

# *Kamâl*

(navigation)

La navigation en mer ou dans les régions désertiques avec peu de repères terrestres demande l'aide des étoiles. Voici un instrument rudimentaire qui permet une approche de la mesure de la latitude et des hauteurs dans le ciel. La lecture des deux textes ci-dessous sera suivie d'une interprétation de l'instrument et de sa construction.

Pour les plus courageux, on peut en faire l'analyse mathématique et simuler sous Geogebra son fonctionnement

## Texte 1

Texte extrait de "*Marco Polo, les voyages interdits*" de Gary Jennings

... Sur la suggestion d'Arpad, nous fîmes aussi l'achat d'un instrument appelé *kamâl*. Ce n'était rien d'autre qu'un rectangle pas plus grand que la paume de la main, fait de lattes de bois tel un petit cadre sans image, auquel pendait une longue corde.

– Tout voyageur, commença sagement Arpad, peut déterminer d'après le soleil ou les étoiles où se trouvent le nord, l'est, l'ouest et le sud. Vous allez vous diriger vers l'est et, chaque jour, vous jugerez de votre progression en fonction de votre vitesse de marche. Mais il vous sera quelquefois difficile d'évaluer si vous avez dévié de cet est absolu, en dérivant vers le nord ou vers le sud. Et c'est là que le *kamâl* pourra vous aider.

Mon père et mon oncle manifestèrent bruyamment leur surprise et leur intérêt, et Arpad se prit la tête à deux mains, ne pouvant supporter les bruits qu'ils émettaient.

– Les Arabes sont certes des infidèles, poursuivit-il, indignes de respect et d'admiration, mais ce sont eux qui ont mis au point cet utile appareil. Ici, vous en aurez souvent besoin, jeune monsieur Marco, aussi vais-je vous montrer comment vous en servir. Ce soir, quand les étoiles vont apparaître, tournez-vous au nord et levez le *kamâl* à bout de bras. Ajustez la distance qui le sépare de vos yeux en l'avancant et en le reculant, jusqu'à ce que le bas du cadre se confonde avec l'horizon septentrional, tandis que vous aurez calé en haut du cadre l'étoile Polaire. Ensuite, faites un noeud à la corde de telle sorte qu'en tenant ce noeud entre vos dents, la corde une fois tendue, le *kamâl* reste calé juste à cette distance.

– Très bien, maître Arpad, acquiesçai-je, docile. Et puis?

– D'ici en partant vers l'est, le terrain est presque plat, aussi aurez-vous toujours plus ou moins un horizon rectiligne. Chaque soir, tendez le *kamâl* à la distance de ce noeud et positionnez le bas du cadre sur l'horizon nord. Si l'étoile Polaire est toujours sur le haut du cadre, cela prouvera que vous êtes vraiment à l'est de Suvediye. Si elle se trouve un peu au-dessus, c'est que vous aurez dévié vers le nord. Si, au contraire, elle se trouve plus bas dans le cadre, cela signifiera une dérive vers le sud.

– *Cazza beta!* s'exclama mon oncle, admiratif.

– Le *kamâl* peut même faire davantage, ajouta le majordome. Fixez une étiquette marquée Suvediye sur le premier noeud que vous avez fait, jeune Marco. Quand vous arriverez à Bagdad, recalez votre instrument à juste distance, avec l'horizon et l'étoile Polaire aux extrémités du cadre, et faites un second noeud que vous identifierez comme étant celui de Bagdad. En répétant l'opération à chaque ville étape, il vous sera aisé de contrôler à tout moment votre dérive, méridionale ou septentrionale, par rapport au point d'où vous venez.

Considérant le *kamâl* comme un complément utile à notre équipement, nous payâmes gaiement le prix demandé, non sans qu'Arpad se fût consciencieusement livré au jeu du marchandage, jusqu'à faire descendre le montant à la somme presque risible de quelques *shahis* de cuivre. Nous continuâmes à acheter les nombreuses choses dont nous pourrions avoir besoin en cours de route. Au reste, grâce à la substantielle rallonge budgétaire que représentaient les bourses de musc de l'ostikan, nous nous payâmes le luxe de quelques petits extras et autres douceurs dont nous nous serions passés en temps normal.

