

Les outils pour se repérer en mer

Les skippers de Volvo Ocean Race vont devoir s'orienter afin d'élaborer la meilleure stratégie de course possible.

Aujourd'hui les instruments de navigation modernes comme le **GPS*** permettent en temps réel de se situer sur une carte mais autrefois, il en était tout autrement !

Dès l'Antiquité, les navigateurs ont cherché à se repérer en mer. Ils s'orientaient de jour par rapport à la position du soleil, et la nuit par rapport à la position des étoiles.

Puis ils ont inventé des **instruments**, qui se sont modernisés au fil des siècles... Il y eu l'astrolabe, puis le sextant.

En pleine mer, le navigateur se sert des astres pour se diriger. Quand il sait dans quelle direction il s'est déplacé et quelle distance il a parcouru, il peut en déduire la position de son bateau. On parle alors de navigation « à l'estime ».

Au XII^{ème} siècle les chinois ont inventé le compas. C'est une boussole sphérique qui indique la position du nord magnétique.

Les **cartes marines** apparaissent à partir du XV^{ème} siècle lorsque les grands pays européens parcourent le monde en bateau et commencent à tracer les contours des continents au fur et à mesure de leurs découvertes en mer.

Enfin, la **signalisation maritime** permet aux navigateurs de respecter le « code de la mer » et d'éviter les dangers.

DOSSIER

Tours du monde à la voile

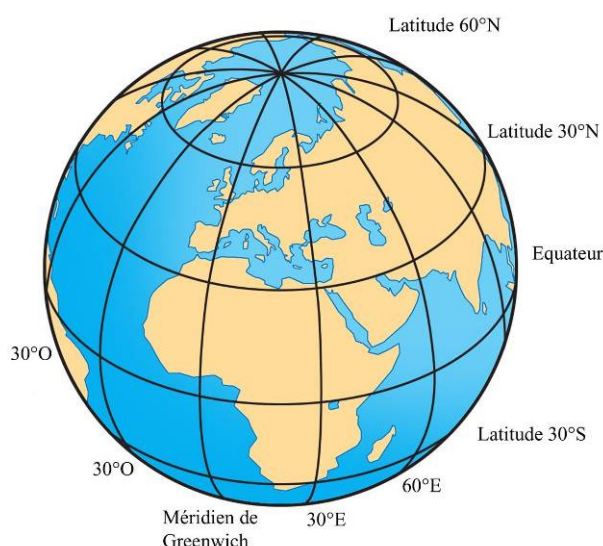


Longitudes et latitudes

Pour se repérer en mer, il faut aussi savoir comment se repérer sur terre ! En observant un globe terrestre, on constate qu'il est quadrillé par des lignes : l'équateur est la ligne imaginaire séparant le globe en deux : il y a l'hémisphère Nord situé au nord de cette ligne et l'hémisphère Sud au sud.

Le globe a été quadrillé en tranches parallèles à l'équateur. Chaque tranche est numérotée, en degrés, de l'équateur au pôle Nord (0° à 90° lat. N). et de l'équateur au pôle Sud (0° à 90° lat. S.). C'est la **latitude**.

Le globe a été aussi découpé en quartiers. Ces lignes vont du pôle Nord au pôle Sud et s'appellent **les méridiens**.



En 1884, on a choisi comme méridien 0 celui qui passe à **Greenwich**, près de Londres. La **longitude** représente la distance, en degrés, par rapport au méridien de Greenwich.

Chaque quartier est numéroté de 0° à 90° est (E) et de 0° à 90° ouest (W).

Pour être plus précis, chaque degré ($^\circ$) est divisé en 60 minutes ($'$) et chaque minute est divisée en 60 secondes ($''$).

Quand on connaît la latitude (toujours indiquée en premier) et la longitude (indiquée en second) d'un point, on peut le situer rapidement sur la carte.

DOSSIER

Tours du monde à la voile

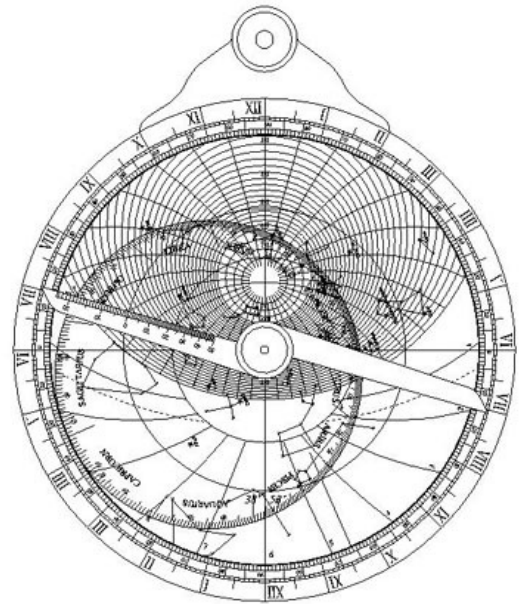


Les instruments de navigation

L'astrolabe

Un astrolabe est un instrument très ancien qui a été conçu dans l'Antiquité. Il permet de mesurer la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon et de déterminer immédiatement la position de la Lune, du Soleil ou de n'importe quelle planète par rapport aux étoiles.

