

# NAVIRES ET NAVIGATIONS DE LA RENAISSANCE



Par Dominique Rouillard pour les plaisanciers de Paimpol (2022)

Henri le Navigateur - Gréements - Volta do Mar - Architectures navales : Cogues, Caragues, Caravelles, Galions, Galères  
Cartes de navigation - Traité de Tordesillas - Boussole – Artillerie et Sabords  
Méridiens – Latitudes et Longitudes – Les éclipses  
Par Dominique ROUILLARD 2022



## Henri le Navigateur et son époque.

On commence avec Henri le Navigateur qui sans naviguer lui-même, a envoyé ses navires au début des années 1500 s'aventurer au-delà des côtes connues.



**Henri, dit « le Navigateur »** Né le 4 mars 1394 à Porto et mort le 13 novembre 1460 à Sagres, prince du Portugal, est souvent considéré comme le symbole des grandes découvertes et la figure la plus importante du début de l'expansion coloniale européenne. Lui-même

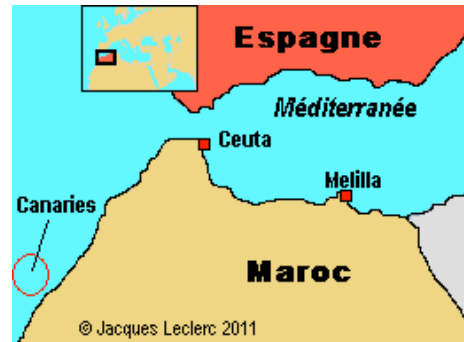
n'a jamais vraiment navigué (sauf un aller-retour unique à Ceuta) et n'a donc fait aucune découverte géographique.

Mais la présence musulmane touche à sa fin puisque c'est en 1492 que le dernier des Maures devra en soupirant abandonner Grenade.

En 1414, alors qu'il n'a que 20 ans, dom Henrique convainc son père d'organiser une campagne pour prendre le port de Ceuta aux musulmans. Des pirates maures harcèlent en effet les côtes sud du Portugal depuis ce port, vendant les habitants sur les marchés aux esclaves. La ville est prise en août de l'année suivante, et Henri découvre les marchandises apportées par les routes commerciales du Sahara dont Ceuta est une étape (notamment l'or du Sud de la Mauritanie). Cela suscite chez Henri le désir d'avoir sa part de cette richesse, amenant les Portugais à descendre l'Afrique par la voie maritime.



L'Empire Almoravide->



Ces échanges ne passent alors plus par cette ville. Il s'agit principalement de l'or du Rio de Oro et le trafic d'esclaves. Le résultat économique ne sera pas à la hauteur et la poursuite d'une exploitation coloniale ne sera plus d'actualité.

La véritable réussite sera d'avoir initié un mouvement qui conduira à de nouvelles découvertes.

*Le mouvement **almoravide** est né vers 1040 parmi un groupe de tribus berbères sahariens qui nomadisaient entre le Sénégal et le sud du Maroc. En 1145, le royaume des Almoravides s'effondre.*

*En 1147, les Almohades conquièrent à leur tour al-Andalus. 1184-1199, le califat almohade est à son apogée. **Averroès** est son conseiller.*

*En 1212, les **Almohades** sont battus par une coalition de rois chrétiens. Les **taïfas** sont conquises les unes après les autres par les rois de Castille.*

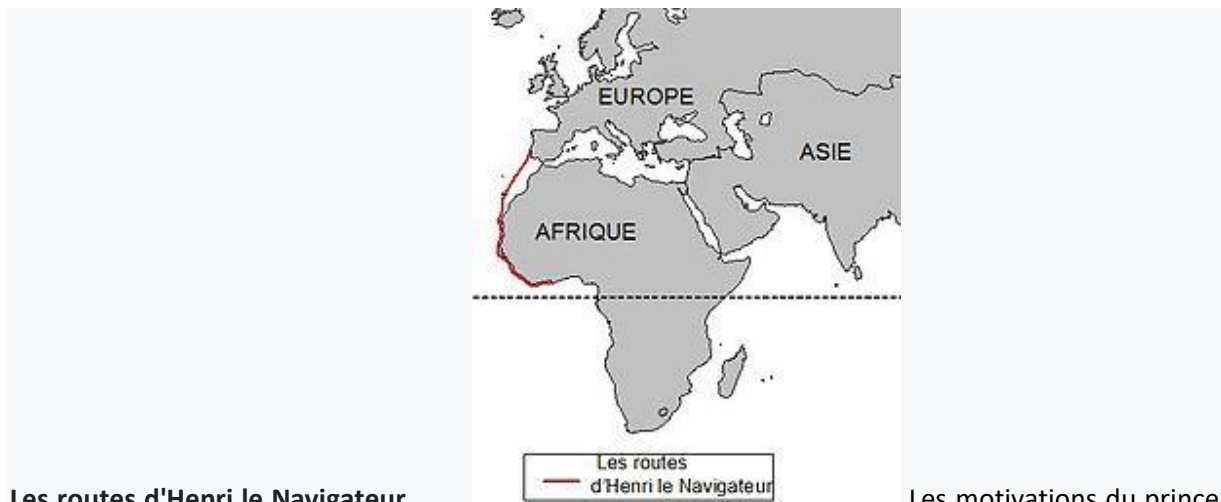


*En 1238, Mohammed ben Nazar fonde l'**émirat de Grenade** et, en se déclarant **vassal du roi de Castille**, fait que son royaume est le seul royaume musulman à ne pas être conquis.*

*Par la suite, la rivalité entre les royaumes de Castille et d'Aragon fera que chacun d'eux empêchera l'autre de conquérir Grenade. Mais cette situation de rivalité prit fin en 1469 avec le mariage des Rois Catholiques, puis en 1474 avec leur avènement sur les deux trônes.*

*En 1492, le Maure pousse un grand soupir et doit renoncer à son royaume de Grenade, après dix ans de guerre, mettant **fin à la Reconquista**.*

En 1416, **HENRI crée en Algarve une base de haute technologie** avec un arsenal naval, un observatoire, ainsi qu'une école pour l'étude de la géographie et la navigation. Un cartographe connu, y est invité : il y compile les connaissances. Le port proche de Lagos fournit un abri pratique et devient un centre de construction navale.



**Les routes d'Henri le Navigateur.**

Les motivations du prince

Henri qui envoie des explorateurs sur la côte ouest de l'Afrique sont de plusieurs ordres. Le motif économique est de contourner le monopole des Vénitiens qui dominent le commerce européen avec les Indes (les Vénitiens achetant les épices aux marchands caravaniers d'Arabie qui contrôlent la route terrestre des Indes) en suivant les côtes du continent africain dont on ignore à l'époque les dimensions.

Un motif politique et religieux est, dans la continuité de la Reconquista, de poursuivre l'endiguement de l'expansion musulmane.

**ATLANTIQUE, mer des ténèbres**



La côte africaine reste inaccessible aux explorateurs antiques et médiévaux au-delà du cap Bojador, où l'océan est surnommé **mer des Ténèbres**

Le cap Bojador « cap de la Peur », est le point le plus austral atteint par les explorateurs européens ou arabes, dont le franchissement était réputé impossible en raison des vents et des courants. Les Portugais pensaient qu'au niveau de l'Équateur, l'eau bouillonnait et la peau devenait noire.

La **mer des Ténèbres** était un nom de l'océan Atlantique, inaccessible aux marins de l'époque. Considéré comme un lieu de la mort sans sépulture, une sorte de marécage peuplé de monstres, hérissé de rochers dangereux et envahi par une brume épaisse, il inspirait une peur superstitieuse, les marins pensant que les navires s'y engluaient.

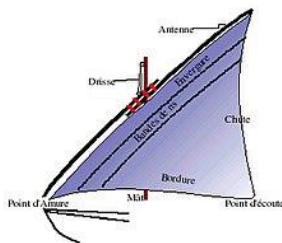
Les navigateurs s'aventurent de plus en plus à l'Ouest du détroit et découvrent de nouvelles terres. Les Canaries, les îles du Cap Vert sont connues. Les conflits géopolitiques entre les principaux protagonistes vont devoir être arbitrés par l'autorité de l'époque : le Pape.

**1481, la bulle pontificale *Aeterni regis*** attribue au Portugal les terres au sud des Canaries. Mai 1493, le Pape Alexandre VI par sa bulle *Inter caetera*, partage les découvertes à venir : revient à la Castille l'ouest du méridien situé à 100 lieues des îles du Cap Vert, l'est revient au Portugal. Jean II du Portugal conteste, le pape va encore « buller » en 1506.

Ces explorations sont permises grâce à la construction et au perfectionnement **des caravelles qui allient la voile latine à la voile carrée.**

Le **gréement carré** est un type de gréement utilisé depuis l'Antiquité. Ce type de gréement est optimisé pour des vents portants (du vent arrière au vent de travers) et n'est pas efficace lorsque le voilier doit remonter contre le vent. Il impose donc de suivre des routes maritimes où dominent des vents soufflant avec constance dans la même direction.

