Etude d'un texte : mesure du temps et aide à la navigation

Depuis la nuit des temps les hommes ont cherché à se déplacer sur les mers et les océans.
Les problèmes liés à la navigation sont essentiellement , la flottabilité , la propulsion et le repérage en mer.
C'est ce dernier point que nous allons développer dans cet exercice en laissant de coté l'invention de la rame , de la voile , du moteur et du gouvernail. La flottabilité , bien qu'ayant été abordée par Archimède , relève davantage d'un acquis ou de son amélioration (un rondin de bois flotte sans calcul !).
La nécessité d'un repérage en mer est évidente mais la résolution de ce problème nécessite un point de vue plus abstrait.
On a commencé très tôt par naviguer à vue –on dépasse tel ou tel point de repère.
Si cette méthode est efficace lorsqu'il ne s'agit que de longer une côte , elle est insuffisante dans le cas où nous désirons , par exemple , repérer un poste de pêche pour lequel il est nécessaire de se localiser dans les deux dimensions.
Le document 1 illustre comment l'on peut repérer la position de M par l'intersection de deux droites.

Q1 : Quelles connaissances de physique utilise dans ce cas le pécheur ?
Dans le cas d'un déplacement en pleine mer , sans repères terrestre il a bien fallu se tourner vers des repères célestes.
La hauteur d'un astre sur l'horizon (angle que fait la direction de visée avec l'horizontale) dépend en particulier de la latitude.
Au II $^{\text{aime}}$ siècle avant JC Hipparque , astronome grec , établit les premières éphémérides , cartes donnant la hauteur des astres sur l'horizon à une latitude donnée. Ces tables permettaient alors au navigateur de préciser sa latitude au moyen supplémentaire d'un simple rapporteur.
Q2 : Dans le schéma explicite du document 2 exprimer α en fonction de β sachant que la ligne d'horizon est fictive.

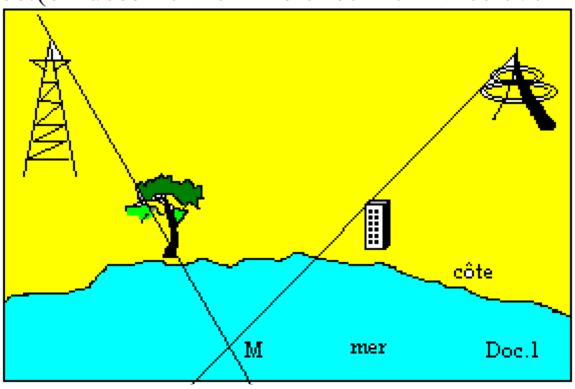
Pour connaître sa longitude il fallait connaître son déplacement sur un parallèle et donc déterminer la vitesse de déplacement par exemple – vitesse soumise aux aléas des courants et de la mesure des durées .
Parmi tous les astres servant à se repérer on songe tout naturellement à la lune, au soleil et à l'étoile polaire : cette dernière se trouve dans le prolongement de l'axe des pôles soit dans une direction fixe par rapport à la terre.
Q3 : Préciser par un arc de cercle rouge , dans le schéma du document 3, l'angle β donnant la latitude du lieu M et l'angle α donnant la hauteur de l'étoile polaire sur l'horizon (on tracera l'horizontale locale).
Quelle relation existe-t-il entre α et β ?
Quel avantage présente l'étoile polaire sur la lune et le soleil pour déterminer la latitude du lieu ?
Ce procédé présente deux inconvénients majeurs : on ne connaît que la latitude du lieu et la mesure de α est imprécise.
Q4 : Quel vous semble être l'élément essentiel contribuant à l'imprécision si l'on utilise un grand rapporteur muni d'un fil à plomb?
Quelle est la longueur d'un arc de cercle d'une minute sur le méridien terrestre ? Cette dernière longueur est par définition le mille nautique. (donnée : rayon terrestre=6370 km).
Quel est le rapport entre cette dernière question et la question posée précédente ?

Fin du XI $^{\text{éme}}$ siècle : utilisation de la boussole (inventée par les chinois) , instrument bien pratique si l'on dispose d'une bonne carte. Elle est encore utilisée de nos jours sous la dénomination de « compas ».
Q5 : Quel atout présente la boussole sur les moyens précédents ? Les supplante-t-elle dans leurs domaine d'application ?