Il est constitué d'un disque dont la circonférence est graduée en degrés et d'une **alidade*** en rotation sur le disque.



Une alidade est une sorte de règle mobile qui tourne sur le centre d'un instrument avec lequel on prend la mesure des angles

On tient l'astrolabe verticalement par un anneau, on fait pivoter l'alidade sur son axe jusqu'à ce qu'elle pointe l'astre choisi, on lit alors les degrés sur le disque et il ne reste plus qu'à les convertir en degrés de latitude.

Ce sont les astronomes arabes qui en ont répandu l'usage à partir du VII^{ème} siècle : l'astrolabe servait surtout pour l'astrologie, l'enseignement de l'astronomie, et le calcul de l'heure (en pointant le Soleil la journée et les étoiles la nuit).

Jusqu'à l'invention du sextant au XVIII^{ème} siècle, l'astrolabe fut le principal instrument de navigation.

DOSSIER

Tours du monde à la voile

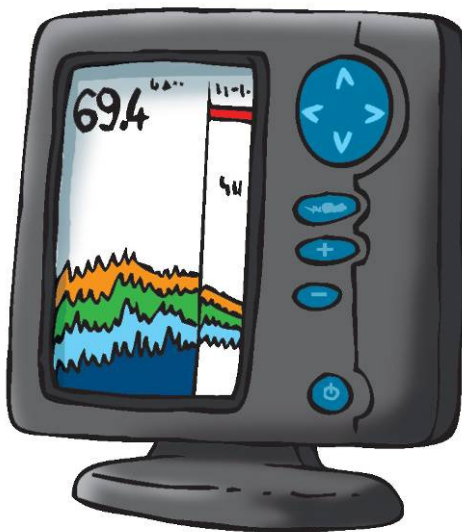


La boussole

La boussole est une invention chinoise. C'est un instrument composé d'une aiguille aimantée qui se dirige tout le temps vers le Nord, dans un cadre où il y a des points cardinaux qui sont inscrits : Nord, Sud, Est, Ouest. En navigation, elle peut servir à déterminer la position présente de l'utilisateur ou bien indiquer une marche à suivre. Avant d'avoir inventé la boussole, les navigateurs disposaient d'une Rose des vents dessinée sur une tablette circulaire qui était posée au centre du bateau.

Le sondeur

On utilise le sondeur pour connaître la profondeur d'eau (la **bathymétrie***) sous la coque du bateau. Le sondeur envoie des ondes dans le milieu marin, les ondes sont réfléchies par le sol et repartent en sens inverse. Elles sont alors réceptionnées par le sondeur, qui mesure le



temps écoulé entre l'émission de l'impulsion sonore et sa réception. Dès lors, grâce à la connaissance de la durée du parcours des ondes et de leur vitesse dans l'eau, on peut calculer la profondeur à laquelle se trouve le fond marin par rapport à la surface de la mer.

Pour que ces mesures soient véritablement exactes, il est toutefois nécessaire de tenir compte de la vitesse de propagation des ondes sonores due à la salinité (taux de sel dans l'eau), à l'agitation de la

mer, au cap du bateau, ou encore à ses mouvements verticaux.

En savoir plus : http://www.espace-sciences.org/jsp/fiche_article.jsp?STNAV=&RUBNAV=&CODE=1139325268902&LANGUE=0&RH=MAGAZINE