Ce type de gréement utilisé depuis la plus haute antiquité fut longtemps le seul gréement des flottes européennes, jusqu'à l'apparition de la **voile latine** au XV<sup>e</sup> siècle.



La voile Latine (a la trina) triangulaire.

Le principal avantage de la voile latine par comparaison avec des voiles carrées ou à bôme, est de pouvoir déplacer le point d'amure et fonctionner en trois dimensions et en particulier se mettre par vent arrière perpendiculaire à la marche du navire.

Pour les navigateurs portugais du XV<sup>e</sup> siècle, la navigation vers le sud est plutôt facile, profitant du courant océanique et de l'alizé longeant les côtes marocaines. Le retour vers le nord est plus problématique, les voiliers de l'époque remontant très mal au vent.

La solution trouvée est d'éviter les courants et vents contraires en partant loin au large vers le nord-ouest pour ensuite revenir plein est, d'où les autres noms : **volta do largo** (« retour du large »), **volta da Guiné** (retour de Guinée) ou **volta da Mina** (retour de Mina).



C'est une nouvelle conception de la marine à voile, la « **volta do mar** » qui profite des courants et des alizés au large pour « **contourner la mer** », plutôt que de lutter de front contre les vents.

Le premier fruit de cet effort est la redécouverte de l'archipel de Madère qui sera colonisé par les Portugais.

Pour les premiers explorateurs le voyage retour à partir du cap Bojador se fit en prenant au large jusqu'à **l'île de Madère** (découverte dès 1419) ; pour le voyage de 1445 qui atteignit le cap Blanc il faut aller encore plus loin vers le nord-ouest, jusqu'à **l'archipel des Açores** (découvertes en 1427).

La côte africaine reste inaccessible aux explorateurs antiques et médiévaux au-delà du cap Bojador, où l'océan est surnommé mer des Ténèbres.

## EVOLUTION DE L'ARCHITECTURE NAVALE

**Henri** fait mettre au point un nouveau type de navire, la **caravelle**, qui permet de voyager sur de plus longues distances. **Dinis Dias** parvient bientôt au fleuve Sénégal et dépasse le Cap-Vert en 1444.

Avec le franchissement de la limite sud du désert, Henri atteint un de ses objectifs : le contournement des routes commerciales tenues par les musulmans et l'accès à l'or et aux esclaves.



voiles latines.



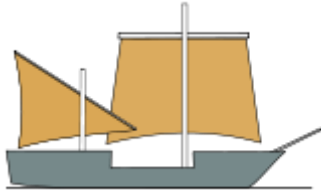
Les Caravelles en haute mer, d'après une aquarelle de Raffaele Monteleone.

**CARAVELLE PORTUGAISE à**

Évolution marine de **la caraque** du Moyen Âge, qui servait au cabotage de marchandises principalement le long des côtes méditerranéennes, la **caravelle** s'en distingue par une taille plus élevée, entre 20 et 30 mètres, un tonnage moindre d'environ 200 tonnes et un tirant d'eau allongé.



Les bords élevés permettent d'affronter les lames d'eau de l'océan Atlantique. Ils se révéleront adaptés à la navigation en haute mer au cours des campagnes d'exploration d'Henri le Navigateur. La coque large n'a qu'une faible calaison, le fond est plat et renforcé ce qui favorise une exploration côtière.



La **caraque** ou **nef** est un grand navire, de la fin du Moyen Âge, caractérisé par sa coque arrondie et ses deux hauts châteaux avant et arrière. Elle fut l'un des premiers types de navires européens à pouvoir s'aventurer en haute mer.

Elle dérive des **cogues** qui servaient au commerce et la guerre, en **Mer du Nord** et dans la mer **Baltique**, en particulier dans les **flottes de la Hanse**, depuis le XI<sup>e</sup> siècle environ.

La **Hanse**, **Ligue hanséatique**, **Hanse germanique** ou **Hanse teutonique** est l'association historique des villes marchandes de l'Europe du Nord autour de la mer du Nord et de la mer Baltique.



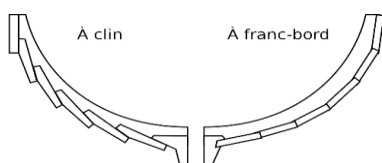
Les routes commerciales en vigueur dans la ligue hanséatique.

Pendant trois siècles, cette **Hanse** en particulier, et à un moindre degré les hanses par extension, ont eu un rôle dominant au niveau commercial, puis politique, en Europe. Actives du XII<sup>e</sup> au XVII<sup>e</sup> siècle, leur déclin et quasi-disparition ont été achevés en 1648 avec les traités de Westphalie signant la fin de la guerre de Trente Ans et de la guerre de Quatre-Vingts Ans.

Lors des croisades (XI<sup>e</sup> et XII<sup>e</sup> siècle), Les **cogues** mesuraient alors trente mètres de longueur, huit mètres de largeur, portaient deux mâts et un total de six voiles. L'architecture des cogues est modifiée, donnant naissance à la **caraque**.

Un des changements les plus importants, fut l'apparition de mâts supplémentaires. On passa d'abord à deux, puis trois et enfin quatre mâts, celui arrière, dit d'artimon étant gréé avec une voile latine, qui était adaptée à la navigation où l'on était souvent obligé de remonter au vent.

Du (ou de la) **cogue**, elle gardait les voiles carrées, très efficaces en vent arrière et une robuste construction : une coque arrondie, dont le bordage était fait à **clin**, c'est-à-dire que les planches se recouvraient partiellement pour se renforcer.



L'augmentation du nombre de mâts et donc de la surface de voilure, permet une augmentation de la taille, et on atteint à la fin du XIV<sup>e</sup> siècle des bateaux jaugeant pour certains, mille tonneaux.



Comme le (ou la) **cogue**, elles servaient de façon assez indifférenciée, au commerce ou à la guerre. Pour la guerre, elles étaient donc pourvues de deux tours construites en bois directement sur le pont qui permettait comme leur équivalent terrestre de surplomber l'adversaire. Ces tours devinrent rapidement de plus en plus hautes, nuisant alors grandement à la stabilité du navire en l'alourdissant dans les hauts. Ce défaut fit qu'après l'apparition du galion au XVI<sup>e</sup> siècle, qui était beaucoup plus maniable, elle se spécialisa dans le transport et abandonna progressivement les activités guerrières.

**De grands navigateurs ont utilisé la caravelle** : *Bartolomeu Dias* arrive au cap de Bonne-Espérance en 1487-1488. C'est avec les caravelles la *Pinta* et la *Niña*, ainsi qu'une caraque, la *Santa Maria*, que Christophe Colomb découvre l'Amérique en 1492.

Le Portugais **Vasco de Gama**, qui a été le premier Européen à atteindre l'Inde en passant par les deux grands océans, utilise une caravelle pour ses exploits maritimes. En 1522, *Cristóvão de Mendonça* longe les côtes australiennes de *La Grande Jave* à la tête de trois caravelles.

C'est cependant, sur ces navires qu'intervinrent les innovations qui allaient révolutionner la guerre sur mer, comme **l'usage de l'artillerie et le sabord** qui lui est associé, et ils représentèrent une bonne partie des flottes de guerre après le milieu du XVI<sup>e</sup> siècle.

Au Moyen Âge, les coques étaient construites à partir d'un assemblage de bordés renforcé ensuite de membrures. À la fin du xv<sup>e</sup> siècle, une nouvelle technique est apparue, accompagnant le développement des caravelles, celle qui consiste à procéder dans l'ordre inverse. Les membrures assemblées en premier dans la quille, les bordés venaient les garnir ensuite.

Le gaillard d'avant et le château arrière augmenté sont apparus ultérieurement (cf. image de la **Lisa von Lübeck** ci-contre).



La reconstitution du *Lisa von Lübeck*

## Les canons

Le combat naval au Moyen Âge, se livre comme un siège sur la terre ferme. Les deux navires s'amarrent l'un à l'autre, puis on combat pour s'emparer du navire ennemi. Les bâtiments sont pourvus de deux grands châteaux, l'un à la proue, l'autre à la poupe, d'où les archers surplombant les ponts criblent de flèches les assaillants sur les ponts. Comme sur terre, le canon va s'intégrer à ce type de combat.

Les qualités balistiques sont très faibles. Les projectiles sont en fer, voire en pierre. Une innovation vers 1500, va permettre une révolution dans le placement de l'artillerie. Le **sabord**, ce volet de bois qui peut obturer la position de la pièce en dehors du combat va permettre de placer les canons sur les ponts inférieurs des navires car, jusque-là, le risque d'embarquer de l'eau par grosse mer était trop important.

