

HISTOIRE

Navigation et Astronomie

Alain Giraud-Ruby⁽¹⁾

Cet article relate les tribulations des recherches destinées à mettre au point une méthode fiable de détermination de la longitude des vaisseaux en haute mer.

La mesure de la longitude est indissociablement liée à la mesure du temps puisque que la Terre tourne sur elle-même, alors que celle de la latitude n'est qu'une affaire locale (hauteur des étoiles ou du Soleil au dessus de l'horizon, corrigées de leur déclinaison, lors de leur culmination). La détermination de la longitude par rapport à un méridien de référence exige la connaissance non seulement de l'heure locale mais aussi, simultanément, de l'heure sur le méridien de référence ; elle s'en déduit alors par une simple soustraction, à raison de quinze degrés de longitude par heure de différence. Une erreur d'une seconde de temps entraîne une erreur d'un quart de mille nautique sur l'équateur, soit près d'un demi kilomètre, ce qui donne une idée de la précision requise.

On sait que la mise au point des méthodes de mesure de la longitude a revêtu une importance stratégique extrême, puisqu'elles sont à la base de toutes les cartes, marines ou terrestres (les « atlas »), et de tout ce qui en a dépendu dans l'Histoire, ainsi que, corrélativement, de la sûreté de la navigation, en mer (et sur terre), pour les explorateurs, les conquérants, les militaires, les marchands et les ingénieurs qui ont accouché du monde moderne à partir de la Renaissance.

Ce qu'on sait moins c'est que cette mise au point, du dix-septième au vingtième siècle, a joué un rôle moteur prépondérant dans le développement des sciences, inspirant notamment l'épanouissement de l'astronomie à l'âge classique et contribuant à la révolution relativiste vers 1900.

L'heure locale, comme la latitude, pouvait être mesurée à partir du relevé de la culmination des astres (et conservée un certain temps à l'aide d'un sablier de marine), et pendant de nombreux siècles, l'heure du méridien de référence ne pouvant être ni conservée ni transmise, on ne disposait également pour la déterminer que de méthodes purement astronomiques.

La plus ancienne méthode pour déterminer la longitude, remontant à Hipparque dans l'Antiquité hellénistique, est fondée sur la prévision des éclipses de Lune, le début ou la fin du phénomène, visible de tout un hémisphère, fournissant un signal horaire universel. Avec la détermination de la taille de la Terre par Ératostène, qui permettait de passer des coordonnées angulaires aux distances à la surface du globe, il devint possible d'établir ainsi à la longue les premières cartes géographiques (encore très grossières) de l'« oecumène » - le monde connu - comme celles que publia Ptolémée au deuxième siècle de notre ère.

Cette ancienne méthode était encore la seule utilisable au quinzième siècle, et c'est celle, (sur le conseil des savants de l'université de Salamanque qui lui avaient fourni avant son départ les éphémérides de Regiomontanus), qu'utilisa Christophe Colomb grâce à l'éclipse de Lune de septembre 1494 qu'il observa de l'île d'Hispaniola (Saint Domingue). Les erreurs d'observation, s'ajoutant au caractère très approximatif des globes ou planisphères dont il disposait - sur lesquels et pour cause les Antilles ne figuraient pas - étaient telles qu'il pût initialement croire de bonne foi être arrivé au Japon, en Chine ou aux Indes...

Néanmoins, lorsqu'on se fut avisé qu'il avait en fait découvert entre l'Europe et l'Asie des « Indes de l'Ouest » - qu'on imagina tout d'abord comme un immense archipel -, c'est sur une mesure de longitude que fut fondé en 1502 le partage de ce nouveau monde entre le Portugal (qui reçut la partie Est, essentiellement le Brésil) et l'Espagne (partie Ouest), par le traité de Tordesillas. Et c'est pour éclaircir la question de ce qui se passait aux antipodes - du côté des fabuleuses « îles aux épices », les Moluques (l'Indonésie) -, que fut entrepris le voyage de Magellan.

Au seizième siècle les géographes, compte tenu de l'importance du problème de la longitude, en particulier pour l'établissement de cartes par

(1) Auteur d'une Histoire de l'Astronomie (« Le Ciel dans la tête ») publiée chez Actes Sud. On trouvera dans cet ouvrage des développements plus détaillés et des références se rapportant aux thèmes évoqués dans le présent article.

l'atelier de Mercator, se mirent au travail et inventèrent deux autres méthodes de mesure qui, bien que parfaitement valables en théorie et potentiellement bien plus précises, devaient rester inutilisables encore plus de deux siècles compte tenu des difficultés pratiques à résoudre.

