

Fondation Singer-Polignac

COLLOQUE ROUTES DE LA SOIE

13 mai 1992

**L'astronomie nautique le long de la route maritime de la soie**

Contre-Amiral François Bellec

## LA SCIENCE DES MU'ALLIM

Marco Polo rapporta que les navires de la Mer des Indes ne dépassaient pas, vers le sud, la ligne Madagascar-Zanzibar, car des courants irrésistibles étaient supposés entraîner sans retour les navigateurs vers des confins inconnus. Si leurs craintes étaient analogues à celles des Occidentaux, les Arabes étaient néanmoins familiers de l'hémisphère sud, quand nos savants pensaient encore que l'équateur ébouillanterait les équipages assez fous pour dépasser le cap Bojador, à la latitudes des Canaries. Cette borne occidentale de la mer ténébreuse marquait d'ailleurs la limite, de tradition arabe, du Maghreb.

En fait, le Périples de la mer Erythrée décrivait au 1<sup>er</sup> siècle la région de Dar-es-Salam, et un navigateur romain aurait atteint le Cap Delgado, à l'ouvert du canal de Mozambique. Situé pour sa plus grande partie entre le tropique du Cancer et l'équateur, l'espace maritime de la route des épices s'étendait sur une quarantaine de degrés de latitude, soit 2.400 milles, et sur 80 degrés de longitude, du Kenya à la Chine orientale.

Le renversement de la mousson déterminait le cycle annuel des voyages vers l'est ou l'ouest. Des marins familiers des côtes de la Mer de Chine et de l'Océan indien, creusées des larges golfes du Tonkin, du Siam, de Martaban, du Bengale et de la Mer d'Oman, furent naturellement tentés de couper en droiture au lieu de suivre le littoral, simplification sans grande témérité au demeurant, mais jamais osée sur d'aussi longues distances par les Méditerranéens.

Sous le ciel tropical, les navires arabes furent les premiers à se risquer en haute mer, guidés sur les étoiles.

Leurs pilotes furent alors conduits à imaginer des procédés de navigation hors de vue de la terre.

Sous le magnifique ciel étoilé du golfe d'Aden et de la mer d'Arabie, les Persans et les Arabes furent les premiers navigateurs soucieux de vérifier leur position absolue d'après une information astronomique, afin de corriger leur cap. Il s'agit d'un problème fondamentalement différent de celui du choix d'une direction initiale de route. Lorsqu'ils ne sont pas familiers de la science nautique, les commentateurs escamotent involontairement une notion qui leur échappe, confondant du même coup dans un même propos deux étapes successives de la domestication de la haute mer.

Sans qu'il s'agisse d'une méthode de navigation courante, la possibilité de mesurer des longitudes relatives par l'observation des heures locales d'une éclipse fut décrite par le cosmographe et géographe persan Ibn Rustih au IX<sup>ème</sup> siècle. En fait, aucun procédé courant ne permit de mesurer la longitude à la mer avant la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Estimant simplement leur progression vers l'est ou l'ouest lorsqu'ils traversaient la mer, les Arabes eurent l'intuition de l'unique procédure permettant d'atteindre à coup sûr une destination ou d'éviter un danger : la navigation à hauteur constante de l'étoile polaire ou des étoiles circumpolaires au moment de leur passage au méridien.

L'utilisation de ce pseudo latitude fut l'archétype de la navigation à latitude constante, plus universelle mais de même essence, en usage jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle et abandonnée seulement quand les navigateurs disposèrent enfin d'une méthode complète de détermination du point, et de cartes marines précises.

Constatant l'abaissement de l'étoile polaire de la Mer rouge à l'équateur, les pilotes arabes et persans découvrirent que sa hauteur au dessus de l'horizon septentrional constituait un étalon mesurant leur progression vers le nord ou le sud. Allant d'abord chercher une latitude telle qu'ils voyaient l'étoile polaire à la même hauteur qu'au port de destination, puis faisant route à l'est ou à l'ouest en vérifiant chaque nuit l'altitude égale de l'étoile guide, ils arrivaient sinon exactement au port, du moins dans ses atterrages, aux imprécisions de mesures près.