L'artillerie, étant plus basse sur l'eau, gêne moins la stabilité du navire, ce qui permet d'embarquer des canons plus lourds. À la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, on voit donc apparaître des navires de guerre avec deux ponts-batteries complets.

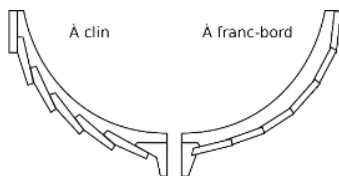


Les galions donnent naissance aux premiers **vaisseaux de ligne**. La principale caractéristique du navire de ligne était de combattre principalement avec son artillerie navale, à la différence des navires précédents qui utilisaient l'abordage.

L'**origine du sabord** est liée à l'apparition de l'artillerie à poudre sur les navires au XIV<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècle. Si les premières pièces d'artillerie, signalées en combat naval en 1304, ne pesaient guère et pouvaient donc être installées sur le château avant, – ce qui correspondait à la tactique de l'époque qui voulait qu'une attaque se fasse en présentant la proue – leur alourdissement a forcément abouti à les déplacer sur les flancs pour ne pas déséquilibrer le navire.

Le **sabord** permet d'embarquer une artillerie de gros calibre ; dès le XV<sup>e</sup> siècle, il accentue la différence entre navire de guerre et bâtiment de commerce. Le tandem sabord-canon condamne, à plus ou moins long terme, la galère traditionnelle qui ne peut porter que quelques pièces d'artillerie sur l'avant à cause de l'espace utilisé par les rameurs. Il entraîne aussi une lente modification des navires avec l'abandon progressif des gaillards avant et arrière monumentaux devenus inutiles.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, avec la tactique de la **ligne de file**, les « murailles de bois » des grandes flottes de guerre hollandaise, anglaise et française s'ouvrent de plusieurs milliers de sabords au moment du combat.



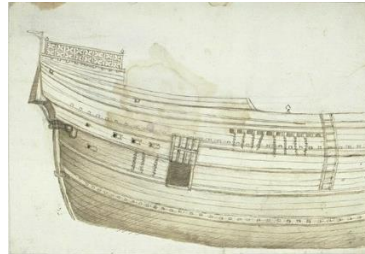
Certains bateaux construits à **clin**, comme la **Mary Rose**, doivent être reconstruits à **franc-bord** pour pouvoir être munis de sabords d'artillerie.

Un **broadside** est le côté d'un navire, ou plus précisément la batterie de canons d'un côté d'un navire de guerre.





Le navire de guerre anglais *Mary Rose*, l'un des premiers navires de guerre dotés d'un armement à large bord ; illustration vers 1546. L'excès de poids des nouveaux canons peut conduire aussi au naufrage comme la *Mary Rose* en 1545, et le *Vasa*, en 1628.



Une **ligne de bataille** désigne une formation de combat consistant à ranger pour le combat les vaisseaux de haut rang les uns derrière les autres de manière aussi serrée que la manœuvre le permet pour échanger des tirs de flanc avec une ligne adverse qui progresse soit en parallèle.



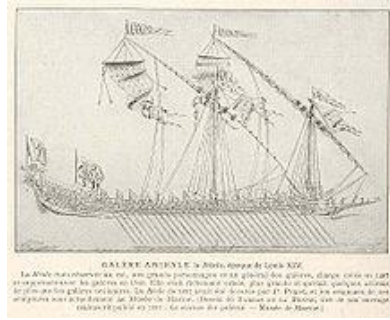
Ligne de bataille à Trafalgar

### Les Galères



Une **galère** est un navire à rames et voiles latines sur un, deux ou trois mâts à antennes, d'abord à usage commercial puis à fonction essentiellement militaire. Les galères ne servaient guère que sur la mer Méditerranée et la Baltique au XVII<sup>e</sup> siècle. Pour la France, elles avaient pour quartier général Marseille. Les rames, très longues (douze mètres), étaient manœuvrées par cinq rameurs. Il y avait 51 bancs de rame sur une galère « ordinaire » (26 à droite et 25 à senestre), soit 255 rameurs.

C'est une des galères de **François Ier** qui a (peut-être) contribué au naufrage du navire amiral de **Henry VIII** en rade de Portsmouth.



La Marine de guerre royale en France ne fut créée que plus tard par. À son apogée, entre 1690 et 1700, le corps des galères comprend quarante galères, douze mille rameurs, trois mille officiers et matelots, quatre mille soldats.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, la domination s'effaçait devant l'apparition du grand navire de guerre à voiles inattaquable par les galères, qui continuaient de garder leur avantage propre, à savoir, naviguer avec peu de vent ou de tirant d'eau et la rapidité en cas de vent contraire.

## LES BATAILLES NAVALES

**1571**, Avant l'apparition de l'artillerie en Méditerranée, la **bataille de galères de Lépante** est mémorable.

### La bataille de Lépante

Le 7 octobre 1571 dans le golfe de Patras, sur la côte occidentale de la Grèce, s'affrontent la flotte ottomane de Sélim II et la flotte de la Sainte-Ligue.

Cette coalition chrétienne formée sous l'égide du pape Pie V, comprenait des escadres vénitienne et espagnole, renforcées par des génoises, pontificales, maltaises et savoyardes.



**Les galères s'affrontent de face**, puis le combat devient un **combat d'infanterie sur les ponts des bateaux** lors des **abordages successifs**.

**Les galéasses**, puissamment armées, s'enfoncent dans les lignes de défense turques, et provoquent leur désordre et leur désorganisation. **L'infanterie** espagnole, bien équipée et munie d'équipes d'arquebusiers, **part à l'abordage** des navires ennemis où elle montre sa force et sa supériorité.

### Les forces en présence

**Coalition chrétienne** : 212 navires : 206 galères + 6 galéasses

28500 soldats + ? marins, 1815 canons  
Pertes : 7500 hommes et 47 navires

**La flotte ottomane :** 251 navires : 206 galères + 45 galiotes  
34000 soldats + 13000 marins, 750 canons  
Pertes : 20 000 morts et 190 navires

**Plus tard les batailles se feront aussi à distance :**

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, lorsque deux flottes s'affrontaient, elles se disposaient en deux longues files perpendiculaires au vent (d'où le terme de **vaisseau de ligne**), et naviguaient l'une vers l'autre.



Elles remontaient toutes deux lentement le vent et en se croisant, elles se canonnaient.

Mais à Trafalgar, Nelson s'y est pris autrement.

### **La bataille de Trafalgar 21 octobre 1805**

Pour permettre à sa flottille hétéroclite de transport de traverser la Manche, l'Empereur doit obtenir une supériorité au moins temporaire contre la Royal Navy. Pour la réaliser, il lui faut rassembler ses deux flottes principales, celle de l'Atlantique, basée à Brest et celle de la Méditerranée, basée à Toulon.

Cependant, celle-ci, enfermée dans la rade de Toulon, est surveillée par la Mediterranean Fleet du très redouté **vice admiral Nelson**.

**Horatio Nelson.**



**Villeneuve** appareille de Toulon le 29 mars 1805 et trompe les frégates d'observation de Nelson.

Il doit, selon les ordres reçus de Napoléon, harceler les colonies britanniques. Et faire diversion dans les Caraïbes. Sans succès, Villeneuve décide de retourner en Europe.

Cependant, entre-temps, la donne militaire pour la France a changé. Considérant la menace des troupes autrichiennes et russes aux frontières de l'est et sans nouvelles de sa flotte, Napoléon I<sup>er</sup> a mis en route les corps d'armée à marche forcée, pour un grand mouvement stratégique vers l'est qui les mène vers l'Europe centrale et Austerlitz.

Nelson a pour mission de surveiller l'escadre franco-espagnole retranchée dans Cadix.



Le port de Cadix au début du xix<sup>e</sup> siècle

C'est à l'annonce de l'arrivée à Madrid, le 18 octobre, de son remplaçant Rosily, que Villeneuve se décide, il quitte le port et, ordonnant sa flotte en trois colonnes, la dirige vers le détroit de Gibraltar.

Alors que les flottes vont croiser leur route, Nelson, pour galvaniser ses hommes, fait hisser par pavillons un message qui deviendra historique : « **England expects that every man will do his duty** » (« **L'Angleterre attend de chacun qu'il fasse son devoir** »).



Le fameux signal de l'amiral Nelson.



Au xviii<sup>e</sup> siècle, lorsque deux flottes s'affrontaient, elles naviguaient l'une vers l'autre en ligne.

À Trafalgar, la manœuvre risquée de Nelson cherche au contraire la destruction totale de son ennemi en tronçonnant sa flotte et en poussant à un engagement général à courte portée (« pêle-mêle »).