# *Kamâl*

(navigation)

From Wikipedia, the free encyclopedia

A kamal is a celestial navigation device that determines latitude. The invention of the kamal allowed for the earliest known latitude sailing,[1] and was thus the earliest step towards the use of quantitative methods in navigation.[2]

The kamal originated from Arab navigators of the in the late 9th century,[3] and employed in the Indian Ocean from the 10th century.[1] It was then adopted by Indian navigators soon after,[4] and then adopted by Chinese navigators some time before the 16th century.[2]

The kamal consists of a rectangular wooden card about 2 by 1 inches (5.1 by 2.5 cm), to which a string with several equally spaced knots is attached through a hole in the middle of the card. The kamal is used by placing one end of the string in the teeth while the other end is held away from the body roughly parallel to the ground. The card is then moved along the string, positioned so the lower edge is even with the horizon, and the upper edge is occluding a target star, typically Polaris because its angle to the horizon does not change with longitude or time. The angle can then be measured by counting the number of knots from the teeth to the card, or a particular knot can be tied into the string if travelling to a known latitude.

The knots were typically tied to measure angles of one finger-width. When held at arm's length, the width of a finger measures an angle that remains fairly similar from person to person. This was widely used (and still is today) for rough angle measurements, an angle known as *issabah* in Arabic, or a *chih* in Chinese. By modern measure, this is about 1 degree, 36 minutes, and 25 seconds, or just over 1.5 degrees.

Due to the limited width of the card, the kamal was only really useful for measuring Polaris in equatorial latitudes, which perhaps explains why it was not common in Europe. For these higher-latitude needs somewhat more complex devices based on the same principle were used, notably the cross-staff and backstaff.

Un kamâl est un instrument céleste de navigation qui détermine la latitude. L'invention du kamâl permettait dans des temps anciens de connaître la latitude des navigateurs [1], et était ainsi dans une étape primitive vers l'utilisation de méthodes quantitatives de repérage et de navigation [2].

Le kamâl vient des arabes de la fin du ix<sup>e</sup> siècle [3] et il était utilisé dans l'Océan Indien au x<sup>e</sup> siècle [1]. Il fut adopté par les navigateurs indiens peu après [4] et aussi adopté par les navigateurs chinois quelques temps avant le xvi<sup>e</sup> siècle [2].

Le kamâl consiste en un cadre rectangulaire de bois d'environ 2 par 3 pouces (5,1 par 2,5 cm), avec une corde à noeuds également espacés. Elle est attachée à un trou au milieu du cadre. Le kamâl est utilisé en plaçant une extrémité de la corde dans les dents tandis que l'autre bout est tenue au loin, grossièrement parallèle au sol. Le cadre est alors déplacé le long de la corde et positionné de telle sorte que bord inférieur est aligné avec l'horizon, et le côté supérieur vise une étoile cible, typiquement l'étoile polaire parce que sa hauteur à l'horizon ne change pas avec avec la longitude ou le temps. L'angle peut alors être mesuré en comptant le nombre de noeuds des dents au cadre, ou un noeud particulier peut être fait sur la corde si le voyageur connaît sa latitude.

L'espacement des noeuds étaient typiquement adapté à la mesure d'un angle correspondant à la largeur d'un doigt vu sous le bras tendu, mesure qui reste approximativement similaire d'une personne à une autre. Ceci était largement utilisé (et encore aujourd'hui) pour les mesures grossières des angles, un angle connu comme *issabah* en Arabie, ou un *chih* en Chine. Par la mesure moderne, ceci est environ 1 degré, 36 minutes, et 25 secondes, ou juste un peu plus d'un degré et demi.

A cause de la largeur du cadre, le *kamâl* était réellement utile pour mesurer la polaire sous des latitudes équatoriales, ce qui explique peut-être pourquoi il n'était pas commun en Europe. Pour les plus hautes latitudes il était nécessaire d'avoir des appareils plus complexe basés sur le même principe, notablement le bâton de Jacob (arbalestrille) utilisé en visée directe ou de dos.

The kamal is still a tool recommended for use in sea kayaking.[5] In such an application, it can be used for estimating distances to land.

Le *kamâl* est encore un instrument recommandé pour son usage dans le kayaking en mer [5]. Dans une telle application, il peut être utilisé pour estimer des distances à la terre.

A similar, but unrelated device called the *touisse* was used by the Aztecs to determine latitude.

Un appareil similaire, mais non apparenté appelé *touisse* était utilisé par les Aztèques pour déterminer la latitude.