La navigation à hauteur constante de l'étoile polaire fut la forme primitive de la navigation à latitude constante. Elle serait complétée en Occident par des tables astronomiques et des constructions graphiques sur les cartes marines.

Vasco de Gama put constater que son pilote arabe utilisait des instruments analogues aux siens, quadrants d'altitude de vieille tradition grecque et arbalette qu'il nommait *bilisti*. Il lui montra aussi une invention d'une simplicité étonnante, le kamal, autrement dit perfection, le plus ancien sans doute des instruments de navigation en haute mer, qui perdura jusqu'au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle. Il se contentait en fait d'améliorer la méthode élémentaire de mesure à l'aide de la main tendue à bout de bras. Dans le premier quart du XIV<sup>ème</sup> siècle, on désignait couramment les ports de la côte occidentale de l'Inde par la hauteur locale de l'étoile polaire en isbas ou en doigts.

L'unité de hauteur d'astre arabe, l'Isba valait 1°37'. Elle correspondait à l'angle sous lequel on voit un doigt horizontal à bout de bras. Elle tirait son nom.

C'est ainsi que les premiers navigateurs hauturiers au sens scientifique du terme se servirent d'abord de leur seule main pour résoudre intuitivement un problème qui laissa perplexe les savants occidentaux de la Renaissance : comment ne pas se perdre en mer ?

## **LE KAMAL**

Le kamâl (perfection) dérivait directement de la méthode de mesure d'une hauteur à l'aide de la main tendue. Une planchette de corne ou de bois mince était éloignée ou rapprochée de l'œil jusqu'à s'inscrire exactement entre l'horizon et l'astre. L'échelle de distance, matérialisée par les nœuds d'une cordelette fixée au centre de la planchette, convertissait les distances en hauteurs angulaires. C'était une variante des plus anciens modèles, qui comptaient jusqu'à neuf planchettes de tailles différentes, tenues à distance fixe de l'œil, correspondant donc chacune à une hauteur angulaire donnée.

Suivant les modèles, les kamâls donnaient soit des angles en isbas pour la mesure de la latitude absolue, soit une comparaison avec les hauteurs observables en des lieux remarquables et les ports les plus fréquentes, pour la détermination de la latitude différentielle par rapport au lieu de destination.

Un jeu de planchettes de dimensions réduites de l'ordre de cinq à six centimètres, suffisait pour observer l'étoile polaire sous les latitudes basses de l'Océan indien.

Les Portugais nommèrent les kamâls **tavoletas da India**, (tablettes des Indes), quand ils les découvrirent dans les derniers jours du XVème siècle. Ils eurent un grand succès de curiosité à Lagos, auprès des seuls Européens capables d'en comprendre l'usage et d'en apprécier l'ingéniosité.

Les Chinois auraient utilisé un instrument analogue, mais comportant un grand nombre de tablettes de dimensions croissantes, maintenues à une distance fixe de l'oeil de l'observateur.

-oOo-

### **LES TABLES DE L'AMIRAL CHENG HO**

Les chroniques du moine Yijing nous forcent à constater que les navires chinois naviguaient régulièrement en haute mer entre la péninsule malaise et Canton dès le milieu du VIIème siècle, plus d'un siècle avant l'apparition des Vikings en Atlantique. L'usage possible d'une boussole élémentaire quatre siècles avant la période généralement située à la fin du XIème siècle d'après les témoignages écrits, donnerait aux Asiatiques une avance de huit siècles sur les Européens, mais cette invention ne fut probablement pas déterminante. La configuration des eaux chinoises montre que, suivant les indications de Yijing, les traversées hauturières à l'est du détroit de Malacca pouvaient s'effectuer simplement cap au nord à partir de Borneo, ou cap au sud à partir du Viêt-Nam. Le pragmatisme universel des navigateurs instinctifs incite à penser que cette configuration favorable de la géographie et de l'astronomie était utilisée par les pilotes. Ils avaient en effet la possibilité de se référer à des repères stellaires remarquables, en particulier à l'étoile Polaire, et à la Croix du sud ou aux Nuages de Magellan, qu'il suffisait de prendre droit devant ou en poupe. La culmination du soleil donnait également un repère cardinal simple. Le point de départ déterminait le point d'atterrissage, suivant une méthode employée par les Vikings dans leurs voyages vers l'ouest.