Nelson se trouve face à une flotte franco-espagnole qui, bien que supérieure en nombre, est très inférieure qualitativement à la sienne, tant en matériel qu'en équipage. Les vaisseaux espagnols sont anciens, les vaisseaux français cependant plus récents possédaient souvent des équipages trop peu entraînés.

La flotte britannique est au contraire de très bonne qualité. Les équipages sont remarquablement entraînés et possèdent un très bon moral.



Nelson, qui se trouve en infériorité numérique, **décide alors de bousculer les habitudes.**



Au lieu d'orienter sa flotte perpendiculairement au vent, il la place vent arrière.

Nelson coupe la ligne adverse à angle droit un peu en avant de son milieu et empêche l'avant-garde de secourir le reste de la flotte franco-espagnole  
Touchant durement l'adversaire en coupant sa ligne, la flotte de Nelson écrase méthodiquement les vaisseaux désorganisés du centre et de l'arrière des Franco-Espagnols.

Si **Nelson y trouve la mort**, la victoire des Britanniques est totale, malgré leur infériorité numérique. Les deux tiers des navires franco-espagnols sont détruits ; le relèvement partiel de la flotte française après 1805 sera trop tardif pour compromettre l'hégémonie de la Royal Navy.



Mort de Nelson sur le pont du HMS *Victory*.

## LES CARTES DE NAVIGATION :

### Le portulan, ou carte-portulan,

Un portulan de Florence (1351) atteste de l'existence de **Madère** ainsi que des documents géographiques musulmans. Il est probable que l'archipel ait été connu dès l'Antiquité et notamment des Phéniciens. Les premiers navigateurs portugais lancés en 1418 dans les explorations maritimes organisées par Henri le Navigateur en prirent possession au nom du roi Jean I<sup>er</sup> de Portugal.

Le portulan aussi appelé « carte à rhumbs », c'est une sorte de carte de navigation, utilisée du XIII<sup>e</sup> siècle au XVIII<sup>e</sup> siècle, servant essentiellement à repérer les ports et connaître les dangers qui peuvent les entourer : courants, hauts-fonds...

Les portulans se distinguent par deux caractères graphiques spécifiques : les lignes de vents ou de rhumb qui colorent et quadrillent les surfaces marines, l'alignement perpendiculaire au trait de côte, des noms de lieux (havres et ports colorés différemment selon leur importance).



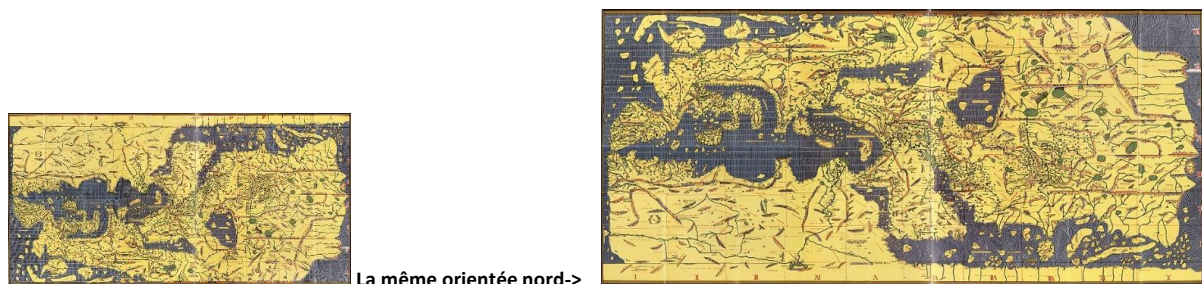
Au premier abord, ces cartes peuvent paraître incompréhensibles aux non-initiés car le **portulan** est réalisé comme une toile d'araignée (entrelacs de lignes vertes et rouges). Elle se construit de seize **lignes de rhumb**, de **roses des vents**, de **seize points nodaux** et de **seize aires de vents** de 22°30'. Cela forme des parallélogrammes, des carrés et des rectangles. Ces tracés forment ce qu'on appelle alors un **marteloire** (de l'italien, *mar* : la mer et *teloio* : la toile).

À l'époque, il existait deux types de portulans, le premier, peut-être plus grossièrement dessiné, dépourvu de décoration et de fioriture, sert aux marins pour se repérer et naviguer en sécurité en Méditerranée. Le deuxième type, plus connu aujourd'hui car de nombreux exemplaires en sont encore conservés (notamment à la Bibliothèque Nationale de France) est un objet d'art, richement décoré, prisé des collectionneurs et des cours royales.



**Carta Pisana.** La plus ancienne carte nautique dite « portulan » daterait de 1290 ; il s'agit de la *Carta Pisana* tracée peut-être à Gênes, conservée au Département des cartes et plans de la Bibliothèque nationale de France : elle apparaît en Méditerranée à l'époque des croisades, caractérisée par des échanges intenses entre l'Orient et l'Occident.

En 1154 le géographe Al Idrissi réalise une carte du monde (connu) la **Tabila Rogeriana**, très précise pour l'époque.



La même orientée nord->

En effet, les marins italiens, notamment génois, pisans et vénitiens commercent à travers toute la Méditerranée et ressentent rapidement le besoin d'une carte pour se diriger facilement d'un port à un autre. Ils ne peuvent utiliser les cartes théologiques, appelées cartes en T, pensées par l'Eglise catholique de cette époque. Ces dernières, loin d'être des représentations exactes du monde, ne peuvent convenir à la navigation. C'est ce besoin d'une cartographie empirique et réaliste qui entraîne la création du portulan. Vient en second un portulan de 1296 dans une charte napolitaine. Le cartographe Angelino Dulcert, de l'école majorquine de cartographie, fort réputée à cette époque, en a réalisé un en 1339.

Ces portulans sont en effet le symbole d'une connaissance approfondie des mers et du pouvoir commercial et naval d'un royaume ou autre pouvoir de l'époque. D'ailleurs, à l'époque des **Grandes découvertes**, ils sont considérés par les royaumes du Portugal et d'Espagne comme des secrets d'État, notamment à partir du **traité de Tordesillas établi en 1494**. Ils disparaissent au XVIII<sup>e</sup> siècle, qui voit le développement d'innovations techniques, permettant l'élaboration de cartes plus détaillées et surtout plus précises.

Aux conventions purement cartographiques du XIII<sup>e</sup> siècle se sont progressivement ajoutées des évocations pittoresques, de la faune, de la flore, des peuples ou des modes d'habitation et de navigation, dues à des artistes (peintres, enlumineurs) qui invitent à la découverte d'un ailleurs et leur confèrent une dimension encyclopédique. Les cartes portulans passent de statut d'outil de navigation à celui d'objet d'art et de connaissance.

Les cartes portulans disparaîtront progressivement au cours des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles.

### Le traité de Tordesillas

C'est le traité international, 7 juin 1494 à Tordesillas (Castille) sous l'égide du pape **Alexandre VI**.



Il vise à partager le **Nouveau Monde**, considéré comme *terra nullius*, entre les deux puissances coloniales émergentes, l'Espagne (bien que techniquement non-existante au moment du traité) et le Portugal. Il définit comme ligne de partage un **méridien** localisé à 370 lieues (1 770 km) à l'ouest des îles du Cap-Vert — méridien qui se situerait **aujourd'hui à 46° 37' ouest**.



Conséquence considérable, le traité de Tordesillas place le Brésil, découvert peu de temps après par le Portugais **Pedro Alvares Cabral**, sous souveraineté portugaise ; il attribue le reste des Amériques à la Castille.

A la fin du XIII<sup>e</sup> siècle et du XIV<sup>e</sup> siècle n'ont pas encore connaissance d'un quelconque système de coordonnées, système qui ne sera redécouvert qu'avec la récupération de la **Géographie de Ptolémée**. C'est cette absence qui fait le charme et l'originalité de ces cartes, construites sans système de projection, pourtant supposé nécessaire pour tout passage d'une surface sphérique (la Terre) à sa représentation plane.



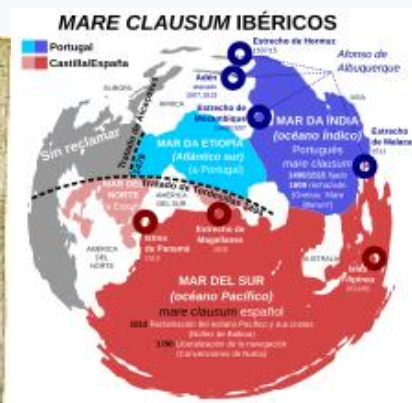
Ptolémée est l'auteur de plusieurs traités scientifiques, dont deux ont exercé une grande influence sur les sciences occidentales et orientales.

L'un est le traité d'astronomie, *Almageste* qui constitue la *somme* des connaissances les plus avancées de l'Antiquité en mathématiques et en astronomie. L'autre est la *Géographie*, qui est une synthèse des connaissances géographiques du monde gréco-romain.

