

**“The Lunar-Distance Method of Measuring Longitude”,
exposé de M. Derek Howse lors du *Longitude Symposium*
le 4 novembre 1993 à l’Université de Harvard, Cambridge,
Massachusetts. ¹**

<i>Calculs pour la détermination de la longitude par les observations du 4 octobre 1772.</i>	
<i>Observations</i>	<i>Suite des calculs</i>
<i>Détermination de l’heure apparente estimée à Greenwich.</i>	<i>Calcul de la réfraction par les tables de M. Lyons.</i>
<i>Calcul de l’heure apparente estimée</i>	<i>Corrections de parallaxe</i>
	<i>A partir des éphémérides</i>
<i>Réduction à partir des observations.</i>	
<i>A partir des éphémérides</i>	
<i>Nota Bene</i>	

Par Robert Bishop

Je vais maintenant décrire rapidement, étape par étape, ce qu’un navigateur devait faire en prenant comme exemple des observations effectives faites dans l’Atlantique Nord en octobre 1772 par un navigateur inconnu :

- 1) Effectuer 3 **observations** plus ou moins simultanées (voir figure 6), de préférence avec au moins deux observateurs et chronométrées avec une montre de poche (pas nécessairement un chronomètre) ; les 3 observations nécessaires sont :
 - a) la distance lunaire entre la Lune et le Soleil ou entre la Lune et une étoile connue de l’almanach ² ;
 - b) la hauteur de la Lune au dessus de l’horizon ;
 - c) la hauteur au dessus de l’horizon du second corps céleste (Soleil, étoile) retenu.

¹ In : « *The Quest for Longitude* », p. 157 à 159, William J. H. Andrewes éditeur ; publié par la *Collection of Historical Scientific Instruments*, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.

² La copie d’un extrait de l’almanach nautique pour 1772 (voir l’[image originale de la figure 8](#), ou [la figure 8 elle-même](#)) propose, pour chaque période de plusieurs jours consécutifs, une étoile pour laquelle sa distance à la Lune est mise en table de 3 heures en 3 heures.

Figure 7. Feuille de calculs d'une distance lunaire ([image originale](#), [image déchiffrée](#)) à partir d'observations faites le 4 octobre 1772 sur un navire inconnu, probablement un « Indes Orientales », environ 500 miles à l'ouest des Iles Canaries. L'instructeur de navigation, Robert Bishop, publia ces feuilles en 1768, destinées à être utilisées avec l'Almanach Nautique et les *Tables Requisite* récemment publiés. Document du Board of Longitude, MS. RGO 14/67, fol. 46^v, Archives du *Royal Greenwich Observatory*, Bibliothèque de l'Université de Cambridge.

Pour augmenter la précision il est courant de faire chaque observation trois fois et parfois cinq fois puis d'en prendre la moyenne. Dans ce cas chaque angle était observé trois fois à environ 5 minutes d'intervalle. Un sextant en cuivre ou un cercle devait être utilisé pour mesurer les distances lunaires avec la plus grande précision, une erreur d'une minute dans l'observation se traduisant par une erreur de 30 minutes sur la longitude. Pour les hauteurs, un octant de Hadley

- en bois - convient. Dans le cas du soleil les observations sont faites de jour lorsque les deux corps sont à au moins 10° au dessus de l'horizon et distants entre eux de 35° à 120°. Ceci n'étant possible que pendant environ 15 jours du mois lunaire, il faut, le reste du mois, choisir une étoile visible en même temps que l'horizon, à l'aube ou au crépuscule. Si ce n'est pas possible, une hauteur observée séparément pour en déduire l'heure locale sera faite lorsque l'horizon est visible et sera ensuite transportée³.

La figure 7 montre la grille préétablie utilisée par notre navigateur inconnu pour son calcul de 1772. Le calcul mené ensuite comporte les étapes suivantes :

2) Calculer les **moyennes des angles mesurés et des instants d'observation**.

3) Trouver l'**heure locale apparente** à partir de la hauteur mesurée du Soleil ou de l'étoile. Ceci se fait par résolution trigonométrique d'un triangle sphérique⁴ à partir de la position du Soleil prise dans l'almanach ou de celle de l'étoile prise dans les *Tables requisite*.

4) Trouver la **distance lunaire vraie** en corrigeant la distance moyenne obtenue en (1a) des effets de la réfraction et de la parallaxe. La grille préétablie était conçue pour être utilisée avec la méthode de Israel Lyons (1739-1775) des *Tables requisite* de Maskelyne⁵ pour 1776. Un autre point à prendre en considération est que la méthode des distances lunaires nécessite des distances entre centre d'astres (Lune, Soleil), là où les observations apportent des distances prises

[118] OCTOBRE 1772					
Distance des centres de ☾ au ☉ et étoiles dans son ouest					
jour	Astre	Midi	3 heures	6 heures	9 heures
		D. M. S	D. M. S	D. M. S	D. M. S
1-5	Soleil				
3-6	Antares				
6-9	α Cap.				
9-11	α Aqu.				
12-14	Form.				
14-16	α Peg.				
16-18	α Ari.				
19-21	Aldeb.				
22-24	Pollux				
29-31	Soleil				

Figure 8. Table des distances lunaires pour octobre 1772 ([image originale](#), [image déchiffrée](#)) extraites du *Nautical Almanac*, utilisée dans les calculs de la figure 7. La distance Lune-Soleil réduite et corrigée de la réfraction et de la parallaxe était 102° 36' 08". Par interpolation des valeurs de la sixième et neuvièmes heure le 4 octobre on obtient une heure apparente à Greenwich de 6^h 23^m 39^s au moment de l'observation.