En revanche, des instructions de mer du 15<sup>ème</sup> siècle confirment que les Chinois ont utilisé la méthode des hauteurs constantes à l'ouest de Malacca, probablement à l'imitation des pilotes arabes et persans. Cette technique resta sans doute exceptionnelle, limitée aux excursions dans l'océan Indien, car elle s'appliquait mal à la configuration du théâtre maritime de la mer en Chine.

Entre Sumatra et Ceylan, les pilotes des flottes d'exploration savaient tirer du ciel nocturne des indications de latitude à partir de la Polaire ou de culminations et de passages inférieurs d'astres remarquables, mais aussi des indications de route et des repères de directions cardinales. Entre 1405 et 1433, sous la dynastie Ming, l'amiral musulman et eunuque Cheng-Ho commanda sept expéditions au départ de Yang-Tcheou. La première rassemblait plus de 27.000 hommes à bord de trois cent dix-sept jonques du type **boachuan** de cinq à neuf mâts, les plus grands navires chinois, construits, dit-on, à plus de deux mille exemplaires dans les deux premières décennies du XV<sup>ème</sup> siècle. Chacun de ces bâtiments de haute mer pouvait transporter environ deux cents personnes, équipage, soldats et passagers, et mesurait probablement une soixantaine de mètres, si les chroniques le décrivent en général deux à trois fois plus long, ce qui est incompatible avec les limites mécaniques d'une technologie peu performante.

La flotte du grand Amiral, au titre de **Sanbao Taijian**, (l'eunuque au trois pierres précieuses) fut rassemblée à la fin du printemps pour un entraînement coupé de cérémonies religieuses, qui dura jusqu'en automne. Elle appareilla en décembre ou janvier, profitant de la mousson. Par des routes explorées et entretenues depuis des siècles, la flotte toucha Java, attendit les vents favorables pour franchir le détroit de Malacca, fit escale à Ceylan (Sri Lanka) et Calicut. A partir de la côte indienne, la flotte se divisa pour multiplier ses interventions, poussant vers Ormuz, Aden, Djeddah, et Malindi visitée près d'un siècle avant Vasco de Gama par cette ambassade exceptionnelle.

-oOo-

Un document du ministère de la guerre de la dynastie Ming est considéré par les scientifiques chinois comme un guide nautique des pilotes de l'amiral Cheng-Ho, car il évoque un voyage à Ormuz ou il fut le seul à se rendre à cette époque. Deux planches gravées appartenant à ce journal de campagne attestent les capacités hauturières des navigateurs chinois du XVème siècle, probablement empruntées à l'expérience arabe et persane. Les pilotes de l'amiral Cheng-Ho lisaient dans le ciel les indications de route pour rentrer de Ceylan vers Sumatra, après avoir fait le trajet inverse, dans la tradition nautique arabe de la traversée de l'océan Indien.

"Regarde vers l'est, l'ouest, le sud, le nord ; le haut et le bas du ciel ; au loin et près de toi. Ceci est une instruction de navigation par les étoiles pour aller de Ceylan à Sumatra. (...) Tu dois voir l'étoile de la constellation Gua Gai a huit doigts, l'étoile de la constellation Bei Chen a un doigt, l'étoile de la constellation Deng Long Gu à quatorze doigts et demi, les deux étoiles de la constellation Nam Men à 14 doigts, l'étoile de la constellation Bu Si à quatre doigts comme guide, au nord-est l'étoile de la constellation Zhi Nu à onze doigts (...)"

