

Influence des dimensions de la terre sur les cartes marines et la navigation

par Antoine DEMERLIAC,
Ingénieur Général de l'Armement (Hydrographe)

Résumé

Etude historique sur la détermination des dimensions de la Terre et de leur influence sur les cartes marines et la navigation au cours des temps historiques, d'Aristote à nos jours.

Elle montre en particulier comment la valeur erronée de la circonférence du globe terrestre transmise par Ptolémée au 2^e siècle a permis le voyage de Christophe Colomb plus d'un millénaire après et la raison pour laquelle le mille marin diffère du mille terrestre britannique.

Elle montre aussi pourquoi la querelle sur la figure de la Terre qui a tant passionné les savants du début du XVIII^e siècle a peu intéressé les marins.

Summary

Historical study on the determination of the earth dimensions and their influence on nautical charts and navigation along history, from Aristotle up to the present days.

It shows, in particular, how the erroneous value of the earth's circumference forwarded by Ptolemy in the 2nd century made the voyage of Christopher Columbus possible more than a millenary after and the reason why the nautical mile differs from the british land mile.

It does as well show why the quarrel about the earth's shape that impassioned so much the scholars of the beginning of the XVIIIth century, slightly interested mariners.

Le globe grec

La première mesure historique du globe terrestre date du troisième siècle avant Jésus-Christ et a été faite par Eratosthène. Eudoxe de Cnide et Aristote, un siècle auparavant, avaient bien indiqué 400 000 stades pour sa circonférence, chiffre que Dicaërque de Messine, mort vers 285 avant Jésus-Christ avait ramené à 340 000, mais en l'absence de mesure ces évaluations n'avaient pas grande valeur.

Le puits d'Eratosthène

Eratosthène, le savant bibliothécaire d'Alexandrie, né à Cyrène vers - 284 et qui se laissa mourir de faim vers - 192 après avoir perdu la vue, avait appris qu'à Assouan, alors baptisé Syène, il existait un puits que le soleil éclairait jusqu'au fond au moment du solstice d'été, ce qui montrait qu'il était situé sous le tropique. Au solstice d'été suivant, il mesura à Alexandrie, à l'aide d'un gnomon, la distance zénithale du soleil et trouva 7° 12' ou 1/50 de circonférence. Comme il pensait que Syène et Alexandrie sont sur le même méridien et qu'il était connu que la distance entre ces deux villes était de 5 000

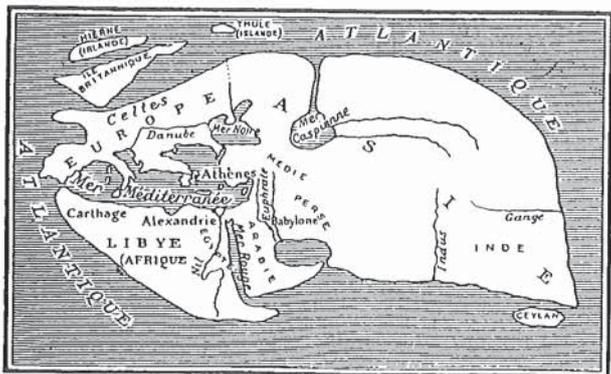
stades, il suffit de multiplier 5 000 par 50 pour obtenir la circonférence cherchée, soit 250 000 stades. Les autres auteurs anciens donnent en général la valeur de 252 000 stades qui semble plus précise mais qui surtout est divisible par 7, chiffre magique de l'antiquité. Avec la valeur de 157,5 m habituellement donnée au stade égyptien, ces 252 000 stades équivalent à 39 690 km, mais cette valeur du stade est douteuse et semble avoir été obtenue par le calcul inverse. D'autre part, si le résultat est exact, il ne peut s'agir que d'un pur hasard, car les deux villes ne sont pas sur le même méridien : il y a une différence de longitude de 3° environ ; la distance n'est pas 5 000, mais 5 346 stades égyptiens, et n'a pas été mesurée par le cadastre égyptien mais évaluée au moyen des journées de marche faites par les caravanes. Cette mesure n'a d'ailleurs eu aucune influence sur les cartes marines qui n'existaient pas encore, ni sur la navigation, uniquement de cabotage.

