

Petite histoire d'une grande aventure

Laon 19 octobre 2015

*Régis Goiffon
ICJ et IREM de Lyon*



Les mathématiques sont restées cruciales tout au long du développement des techniques de la navigation. Beaucoup de concepts et d'outils mobilisés sont accessibles à des élèves de collège et de lycée. L'objectif de l'atelier est de montrer quelques exemples extraits de ce développement de l'art de naviguer qui restent toujours d'actualité.



Vue de l'espace la majeure partie de notre planète est recouverte d'eau. Il n'est donc pas surprenant que l'histoire de la découverte de la Terre par l'homme, de la préhistoire à des temps encore récents, ait été en grande partie liée à celle de la mer. Les grands empires ont construit leur puissance sur les flots. Celui qui dominait les mers dominait aussi les terres ... Les progrès dans l'art de la navigation ont été un enjeu majeur à toutes les époques. Et l'on peut dire que les mathématiques ont joué un rôle fondamental dans ces progrès.

On est toujours surpris par la hardiesse des anciens marins ...

Il est difficile de savoir à quand remontent les premières navigations. En 2010 et en 2011 des archéologues ont retrouvé en Crète des outils datés de 130000 ans. Les chercheurs se sont interrogés : les premiers occupants de cette île (car c'était déjà une île) ne pouvaient être venus que par la mer ... Les polynésiens exploraient le Pacifique bien avant Cook ou La Pérouse. La dernière migration avait débuté il y a environ 6 000 ans, pour atteindre la Polynésie centrale au moins cinq siècles avant notre ère, et la côte américaine avant l'an mille. Ce n'est qu'à partir du XVIII^e siècle que l'on s'est demandé comment ils pouvaient, avec toute leur famille, franchir plusieurs milliers de miles nautiques et arriver à bon port. Petit à petit on a découvert que les Vikings ont traversé l'Atlantique plusieurs siècles avant Christophe Colomb en naviguant, semble-t-il, avec un minimum d'instruments et des notions mathématiques très sommaires. Faute d'artefacts ou de documents on en est réduit à des conjectures. Il faudra attendre la renaissance pour que les connaissances soient consignées dans des ouvrages. *L'Histoire des mathématiques* de Jean-Étienne Montucla ou *Le traité de navigation* de Jean-Baptiste Denon en sont de bons exemples.



Navire viking exposé à Roskilde

Dans l'antiquité les marins égyptiens, phéniciens, grecs ne se cantonnèrent pas à des navigations "en vue des côtes" sur le pourtour du bassin méditerranéen. Ils dépassèrent largement la "marée nostrum" et ont probablement exploré une bonne partie de l'atlantique.



Pythéas, astronome, géographe, mathématicien massaliote mena, il y a plus de 2300 ans, une expédition scientifique qui le conduisit de Marseille jusqu'au cercle arctique.

Longtemps pris pour un "affabulateur" tant ses récits semblaient invraisemblables, les historiens modernes lui ont rendu justice en reprenant point par point ses écrits et en

reconstituant le périple.

Un panneau (Pythéas mesure l'obliquité de l'écliptique) lui est consacré dans l'exposition de l'IREM d'Aix-Marseille "*Regards sur les mathématiques, itinéraires méditerranéens*".

Avec quelles connaissances ? Avec quels outils ?

Peu de documents ou de traces écrites tant sur les navires utilisés que sur les techniques de navigations nous sont parvenus.

Fin 2011 deux physiciens bretons, Guy Ropars et Albert le Floch, ont montré que l'on peut utiliser un cristal de calcite transparent pour déterminer la direction

du soleil (même voilé) avec une grande précision. Récemment des chercheurs de l'université de Budapest, Balázs Bernáth¹, Miklós Blahó¹, Ádám Egri¹, Barta András et Gábor Horváth, se sont penchés sur l'un des quelques instruments connus de navigation utilisés par les vikings, le "sol-skuggjáfjöl", dont des fragments avait été découverts au Groenland en 1948. En reproduisant un modèle en 3D de l'instrument ils se sont aperçu que les vikings pouvaient déterminer leur position avec une précision de 11 km.