Le texte précise que la destination est Banda Aceh. Construite sur les deux rivières Krong Aceh et Krong Daroy, Banda Aceh est un souvenir du puissant royaume d'Acem qui occupait le nord de Sumatra et contrôlait l'ouvert du détroit de Malacca. Portugais, Hollandais, Anglais occupèrent successivement une place ouverte à travers les siècles a toutes les influences, et propice au contact entre les cultures. A quelques kilomètres au nord de Banda Aceh, le cap ultime de Sumatra est souligné par l'île de Pulau Weh, marquant l'entrée du détroit. Sa ville principale, Sabang, aujourd'hui un port franc, abrite Tua Peh Kong Bio, le temple chinois le plus septentrional de l'Indonésie.

Grâce à la complaisance de la section calcul du Bureau des longitudes l'ordinateur peut restituer le ciel de l'océan Indien de l'Amiral Cheng Ho, en un point situe entre Sri Lanka et Sumatra, à la latitude de 5°30' Nord, aux époques favorables aux traversées compte tenu de la mousson.

Le message décrypté est alors utilisable par un navigateur moderne. En supposant que le "Chih" l'unité pragmatique de hauteur – un doigt horizontal vu à bout de bras – était de valeur voisine de l'"Isba" des Arabes, on peut proposer la traduction suivante:

"Fais route en gardant le coucher de Pollux et de Procyon en poupe. Lorsque Kochab (Ndr: l'une des "gardes") est à huit doigts de l'horizon, la polaire à un doigt dans le nord, Mimosa culminant à quatorze doigts et demi dans le sud, et Agéna à quinze doigts te confirment que tu es à la latitude de Banda Aceh. Fais alors route à l'est, en recalant ton compas stellaire sur Véga, passant au nord-est quand elle atteint la hauteur de onze doigts au-dessus de l'horizon." Ces données sont effectivement celles fournies par le calcul, à partir des données astronomiques, pour un navire entre Sri-Lanka et Sumatra, à la latitude de la pointe nord de Sumatra qui ouvre le détroit de Malacca.

Les tables de navigation de Cheng-Ho, du moins celles étudiées, donnent sur les bords droit et gauche de l'illustration les informations de route et de calage du compas stellaire, sur les bords haut et bas les informations de latitude. Leur logique graphique en fait des guides simples d'emploi.

On remarquera que l'heure des observations n'est pas ordonnées par la Table Sri-Lanka / Sumatra. Cela est cohérent avec les éphémérides. Le ciel sidéral "avance" chaque jour de 4 minutes sur le jour solaire d'une part. D'autre part, l'heure locale varie d'environ une heure entre le départ et l'arrivée de cette traversée (ce qui équivaut à 15° de longitude). Les pilotes ajustaient chaque jour leurs observations sur le moment où ils pouvaient observer les étoiles retenues par leur Table, au moment précis où Kochab atteignait sa hauteur de référence.

Malgré le glissement des coordonnées astronomiques des étoiles observées (déclinaison angle horaire) leurs coordonnées nautiques (azimut-hauteur) restent constantes, grâce à l'utilisation d'une heure glissante d'observation.