³ ... and a running fix used. Le *running fix* est la technique permettant de combiner deux observations non simultanées en prenant aussi en compte le déplacement du navire, le « transport d'observation »

⁴ La seule connaissance de la hauteur ne permet pas d'en déduire une heure, ou alors la méthode des distances lunaires pour remettre les pendules à l'heure n'aurait pas de raison d'être. Utilise-t-on une heure estimée ? La suite du texte le suggère, et suggère que l'heure utilisée à cette étape est celle à laquelle la hauteur observée est conforme à la hauteur calculée – par les éphémérides - pour ce point estimé.

⁵ Nevil Maskelyne (1732-1811), le cinquième astronome royal, est à l'origine de l'Almanach *Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris* annuel et de son annexe, les *Tables requisite to be used with the Astronomical and Nautical Ephemeris*, publications qui à partir de 1767 ont rendu la méthode des distances lunaires praticable par le navigateur ordinaire. Les *Tables requisite* contiennent les tables qui ne changent pas d'une année à l'autre telle que la dépression, la parallaxe et la réfraction ainsi que celles qui changent lentement telles que la position des étoiles, et ultérieurement les tables trigonométriques nécessaires.

entre limbes ⁶. Cette étape de correction prenait environ soixante pour cent du temps total des calculs. Un examen attentif des calculs reportés sur la grille (*figure 7*) montre que la distance observée au sextant était de $102^{\circ} 26' 55''$ qui, une fois corrigée du demi-diamètre, de la réfraction et de la parallaxe devient $102^{\circ} 36' 08''$. Rappelez-vous qu'une erreur d'une minute d'arc sur la distance se traduit par une erreur d'un demi-degré sur la longitude.

- 5) Trouver l'**heure apparente à Greenwich** à partir de la distance lunaire qu'on vient d'obtenir par interpolation des tables de distance de l'almanach (*figure 8*). Jusqu'en 1834, l'almanach tabulait le temps apparent (celui d'un cadran solaire) plutôt que le temps moyen (celui d'une horloge). Partant d'une distance lunaire vraie de $102^{\circ} 36' 08''$ l'interpolation de notre navigateur conduit à une heure apparente à Greenwich de $6^{\text{h}} 23^{\text{m}} 39^{\text{s}}$.
- 6) La **longitude** est alors la différence entre l'heure locale apparente et l'heure apparente à Greenwich, généralement exprimée en degrés, minutes et secondes d'arc. La différence qui ressort des calculs est de $1^{\text{h}} 56^{\text{m}} 43^{\text{s}}$ ou $29^{\circ} 11'$ "west" car "Greenwich time is best" ⁷.

...

L'apogée des distances lunaires est probablement la période entre 1780 et 1840. Toutefois, assez tôt dans cette période, les chronomètres devinrent suffisamment bon marché pour être présent sur les navires les mieux dotés, particulièrement ceux des Indes Orientales et les vaisseaux de guerre des postes étrangers. Bien que la longitude par le chronomètre soit intrinsèquement plus précise d'un facteur deux ⁸ et plus aisée pour les observations et calculs, les chronomètres n'étaient pas toujours fiables même si ceci pouvait être compensé en en ayant trois ou plus à bord (certains navires d'exploration en avaient jusqu'à 20 ⁹). De toutes manières ils devaient être initialement réglés de manière précise. Quelque soit le nombre de navigateurs qui pouvaient préférer la méthode du chronomètre, dans ces premiers temps les distances lunaires étaient encore indispensables pour surveiller la marche des chronomètres ¹⁰.

⁶ C'est à dire le bord externe de l'astre.

⁷ "Longitude east, Greenwich time least ; longitude west, Greenwich time best", procédé mnémotechnique enseigné à des générations de navigateurs astronomiques.

⁸ ?

⁹ Voir à ce sujet le *voyage autour du monde* de Jean-François de La Pérouse et l'inventaire de son matériel embarqué, version inexpurgée des détails nautiques in <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k87287r>, 2 Mo)

¹⁰ in La Pérouse : *Le résultat de nos observations nous fit voir que l'erreur du n° 19 n'avait été que de 18 secondes en retard depuis le 13 juillet, dernier jour de nos observations à Brest ; que celle de nos petites montres, n° 29 et n° 25, avait été pareillement en retard, pour la première, de 1 minute 0 seconde 7, et de 28 secondes seulement pour la seconde : ainsi, dans l'espace de quarante-trois jours, l'erreur la plus forte n'était encore que d'un quart de degré en longitude.* ouvrage cité, p. 17.