

Les mesures de vitesse de la lumière



9. La détermination astronomique des longitudes

◆ Pour tous les déplacements terrestres ou maritimes, il est nécessaire de disposer de cartes des régions parcourues. Sur la Terre, deux coordonnées sont indispensables pour repérer les lieux : la latitude dans le sens Nord-Sud et la longitude dans le sens Est-Ouest. La latitude a été obtenue dès l'Antiquité par l'observation de l'étoile polaire ou d'autres étoiles, dont la hauteur au-dessus de l'horizon change lorsqu'on se déplace dans le sens nord-sud. En ce qui concerne les longitudes, la rotation de la Terre sur elle-même en 24 heures, autour d'un axe perpendiculaire à l'équateur, ne permet pas - comme c'est le cas pour la latitude - de disposer d'un repère céleste fixe et on ne peut définir que des différences de longitudes (ou des longitudes relatives à un méridien origine). Les longitudes n'étaient obtenues avant la deuxième partie du XVII^e siècle que par des mesures au sol : comptages de pas, plus tard de tours de roue de voitures. Ces méthodes sont peu précises et expliquent l'allongement est-ouest des cartes anciennes. En mer, c'était pire car la seule solution paraissait d'estimer la vitesse du bateau.

◆ La longitude peut s'obtenir d'une façon bien meilleure en observant les étoiles : en effet, la différence entre les temps de passage d'une même étoile au méridien de deux lieux est égale à la différence de leurs longitudes. Mais il faut pour mesurer les instants de passage au méridien synchroniser les horloges des deux lieux, ou transporter une horloge fiable d'un lieu à l'autre.

◆ Dès les premiers siècles de notre ère, on a constaté que les éclipses de Lune (passage dans l'ombre de la Terre) se produisent au même instant pour tous les lieux de la Terre, ce qui permet de synchroniser les horloges en ces différents lieux. Cette remarque sera utilisée notamment lors de l'éclipse de Lune du 28 août 1635, qui fut observée en différents points de la côte méditerranéenne. La mesure des longitudes de ces points entraîna une réduction d'un tiers des dimensions est-ouest de la Méditerranée. Galilée et d'autres comprirent très vite, dès la découverte des quatre satellites de Jupiter, Io, Europe, Ganymède et Callisto en 1609/1610, que les fréquentes éclipses de ces satellites, à leur passage dans le cône d'ombre de la planète, présentaient les mêmes caractéristiques que les éclipses de Lune et pouvaient servir à synchroniser des horloges, ou à corriger la marche d'une

horloge en mer à partir des éphémérides qui prédisent l'instant des éclipses. Des observations de ces éclipses sont alors intensivement effectuées de plusieurs côtés en vue d'une solution du « problème des longitudes ».

◆ Les observations ainsi accumulées permettront à Jean-Dominique Cassini (1625-1712) d'établir de bonnes éphémérides de ces phénomènes dès 1668. Cette technique nouvelle de détermination des longitudes va aussitôt être mise en œuvre, en 1671-1672, dans une mission à Uraniborg [où se trouvait l'observatoire de Tycho Brahe]. Jean Picard (1620-1682) s'y rend. Il y sera aidé par un jeune astronome danois, Ole Rømer (1644-1710); ils observeront du Danemark des éclipses de Io, celui des satellites de Jupiter dont les phénomènes sont les plus fréquents, tandis que Cassini le fera à l'Observatoire de Paris, ce qui permettra de connaître la différence entre les longitudes des deux sites.

◆ Les résultats ayant paru de très bonne qualité, un plan de l'Académie des sciences de 1668, dû principalement à Picard, est approuvé par Colbert et le Roi. Il s'agit, entre autres choses, d'établir une nouvelle carte des côtes de la France et, pour les besoins de la navigation, de déterminer les coordonnées précises des principaux ports. La mission est confiée à Picard et Philippe de La Hire (1640-1718) ; elle a lieu en 1679-1680. Cette carte, présentée à l'Académie des sciences en 1682, sera publiée en 1693. Selon l'éloge de La Hire, lu à l'Académie des sciences par Fontenelle, elle entraînait « ...une correction très importante à la Côte de Gascogne, en la rendant droite de courbe qu'elle étoit auparavant, et en la faisant rentrer dans les terres, de sorte que le Roy eut sujet de dire en plaisantant que leur voyage ne lui avoit causé que de la perte ».

◆ La méthode, d'une très grande efficacité à terre de sorte qu'elle sera employée pendant près d'un siècle par tous les voyageurs disposant de bonnes horloges à pendule du type Huygens, se révéla inutilisable à la mer en raison des mouvements du bateau qui rendent difficile l'observation des satellites de Jupiter et perturbent ce type d'horloge. La méthode astronomique qui sera alors développée, principalement par les astronomes du Royal Greenwich Observatory, sera fondée sur des propositions françaises de Morin ; il s'agit de la méthode des distances lunaires utilisant les déplacements de la Lune relativement aux étoiles de son voisinage. Mais la solution vraiment efficace du « problème des longitudes »

page 10

viendra, pour les voyages maritimes, de la construction de montres marines précises par l'Anglais John Harrison (1693-1776), en plusieurs étapes entre 1737 et 1773. Des travaux seront aussi menés en France par d'autres horlogers comme Berthoud, Lepaute, etc., et leurs montres testées à la mer par des astronomes dont les Cassini.

◆ Une importante retombée de la détermination astronomique des longitudes a été la mise en évidence, à l'Observatoire de Paris, du fait que la lumière a une vitesse finie. En effet, Cassini et d'autres astronomes remarquèrent que les éclipses des satellites de Jupiter, émergences/immersions, se produisaient avec un décalage par rapport aux tables fondées sur les observations et les théories antérieures. Le 22 août 1676, Cassini prédit que l'émergence du 16 novembre prochain se produirait avec un retard d'environ dix minutes et proposa à l'Académie deux hypothèses concurrentes pour en rendre compte : soit une variation du diamètre visible de Jupiter soit une variation de la distance à laquelle se trouvait Jupiter par rapport à la Terre, influant sur le temps mis par la lumière à nous parvenir. Dans le *Journal des Sçavans* du lundi 7 décembre 1676, Rømer soutint que la cause du retard constaté était la vitesse finie de la lumière, hypothèse mise en doute plus tard par Cassini qui ne retrouvait pas clairement le phénomène sur les autres satellites, dont les mouvements sont très complexes et les éclipses rares.