On imagine facilement que les navigateurs étaient peu enclins aux confidences et ne souhaitaient pas s'étendre sur ce qu'ils considéraient comme étant des secrets ... La transmission des savoirs était généralement orale et limitée à des cercles restreints d'initiés ou de praticiens. De nos jours, on construit encore en Inde des boutres de plus de cinquante mètres sans plan et avec des moyens sommaires. Bref, on en est souvent réduit à des conjectures lorsque l'on parle des techniques de navigation dans l'Antiquité. Les connaissances sur lesquelles elles pouvait s'appuyer sont à peine mieux connues. Deux siècles avant notre ère Hipparque connaissait la précession des équinoxes et les rudiments de la géométrie sphérique. Pendant longtemps les marins ne pouvaient déterminer que la latitude. La détermination de la longitude ne fût pratiquée couramment qu'avec l'apparition des chronomètres de marine à la fin du XVIII^e.

On peut cependant affirmer que les progrès de la navigation au cours des siècles ont été conditionnés par ceux des sciences en général et des mathématiques en particulier. A la fin du XVIII^e siècle, Jean Etienne Montucla consacre de nombreuses pages de son *Histoire des Mathématiques* aux techniques de la navigation.

Le point, la route, les instruments ...

Pour naviguer les marins doivent savoir à tout moment où ils se situent. Ils doivent faire (très régulièrement) le « point », déterminer la latitude et la longitude du bateau. Cela nécessite à la fois le sens de l'observation et un minimum de connaissances. En effet, à partir du moment où l'on quitte le port, les seules mesures que l'on puisse faire sont des mesures d'angles et de temps. La tenue rigoureuse de l'estime est primordiale. Pour cela les mathématiques "embarquées" ne dépassent celles qui étaient connus des grecs.

Dés que l'on perd la terre de vue, les seuls « amers » sont les étoiles et les planètes ... Des notions de trigonométrie sphérique s'jouent aux précédentes. Les instruments se sont développés, perfectionnés, affinés au cours des siècles jusqu'à atteindre une quasi perfection.

Avec finalement peu de matériel et un minimum de connaissances, il est possible de faire le tour de la Terre ou une traversée de plusieurs milliers de miles.



L'apprentissage de la navigation demande avant tout de la pratique, de l'expérience du temps ... et quelques notions de mathématique, de physique et de géographie.

Le navigateur utilise, a minima, un compas de route (soigneusement compensé) et un compas de relèvement. Ces instruments mesurent l'angle entre le « nord compas » et la route du

navire ou l'amer relevé. Différentes perturbations peuvent les affecter : Présences de masses magnétiques, courants électriques ... D'autre part le nord géographique ne coïncide pas avec le nord magnétique qui lui même varie dans le temps. Bref, il y a plusieurs nords !

La cartographie est primordiale. En mer c'est la projection de Mercator qui est privilégiée. Comme chacun le sait (ou ne le sait pas) toutes les cartes sont menteuses ... Cette projection conserve les angles mais pas les distances. C'est donc la minute de latitude (le mille marin) qui sera utilisée pour évaluer les distances.

Le navire dispose d'un loch pour évaluer la vitesse du navire et d'un sondeur. Sur un voilier de plaisance, la table à cartes réunit avec les différents documents nautiques indispensables les instruments nécessaires au suivi de la météo, un jeu de « bonnes cartes », des instruments pour porter les points, un chronomètre une « règle de Cras », un compas à pointe sèche, un crayon, une gomme ... Des connaissances élémentaires de mathématiques permettent de maîtriser la quasi totalité des problèmes rencontrés : Porter un point sur une carte, établir une route, tenir l'estime en fonction des courants et du vent ... La navigation astronomique demande à peine plus de connaissances. Les problèmes de navigation constituent une belle illustration de concepts mathématiques élémentaires rencontrés de la sixième à la terminale.

De nos jours la tendance va vers l'utilisations de nouveaux outils électroniques (cartographie, utilisation des "GPS"). Il faut cependant noter que ces outils, apparus à la fin du siècle dernier, ne dispensent pas d'une bonne connaissance des techniques classiques de navigation et surtout d'un solide sens marin qui se construit au fil des expériences.