L'œuvre de **Ptolémée** est la continuation d'une longue évolution de la science antique fondée sur l'observation des astres, les nombres, le calcul et la mesure. Avec l'œuvre d'Aristote, c'est essentiellement à travers elle, transmise à la fois par les Arabes et les Byzantins, que l'Occident redécouvrira la science grecque au Moyen Âge et à la Renaissance.

#### La ligne de partage sur le planisphère de Cantino (1502).

Le **planisphère de Cantino** est la plus ancienne carte qui représente les découvertes portugaises. Il tire son nom d'Alberto Cantino, un représentant et espion du duc de Ferrare, qui réussit en 1502 à le sortir clandestinement du Portugal pour l'apporter en Italie. En 2011, il est conservé à la *Biblioteca Estense* à Modène en Italie.



Rédigé à Tordesillas en Castille, le traité dans sa version espagnole est ratifié à Arévalo par le roi Ferdinand II d'Aragon et la reine Isabelle I<sup>re</sup> de Castille le 2 juillet 1494 et dans sa version portugaise à Setúbal par le roi Jean II de Portugal le 5 septembre 1494.

D'après ce traité, le royaume de Castille, ainsi que **les îles Canaries, sont acquis à la couronne castillane**, tandis que **Madère, Porto Santo, les Açores et les îles du Cap-Vert, ainsi que le droit de conquête du royaume du Maroc** (royaume de Fez ou Fès) et le droit de navigation au sud du parallèle des Canaries, sont acquis au royaume du Portugal.

Ce traité vise à résoudre les conflits nés de la découverte européenne du Nouveau Monde par Christophe Colomb. En 1481, la **bulle pontificale *Aeterni regis*** garantit au Portugal toutes les terres au sud



des îles Canaries. En mai 1493, le pape Alexandre VI décrète par la bulle ***Inter cætera*** que les nouvelles terres découvertes situées à l'ouest d'un méridien à 100 lieues des îles du Cap-Vert reviennent à Castille, celles à l'est revenant au Portugal ; la bulle exclut toute terre connue déjà sous le contrôle d'un État chrétien. Cette répartition mécontente le roi Jean II de Portugal, qui entame des négociations avec les Rois catholiques, arguant que ce méridien scinde le globe et restreint les prétentions portugaises en Asie, ce afin de le déplacer vers l'ouest. Il obtient ainsi la propriété sur les terres découvertes jusqu'à 370 lieues à l'ouest du Cap-Vert. Ce traité contrevient à la bulle d'Alexandre VI, d'origine espagnole, mais le pape Jules II l'approuve le 24 janvier 1506, dans la nouvelle bulle « ***Ea quæ pro bono pacis*** ».

Les nouvelles terres sont encore peu connues et les mesures approximatives ; l'Amérique est donc théoriquement dans sa totalité aux Castillans.



Cependant, lorsque **Pedro Alvares Cabral** découvre le Brésil, en 1500, sa partie orientale est attribuée au Portugal. L'Espagne n'ayant pas les moyens de garantir ce découpage, elle ne peut empêcher l'expansion portugaise au Brésil.

Les autres puissances maritimes européennes (**France, Angleterre, Pays-Bas...**) se voient refuser tout droit sur ces nouvelles terres. Elles ne peuvent dans un premier temps que recourir à la piraterie et à la contrebande pour profiter des richesses du Nouveau Monde avant que, avec l'apparition du protestantisme, elles ne rejettent l'autorité pontificale.

Pour sa part, **François I<sup>er</sup>** en sera plus tard irrité et il déclarera : « ... ***le soleil luit pour moi comme pour les autres. Je voudrais bien voir la clause du testament d'Adam qui m'exclut du partage du monde*** ». Les marins bretons et normands pressent le roi à faire évoluer la situation. François I<sup>er</sup> obtiendra du pape Clément VII une interprétation assouplie de la bulle : le traité de Tordesillas ne concerne que « les terres connues et non les terres ultérieurement découvertes par les autres Couronnes ».

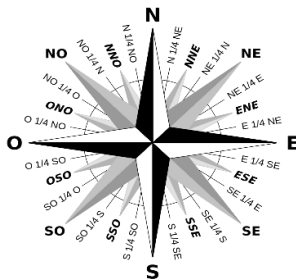
Avec le tour du monde de **Magellan**, un nouveau différend naît au moment de localiser la partie orientale de ce méridien qui fait le tour du globe. L'une des terres en débat entre les deux signataires est l'archipel des Moluques, importante zone d'approvisionnement en épices. Après de nouvelles tractations, le traité de Saragosse, signé le 22 avril 1529, établit la suite du méridien à 297,5 lieues à l'ouest de cet archipel, au profit du Portugal, l'Espagne se voyant attribuer une compensation financière.



L'**établissement de ces cartes nautiques** est basé sur le mode de navigation par cabotage : le bateau se déplace à cette époque à proximité des côtes, ce qui permet d'effectuer une série de mesures visuelles, en fonction du cap, et de les annoter (pour les navigateurs suivants). Un portulan est fondé sur des observations et des relevés faits avec des outils assez élémentaires : la boussole, le sextant et l'alidade.

C'est d'ailleurs l'invention de la **boussole** qui place désormais le nord en haut des cartes, les cartes théologiques du Moyen-âge plaçant généralement l'orient en haut de la carte (lieu probable du paradis terrestre). Il s'agit évidemment du nord magnétique et non pas du nord géographique.

En **navigation maritime**, un **rhumb** (ou **quart de vent**, ou **quart d'angle**) est une unité d'angle égale à  $11^{\circ}15'$  (soit un quart de  $45^{\circ}$ , un secteur angulaire d'un trente-deuxième de la rose des vents), employée pour exprimer la direction du vent.



Les **compas de route** ont été découpés en 32 parties (rhumbs) délimitées par des angles égaux de  $11,25^{\circ}$  afin de simplifier la lecture, sans pour autant la rendre trop imprécise. Ceci permet d'utiliser une expression simple pour donner l'ordre au timonier d'infléchir sa route de quelques degrés "*loffez (ou arrivez) d'un quart*".

Toutefois ce terme s'emploie principalement pour désigner la direction du vent "**rhumb de vent**" pour identifier un changement de la direction du vent par rapport aux voiles, de tant de rhumbs/quarts d'angle.

L'**aire de vent** (ou par abus de langage *air de vent*) désigne plus précisément le **cap** suivi par un vaisseau. Les rhumbs sont numérotés de 1 à 32 dans le **sens horaire à partir du nord**.

Les marins, grâce à de savants calculs et aux **lignes de rhumbs** qui coupent les portulans, peuvent donner un cap à suivre à leur navire. Toutefois, ces cartes sont dépourvues de graticule (réseau de parallèles et de méridiens) et ne permettent donc pas au navigateur qui la possède de connaître sa position précise.

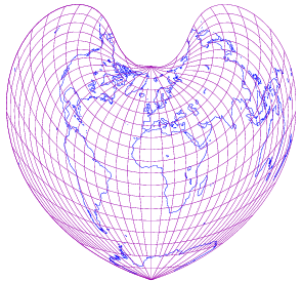
### Projection géographique

Au début du  $xv^e$  siècle, un événement majeur va faire évoluer la conception de ces cartes : c'est la redécouverte de la **Géographie de Ptolémée**. En 1535, il est traduit en français. Ce traité de géographie antique stimule la recherche et l'envie de posséder une cartographie aussi précise que possible.

La **Carte Pisane** avait presque parfaitement représenté la mer Méditerranée en longitude, le retour à une conception ptoléméenne la distord d'un excès de  $20^{\circ}$ . C'est une régression quant aux calculs des dimensions terrestres. La cartographie ptoléméenne est alors mise à jour, complétée, rectifiée, révisée mais jamais abandonnée car elle apporte un principe essentiel et dont les cartes portulans étaient démunies jusqu'alors : le principe d'un mode de calcul du « point », indispensable à la construction d'une carte. Cette recherche d'une **projection** adéquate est un véritable stimulant dans la construction des portulans.

La **projection cartographique** est un ensemble de techniques géodésiques permettant de représenter une surface non plane (surface de la Terre, d'un autre corps céleste, du ciel, ...) dans son ensemble ou en partie sur la surface plane d'une carte.





Projection BONNE. L'impossibilité de projeter le globe terrestre sur une surface plane sans distorsion (Theorema egregium) explique que diverses projections aient été inventées, chacune ayant ses avantages.

Le choix d'une projection et le passage d'une projection à une autre compte parmi les difficultés mathématiques que les cartographes ont dû affronter.

En 1511, Bernardus Sylvanus tente de concilier portulan et « projection ptoléméenne » (basée sur le principe que tout point d'une carte est caractérisé par une latitude et une longitude). Cependant, le portulan ne peut adopter n'importe quelle projection, car l'usage nautique fait que le navigateur doit pouvoir tracer sa route sur la carte : il lui faut une carte où la **loxodromie** soit une droite.