DOSSIER

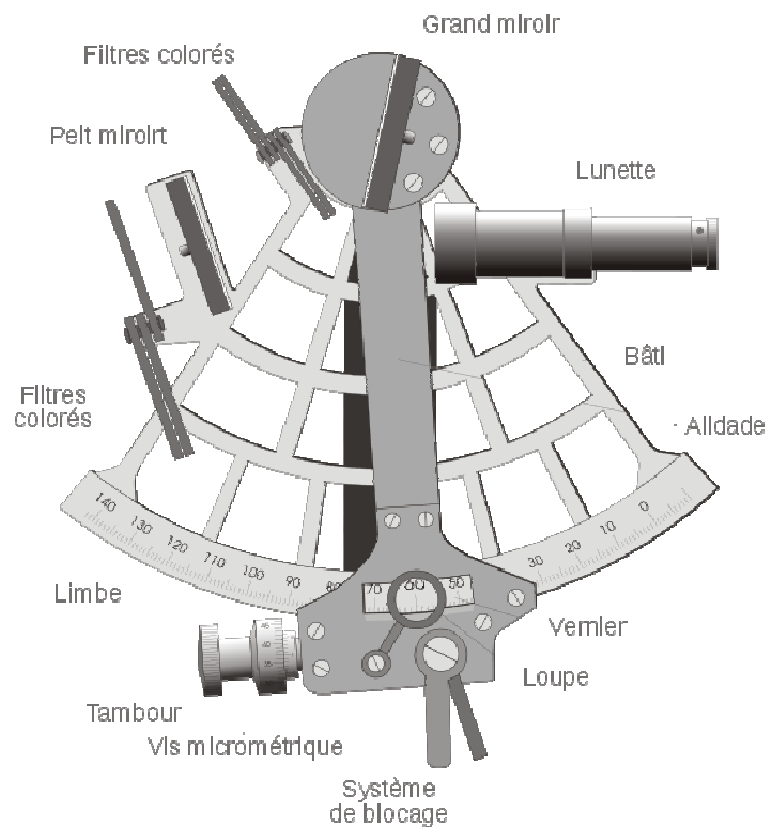
Tours du monde à la voile



Le sextant

Comme l'astrolabe, le sextant « moderne » mesure également la hauteur des astres, mais plus précisément. Il possède deux miroirs de réflexion, une lunette et une règle en arc de cercle graduée.

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



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, rendant la mesure à peu près indépendante des mouvements du navire.

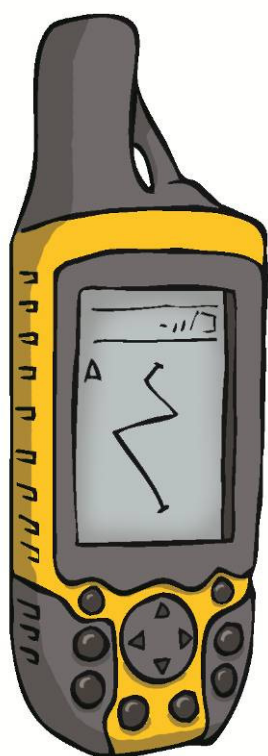
Le sextant se tient à hauteur des yeux, alors que l'astrolabe nécessite un point de suspension d'autant plus élevé que l'on vise un astre de site élevé.

DOSSIER

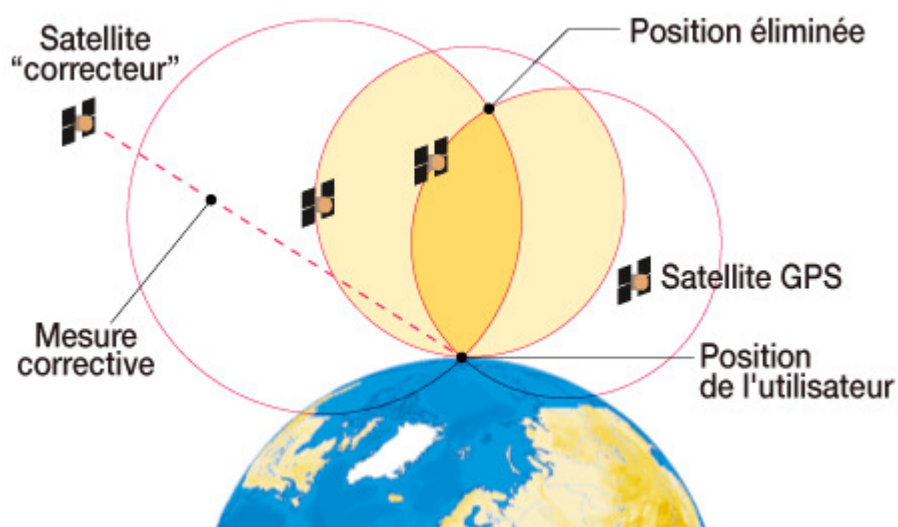
Tours du monde à la voile



LE GPS ou « GLOBAL POSITIONING SYSTEM »



Ce système détermine, avec une précision d'environ 15 mètres, la position du bateau grâce notamment à 24 satellites positionnés à 25 000 km d'altitude. Ces satellites émettent des signaux radio. Le principe consiste à mesurer le temps de propagation d'une onde dans l'espace entre le satellite et un récepteur (bateau). Quand le bateau se déplace et qu'il s'éloigne du satellite, la longueur d'onde du signal émis par celui-ci augmente. S'il s'en rapproche, elle diminue. C'est l'effet Doppler.



À l'origine, le GPS était un projet de recherche de l'armée américaine. Il a été lancé dans les années 1960 et c'est à partir de 1978 que les premiers satellites GPS sont envoyés dans l'espace. Le premier satellite expérimental fut lancé en 1978, mais la constellation de 24 satellites ne fut réellement opérationnelle qu'en 1995.

DOSSIER

Tours du monde à la voile



La balise Argos

Le système Argos est un système mondial de localisation et de collecte de données par satellite. Né en 1978 d'une coopération entre le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), l'Agence américaine d'étude de l'atmosphère et de l'océan (NOAA) et l'Agence spatiale américaine (NASA), il s'apparente aux systèmes de positionnement par satellite tels que le GPS ou le système Cospas-Sarsat. La principale différence provient du fait que la position des mobiles (balises Argos) est connue du système (centres de traitement des données) et non des mobiles eux-mêmes comme pour le GPS.

