

L'altimétrie par satellite

L'altimétrie satellitaire est une technique de mesure du niveau de la mer à l'aplomb du satellite. Le satellite envoie un signal radar vers la surface de la mer et capte le signal réfléchi. Une horloge de haute précision mesure le temps d'aller-retour, dont un circuit électronique déduit la distance du satellite à la surface de l'océan.

Ce principe paraît simple, mais sa mise en œuvre est complexe. Si les ondes radar traversent l'atmosphère quelles que soient les turbulences qui y règnent, leur vitesse de propagation varie en fonction de facteurs telle que l'humidité de l'air. Ainsi, les conditions météorologiques durant les mesures doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats.

De plus, la position du satellite doit être connue précisément à chaque instant de la mesure. En raison des irrégularités du champ de gravitation terrestre, l'orbite d'un satellite est irrégulière. Le globe terrestre n'est pas, lui-même, une sphère parfaitement homogène : si sa surface est globalement ronde, elle présente des aspérités (montagnes) ; en outre, les masses sont irrégulièrement réparties au sein du Globe. Certains satellites sont dotés de dispositifs embarqués qui, en liaison avec des stations au sol, déterminent en permanence leur position ; d'autres sont localisés à partir du sol à l'aide d'impulsions laser.

L'inégale répartition des masses sous le plancher océanique résulte de mécanismes géologiques qui façonnent le relief et des puissants courants de convection qui brassent les roches dans le manteau. Les deux effets se conjuguent pour conférer à la surface moyenne de l'océan des hauteurs, c'est-à-dire des distances au centre de la Terre, différentes. Certains creux atteignent 110 mètres au Sud de l'Inde, et certaines bosses 90 mètres au large de la Nouvelle-Guinée.

Après le succès de premières expériences menées à bord de la station spatiale américaine *Skylab*, en 1973, toute une série de satellites furent dédiés à l'altimétrie satellitaire : *GEOS-3* en 1975, *SEASAT* en 1978, *GEOSAT* en 1985, puis *ERS-1* en 1991, *Topex-Poseidon* en 1992 et enfin *ERS-2* en 1995. La mise sur orbite de deux nouveaux altimètres est prévue pour 2001 : *Jason-1* et *ENVISAT*.

L'objectif des premières missions était la mesure du champ gravitationnel sous-marin sur l'ensemble du Globe, et l'obtention d'une image du plancher océanique. En effet, l'intensité du champ de gravitation augmente au-dessus des montagnes sous-marines, de sorte que l'eau s'y amoncelle. En revanche, la surface de l'océan se creuse à la verticale des zones où le champ de gravitation diminue. Même si ces effets ne sont pas très marqués, ils expliquent que la topographie du fond océanique se « décalque » à la surface de l'eau.

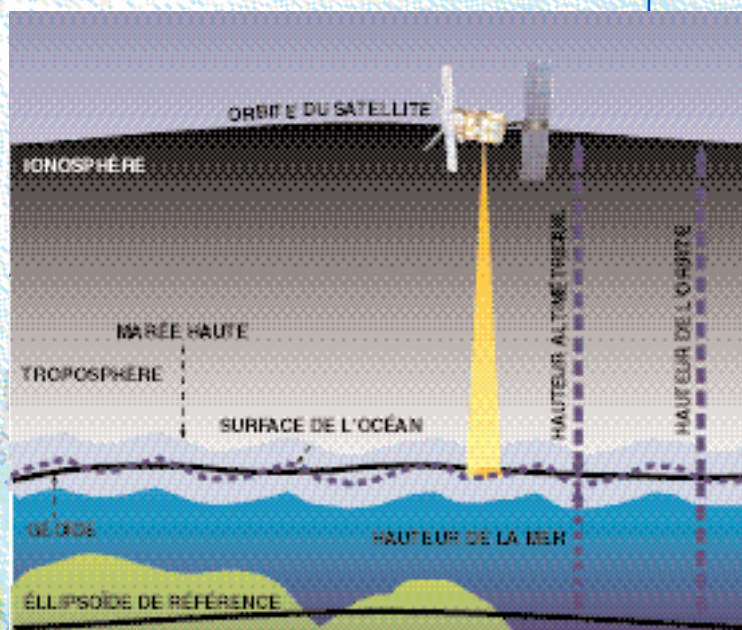
Aujourd'hui, grâce à l'altimétrie satellitaire, le fond marin a été cartographié sur la quasi-totalité de la planète. Il s'agit maintenant d'étudier précisément l'influence des systèmes de courants océaniques et des phénomènes océanographiques qui influent – eux aussi – sur la surface de l'eau. L'étude des régions de la Terre qui sont recouvertes de glace en permanence commence tout juste.

Suivant la tâche qui leur est dévolue, les satellites ont des orbites différentes. Leurs trajectoires passent près des pôles pendant que la Terre tourne, de sorte qu'ils survolent toute la Terre en spirale (à l'exception des latitudes les plus élevées). À l'issue d'un cycle, un satellite revient à sa position d'origine, de sorte que la durée du cycle varie en fonction de l'orientation et de la forme de la trajectoire. Lorsque les cycles sont longs, les données enregistrées sont denses, mais deux mesures effectuées au même endroit sont éloignées dans le temps. Quand les cycles sont courts, on enregistre peu de mesures dans un cycle, mais deux mesures

au même endroit sont proches dans le temps. Ainsi, un satellite qui repasse souvent au même endroit sert, par exemple, à étudier des phénomènes qui évoluent rapidement, tels les courants océaniques. En revanche, un satellite qui ne repasse pas souvent au même endroit servira plutôt à suivre les variations du champ de gravitation de la Terre.

Conçue pour étudier les courants océaniques, la mission franco-américaine *Topex-Poseidon* opère suivant un cycle de dix jours. Au contraire, le satellite européen *ERS-2*, spécialisé dans les mesures gravimétriques, a un cycle de 35 jours. Son prédécesseur *ERS-1* effectuait trois cycles dont les durées respectives étaient égales à 3, 35 et 168 jours. Le plus long servait surtout aux mesures géodésiques, par exemple, à la détermination des anomalies de la gravitation sous-marine qui reflètent la topographie du plancher océanique. En utilisant toutes les données altimétriques acquises par les satellites au cours des 15 dernières années, on a obtenu des cartes des fonds océaniques dont la résolution est de l'ordre du kilomètre.

Après une mission de quatre ans couronnée de succès, *ERS-1* a été « garé » en état de fonctionnement sur une orbite d'attente. Son exploitation s'est terminée le 10 mars 2000, lorsque son système de commande de position est tombé en panne. Toujours en service, son successeur *ERS-2* tourne autour de la Terre à environ 800 kilomètres d'altitude. En octobre 2001, *ENVISAT*, le plus grand satellite d'observation de la Terre jamais construit, prendra le relais. *ENVISAT* pèse huit tonnes, mesure plus de dix mètres de longueur et embarquera un altimètre de conception nouvelle et neuf capteurs de télédétection.



On déduit la distance qui sépare un satellite de la surface de la mer du temps que mettent des ondes radar pour faire l'aller-retour entre ce satellite et la surface de la mer. Pour obtenir des mesures fiables, on doit les ajuster en fonction des conditions atmosphériques, de l'humidité de la troposphère (jusqu'à 10 kilomètres d'altitude) ou encore de la teneur en électrons de l'ionosphère (de 60 à 600 kilomètres d'altitude). En outre, pour déduire des mesures de distance la hauteur des reliefs sous-marins, on doit connaître précisément la position du satellite par rapport à la Terre ou, plus exactement, par rapport à un globe idéalisé, nommé ellipsoïde de référence.