

La « tomographie » de l'océan

Auteur : **Louis Legendre**

Professeur de l'université Pierre et Marie Curie

Président du Conseil scientifique de l'Institut océanographique, Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco

La science océanographique fut créée au XIX^e siècle, notamment sous l'impulsion du Prince Albert I^{er} de Monaco. Au cours de la première partie de l'histoire de l'océanographie, les chercheurs ont exploré l'océan en y prélevant des échantillons (d'eau, de gaz dissous, de particules, d'organismes ou de sédiments, obtenus avec des bouteilles de prélèvement, des pièges à particule, des filets à plancton, des bennes, des carottiers, etc.), ou en y faisant des mesures avec des appareils mécaniques ou électromécaniques immergés dans le milieu (exemples : thermomètre à renversement, bathythermographe et courantomètre). Quelques rares appareils ont permis de faire des mesures à distance (par exemple, le sonar ou l'hydrophone). Les plates-formes de prélèvements pouvaient être mobiles (navires, sous-marins, dérivateurs, plongeurs, etc.), ou fixes (bouées ancrées, engins de pêche fixes, marégraphes, etc.).

La situation a changé une première fois de façon radicale avec l'arrivée des satellites artificiels de la Terre, qui ont permis l'observation à grande échelle et répétée de caractéristiques de la surface de l'océan. Les premiers satellites de mesure de la température de surface des océans sont apparus en 1967. Depuis, se sont ajoutés des satellites permettant de mesurer de nombreuses caractéristiques de l'océan, dont la hauteur de la mer (altimétrie, dont on déduit les courants ainsi que la topographie du fond), la couleur de l'océan (en fait, des mesures radiométriques dont on déduit la concentration de chlorophylle *a* contenue dans le phytoplancton), la couverture de glace et, récemment, la salinité (<http://smc.cnes.fr/Fr/oceans.htm>, <http://science.nasa.gov/earth-science/oceanography/>). Toutefois, le satellite ne voit que la couche superficielle de l'océan.

Par analogie avec la médecine, la première période de l'océanographie a utilisé la biopsie et quelquefois la radiographie ; les informations obtenues étaient limitées dans l'espace et dans le temps. La seconde période a eu recours à la photographie ; ses résultats pouvaient être synoptiques dans l'espace et répétés dans le temps, mais ils demeuraient limités à la surface de l'objet étudié. Tout comme la médecine, l'océanographie entre maintenant dans l'ère de la tomographie qui s'intéresse à la totalité tridimensionnelle de l'objet étudié et à son évolution temporelle. Cette révolution de l'océanographie repose sur des robots sous-marins autonomes – flotteurs-profileurs et planeurs sous-marins – dont les mesures sont couplées à celles de plates-formes classiques, mobiles et fixes (voir ci-dessus), et à celles des satellites d'observation de l'océan. Ce couplage, qui exige des prouesses scientifiques et technologiques en cours de développement, donne lieu à des réseaux d'observation intégrés tels que MOOSE dans les eaux méditerranéennes françaises (<http://www.insu.cnrs.fr/co/expeditions-et-campagnes/moose-mediterranean-ocean-observing-system-on-environment>, http://www.allenvi.fr/?page_id=777).

L'observation océanographique fait de plus en plus appel à des robots sous-marins autonomes. Le *flotteur-profileur* (« profiling float ») est un robot autonome de forme cylindrique (2 mètres de hauteur), équipé de capteurs, qui descend jusqu'à 2 000 mètres de profondeur (on envisage maintenant 3 000 mètres) et enregistre, au cours de sa remontée vers la surface, des informations sur les caractéristiques des eaux traversées ; en surface, le robot envoie ses informations à un satellite et reçoit éventuellement des instructions de l'opérateur, après quoi il redescend en profondeur en attente d'un nouveau cycle de mesure. Depuis une dizaine d'années, le programme international Argo (dont la France est un participant très actif) maintient plus de 3 000 flotteurs-profileurs dans l'ensemble de l'océan mondial, où ces robots mesurent la température et la salinité de 2 000 mètres de profondeur jusqu'à la surface tous les dix jours (<http://www.argo.net/>, [Date de création : Février 2012](http://www.naos-</p></div><div data-bbox=)

equipex.fr/Argo/, <http://www.oao.obs-vlfr.fr/robots-a-sensorssm/profiling-floatssm>). Le *planeur sous-marin* (« glider », 2 mètres de long, sans hélice de propulsion) est semblable au flotteur-profileur, mais il navigue d'un point à un autre en se déplaçant en zigzag entre la surface et 1 000 mètres de profondeur ; chaque fois qu'il revient en surface au cours de son trajet, le robot fait un point GPS et communique avec un satellite (<http://www.oao.obs-vlfr.fr/robots-a-sensorssm/gliderssm>). Depuis peu, les chercheurs, ont commencé à équiper des flotteurs-profileurs et des planeurs sous-marins de capteurs qui mesurent des variables d'intérêt biogéochimique comme l'irradiance spectrale, la concentration de chlorophylle *a*, l'oxygène dissous, les nitrates, la matière particulaire et les substances dissoutes colorées [1]. Les flotteurs-profileurs biogéochimiques sont appelés « bio-Argo » (<http://www.oao.obs-vlfr.fr/projectssm/other-ongoing-projectssm>).

La toute nouvelle flotte de profileurs et de planeurs sous-marins biogéochimiques, couplée aux satellites d'observation de l'océan, permettra de suivre de façon synoptique la réponse au changement climatique des premiers 1 000-2 000 mètres de l'océan mondial [1]. Un exemple de telle réponse est la désoxygénation de l'océan, sujet traité dans la fiche « La désoxygénation de l'océan : situation actuelle et prévisions ». Les robots autonomes sous-marins ouvrent une nouvelle ère, celle de la tomographie de l'océan. La France est un leader mondial dans ce domaine en expansion rapide.

Références

[1] Johnson K.S., Berelson W.M., Boss E.S., Chase Z., Claustre H., Emerson S.R., Gruber N., Körtzinger A., Perry M.J. & Riser S.C. (2009). Observing biogeochemical cycles at global scales with profiling floats and gliders: prospects for a global array. *Oceanography*, 22, 217-225. Article disponible gratuitement à l'adresse suivante : <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/16191>