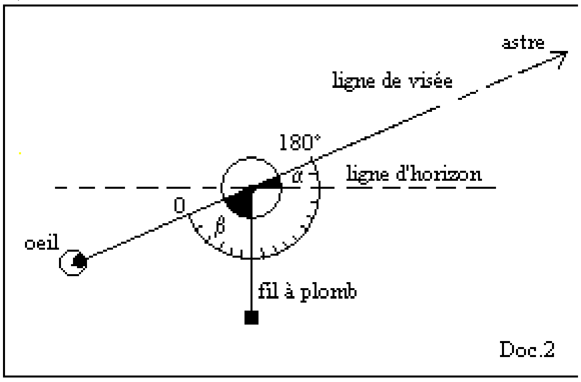
Comme nous l’avons dit le problème de la détermination de la longitude n’était pas pour autant résolu. Il a fallu attendre l’apparition des chronomètres.
En effet , la hauteur d’un astre sur l’horizon dépend du lieu (latitude et longitude) et de l’heure : il existe une relation évidente entre ces trois données ; si , par suite ,on connaît précisément l’heure de la visée et l’angle α précédent on en déduit à l’aide des éphémérides la longitude et la latitude.
On voit donc la nécessité de disposer
d’une horloge suffisamment stable à défaut d’être précise pendant la durée d’une traversée par exemple.
Le sextant met à profit cette relation et nous allons préciser son utilisation dans le cas de la visée du soleil.
Q6 : Quel autre instrument que le sextant met en jeu les mêmes données ?

Schéma d’un sextant: voir document 4

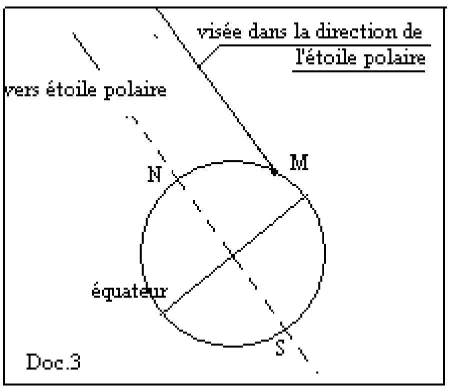
En agissant sur la tige solidaire du miroir mobile M_1 le navigateur amène les rayons du soleil à se réfléchir sur M_1 puis sur M_2 , miroir fixe, pour finir dans l’axe de visée .Le miroir M_2 est juxtaposé à une simple vitre au travers de laquelle le navigateur vise en même temps l’horizon. Pour lui les rayons du soleil semblent provenir de l’horizon : tout se passe comme s’il observait un coucher de soleil à midi par exemple.
Un vernier analogue à celui présent dans le pied à coulisse permet de déterminer avec précision l’angle que font les rayons du soleil avec l’horizontale.
Q7 : Dessiner en rouge dans le schéma du document 5 le cheminement, jusqu’à la lunette de visée, du rayon de soleil SO_1 faisant un angle de 50° avec l’horizontale. Dessiner alors, avec soin, la position du miroir M_1 mobile autour de O_1 et son prolongement jusqu’à l’intersection avec l’axe de visée.(on dessinera en tirets les normales éventuelles)