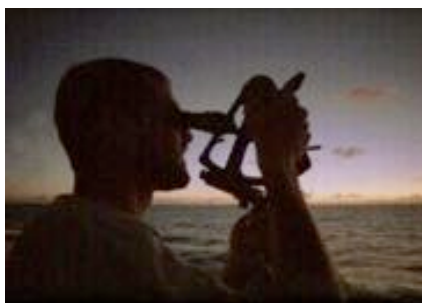


Quelques instruments utilisés en mer :
Règle de Cras, règle parallèle, triangle rapporteur
(http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Navigational_rules_types.JPG)

Compte tenu du temps imparti, il n'était pas question de détailler les différentes méthodes utilisées pour faire le point. Différents ouvrages le font très bien. Un instrument a été plus particulièrement présenté : le sextant.

Le Sextant :

C'est le descendant de l'astrolabe, de l'arbalestrille, du quartier de Davis ... Apparue en 1757, il a évolué jusqu'en 1926. Un bel objet, précis, fonctionnel, parfaitement adapté à son rôle unique, mesurer des angles.

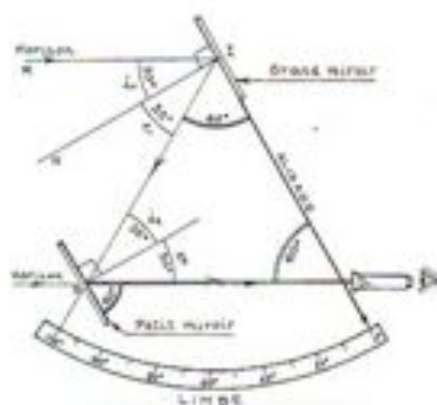


L'instrument mesure des angles compris entre 0° et 120° , ce qui est suffisant en pratique, avec une précision de l'ordre de deux dixièmes de minute. Il s'utilise en navigation côtière et en navigation astronomique.

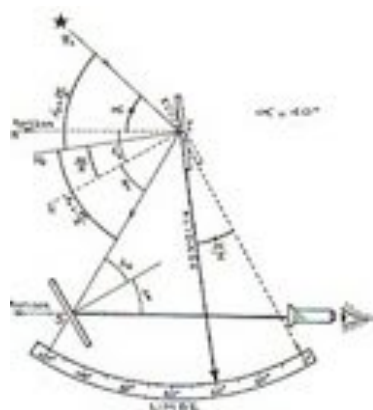
Le dessin montre un sextant schématisé. Il est constitué par un secteur de 60° soit un sixième de cercle d'où son nom.

La lunette est alignée avec le petit miroir, qui est fixé au bâti de l'instrument. Ce miroir est à moitié transparent.

Par le côté transparent, le navigateur peut voir l'horizon directement. Le petit miroir réfléchit également partiellement l'image du grand miroir où l'on voit l'astre.



Le Grand Miroir est mobile, et s'incline avec l'alidade. En bougeant l'alidade, on change l'angle entre les deux miroirs. La hauteur de l'astre est lue sur le limbe.



Un tambour permet d'affiner la visée. Les degrés entiers sont lus sur le limbe, et les minutes sur le tambour.

Des filtres atténuateurs doivent être placés avant le petit miroir quand on pointe le Soleil. L'utilisation de deux filtres ou plus devant le grand miroir lorsqu'on observe le soleil est obligatoire. De sérieuses lésions oculaires peuvent résulter d'une observation du soleil sans l'utilisation des filtres.

La lecture d'un sextant bien réglé permet une précision de $0,2'$ d'arc. Cela signifie qu'en théorie, un observateur pourrait donc déterminer sa position avec une précision de $0,2$ mille marins (1 mille correspond à 1 minute d'arc de grand cercle), soit environ 350 à 400 mètres. Dans la pratique, les navigateurs obtiennent une précision de l'ordre de 1 ou 2 milles marins (mouvements du navire, houle, horizon plus ou moins net, imprécisions sur l'heure ou sur l'estime entre les visées successives du même astre ou d'astres différents entachent d'erreur les mesures). C'est amplement suffisant en traversée. Certes depuis la fin XX^e siècle l'électronique embarquée permet de faire mieux (mais en étant tributaire de la batterie du bord et des satellites). C'est une autre histoire ...



du

Bibliographie (très) succincte

Dans la série des fascicules Galion thèmes (régionale de Lyon de l'APMEP), « La navigation à vue de Terre » propose douze activités illustrées sur le sujet.