## Références

- McGrail, Sean (2004), *Boats of the World*, Oxford University Press, ISBN 0199271860
- [1] p. 316
- [2] p. 393
- [3] p. 85-86
- [4] Raju, C. K. (2007), *Cultural Foundations of Mathematics : The Nature of Mathematical Proof and Transmission of the Calculus From India to Europe in the 16th c. CE*, Delhi : Pearson Longman, pp. 240–59, ISBN 8131708713, [http://ckraju.net/IndianCalculus/Education/Kamal\\_pages.pdf](http://ckraju.net/IndianCalculus/Education/Kamal_pages.pdf), retrieved 2008-09-10.
- [5] Burch, David, *Fundamentals of Kayak Navigation*, 2<sup>nd</sup> edition, The Globe Pequot Press, 1993, ISBN 1-56440-155-3

Le doigt, mesure égyptienne, valait 18 mm.

## Travail pratique :

1 - Interpréter les textes sur le kamâl, en faire un schéma à l'échelle et en construire avec du carton et de la ficelle.

2 - Donner la relation qui lie la latitude (ou la hauteur) observée à la longueur de la corde en tenant compte de la hauteur du cadre et de l'écartement entre la bouche et l'oeil.

3 - A l'aide de *Geogebra*, simuler son fonctionnement.

## *Construction du kamàl*

On peut interpréter le support de deux façons :

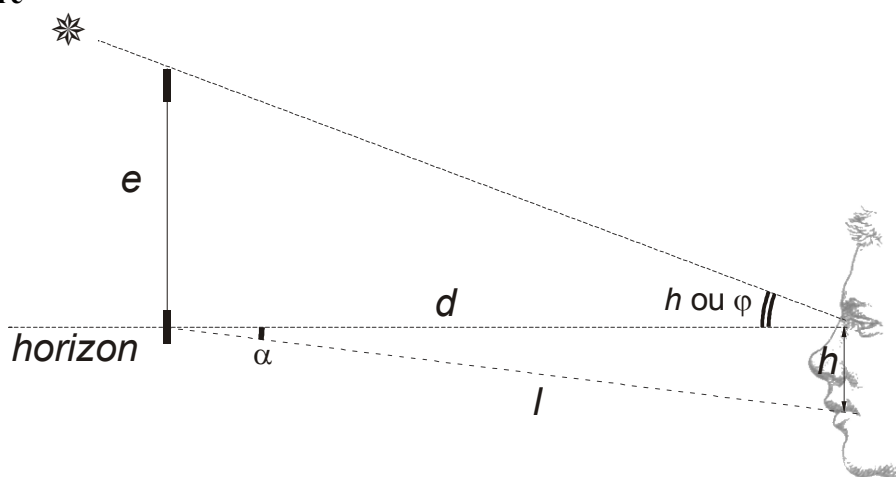
- soit une planchette et l'on met la corde au milieu,
- soit un cadre de bois ajouré (on peut voir à travers pour viser) et la corde est sur le milieu en bas

La construction est élémentaire. Prendre du carton un peu fort pour ne pas plier quand on tend la corde.

Remarque : on peut viser une étoile ou le Soleil (avec précaution). Dans ce cas on n'obtient que la hauteur de l'astre.

### Relations mathématiques dans le kamàl

#### 1 - Cadre ajouré



Un observateur dont on connaît l'espace entre l'oeil et la bouche  $h$  (typiquement 7 cm), va viser l'étoile polaire et l'horizon. Il va ajuster sa cordelette à noeuds qui aura une longueur  $l$ .

Le kamàl a une hauteur  $e$ .

On suppose que l'étoile polaire est sur le pôle. On peut faire une correction en fonction de la date et de l'heure si l'on connaît bien le ciel. Déterminons la relation qui lie la longueur de la cordelette à la latitude.

On a les relations trigonométriques immédiates :

$$\tan \varphi = \frac{e}{d} \quad \text{et} \quad d = \frac{e}{\tan \varphi}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{d}$$