Posidonius

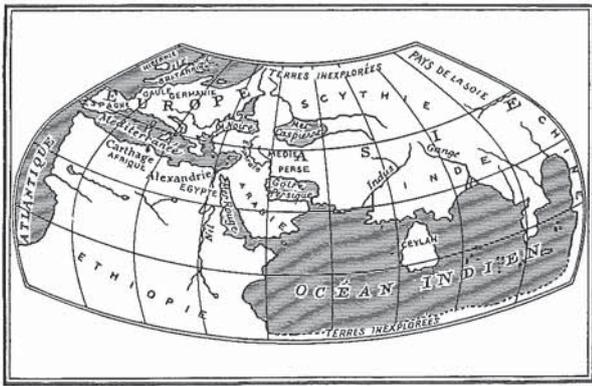
Cent ans plus tard, Posidonius, natif de la Syrie, établit à Rhodes une école fréquentée, entre autres, par Cicéron et Pompée. Il vulgarise et met à la portée du public romain cultivé les principales connaissances géographiques et astronomiques de la science grecque de son époque. D'après la distance marine entre Alexandrie et Rhodes adoptée par les marins de son époque, il évalue la longueur du degré de méridien à 500 stades philétaires, ce dernier étant évalué à 210 mètres environ. Il est intéressant de noter que les deux premières évaluations précises de la longueur du méridien ont utilisé comme unité, pour la mesure de la longueur, l'une, la distance parcourue en une journée par une caravane terrestre, l'autre la distance parcourue en une journée par un navire en mer.

La carte de Ptolémée

Contrairement à ce que l'on rapporte souvent, Ptolémée, au 2^e siècle de notre ère, ne vérifia pas la mesure d'Eratosthène, mais reprit à son compte l'évaluation de Posidonius transmise par Marin de Tyr, et en confondant les valeurs du stade philétaire et du stade égyptien :



CARTE DU MONDE SELON ERATOSTHENE
(250 ans environ avant Jésus-Christ)



CARTE DU MONDE DE PTOLEMEE
(vers 150 après Jésus-Christ)

Ces dessins réalisés par J.-F. Horrabin sont extraits du livre "La Science pour Tous" de Lancelot Hogben, aucun exemplaire de ces cartes n'étant arrivé jusqu'à nous, mais seulement des reproductions byzantines datant du XIV^e ou XV^e siècle dont un exemple est donné ci-joint.

180 000 stades au lieu de 252 000, soit seulement 28 000 km environ pour le tour de la Terre. C'est sur une donnée fautive qu'il échafauda le tableau des latitudes et des longitudes des principaux lieux de la Terre et traça la première "carte carrée" où les méridiens et les parallèles sont représentés par des droites perpendiculaires, la longueur du degré étant égale sur la carte à celle du degré de longitude, carte imaginée 3 siècles auparavant par Hipparque de Nicée, le plus grand astronome de l'antiquité, mais non réalisée jusque-là par manque de données. Ptolémée a estimé "l'oecumen" (coin habité de la Terre) à 80° de latitude et 180° de longitude en partant à l'ouest des Iles Fortunées (probablement les Canaries), les parallèles extrêmes étant 63° N et 16° S, traversant tous des continents. Il semble ignorer le périple de

Necho, exécuté vers - 600, relaté par Hérodote 150 ans après l'expédition ainsi que le voyage de Pythéas à Thulé vers - 325, relaté trois siècles plus tard par Strabon, Aélius d'Antioche, puis par Pline au premier siècle de notre ère. Cette carte avait donc la forme d'un rectangle allongé, d'où les dénominations de longitude, comptée dans le sens de la longueur et de latitudes dans celui de la largeur. Cette carte n'est pas arrivée jusqu'à nous et les reproductions que nous possédons sont dues à des artistes byzantins des XIII et XIV^e siècles. Elle était destinée aux savants ou à l'enseignement des élites, et n'avait aucun usage maritime. Elle a cependant eu une influence considérable sur la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb, à partir d'elle et de la mappemonde de Martin Behaim (fin du XV^e siècle) qui en était dérivée, assignait une différence de longitude de 125° entre les îles Fortunées et l'Inde par l'Ouest sur un globe de 28 000 km de tour alors que la différence réelle est de 240° sur un globe de 40 000 km. Il était en particulier convaincu qu'une traversée de 90° vers l'ouest lui suffirait pour atteindre la côte chinoise. Il ne pouvait deviner que la distance réelle était de 210°, et, lorsqu'il découvrit l'Amérique, personne ne voulut y croire, même pas lui, car ce n'était pas du tout ce qu'il cherchait, et s'imaginait avoir atteint la côte orientale de l'Asie, but de son hardi voyage, tant était puissant le prestige d'antiques croyances sur les limites du monde.