Gemma Frisius suggéra que les progrès de l'horlogerie allaient permettre de transporter l'heure du méridien origine grâce à des « garde-temps » fiables. C'est ce qui devait effectivement arriver, mais après les longues tentatives infructueuses de Huygens avec sa pendule à échappement à la fin du dix-septième siècle il fallut les laborieux exploits techniques de l'horloger anglais Harrison dans les années 1730-50 pour disposer de tels instruments, capables de compenser les mouvements du navire et les effets des changements de température. En fin de compte ce n'est pas avant la deuxième moitié du dix-huitième siècle que les chronomètres de marine parvinrent enfin à une précision suffisante pour garder le temps pendant les tribulations de semaines et de mois en mer ; encore fallut-il le vérifier, ce qui demanda encore de nombreux travaux lors de plusieurs expéditions océaniques, notamment les voyages du capitaine Cook dans le Pacifique.

Johannes Werner avait de son côté proposé d'utiliser comme horloge universelle le mouvement de la Lune dans le ciel : pas la peine pour disposer d'un signal horaire d'attendre les rares occasions où elle passe dans l'ombre de la Terre, il suffisait de relever le moment où elle éclipsait des étoiles ou tout simplement l'angle séparant le bord lunaire d'étoiles utilisées comme repères. Mais là encore il fallut patienter plus de deux siècles pour améliorer suffisamment la précision des cartes du ciel et des prévisions des « inégalités » du déplacement de la Lune. Sans parler de la solution du problème de la « parallaxe lunaire » (on ne voit pas de partout la Lune au même endroit du ciel étoilé, et il faudrait déjà savoir où l'on est pour effectuer cette correction !), problème ardu déjà noté par Apian, auquel ne s'attaquèrent les mathématiciens français Morin puis Maupertuis qu'au dix-septième siècle.

Cependant, après le désastre de l'Invincible Armada en 1588 (quatorze naufrages sur les côtes d'Irlande dus aux cartes fautive et à l'impossibilité de repérer avec exactitude la position des navires) le roi d'Espagne, bientôt suivi par les souverains des autres puissances maritimes, avait mis au concours « la longitude ». Parmi beaucoup d'autres propositions, plus ou moins farfelues, l'utilisation du magnétisme par la mesure de la direction du

champ magnétique terrestre, étudiée notamment par William Gilbert en Angleterre et Guillaume Le Nautonier en France, souleva de grands espoirs ; à la fin dix-septième siècle Edmond Halley entreprit de cartographier la déclinaison magnétique sur tout l'océan Atlantique. Mais on devait s'apercevoir que le champ magnétique terrestre n'est pas stable, dérivant de façon continue, et que la précision de la localisation était de toute façon insuffisante.

Entre temps, une nouvelle méthode astronomique, promise à un grand avenir, avait été proposée par le mathématicien de la cour de Florence, Galileo Galilei, en 1612. Après avoir découvert, à la lunette, les satellites de Jupiter et observé qu'ils étaient fréquemment éclipsés en passant dans l'ombre de la planète, Galilée s'était rendu compte que ces éclipses pouvaient fournir un signal horaire plus facilement prévisible et plus pratique que celles des étoiles par la Lune. Bien que la méthode se soit avérée inutilisable en mer, c'est celle-là qui, à terre, allait permettre le progrès considérable de la cartographie à partir du dix-septième et jusqu'au dix-neuvième siècle. Il s'agit là, à coup sûr, d'une des plus remarquables conséquences du génie de Galilée qui énonçant le principe de cette méthode, permettra au jeune et ambitieux savant de Bologne, Gian-Domenico Cassini d'entreprendre, d'établir et publier des tables prévisionnelles des éclipses des satellites de Jupiter. Ce travail n'échappa pas à Jean Picard, conseiller de Colbert. Ceux-ci invitèrent Cassini à venir à Paris où il s'installa en 1669 et fut bientôt chargé de la création d'un observatoire astronomique dans le bâtiment construit pour l'Académie royale des Sciences.

Les tables de Cassini montraient des « anomalies » de période quasi annuelle - l'occurrence des éclipses avançant quand la Terre se rapprochait de Jupiter et retardant quand elle s'en éloignait. On sait que le danois Roemer et le hollandais Huygens, également en résidence à l'observatoire de Paris, en déduisirent une première évaluation de la vitesse de la lumière.

Les travaux de Picard, La Caille et des Cassini (le fils, le petit-fils et l'arrière petit-fils de Jean-Dominique lui succédèrent à l'observatoire) spécialisèrent l'astronomie française en géodésie et il devait en résulter, ainsi que l'avait souhaité Colbert, l'établissement des premières cartes exactes, notamment celles du royaume de France et de ses colonies - ancêtres des cartes d'état-major et de nos cartes I.G.N. Plus tard, pendant la Révolution, cette spécialité des astronomes français contribuera à l'élaboration du système métrique,

fondé sur la définition (la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre) et la mesure, par Delambre et Méchain, du mètre étalon.