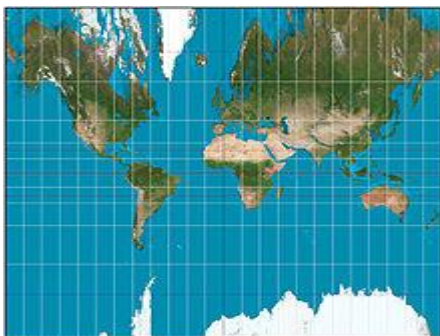


- **Geert de Kremer**, connu sous son nom latinisé de **Gerardus Mercator**, né le 5 mars 1512 et mort le 2 décembre 1594, est inventeur de la projection cartographique qui porte son nom.

En 1935, l'Union astronomique internationale a donné son nom à un cratère lunaire et plus tard à l'astéroïde 4798.

La **projection de Mercator** ou **projection Mercator** est une projection cartographique de la Terre, dite « cylindrique », tangente à l'équateur du globe terrestre sur une carte plane.

Elle s'est imposée comme le planisphère de référence dans le monde grâce à sa précision pour les voyages marins.



Cette perspective ne permet pas de représenter les pôles, qui sont repoussés à l'infini. En pratique, on arrête souvent la carte aux latitudes voisines de  $\pm 70^\circ$ . Le canevas des méridiens et des parallèles dessine un quadrillage de droites orthogonales régulièrement

espacées en ce qui concerne les méridiens mais dans lequel la distance entre les parallèles augmente quand on s'éloigne de l'équateur.

La **projection de Mercator** est une projection conforme, c'est-à-dire qu'elle **conserve les angles**. Elle a cependant pour effet des **déformations sur les distances et les aires**. En effet, une distorsion s'accroît au fur et à mesure de l'éloignement de l'équateur vers les pôles.

La **projection Bonne** par contre respecte les surfaces mais présente un intérêt moindre en mer.

### Le gouvernail d'étambot



Il est apparu en **Europe du Nord** au début du **xii<sup>e</sup> siècle** sur les **cogues**. Il est fixé à l'arrière d'un navire par des charnières, donnait un meilleur contrôle de la direction en particulier **en navigant à la boussole**. Apparu dans les flottes en Europe du Nord, le **gouvernail d'étambot** est utilisé sur les navires de la **Hanse**.

Les flottes espagnoles et portugaises l'adoptent au 15<sup>ème</sup> et 16<sup>ème</sup> siècle. Cela permet de tenir une route plus précise, surtout lorsque que l'on navigue à cap constant à la boussole.



Son utilisation est aussi attestée du temps de la flotte de l'**Empereur MING** dirigée par l'amiral **Zheng He**.

### LATITUDES ET LONGITUDES :

Une route droite sur la carte gardera un angle constant par rapport aux méridiens : Au **XVI<sup>e</sup> siècle** les navigateurs souhaitaient suivre une route selon un angle constant, ce qui n'est pas la route la plus courte mais permet de naviguer à la boussole. C'est la **loxodromie**. L'**orthodromie** a contrario correspond à la route en arc de cercle la plus courte.

**Les méridiens** sur la carte sont donc parallèles. Ils servent de référence pour les navigateurs à se situer avec les longitudes, mais aussi pour le choix de l'heure universelle.

Depuis l'Antiquité, tout au moins en Occident, les géographes choisissent dans l'Atlantique les limites Ouest de l'Europe : **PTOLEMEE** (2<sup>ème</sup> siècle) choisi les Canaries, les Arabes, le détroit de Gibraltar.

Sous LOUIS XIII, la France adopte l'**ÎLE DE FER** (A l'ouest des Canaries, actuellement El Hiero, ville principale : Valverde, 27°45' N – 18°09' W) et rend son utilisation obligatoire en 1634. Mais la localisation est peu précise et en 1666, la France adopte le **Méridien de Paris** dont la position a été précisée.

Contrairement aux latitudes où l'équateur ne fait pas débat, le choix d'une longitude ZERO est arbitraire. A l'initiative des Etats-Unis et compte tenu de la domination anglaise sur les mers, le choix va aboutir en **1884, conférence de Washington**, au choix de l'observatoire de **Greenwich** et en particulier à la **lunette de Bradley**, placée en 1783 sur le toit de l'observatoire.

En cette fin du XVIème siècle, les 2 puissances maritimes sont l'Espagne et de l'Angleterre. La flotte espagnole, l'**Invincible Armada** se composait de 130 navires, en majorité des galions et des gros vaisseaux marchands armés.

En 1588 le très catholique Philippe II d'Espagne envoie sa flotte en Manche pour tenter de débarquer en Angleterre et remplacer la protestante Elisabeth I par l'Ecossaise Marie Stuart.

Mais la flotte anglaise, plus faible, évite le combat. Les Espagnols font le tour de la Grande Bretagne par le nord et en revenant en face l'Irlande, ils sont pris par la tempête. **Sans cartes précises et ignorant leur position en longitude**, beaucoup font naufrage sur les côtes Irlandaise et sont noyés ou massacrés.

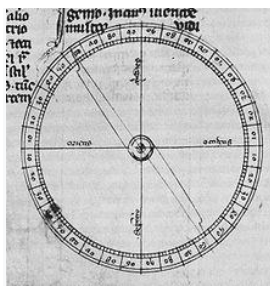
En 1589, l'Angleterre se constitue à son tour une marine forte de 150 à 200 navires.

### De quels instruments dispose-t-on pour naviguer ?

#### La boussole.

Le magnétisme est connu depuis l'antiquité, puisqu'il en est déjà fait mention en Chine au début du 1<sup>er</sup> siècle. L'utilisation comme instrument en mer aurait été attestée vers 1100. Désormais ce phénomène est bien connu en 1600. Même le principe de la **Déviations Magnétique** est maîtrisé puisque le méridien de l'**île de Fer** est réputé pour bénéficier d'une déviation nulle. Pas de correction nécessaire entre le nord et celui de la boussole.

L'emploi d'un compas magnétique sur terre est attesté dès 1044 tandis que la preuve incontestable de son utilisation pour la navigation en mer date uniquement de 1117.

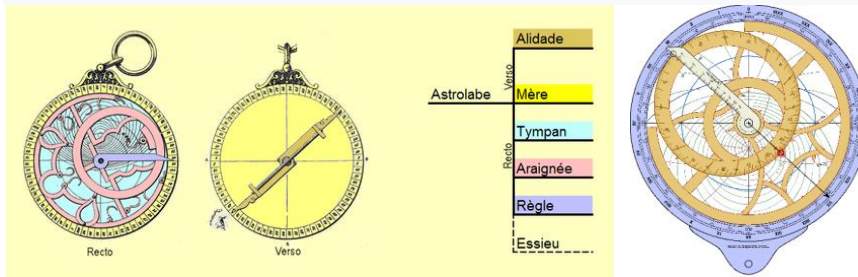


Une boussole dans *Epistola de magnete* : Pierre de Maricourt, 1269



Autrefois, certaines boussoles étaient combinées avec un cadran solaire, lequel utilisait l'ombre portée d'une aiguille appelée style ou gnomon ou

d'un triangle rabattable ; cette association permettait d'orienter le cadran et d'obtenir l'heure approximativement (cf. l'astrolabe).



La boussole est d'origine chinoise mais il y a des désaccords sur la date précise à laquelle elle fut inventée. La première boussole chinoise n'était probablement pas conçue pour la navigation, mais consistait en une pierre d'aimant utilisée pour harmoniser l'énergie environnementale selon les principes du Feng shui. (*Principe qui a pour but d'harmoniser l'énergie environnementale d'un lieu de manière à favoriser le bien-être, la santé et la prospérité de ses occupants*).

**Au XIV<sup>e</sup> siècle, la boussole**, introduite par des navigateurs italiens, était connue sous le nom de "*magnitiki pyxis*"; elle est mentionnée par Marc Ange dans le poème *Éros* qui date du XIV<sup>e</sup> siècle.

La boussole (surnommée la "marinette", désignée comme "ce morceau de fer qui se tourne vers l'étoile tramontane") est mentionnée dès 1204 dans un ouvrage à connotations satiriques. Elle est utilisée comme métaphore de l'attitude du bon chrétien qui doit se défier des faux prophètes et se tourner vers la vraie religion comme la boussole se tourne vers l'étoile polaire.

Il faudra attendre 1600, pour que le phénomène du magnétisme soit mieux compris et plus exhaustivement décrit dans son ouvrage *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (*Du magnétisme et des corps magnétiques, et du Grand Aimant Terre*) par



[William Gilbert](#)

**De quels instruments dispose-t-on pour naviguer ?**



Le **quadrant de navigation** ou **quadrant nautique** est un ancien instrument de mesure angulaire employé dans la marine. Les plus anciennes sources documentaires sur ce

type de **quadrant** datent du milieu du XV<sup>e</sup> siècle , ce qui en fait l'un des plus anciens instruments de **navigation astronomique**.