L'apport arabe

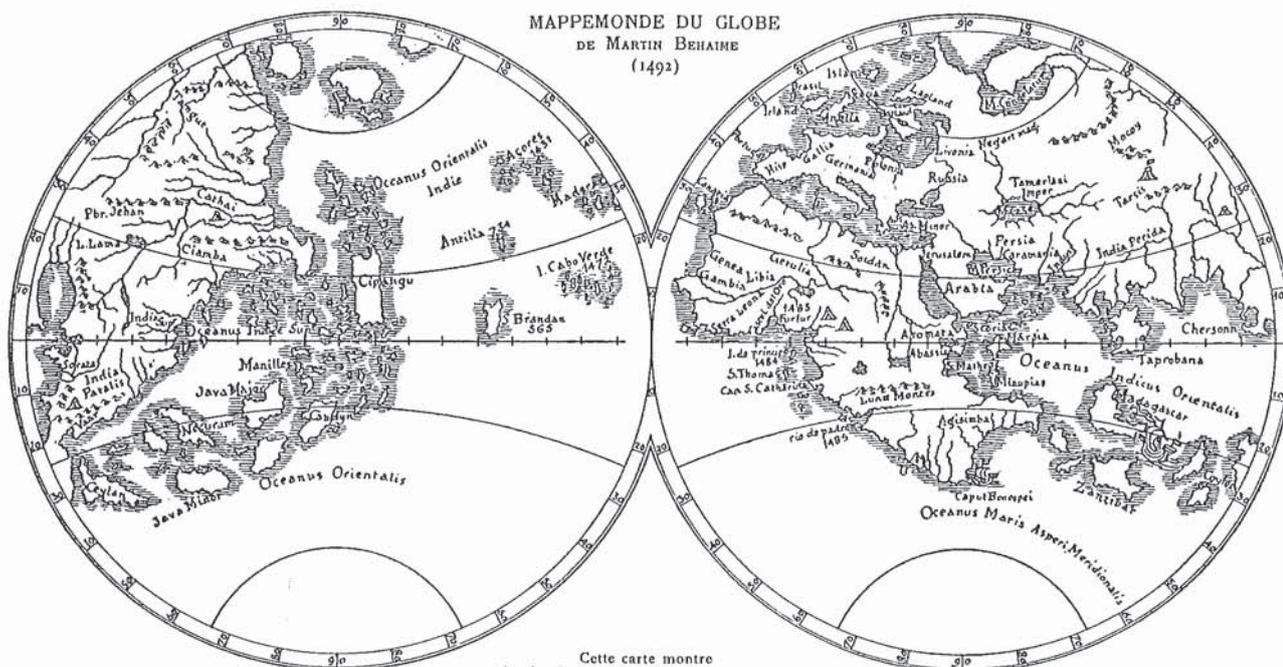
Et pourtant, les Arabes mesurèrent un arc de méridien de 1 degré dans les plaines de Mésopotamie dès 827 avec une assez bonne précision (2 % environ d'erreur par excès) et connaissaient dès le XIII^e siècle la longueur de la Méditerranée à 2,5° près (42° réels au lieu de 62° indiqués sur la carte de Ptolémée) mais la correction ne vint sur les cartes européennes qu'avec Mercator au XVI^e siècle et Guillaume Delisle au début du XVIII^e siècle.



PLATE 16 (Entry 4). Claudius Ptolemy, Rome, 1478.