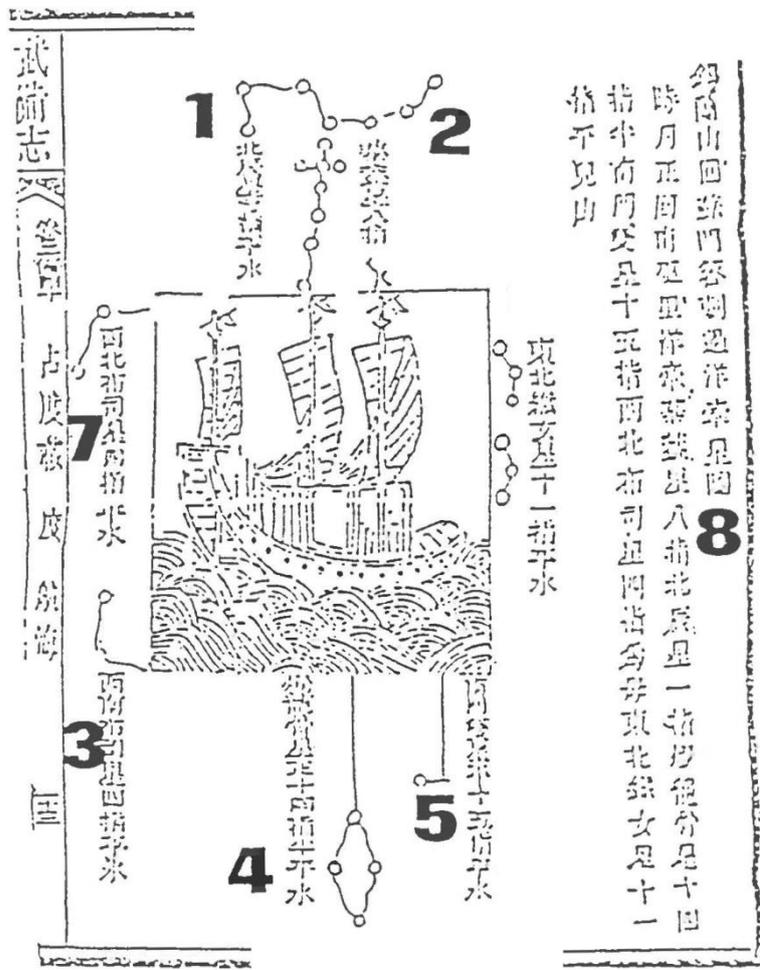
Dans ce transfert de coordonnées réside à la fois le pragmatisme de la méthode et son caractère permanent. Les tables de Cheng-Ho sont toujours utilisables aujourd'hui, à très peu près, leur précision ne dépassant pas, bien entendu, celle que l'on peut attendre d'une méthode naturelle de navigation scientifique sans instruments d'appoint.

-oOo-

A la fin du XV<sup>ème</sup> siècle, Ibn Majid, l'un des grands pilotes arabes né vers 1430 en Oman, rédigea entre 1460 et 1495 trente-trois textes en vers et en prose sur la navigation. Pendant ce temps, le Pape partageait entre le Portugal et la Castille un monde encore à définir. Parmi de nombreux pilotes fameux depuis le X<sup>ème</sup> siècle, dont son père et son grand-père, Ibn Majid rendait un hommage appuyé à trois rédacteurs d'instructions nautiques à la charnière des XI<sup>ème</sup> et XII<sup>ème</sup> siècles, les **trois lions**, Muhammad bin Sadan, Sahl bin Aban et Layt bin Kahlan. Il se déclarait le quatrième de ces grands érudits de la mer.

Un texte arabe controversé du XVI<sup>ème</sup> siècle affirme que Ibn Majid fut le pilote de Vasco de Gama au printemps 1498 entre Mélinde et Calicut. Malemo Canaqua cité par les chroniques lusitaniennes est sans doute un pilote anonyme. Le hasard ne mit pas en présence deux des plus grandes figures de l'histoire de la navigation dans un moment historique. Il semble bien que le grand Ibn Majid était mort depuis quelques décennies. Il se pourrait aussi, l'idée est séduisante, que Qotb eb-Dîn en-Nahrawali ait cité son nom à titre de symbole dans sa **Foudre ottomane en la conquête du Yémen** écrite vers 1547 à la Mecque.

Dans l'esprit du chroniqueur, les pilotes musulmans avaient trahi l'Islam en livrant les secrets de l'Océan Indien aux Portugais, entraînant l'écroulement de la puissance maritime arabe. C'est en tout cas un pilote maure d'une compétence indiscutable qui permit au Portugais, vainqueurs de la mer des ténèbres et du Cap des Tempêtes en soixante-dix-neuf ans, de poursuivre vers Calicut en vingt-deux jours de traversée hauturière sans histoire. Les navires lusitaniens continuèrent d'ailleurs, plus tard, à utiliser des pilotes maures dans l'océan Indien.