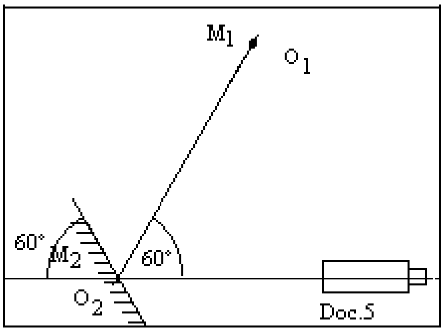
Doc.1



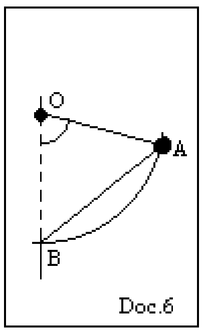
Doc.2



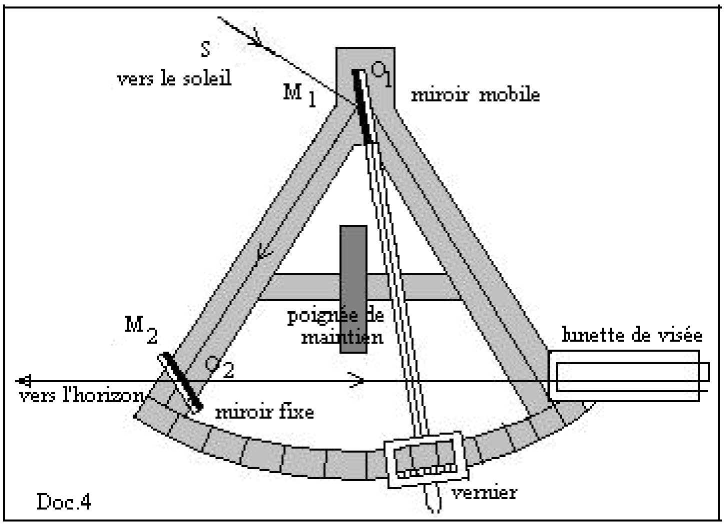
Doc.3

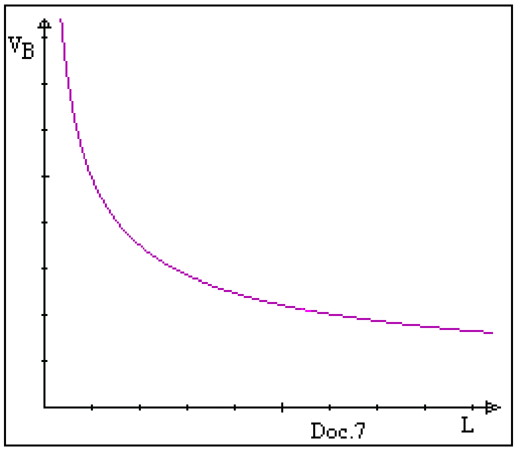


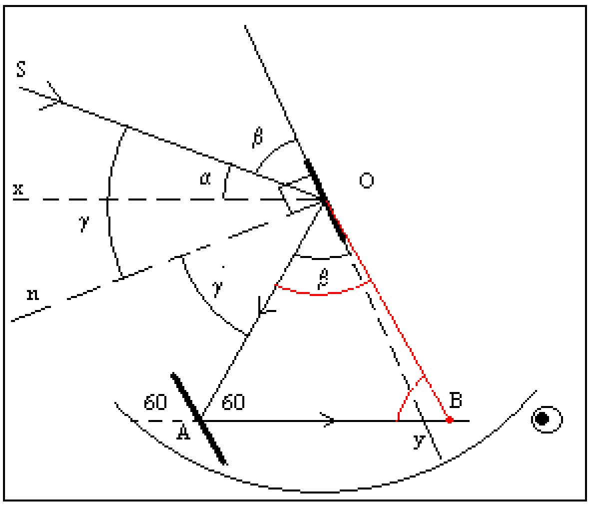
Doc.5



Doc.6







relever la direction du soleil à l'aide d'un simple rapporteur semble relativement aisé dans le cas d'une mer plate ; il en va tout autrement si la mer est agitée.
Le sextant permet d'occulter cette difficulté car il s'agit d'amener en coïncidence deux visées mobiles simultanément et également.C'est là un de ses plus grands atouts.
Concernant la précision, un grand rapporteur permet d'accéder à la minute d'angle sans difficulté.

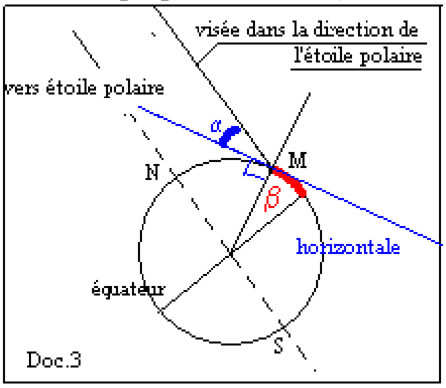
Extension
a-exprimer γ (SÔn) en fonction de β
b-Exprimer γ en fonction de α en considérant l'angle de 60° , xÔA.
c-En déduire la relation entre α et β
d-Exprimer yÔB en fonction de α sachant que par construction AÔB = 60°
e- Comment graduer judicieusement l'arc de cercle C centré sur O ? Comment règle-t-on le zéro ?

Réponses

Q1:propagation et propagation rectiligne de la lumière.

Q2:$\alpha = 90 - \beta$

Q3 :$\alpha = \beta$ (angles à cotés respectivement perpendiculaires)



l'étoile polaire est toujours dans la même direction

Q4 : le « bougé » inévitable en mer

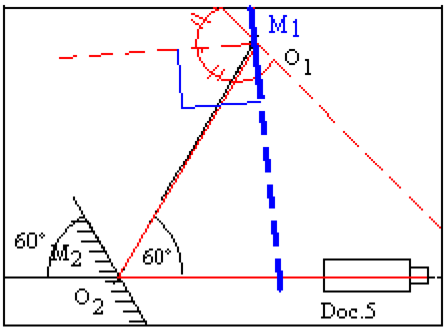
si R est le rayon terrestre alors la circonférence a pour valeur $2\pi R$ pour 360*60=21600 ' d'angle une minute correspond donc à $2\pi R/21600$ soit 1850m

Un écart d'une minute d'angle se traduira donc par une erreur de position de pratiquement 2 km et 1° par 60*1,85 = 111 km.On comprend très bien, dès lors, la nécessité d'une mesure précise et du temps, et des angles.

Q5 : La boussole dispense le navigateur du problème de pointage et de l'existence de tables d'éphémérides; elle permet de naviguer selon une direction voulue ; en revanche, elle n'est pas indiquée pour déterminer la position; de plus la dérive inévitable du navire peut se traduire par des écarts conséquents à l'arrivée; enfin la précision de lecture reste faible.

Q6 : le cadran solaire.

Q7 :



Réponses pour l'extension

a- $\beta+\gamma=90$

b-: $\gamma - \alpha + \gamma = 60$ soit : $2\gamma = 60+\alpha$

c- $2\beta= 120-\alpha$

d- $y\hat{O}B=\alpha/2$

e- de 0 à 120

on règle le zéro en pointant l'horizon