L'art de la navigation dans le Pacifique. Emmanuel Desclèves. Pour la Science n°408. Octobre 2011

Pour ceux qui s'intéressent à l'histoire, citons :

* *Histoire des mathématiques* de Jean-Étienne Montucla :

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES,

DANS laquelle on rend compte de leurs progrès depuis leur origine jusqu'à nos jours; où l'on expose ce tableau & le développement des principales découvertes, les conjectures qu'elles ont fait naître, & les principaux traits de la vie des Mathématiciens les plus célèbres.

Par M. MONTUCLA, de l'Académie Royale des Sciences & Belles-Lettres de Prusse.

Molti pertransibunt & augebitur civitas. Bicon.

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez CH. ANT. JOMBERT, Imprimeur-Libraire du Roi pour l'Artillerie & le Génie, rue Dauphine, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. LVIII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.

Quatrième livre, supplément : *L'Histoire de la navigation, jusqu'au commencement du dix-huitième siècle.*,

Et surtout : Cinquième livre ; neuvième partie. *Histoire des progrès de la navigation relativement au pilotage, c'est à dire au chemin et à la situation du navire.*

Reprint en 2007 aux éditions Jacques Gabay ; ISBN : 978-2-87647-288-4 ; EAN : 9782876472884

L'ouvrage peut être consulté sur Gallica (Paris, H. Agasse, an VII-an X (1799-1802)) et sur les livres numérisés « Google » (C.A. Jombert, 1758, copie de l'exemplaire l'Université du Michigan) :

<http://books.google.fr/books?id=M-FJAAAAMAAJ>

* Une synthèse des connaissances de la navigation du XVIII^e siècle : « *Livre de navigation contenant plusieurs manières de naviger très curieuses et même nécessaires à un pilote qui veut se rendre expert en son art, par J-Bste Denoville, York, 1er janvier 1760* ».

Le manuscrit original appartient à la bibliothèque municipale de Rouen. Déposé en 1919 il a été retrouvé en 2000 par une équipe de chercheurs de l'IREM de Rouen. Le livre, édité par un éditeur rouennais, est le fruit d'une collaboration entre l'IREM de Haute Normandie, l'association sciences en Seine et patrimoine et la bibliothèque municipale de Rouen. C'est une synthèse des connaissances de la navigation du XVIII^e Sous la direction

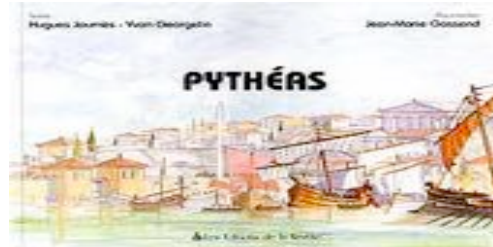


d'Elisabeth Hébert (éditeur : Point de vues, juillet 2008, ISBN : 978-2-915548-23-5).

* Histoire générale de la navigation du XV^e au XX^e siècle (publiée pour la dernière fois en 1931) par le Capitaine de Vaisseau Frédéric Marguet (1874-1951). L'ouvrage peut être consulté en ligne :

http://ww2.devall.net/Infos/navigation/histoire_nav_marguet.pdf

* *Pythéas. Explorateur et astronome* d'Yvon Georgelin et Hugues Journès (éditions Nerthe/Courtine, ISBN : 2-913483-10-0, EAN : 9782913483101) beau livre illustré agréablement d'aquarelles de Jean-Marie Gassend.



un

D'autre part une consultation de la base de données Publimath

<http://publimath.irem.univ-mrs.fr/publimath.php?r=navigation&b=biblio>



permettra de trouver un certain nombre d'articles pour la classe.

Regards sur les mathématiques, itinéraires méditerranéens : Exposition conçue et réalisée par l'IREM de Marseille (le prêt est gratuit, le transport et l'assurance restant à la charge de l'emprunteur) :

<http://www.irem.univ-mrs.fr/expo2013/>

Un grand merci aux organisateurs !