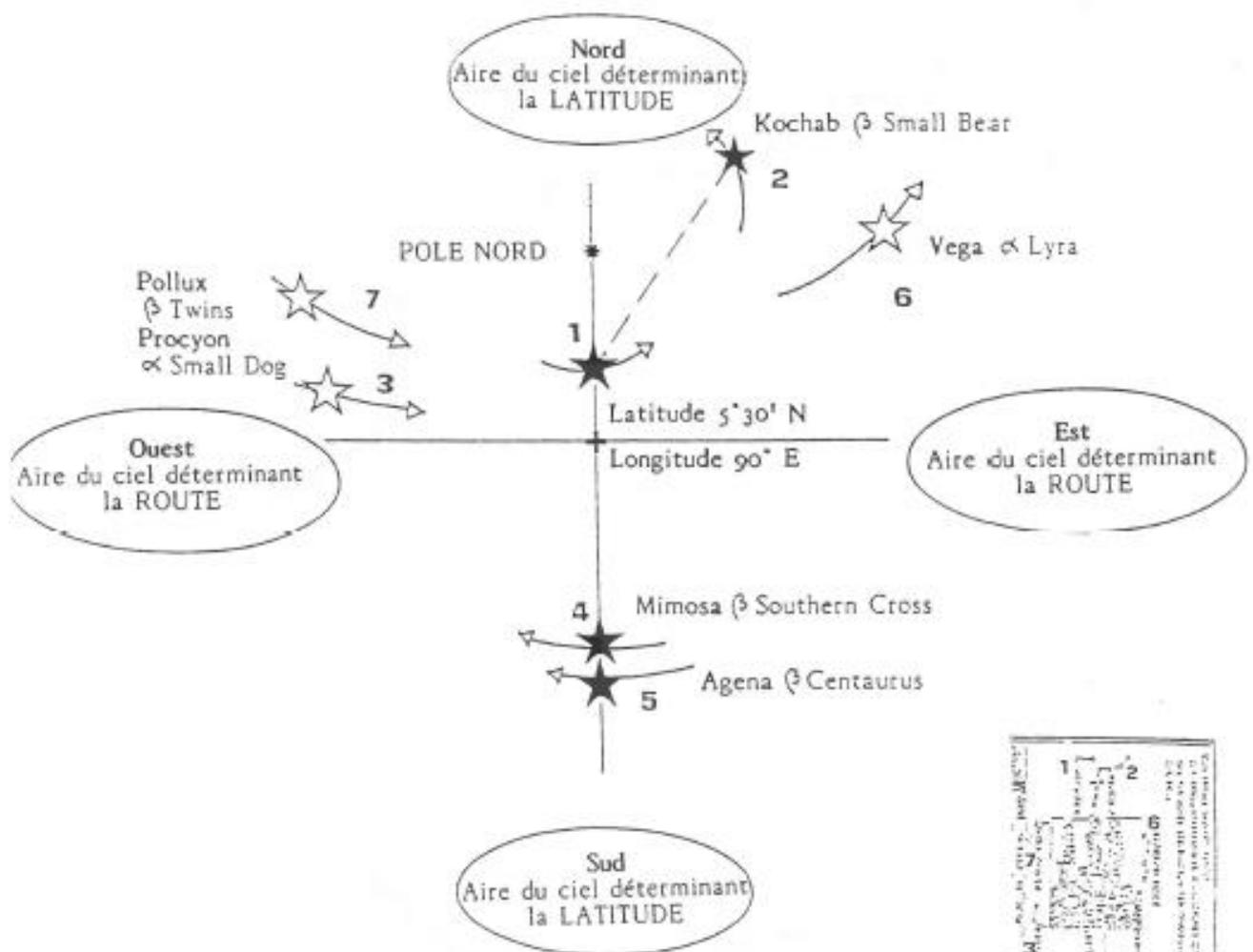


**Table de Sri-Lanka à Sumatra**

Les instructions ont été arbitrairement  
Référéncées de 1 à 8

## DOCUMENT 2

- 1** 1. 北辰星一指平水 " The star of the Bei Chen constellation ( the Big Dipper ) one finger parallel to the water."  
 " Bei Chen constellation " consists of  $\alpha, \theta, \delta, \epsilon, \zeta$  of UMi and 1268, 31939 of Cep.  
 So a better translation should be: " $\alpha$  of UMi one finger parallel to the water."
- 2** 2. 华盖星八指平水 " The star of the Hua Gai constellation 8 fingers parallel to the water."  
 " Hua Gai constellation " consists of  $\gamma, \rho, \sigma, \theta$  of UMi,  $\alpha$  of D<sup>12</sup>,  $\zeta$  of UMa21 of CVn and 19189.  
 So a better translation should be: " $\rho$  of UMi 8 fingers parallel to the water."
- 3** 3. 西南布司星四指平水 " The star of Southern Bu Si constellation 4 fingers parallel to the water."  
 " Southern Bu Si constellation " consists of  $\beta$  and  $\alpha$  of CMi.  
 So a better translation should be: " $\alpha$  of CMi 4 fingers parallel to the water."
- 4** 4. 灯笼骨星正十四指半平水 " The star of Deng Long Gu constellation ( constellation of lantern Bone ) 14 and half fingers parallel to the water."  
 " Deng long Gu constellation is the South Cross which consists of  $\gamma, \rho, \delta, \alpha$  of Cru.  
 So it should be translated : " $\rho$  of Cru 14 and half fingers parallel to the water."
- 5** 5. 南门双星平十五指平水 " The 2 stars of the Nan Men ( Southern Gate ) constellation parallel 15 fingers parallel to the water."  
 The two stars of the Nan Men constellation are  $\alpha$  and  $\beta$  of Cen.  