Un des exemplaires de la carte de Ptolémée existant encore, datant du XV^e siècle. Bien que Ptolémée ait recommandé la "carte carrée", les cartes qui nous sont parvenues sont en projection équivalente

MAPPEMONDE DU GLOBE
DE MARTIN BEHAÏME
(1492)



Cette carte montre les dernières découvertes des Portugais et, suivant l'hypothèse de Colomb et de Toscanelli, l'extrême Asie vis-à-vis des côtes de l'ancien continent.

Extraite de l'ouvrage "Christophe Colomb" du Commandant Charcot

Les portulans

Les cartes marines n'ont pas été d'un usage courant avant le XVII^e siècle. Robert de la Croix, dans son livre "Des navires et des hommes" rapporte l'existence d'un antique portulan dont l'auteur serait un pilote massaliote, et qui daterait de l'an 500 avant Jésus-Christ, mais ce n'est qu'au XIII^e siècle de notre ère que l'on trouve la première référence certaine de l'utilisation d'une carte marine : en 1270, les marins en montrèrent une à Saint-Louis, en route pour la huitième croisade, pour le rassurer après une tempête en mer. A cette époque, l'aiguille magnétique était devenue d'un usage général et les relevements pouvaient être portés avec précision. Ces cartes portaient un réseau de lignes correspondant aux graduations de la rose des vents du compas de marine, l'unité de longueur étant mal définie. En fait, ces cartes n'étaient que la traduction graphique des règles de navigation par route ou cap et jours de mer pour la distance, et ne portaient aucun carroyage géographique. Ce n'est qu'au XVI^e siècle que ce dernier apparaît, lorsque les Portugais entreprirent l'exploration de l'océan Atlantique et que les astronomes eurent établi les règles pour observer la latitude par le soleil.

Le mille marin et le nœud

Vers la même époque, l'usage de mesurer les distances en lieues marines, puis en milles se généralisa. La lieue marine valait, en France, un vingtième de la longueur d'un degré de méridien, et 3 milles. Le mille était donc égal à la minute de méridien, et l'unité de vitesse, le nœud (un mille parcouru en une heure). L'unité de vitesse ainsi que l'échelle de la carte sont donc liées aux dimensions de la Terre. La longueur du mille était évaluée dans la marine française jusqu'au XVII^e à 1 500 m environ, ce qui correspond à l'évaluation de Posidonius : 180 000 stades de circonférence en adoptant le stade attique de 177,4 m. En Angleterre, Richard Wright, en 1589, évalua le rayon de la Terre à 5 580 km d'où pour le mille la valeur de 1 609 m. Les lignes du loch dans les marines ont été graduées en conséquence : 7 brasses entre les nœuds, mais la brasse anglaise (6 pieds de 0,305 m — 1,83 m) est différente de la brasse française (5 pieds de

roi de 0,325 = 1,63 m). La même vitesse est donc mesurée, dans les deux marines, par des nombres différents de 12 % environ.

Fernel ce méconnu

Les premières mesures de la Terre des temps modernes sont celles du docteur Fernel (1497-1558) et datent de 1527. Il mesura la différence de latitude entre Paris et Amiens par observation de la hauteur méridienne du soleil et la distance entre les deux villes à l'aide d'un compte tour de son invention monté sur une roue de son carrosse et trouva 57 099 toises au degré, soit 1 855 m pour la minute de latitude, mais cette mesure passa complètement inaperçue, en France comme en Angleterre où l'on admettait encore, au temps de Newton, la valeur de 1 609 m et ce nombre erroné empêcha ce dernier de vérifier la loi de l'attraction en l'étendant à la gravité terrestre.

Un tournant avec l'abbé Picard

Vers le milieu du XVII^e siècle, Colbert ordonna de mesurer avec précision la longueur du mille marin, et, en 1699-70, l'abbé Picard, fondateur de l'observatoire de Paris, mesura un arc du méridien de Paris, en s'appuyant sur une base mesurée à Juvisy et en appliquant la méthode des triangulations imaginée par le Hollandais Snellius en 1615 mais perfectionnée en adaptant la lunette astronomique à la mesure des angles. Il en conclut qu'un degré de méridien valait 57 060 toises, soit 1 853,5 m pour la minute de latitude. Ce fut la première mesure méritant véritablement confiance : "Le jour même où elle parvint en Angleterre, Newton, armé de ce nombre, découvrit l'attraction universelle" (FAYE).