et aussi

$$l^2 = d^2 + h^2 \quad l^2 = \frac{e^2}{\tan^2 \varphi} + h^2$$

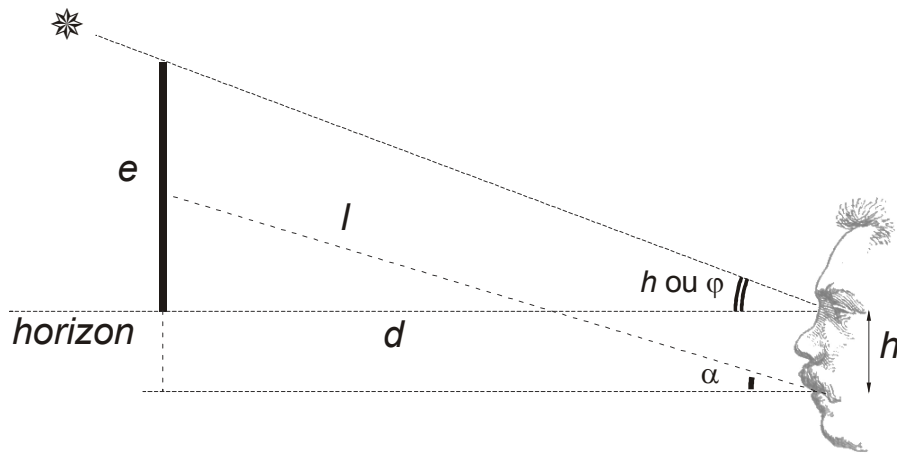
Transformation pour trouver  $\varphi$  :

$$\frac{e^2}{\tan^2 \varphi} = l^2 - h^2$$

$$\tan^2 \varphi = \frac{e^2}{l^2 - h^2}$$

$$\tan \varphi = \frac{e}{\sqrt{l^2 - h^2}}$$

## 2 - Cadre plein



On exprime  $d$  en fonction de  $l$ .

On écrit alors :

$$\sin \alpha = \frac{h + \frac{e}{2}}{l}$$

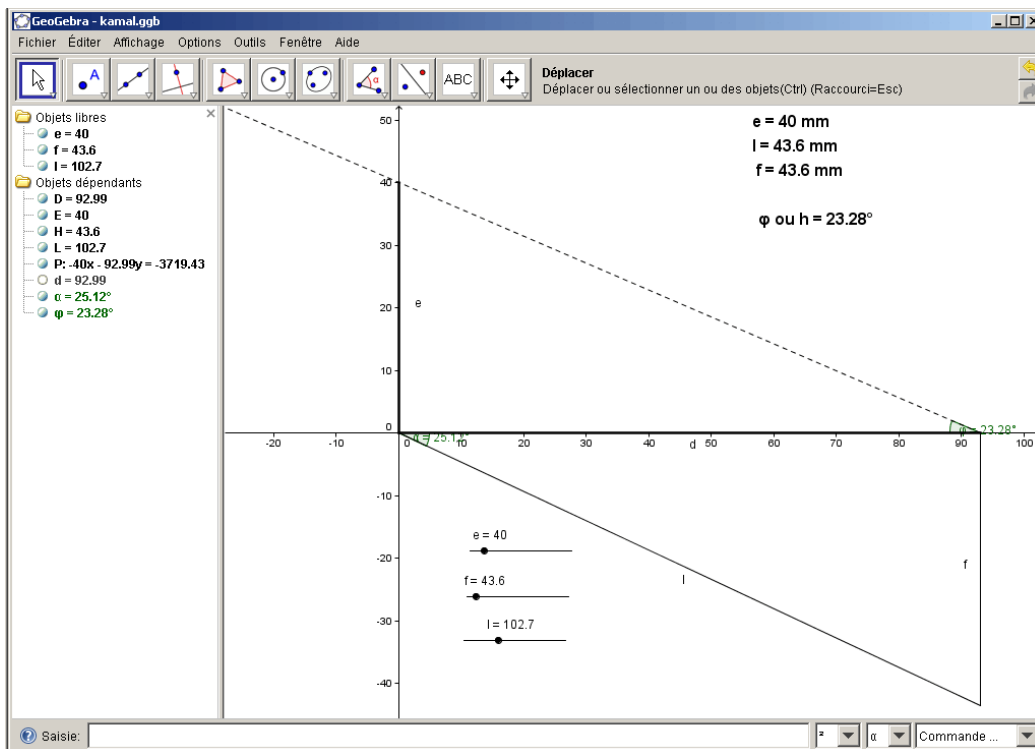
et

$$d^2 = l^2 - \left(h - \frac{e}{2}\right)^2 \quad d = \sqrt{l^2 - \left(h - \frac{e}{2}\right)^2}$$

la hauteur cherchée vaut :

$$\tan h = \frac{e}{d}$$

Utiliser *Geogebra* pour calculer la latitude en fonction de la longueur  $l$  de la cordelette à noeud. On utilisera des curseurs pour faire varier les différents paramètres :  $l$ , et aussi la hauteur du kamâl  $e$  et la distance oeil-bouche  $h$ .



Voir fichier *kamal.ggb*.