est une plaine abyssale ou une dorsale. Le satellite TOPEX/Poseidon de la Nasa et du Cnes a été précurseur dans ce type de relevés. Récemment, David Sandwell, de l'Institut d'océanographie Scripps, aux États-Unis, et son équipe ont utilisé les données des satellites *CryoSat-2* et *Jason-1*. Ils ont cartographié avec une précision de quelques kilomètres les fonds marins. Ils ont ainsi découvert des structures géologiques jusque-là inconnues.

Cela me permet d'ailleurs de revenir sur l'intérêt de la bathymétrie pour les géosciences. Nous pouvons par exemple observer les traces de glaciation et de déglaciation sur le fond marin.

Cartographier avec des petits sous-marins

Les AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) sont des sous-marins robotisés et autonomes. Ils peuvent descendre à de grandes profondeurs pour examiner de près une structure géologique ou de potentiels débris, comme dans le cas de l'avion de la *Malaysian Airlines*. Une flottille de tels sous-marins pourrait contribuer à la cartographie du fond des océans.

■ SUR LE WEB

Le SHOM (Service hydrographique et océanographique de la Marine) met à disposition les données de bathymétrie sur son portail <http://data.shom.fr>

■ BIBLIOGRAPHIE

D. T. Sandwell et al., *New global marine gravity model from CryoSat-2 and Jason-1 reveals buried tectonic structure*, *Science*, vol. 346, pp. 65-67, 2014.

X. Lurton et al., *La cartographie acoustique sous-marine*, *Dossier Pour la Science*, n° 32, juillet-octobre 2001.

Nous voyons très nettement les limites d'extension de certains glaciers et apportons ainsi des éléments à nos collègues pour reconstruire l'histoire climatique de la planète.

PLS

Y a-t-il d'autres méthodes bathymétriques en cours de développement ?

T. S. : On peut mentionner deux approches. La première consiste à étudier le déferlement des vagues sur la côte. Cela nous donne une information sur la profondeur de la mer à proximité immédiate du rivage.

Une autre idée relève de la science participative. Chacun peut contribuer à une base de données en apportant ses propres relevés de profondeur. Le SHOM ne peut pas utiliser ce type de sources pour des cartes de navigation, car il doit garantir l'étalonnage des appareils de mesure pour certifier les données. En revanche, pour l'océanographie, ces données sont parfois les seules disponibles. Cependant, avec cette approche, on récupère des données dans les zones fréquentées et rien ailleurs.

PLS

En mars 2014, un avion de la *Malaysian Airlines* a disparu ; il se serait abîmé dans l'océan. Le manque de données bathymétriques est-il un obstacle pour retrouver l'appareil ?

T. S. : Absolument. L'avion se serait écrasé au Sud-Ouest de l'Australie dans une région d'environ 60 000 kilomètres carrés dans les 40° rugissants. Des navires australiens, chinois et ceux d'une firme privée participent aux recherches. Initialement, ils traquaient les émissions sonores des boîtes noires. Ils cherchent maintenant les débris avec des sonars. Cette région, de profondeur moyenne comprise entre 4 000 et 5 000 mètres, est très mal cartographiée. Il est donc difficile de distinguer les débris des éléments naturels du relief. Il serait possible d'envoyer un sous-marin autonome pour aller voir de plus près, mais sans informations sur la zone, cela revient à chercher une aiguille dans une botte de foin. Il est donc difficile de dire si on retrouvera un jour des fragments de l'appareil. ■

Propos recueillis par Sean BAILLY