Depuis 1982 la balise Argos est obligatoire sur chaque bateau lors d'une course au large



Le système Argos est par contre très voisin, dans son principe, du système Cospas-Sarsat destiné à fournir des informations d'alerte et de localisation de balises de détresse.

Bien qu'il soit toujours utilisé pour suivre des courses de voiliers, le système **Argos** est avant tout le système de référence destiné à l'étude et à la protection de l'environnement à l'échelle mondiale.

Grâce à leur très faible consommation électrique, et à une miniaturisation très poussée, les balises **Argos** peuvent être fixées sur des oiseaux ou des mammifères et fonctionner ainsi plusieurs mois. Parmi les nombreuses autres applications utilisant le système **Argos**, on peut citer les bouées météorologiques dérivantes et les flotteurs profilants.

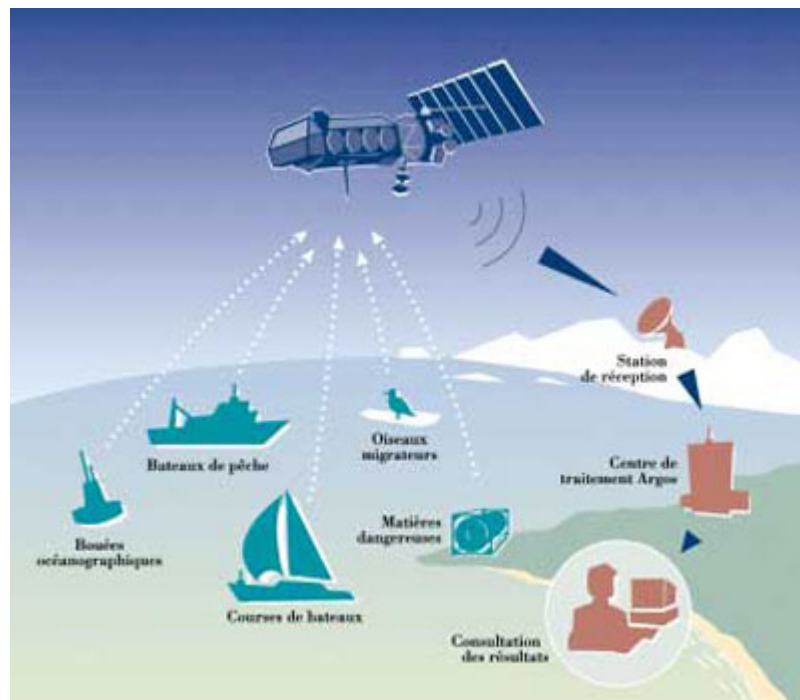
DOSSIER

Tours du monde à la voile



Le système **Argos** permet de localiser les balises n'importe où à la surface de la terre avec une précision d'environ 150 mètres. Les balises **Argos** sont chargées de suivre les déplacements d'un voilier sur lequel elles sont fixées et de transmettre des données.

La balise émet régulièrement des messages brefs (401.65 MHz) qui sont retransmis au sol par les satellites. A partir de ces messages, les centres de traitement déterminent ensuite la position de la balise (donc du voilier) à quelques centaines de mètres près.



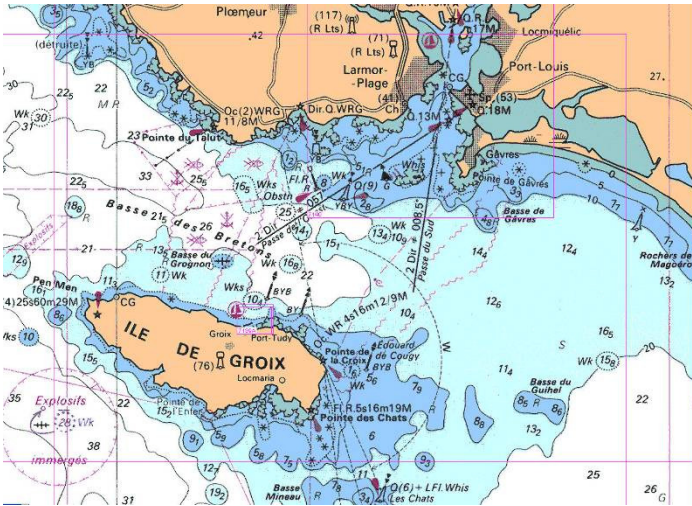
D'une altitude de 850 km, les satellites retransmettent les messages vers des stations au sol. A un instant donné chaque satellite voit toutes les balises situées dans un cercle de 5000 km de diamètre. En moyenne, les satellites voient chaque balise pendant dix minutes à chaque passage. Plus la balise est proche de l'un des pôles, plus les passages des satellites sont fréquents.

DOSSIER

Tours du monde à la voile



Les cartes marines



Copyright © 2010 [SHOM](#), tous droits réservés

La carte marine représente les éléments indispensables à la navigation maritime. En adéquation avec la signalisation maritime, elle permet de se situer et de se diriger.