Observer le Soleil avec un quadrant est très difficile, notamment du fait de son intensité lumineuse. Ainsi, quand les quadrants à observation de dos apparaîtront, ces nouveaux instruments seront une innovation majeure.

Au cours du XVII<sup>e</sup> siècle les instruments qui se sont imposés sont le **quartier de Davis**, instrument à observation de dos.



Du nom du capitaine Davis qui en parle pour la première fois en 1595, offre une alternative au quadrant traditionnel



Et le **bâton de Jacob**, instrument plus universel qui peut aussi être utilisé de nuit pour observer la hauteur de l'étoile polaire ou plus généralement des distances angulaires entre objets astronomiques.

Lorsque l'on dépasse l'équateur, l'étoile polaire n'est plus visible, mais on peut encore se situer grâce aux astres avec cette arbalète, qui quoique rudimentaire, donne une bonne estimation des latitudes.

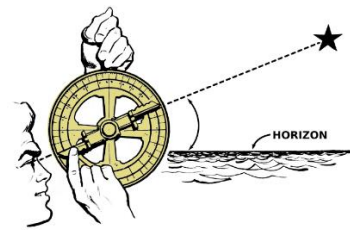




→

### L'Arbalestrille ou Bâton de Jacob

L'**astrolabe** mis au point fin XV<sup>ème</sup> permet d'évaluer même sommairement les hauteurs des astres en particulier du soleil. On obtient alors par calcul la latitude du lieu. Perfectionné plus tard par le **Quartier de Davis** ou **Quartier Anglais** puis le **Sextant**.



### L'astrolabe nautique

L'astrolabe apparaît dans les années 1481. Cet instrument sera utilisé jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle

La spécificité du **sextant** par rapport à l'**astrolabe** est que les deux directions dont on veut mesurer l'angle sont observées *en même temps*, ce qui rend la mesure à peu près indépendante des mouvements du navire. Le sextant se tient à hauteur des yeux, alors que l'astrolabe nécessite un point de suspension d'autant plus élevé que l'on vise un astre de site élevé.

L'exactitude des mesures est de l'ordre du dixième de degré.

Le **sextant moderne** fut inventé dans les **années 1730** par deux personnes indépendamment l'une de l'autre : **John Hadley (1682-1744)**, et Thomas Godfrey (**1704-1749**), un inventeur américain.

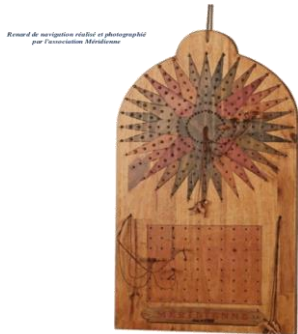




Pour cela on dispose du **LOCH**, qui associé à un **sablrier**, va nous fournir la vitesse du navire et donc les distances parcourues.

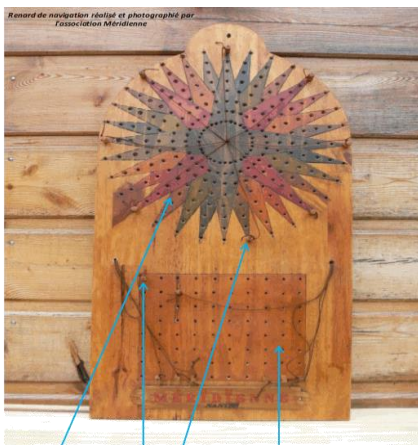
**Le Loch** : Le mot vient du Néerlandais (encore !) qui signifie « buche ». Il se compose d'un triangle avec flotteur, appelé **Bateau de Loch**, qui flottera donc verticalement quand on le laissera filer à l'eau.

On dispose une 1<sup>ère</sup> marque en tissu, **la houache** qui est le signal de déclencher le sablier. Reste à compter les nœuds disposés à une distance de 47 pieds et 3 pouces pendant les 28 secondes du sablier. (15m en 30 secondes = 1800m # 1mile nautique) Selon cet étalonnage, on a la vitesse.



**Reste à enregistrer la route parcourue.**

Pour cela on dispose du **Renard**. Simple et efficace, c'est une planche percée de trous ainsi disposés en 8 bandes, 1 pour chaque demi-heure du quart. Le matelot le plus souvent illettré enfonce une cheville dans la direction et la colonne correspondante, les lignes du bas indiquent la vitesse. L'officier n'a plus qu'à relever les indications au changement de quart.



La rose des vents  
Les chevilles pour marquer le cap et la vitesse  
Le tableau des vitesses

Les positions des chevilles correspondent à deux opérations normalement effectuées toutes les demi-heures. Le cap est relevé au compas.

Les chevilles de cap sont piquées sur le renard selon les aires de vent (ou rhumbs) de la rose en commençant par le trou le plus près du centre et en allant trou après trou vers la pointe des aiguilles.

Il va sans dire que au bout de plusieurs semaines de navigation, sur une mer pas très confortable, il ne faut pas s'étonner que si on n'a pas perdu le nord, on est complètement « à l'ouest » !



En 1620 le « MAYFLOWER » a rejoint l'Amérique avec les premiers émigrés selon cette méthode de navigation.

Il faudrait sinon en permanence, au moins de temps en temps pouvoir vérifier et corriger sa position.

### Les routes vers l'Orient.

A la suite des grandes découvertes, la terre a pris une nouvelle dimension. Le commerce des épices était essentiellement dominé par la république de Venise via la Méditerranée et par caravane jusqu'aux comptoirs de l'Extrême-Orient.

En 1592 une première expédition maritime hollandaise vers l'orient est un fiasco, mais aux alentours de 1600 de nouvelles expéditions, même si la moitié des navires sont perdus, procurent des bénéfices considérables. A la suite des Hollandais, Anglais, Français, Suédois et Danois se lancent à la conquête du marché des épices.

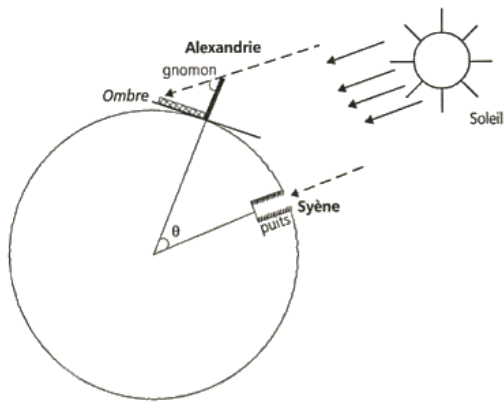
Les premiers Européens qui abordent ces terres de l'hémisphère sud sont les Hollandais. En 1642 le néerlandais **Abel Tasman** arrive de Batavia, (Jakarta) d'où le nom de la Tasmanie, et met le pied sur ce qui devient la Nouvelle-Zélande.

Mais si les navigateurs commencent à reconnaître les côtes, ils ne parviennent pas à évaluer leur longitude. Aucun Européen ne parviendra à retrouver ces terres jusqu'au voyage de James Cook à bord de l'Endeavour en 1768-1771.

### Les nouvelles connaissances.

#### La terre est-elle ronde ?

**Eratosthène** : astronome et géographe grec aussi né vers 278 av JC mort à Alexandrie vers 194.



Le soleil au solstice à midi éclaire le fond du puits à Syène (Assouan) A la même heure le « gnomon » projette une ombre dont l'angle est le même que celui des rayons projetés des 2 sites au centre de la terre. (Environ 7°)

**Eratosthène** au 3ème siècle avant notre ère avait donné une mesure étonnement précise de la circonférence de la terre : le jour du solstice d'été, à midi à **Syène** (aujourd'hui Assouan), le soleil éclairait le fond d'un puits. Les rayons étaient donc verticaux. A l'aide d'un copain (il n'a pas fait l'expérience tout seul), en mesurant l'angle du soleil à la même heure à **Alexandrie**, **non seulement il s'assure de la rotondité de la terre mais en plus il en fait la mesure quasi exacte.**

*Le principe du calcul : l'angle que forme en surface l'ombre du gnomon, est le même que l'angle au centre de la terre entre les 2 sites.*

*On connaît la distance et l'angle qui sépare les deux sites : le calcul qui s'en suit est élémentaire, bien sûr !*

Les 2 villes sont sur le même méridien donc la distance mesurée est dans le sens SUD – NORD. La distance entre ces 2 sites était connue de façon précise, la mesure, le STADE, étant étalonnée en nombre de pas du chameau.

*Pour les distances, les chameaux avaient la réputation d'avoir un pas extrêmement régulier pouvant être pris comme étalon*



Connaissant la distance entre les 2 villes situées sur le même méridien, **5000 stades**, (environ 780 km) il en déduit la circonférence de la terre : 250 000 stades soit avec le **stade égyptien** de 157.50m : 39375 km, à 2% de la mesure exacte : 40 075 km.