Tandis qu'à l'observatoire de Paris on perfectionnait ainsi la cartographie et la géodésie terrestre, les anglais de leur côté s'étaient attachés à résoudre le problème de la longitude en mer. John Flamsteed, persuadé que la méthode des distances lunaires était la bonne, avait formé le projet de faire de meilleurs relevés des positions des étoiles que tous ceux dont on disposait jusque là, afin de relever ensuite et de pouvoir prévoir avec précision les déplacements de la Lune. Il réussit à convaincre le roi Charles II de lui faire construire dans ce but un observatoire, et devint ainsi, en 1675, le premier *Astronomer royal*, directeur de Greenwich. Le programme qu'il s'était fixé était ambitieux, de longue haleine, et ne devait aboutir que bien longtemps après sa mort.

En fait, c'est un désastre maritime aux îles Scilly, provoquant en Angleterre la même réaction que celui que l'Invincible Armada avait provoqué en Espagne plus d'un siècle auparavant, qui vint relancer les travaux sur la longitude. En 1714 le Parlement vota le *Longitude Act*¹ prévoyant une récompense considérable au découvreur et créant une commission-arbitre spécialisée, le *Longitude Board*, auquel fut notamment nommé Isaac Newton, alors au fait de sa gloire et qui travaillait à sa « théorie (des mouvements) de la Lune » (le fameux « problème des trois corps »). Le catalogue d'étoiles de Flamsteed fut finalement complété, après les observations de Halley et Bradley, successeurs de Flamsteed, par d'excellentes prévisions des déplacements lunaires dues à Tobias Meyer de Göttingen. C'est seulement le quatrième *Astronomer-royal*, Maskelyne, qui put démarrer la publication du *Nautical Almanach* grâce auquel, à l'aide du sextant récemment inventé par Hadley, des chronomètres de Harrison et de tables de calculs logarithmiques, les navigateurs britanniques dès les guerres napoléoniennes allaient assurer leur maîtrise des mers et conquérir l'empire « sur lequel le Soleil ne se couche jamais ».

Après l'audition d'un rapport de l'abbé Grégoire, conscient du retard français, le Bureau des longitudes fut créé par la Convention le 7 messidor de l'an III (25 juin 1795). Il fut chargé de la tutelle de l'astronomie française et de la publication

d'éphémérides, *La connaissance des temps*. Mais si la France put faire valoir l'excellence de ses astronomes-géodésiens avec le système métrique et le mètre étalon, elle ne rattrapa jamais son retard en matière de longitude et c'est la Grande Bretagne qui devait faire prévaloir celle de ses astronomes-horlogers avec le choix international du méridien origine et de l'heure universelle de Greenwich lors du congrès de Washington en 1884.

À la fin du dix-neuvième siècle le télégraphe électrique, puis au début du vingtième la radio, allaient fournir de nouvelles méthodes de localisation, développées notamment par Henri Poincaré, membre puis président du Bureau des Longitudes. C'est en réfléchissant à la transmission d'un signal horaire à la vitesse de la lumière et à la question de la simultanéité que celui-ci élaborait une théorie de la relativité avant même Einstein. (Ce dernier à Berne aboutit à la sienne, on le sait, en se posant les mêmes questions de son côté au sujet de la synchronisation électrique à distance des horloges de chemin de fer).

Juste retour des choses, la mise au point dans les années 1960 du système spatial G.P.S. par le physicien américain Fanelli ne permet d'atteindre l'extraordinaire précision (de l'ordre de la dizaine de milliardième de seconde de lumière, soit du mètre) dont on dispose aujourd'hui en matière de localisation sur le globe, que grâce à des corrections relativistes qui constituent la seule application pratique de la théorie de la relativité...

Ainsi, pendant près de quatre siècles, les plus grands savants ont travaillé sur les problèmes de la détermination de la longitude : Galilée, Huygens, Newton, Poincaré. Outre la fondation des premiers observatoires astronomiques modernes, le long cours des diverses solutions de ces problèmes a été jalonné par quelques-unes des plus grandes percées scientifiques (la vitesse de la lumière, le géomagnétisme, les théories de la Lune, la première théorie de la relativité) et par des progrès techniques et normatifs marquants (l'horlogerie de précision, le système métrique, le temps universel). Peut-être plus étonnant encore, ce problème de la longitude a inspiré - de Philippe II d'Espagne au *Longitude Act* britannique et au Bureau des Longitudes de l'abbé Grégoire - les premiers grands programmes de recherche orientée, parmi les plus durables et les plus féconds.

¹ Une magnifique exposition au *Maritime Museum* de Greenwich, sur les bords de la Tamise au pied de l'observatoire, commémore jusqu'au 4 janvier 2015 le tricentenaire du *Longitude Act*. Intitulée « *Ships, Clocks and Stars* », cette exposition permet d'admirer les originaux des documents, instruments et portraits des acteurs de cette histoire, qui sont reproduits et commentés dans un superbe catalogue.