Elle indique essentiellement les sondes et les isobathes (profondeur de l'eau), les dangers (récifs, hauts-fonds,

épaves...), la réglementation maritime, la signalisation maritime (phares, balises, bouées) et les amers.

Les cartes marines officielles sont publiées en France par le service hydrographique et Océanologique de la Marine (le **SHOM**); elles engagent la responsabilité de l'État en cas d'erreur. Des versions simplifiées ou spécialisées destinées à certains utilisateurs (plaisanciers) sont aussi publiées en complément par des éditeurs privés (ex : Navicart).

Mais que voit-on sur une carte marine ?

1. les repères cartésiens (longitude et latitude), la projection **Mercator***, la représentation des distances (le mille nautique), l'échelle de la carte.
2. la représentation des amers et des balises, la représentation des altitudes.
3. la représentation des éléments du paysage marin et sous-marin : repérage et mémorisation des principaux symboles et abréviations.
4. les isobathes et les sondes, la représentation de l'estran et celle des obstacles divers, l'incertitude et les marges d'erreur à respecter, le pied de pilote.
5. la représentation des courants.

La projection de Mercator correspond à une projection du globe terrestre sur un cylindre et que l'on déroulerait pour obtenir la carte

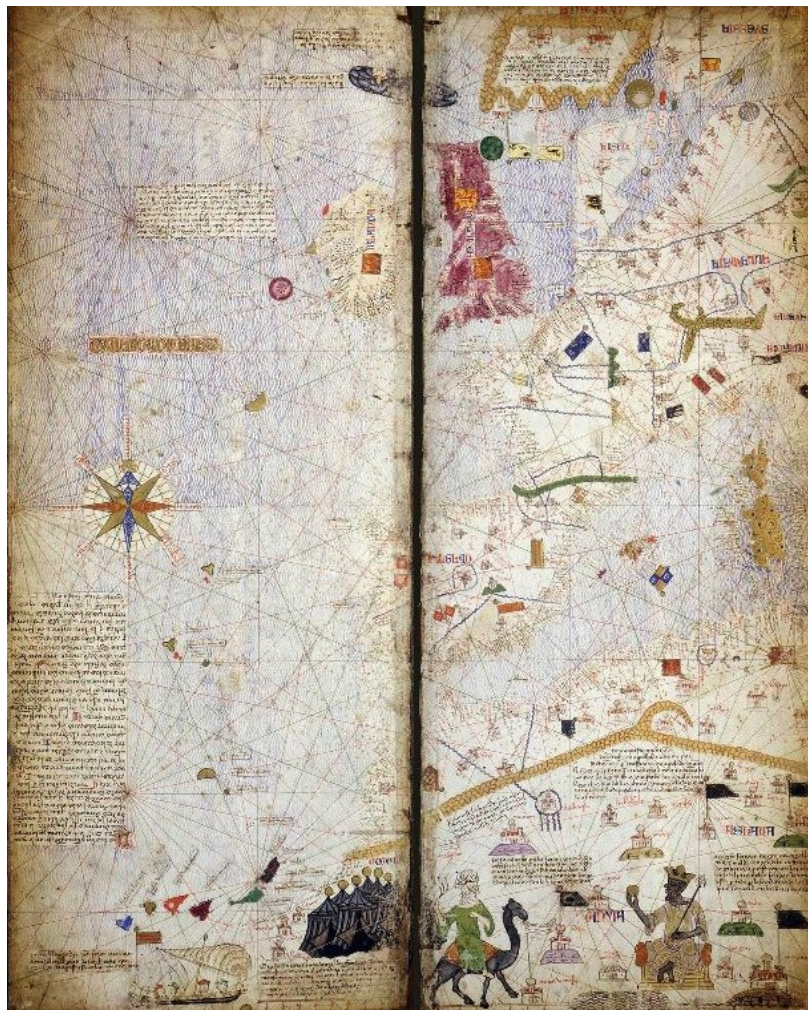
DOSSIER

Tours du monde à la voile



Histoire des cartes marines

Avant le XII^{ème} siècle, on naviguait presque exclusivement en vue des côtes, d'après des itinéraires appelés "périples" dans l'Antiquité, et "**portulans***" au Moyen-âge. C'est au XII^{ème} siècle qu'apparurent les premiers portulans "figurés", premières cartes à représentation graphique. Les portulans étaient grossièrement dessinés, les détails ne s'attachant qu'à ce qui avait de l'importance pour la navigation. L'établissement de ces cartes nautiques était basé sur un mode de navigation par **cabotage*** (on y inscrivait chaque port, chaque lieu de mouillage). Le plus souvent les cartes portulans sont dessinées sur vélin. Elles sont reconnaissables aux lignes des vents qui les parcourent et sont richement décorées.