Plus tard, ni **Copernic (1473-1543)** ni **Galilée (1564-1642)** n'en doutaient. C'est la rotation de la terre autour du soleil qui était en cause.

### Les nouvelles connaissances.



**Galilée** est né à Pise en 1564.

En jan 1610 : les 4 grandes lunes de Jupiter : Io, Europe, Ganymède et Calisto. Dans la foulée il découvre aussi les anneaux de Saturne.

C'est alors qu'il remet en cause la doctrine qui prévaut depuis **Aristote et Ptolémée** à la suite des questions posées par **Copernic**.

Il n'est pas question de remettre en cause la doctrine de l'Inquisition : depuis Aristote, la terre est immobile et le centre de l'univers.

Pour **Ptolémée** (#100-168) à Rome, comme pour **Aristote** (384-322 av JC), la terre reste le centre de l'univers.

La lune, le soleil et l'ensemble des étoiles tournent autour de la terre.

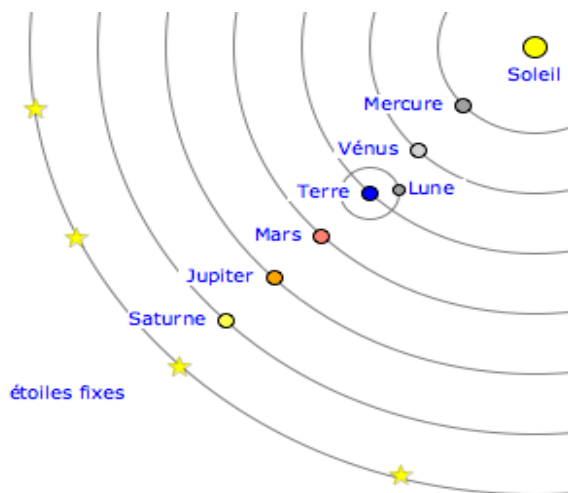
Les étoiles du cosmos sont fixes.

Les planètes visibles à l'œil nu sont déjà connues : Mercure, Venus, Mars, Jupiter et Saturne.

**Copernic** est né en Pologne (1473 – 1543) dans la ville hanséatique de Torun.

Il observe en 1500 une éclipse de lune

Depuis Aristote, la terre est immobile et le centre de l'univers.



**Modèle de Copernic**

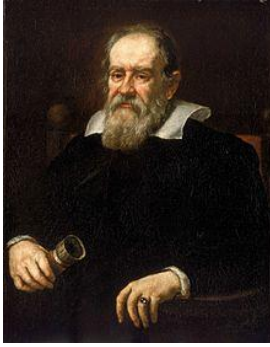
Il commence à rédiger en 1512 sa théorie : **La terre tourne sur elle-même. La lune autour. Et les autres planètes** comme la terre autour du soleil.

Il y travaille discrètement pendant 36 ans, en prenant la précaution de préciser qu'il ne s'agit que d'une hypothèse, jusqu'à sa mort en 1543.

Etant religieux et même chanoine, il ne peut pas prendre des risques avec l'Eglise. Ses recherches, sont connues de la haute hiérarchie de l'Eglise mais non publiée.

Il n'a pas été inquiété comme plus tard Galilée.

Il ne faut pas jouer avec des allumettes lorsque l'on risque le bûcher. Sa théorie est publiée à sa mort en 1543.



**Galilée.**

En 1592, parallèlement à ses activités diversifiées il part enseigner les mathématiques, la géométrie à l'université de Padoue où il reste pendant 18 ans.

En mai 1609, Galilée apprend l'existence d'une longue-vue conçue par l'opticien hollandais Hans Lippershey en 1608, et permettant de voir les objets éloignés.

Au début il commence par améliorer la lunette fabriquée par les Hollandais et en conçoit une nouvelle 8 fois plus puissante que tout ce qui existait jusqu'alors, qu'il va offrir aux marins vénitiens. Puis il l'utilise comme un télescope pour observer les astres.

Ce télescope amélioré lui permet une découverte capitale en jan 1610 : les 4 grandes lunes de Jupiter : Io, Europe, Ganymède et Calisto. Dans la foulée il découvre aussi les anneaux de Saturne.

Les planètes visibles à l'œil nu sont déjà connues : Mercure, Venus, Mars, Jupiter et Saturne.

### **Alors il y a les Eclipses**

Elles sont connues à l'avance. Si on peut en observer une, noter l'heure, la durée, en comparant avec ces mêmes informations dont on dispose au lieu de départ de référence, la différence entre l'heure de l'observation locale en mer avec l'heure connue au lieu de référence donne la longitude sachant qu'une heure correspond à 15°.

D'après **Umberto Eco** dans son roman « *L'île du jour d'avant* » Galilée a une idée : n'utilisons pas les éclipses de lune, trop rares, mais celles de Jupiter.

**Jupiter a 4 lunes.** Quand l'une ou plusieurs de ces lunes se trouvent entre le soleil et Jupiter, leurs surfaces sont suffisantes pour que leurs ombres soient visibles sur la surface de la planète. Avec 4 lunes ce n'est pas rare. Grâce au nouveau **télescope de Galilée**, les éclipses sur Jupiter sont utilisables.

Oui, mais ... à terre, avec un télescope ! .... D'une part, il n'y a pas d'astronome à bord, le télescope est encore imparfait, et pas suffisamment stable et immobile sur un vaisseau en mouvement dans une mer agitée.



<- **Eclipse de Io sur Jupiter**

Tous les efforts précédents pour déterminer la longitude s'orientaient vers la méthode des distances lunaires (position de la **Lune** par rapport à des étoiles).

**Même avec le renfort des lunes de Jupiter, il est clair que l'on n'y arrivera pas de cette façon.**

**1519-1522, Fernand de Magellan (1480-1521) cherche les Indes par l'ouest et fait le tour du globe.**



Les premiers Européens qui abordent ces terres de l'hémisphère sud sont les Hollandais. En 1642 le néerlandais Abel Tasman arrive de Batavia, et met le pied sur ce qui devient la Nouvelle-Zélande. Mais si les navigateurs commencent à reconnaître les côtes, ils ne parviennent pas à évaluer leur longitude. Aucun Européen ne parviendra à retrouver ces terres jusqu'au voyage de James Cook à bord de l'Endeavour en 1768-1771.

De même pour les îles Salomon. Un Espagnol Alvaro de Mendona aborde ces îles en 1568.

**Jusqu'en 1767, quand un britannique Philip Carteret retrouve leur emplacement, personne ne parvient à les situer.**

### Le Longitude Act

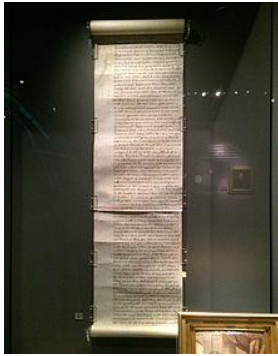
Plus d'un siècle est passé depuis les grandes navigations océaniques et on conçoit que connaître sa position en dehors des repaires des côtes est un enjeu stratégique, économique et national.

En **1714** offre par une loi du parlement britannique, le **Longitude Act**, un prix de vingt mille livres (une somme considérable pour l'époque) à la personne qui déterminerait une méthode simple et sûre pour permettre la détermination de la longitude d'un navire en pleine mer.

Un **chronomètre de marine**, appelé aussi **montre de marine**, est une horloge suffisamment précise pour être utilisée comme une base de temps portable, y compris sur un véhicule en mouvement. Le développement de ces instruments au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle constitua une avancée technologique majeure.

Pendant de longues décennies, plusieurs personnes tentent de remporter le prix.

Il est enfin gagné par **John Harrison**, un horloger. Harrison s'efforce de construire une horloge de précision capable de garder l'heure du port d'origine. La connaissance précise de l'heure lors de l'observation de la hauteur du Soleil permet ainsi de déterminer la longitude (**une erreur de 4 secondes sur le temps occasionne approximativement une erreur de 1 minute de longitude**). Il commence en 1730 à construire plusieurs chronomètres de marine et atteint finalement en **1761** la précision **inférieure au demi-degré** nécessaire pour remporter le prix.



**LE LONGITUDE ACT**



**Horloge de précision marine**



**John Harrison**

**Enfin les navigateurs sont capables de se situer en mer avec précision.**

**Octobre 2022**

**Exposé pour les Club de Plaisanciers de Paimpol : Je ne cite pas chaque fois les sources et les auteurs car il n'y a aucune nouvelle connaissance. Tous les faits relatés sont dans le domaine public et largement documentés dans WIKIPEDIA. C'est aussi la source des illustrations.**

**Dominique Rouillard : mail -> [dominiqueflorence.rouillard@orange.fr](mailto:dominiqueflorence.rouillard@orange.fr)**