 So it is better to translate as : " The parallel 2 stars  $\alpha$  and  $\beta$  of Cen 15 fingers parallel to the water."
- 6** 6. 东北织女星十一指平水 " Northeast the star of Zhi Nu ( Weaving Girl ) constellation 11 fingers parallel to the water."  
 Zhi Nu constellation consists of  $\alpha, \epsilon, \zeta, \delta, \delta_1$  of Lyr.  $\beta, \gamma$   
 So a better translation should be: " $\alpha$  of Lyr 11 fingers parallel to the water."
- 7** 7. 西北布司星四指平水 " The star of the Northwestern Bu Si constellation 4 fingers parallel to the water."  
 " Northwestern Bu Si constellation " consists of  $\alpha$  and  $\beta$  of Gem.  
 So better translated as : " $\beta$  of Gem 4 fingers parallel to the water."
- 8** 8. 榜兰山回苏门答腊过洋学星图  
 时月正回南巫里洋, 幸: (2) 华盖星八指, (1) 北辰星一指, (4) 灯笼骨星十四指半, (5) 南门双星十五指, (7) 西北布司星四指为母, (6) 东北织女星十一指平儿山。  
 " Star-navigation chart of acrossing the ocean from Ceylon Island to Sumatra.  
 In that month it was right ( ? 时月正 ). Returned to Lambri ( Banda Aceh of Sumatra ) looking for: (2) the star of Gua Gai constellation 8 fingers, (1) the star of Bei Chen constellation 1 finger, (4) the star of Deng Long Gu constellation 14 and half fingers, (5) the two stars of the Nan Men constellation 15 fingers, (7) the star of Northwestern Bu Si constellation 4 fingers as the denominator ( ? 为母, or " as the mother " ), (6) Northeast the star of the Zhi Nu constellation 11 fingers, parallel to the mountain ( or island ) of Er (儿山)."



Référence à un doigt de 1°55'

	Hauteur exacte	Hauteur ordonnée
Polaire	1°30'	1°55'
Mimosa	28°	27°40'
Agena	29°	28°30'

Etoiles de latitude

Pollux	7°40'
Procyon	7°40'
Vega	21°
Kochab (Référence horaire)	15°20'

Etoiles de route et de référence