1375. Abraham Cresques. Bibliothèque Nationale, Paris.

DOSSIER

Tours du monde à la voile



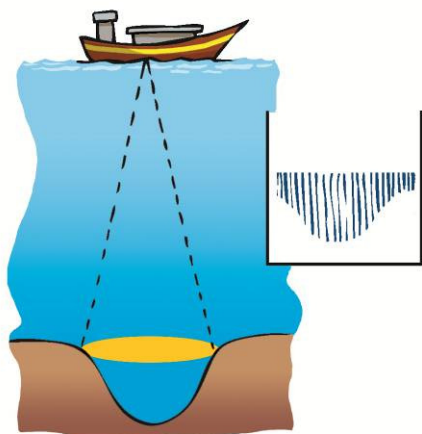
Les grandes découvertes vont énormément influencer sur le développement de la cartographie. Celle-ci permet de s'appropriier le monde.

Dès le XVI^{ème} siècle les ports normands participent aussi à l'aventure des Grandes Découvertes.

La cartographie va connaître un essor grâce à la création d'écoles d'hydrographie, à Dieppe notamment. Les cartes vont s'enrichir de données plus précises, comme les sondes, les courants ou les bancs de sable.

Mais les marins préfèrent souvent les journaux de bord car un sur trois sait lire et pour eux, la carte reste un outil intellectuel. Ils naviguent encore beaucoup à l'estime.

Au XVI^{ème}, **l'invention de l'imprimerie** va permettre une meilleure diffusion des cartes, par le biais des atlas notamment. Le Neptune François, superbe atlas nautique réalisé par les ingénieurs militaires pour Louis XIV, le montre. Et on peut même feuilleter l'exemplaire unique du service historique de la marine, grâce à une astucieuse technologie multimédia !



L'ingénieur Charles-François Beautemps-Beaupré et son équipe réalisent une cartographie exhaustive et précise des côtes de France entre 1816 et 1844. C'est lui qui va créer l'hydrographie moderne.

Depuis le mois d'octobre 2010 trois bâtiments du Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom) étudient les courants et les fonds, du Nord Bretagne au Pas-de-Calais afin de redessiner au plus près la réalité des fonds. Les modifications sont ensuite portées sur les cartes papiers et numériques puis envoyées aux marins.

DOSSIER

Tours du monde à la voile



La signalisation maritime

Pour se repérer en mer, il ne suffit pas d'avoir les bons outils à bord, il faut aussi respecter la signalisation maritime qui est essentielle à la sécurité en mer. Elle permet en effet à tous les navigateurs de se positionner et d'éviter les dangers.

En France, la signalisation maritime est à la charge du "Bureau des Phares et Balises" dépendant de la sous-direction de la Sécurité Maritime de la Direction des Affaires Maritimes et des Gens de Mer (D.A.M.G.M.).

Créé en 1806, en France, le service des phares et balises est chargé d'entretenir les dispositifs d'aide à la navigation mis en place le long des côtes de France et d'Outre-mer pour signaler les dangers et baliser les routes maritimes et les chenaux d'accès aux ports.

Le balisage désigne également les règles (formes, couleurs) qui doivent être utilisées pour concevoir les balises. Le balisage respecte, dans l'ensemble des pays ayant une façade maritime, les règles définies par l'Association internationale de la signalisation maritime (AISM-IALA).

Depuis 1980, une variante de ces règles est appliquée aux Amériques (Antilles incluses), au Japon et en Corée. Dans ces pays, dits de la zone B, la couleur du balisage latéral est inversée comme en Guadeloupe.

La différence entre les deux régions est la couleur des balises latérales qui en région A va être verte pour Tribord et rouge pour Bâbord, et en région B verte pour Bâbord et rouge pour Tribord. Toutes les autres caractéristiques du système de balisage sont les mêmes pour les deux régions.

Le balisage désigne l'ensemble des marques ou balises fixes ou flottantes placés en mer ou à terre qui indiquent aux navires les dangers et le tracé des chenaux d'accès aux ports et abris.

DOSSIER

Tours du monde à la voile



Le code de la mer

On trouve dans les Instructions Nautiques, la description des ports et les passages particuliers le long des côtes.

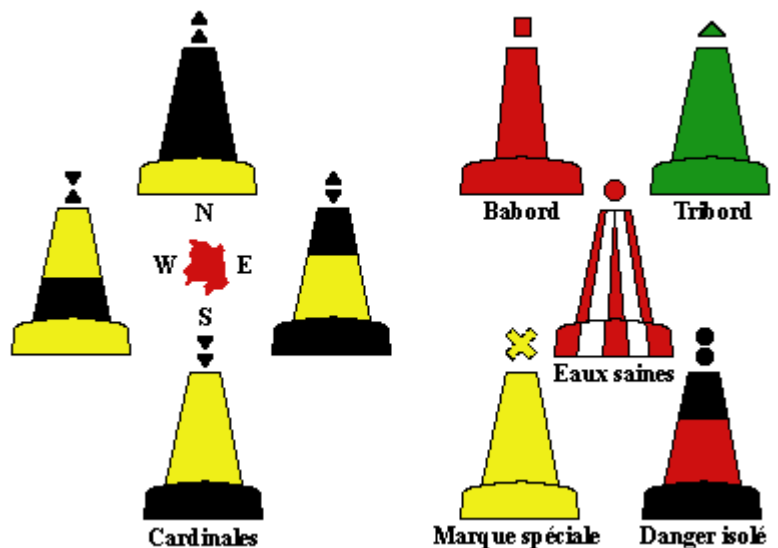
Sur la côte et également sur des rochers au milieu de l'eau se trouvent les phares. Ceux-ci sont identifiés de jour par leur forme et la couleur de l'édifice et comme d'autres **amers*** tels que les châteaux d'eau, ils permettent de se repérer sur l'eau.