Notons, pour être complet, que le Hollandais Snellius mesura en 1617 avec des instruments rudimentaires un arc entre Bergen-Op-Zoom et Alkmaar et trouva 55 100 toises au degré ; une quinzaine d'années plus tard, l'anglais Richard Norwood donna 57 424 toises et Riccioli 62 900 : ces écarts regrettables laissaient la circonférence terrestre osciller entre 38 600 et 44 000 kilomètres, mais la totalité du monde scientifique adopta la mesure de l'abbé Picard dès qu'elle fût connue.

Il y a nœud et nœud,...

Les marins ne mirent en accord la longueur du mille marin avec la minute de latitude fournie par les savants qu'au cours du XVIII^e siècle. Ce ne fut que très lentement et à contre cœur qu'ils refirent les nœuds sur la ligne de loch. L'intervalle entre deux nœuds, le nœud actuel, se trouva alors plus proche de 50 pieds que de 42 (7 brasses en unités anglaises) : le nombre de nœuds donnant la vitesse du navire diminua de 15 à 23 % suivant les pays. Par contre, il n'y eut aucun changement sur les cartes marines, les distances étant mesurées en milles marins ou en lieues marines dont la valeur était précisée par rapport au degré de méridien, mais dont on se gardait bien de préciser la valeur en toises ou en pieds.

...et mille et mille

Notons la distinction, à partir de XVIII^e siècle en Angleterre, du mille marin, égal à 1853 puis 1852 mètres et du mille terrestre qui a conservé la valeur précédemment admise pour la minute de latitude : 1 609 mètres.

Jusqu'au milieu du XVII^e siècle, on croyait la Terre sphérique, et les cartes marines établies par les hydrographes du monde entier ont conservé cette hypothèse jusqu'au début du XIX^e siècle.

C'est alors que la terre s'aplatit

L'aplatissement prédit par Newton et Huyghens, est vérifié expérimentalement par les mesures d'arc de méridien effectuées en 1736 en Laponie par Clairaut et Maupertuis, et de 1735 à 1744 au Pérou par Bouguer et de la Condamine. Les premiers trouvèrent 57 420 toises (de 1,949 m) au degré, les seconds 56 750 seulement. La variation de la valeur de la minute de latitude, de l'ordre de 1 % entre l'équateur et la Laponie, est absolument négligeable pour le marin, sa vitesse n'étant pas mesu-

rée avec cette précision, et les positions géographiques, mesurées directement étant portées sur la carte.

La question évolua aux XIX^e et XX^e siècles lorsque des continents entiers furent couverts par des triangulations et que les hydrographes utilisèrent les coordonnées géodésiques au lieu des coordonnées géographiques alors que les marins ne déterminaient que ces dernières. La navigation astronomique étant cependant peu précise et les écarts entre les coordonnées géodésiques et géographiques faibles, le manque de cohérence entre les divers systèmes géodésiques ne posait de problèmes qu'aux hydrographes dans l'établissement des cartes des zones de raccordement. Il n'en est plus de même aujourd'hui : le marin dispose de procédés de navigation radioélectriques ou par satellite donnant une précision absolue de quelques mètres seulement, c'est-à-dire une précision meilleure que celle des systèmes géodésiques utilisés dans l'établissement de la carte, et les hydrographes, qui ne peuvent refaire toutes les cartes en quelques années, sont obligés de se contenter de publier des corrections, à ajouter aux coordonnées fournies par le calculateur pour reporter le point sur la carte. De même, les calculateurs de navigation par satellite exigent la distance exacte de l'antenne de réception au centre des masses de la Terre à quelques mètres près : un ellipsoïde de révolution est incapable de donner cette précision, et les cartes futures devront fournir l'écart entre le géoïde réel et l'ellipsoïde international adopté par les astronomes en 1976. A moins que la carte classique soit condamnée, que la future carte soit électronique, et que la figure de la Terre, c'est-à-dire l'ellipsoïde et les corrections pour passer au géoïde, soit introduite dans le calculateur sous forme d'harmoniques sphériques : nous sommes alors arrivés bien au-delà du siècle qui a passionné les savants du début du XVIII^e siècle : la Terre a-t-elle la forme d'une orange ou d'un citron.