De nuit, c'est par la période, la couleur et la durée des éclairs lumineux que l'on peut les identifier.

Sur l'eau, ce sont des balises que l'on trouve:

- les **bouées cardinales jaunes et noires**, surmontées de deux triangles, qui indiquent un **danger**. Si on place les quatre bouées aux points cardinaux, le danger se trouve au centre.

- les **bouées de balisage d'un chenal** de couleur verte conique à tribord (numéro impair) et de couleur rouge cylindrique à bâbord (numéro pair) dans le sens d'entrée de port. La balise peut être réduite à une simple perche.



- **le danger isolé de couleurs rouge et noir** et surmonté de deux disques noirs qui indique un haut fond ou un estran.

- **la marque spéciale**, bouée ou perche, toute jaune et surmontée d'une croix.

- **la bouée d'eau saine**, rouge et blanche, qui indique le début des eaux profondes à la sortie d'un port.

DOSSIER

Tours du monde à la voile



Les phares :

Malgré le formidable développement des nouveaux outils de navigation comme les radiophares, radars, GPS..., les phares restent les éclaireurs de nos côtes.

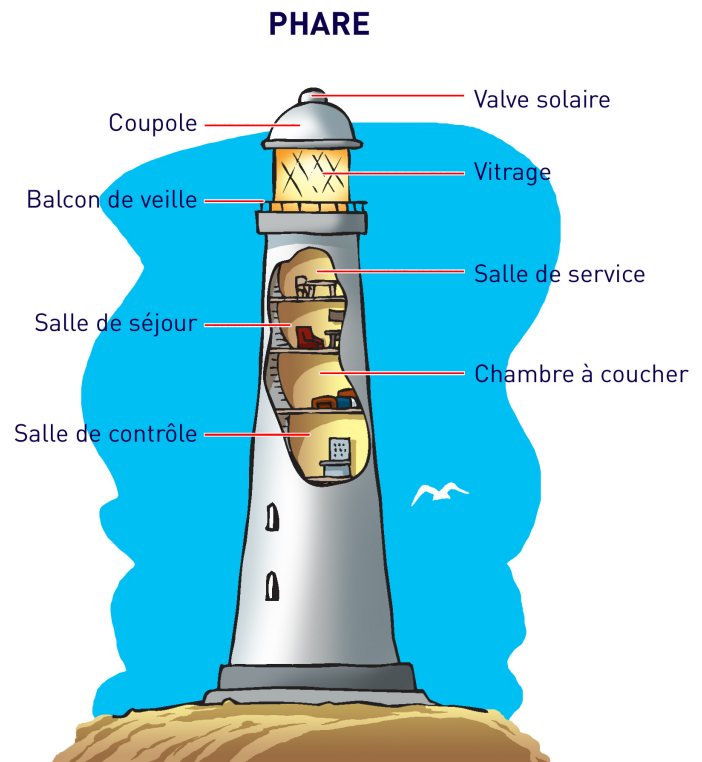
Les premiers phares datent de l'antiquité lorsque des feux de bois jalonnaient les côtes ou prévenaient les marins d'un danger. Puis on éleva des tours sur lesquelles ces feux devinrent visibles de loin comme le célèbre **phare d'Alexandrie** situé sur l'île de Pharos.

Le charbon a ensuite remplacé le bois, puis ce fut les lampes à huile, mais la véritable révolution fut en 1821, **lorsqu' Augustin Fresnel**, ingénieur à la commission des phares, proposa de remplacer les réflecteurs métalliques par des lentilles à échelon.

Les phares signalent des récifs ou des zones dangereuses que les bateaux doivent contourner, mais ils permettent aussi aux marins de se repérer en mer. Chaque phare possède ses propres caractéristiques, sa façon d'éclairer l'horizon. Certains phares émettent des feux lumineux de couleurs différentes : rouge ou verte pour signaler les zones dangereuses, blanche pour indiquer la route à suivre.

D'autres n'envoient qu'une lumière blanche, fixes (intensité lumineuse constante et identique dans toutes les directions), ou à éclats (périodes d'obscurité plus longues que les périodes d'éclairage), des feux isophases (temps d'obscurité et d'éclairage identiques), ou des feux à occultation (périodes d'éclairage plus longues que les périodes d'obscurité).

Pour se repérer, le marin se réfère à son livre de feux et grâce au type de faisceaux qu'il a déterminé il peut connaître le nom du phare qui l'éclaire et en déduira sa position par rapport à la côte.

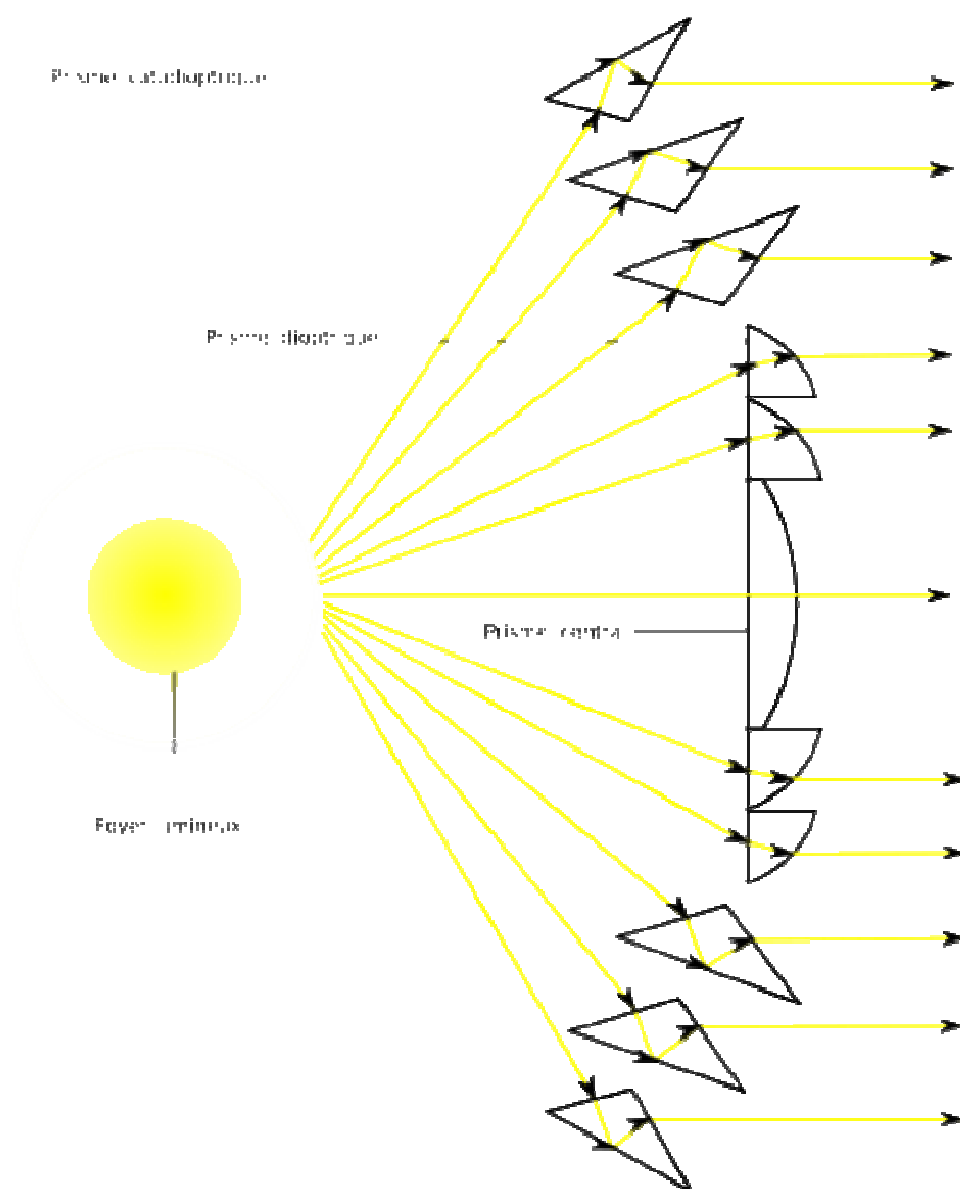


DOSSIER

Tours du monde à la voile



La lentille de Fresnel



Ce procédé permet d'éclairer uniquement l'horizon en évitant la diffusion des rayons partout dans l'espace et d'augmenter jusqu'à 4,5 millions de fois l'intensité du faisceau lumineux. Progressivement ces lentilles équipèrent tous les phares du monde.

DOSSIER

Tours du monde à la voile



En savoir plus :

Cartes marines : http://expositions.bnf.fr/lamer/pedago/pdf/fiche_secrets.pdf
<http://www.shom.fr/>

Les portulans : <http://expositions.bnf.fr/ciel/catalan/>

Histoire de la cartographie : <http://expositions.bnf.fr/cartes/index.htm>
<http://www.corderie-royale.com/fr/actuellement/index.php>

Mappemondes : <http://classes.bnf.fr/ebstorf/index.htm>

Phares : http://www.espace-sciences.org/jsp/fiche_article.jsp?STNAV=&RUBNAV=&CODE=1136884930460&LANGUE=0&RH=MAGAZINE

http://www.enpc.fr/fr/documentation/fonds_ancien/phares/Commencement.htm