

14.3 Tout sauf GMT ^{1 2}

En général nous considérons, à juste titre, l'heure UTC comme l'aide non tangible primordiale pour la navigation astronomique. Mais, avec de la pratique, plus de travail et une certaine diminution de la précision, on peut même s'en passer, à condition d'avoir tout le reste ³. En bref, un navigateur astronomique expérimenté sait retrouver la longitude d'un lieu inconnu sans la connaissance de l'heure UTC. Et même avec l'heure UTC, la connaissance et la pratique de cette méthode apporte confiance et universalité à notre navigation. Bien sur il n'est pas très vraisemblable qu'un navire bien préparé finisse par perdre la notion de l'heure UTC tout en conservant tout le reste mais des choses plus étranges que ça ont été vue à la mer.

La principale vertu de cette méthode est que les navigateurs astronomiques savent déjà comment la pratiquer même s'ils ne savent pas qu'ils la pratiquent. Elle utilise uniquement un équipement standard et les méthodes usuelles de la navigation astronomique. La méthode historiquement mieux connue du calcul de la longitude par les distances lunaires ⁴ n'est plus très attrayante de nos jours à moins de disposer des tables spéciales nécessaires ou d'une calculette et des formules appropriées. Dans ces conditions, toutefois, la méthode des distances lunaires est potentiellement plus précise et plus générale. Reportez vous au livre de John Letcher mentionné dans la bibliographie ⁵. La meilleure approche et la plus pratique en situation critique est d'apprendre à utiliser la hauteur de la lune pour retrouver l'heure UTC car elle ne nécessite pas de mesures ou de procédures. La Lune est le seul corps céleste qui se déplace suffisamment vite parmi les étoiles pour être utilisable dans la détermination de l'heure. Le procédé impose seulement que la lune soit dans le quadrant Est ou Ouest ⁶ au crépuscule ⁷. Dans le cas contraire il suffit d'attendre quelques jours. Ceci ne garanti pas les conditions optimales pour cette procédure mais c'est généralement suffisant. De plus il sera évident ...⁸

Tout d'abord, estimez de votre mieux l'heure UTC et réglez votre montre à cette heure. Nous pouvons régler notre montre avec la même précision que celle de notre longitude (connue ou estimée), en utilisant l'heure observée de la méridienne ^{9 10} (Section 12.3), ce qui est facile avec des relèvements au sextant fait avant et après la culmination. Ensuite, avec votre montre réglée à cette heure approximative, faites une séquence méticuleuse de

¹ In David Burch : *Emergency Navigation, pathfinding techniques for the inquisitive and prudent mariner*. International Marine / Mc Graw Hill, Camden, Maine, 1986. Pages 222 à 227

² Philippe Bourbon, dans *La navigation astronomique, fondements, applications, perspectives*, Institut Océanographique Editeur, Paris, 2000, précise que l'Union Astronomique Internationale, tout comme les textes français réglementaires, proscrivent l'appellation Greenwich Mean Time (GMT) et suggère TU et encore UTC (*universal time coordinated*) « pour les navigateurs, qui n'aiment pas effectuer les corrections ». C'est donc UTC que j'utiliserai par la suite en lieu et place du GMT de D. Burch.

³ C'est à dire, sextant, tables, papier graphique, etc ... Un des buts de l'ouvrage étant de décrire les façons de continuer à s'en sortir lorsqu'un ou plusieurs éléments essentiels à une navigation viennent à manquer.

⁴ Ce qui est décrit ici est basé sur des hauteurs de lune et d'étoile et non sur une distance entre la lune et le soleil ou une étoile.

⁵ Letcher, John. *Self-Contained Celestial Navigation with H.O. 208*. Camden, Maine : International Marine Publishing Company, 1973

⁶ Il faut comprendre si cette contrainte est liée au choix – implicite - du point déterminatif (méthode de Lalande ou du parallèle estimé ?)

⁷ L'auteur utilise *twilight*, rien ne semble s'opposer à l'utilisation de cette méthode à l'aube (*dawn*).

⁸ Difficile de traduire *Furthermore, it will be obvious when you do this how well it might work when it is really called for*.

⁹ *watch time of LAN*

¹⁰ ou plutôt de *l'heure déduite de la culmination*, voir à ce sujet Ph. Bourdon (ouvrage cité) p. 106 *S'agissant des observations faites par un observateur embarqué, le terme de « méridienne » est impropre et ne doit jamais être utilisé.*

relèvements de la lune et d'étoiles au crépuscule en utilisant une lune dans l'ouest ou dans l'est et deux étoiles qui vous donneraient un bon point si vous disposiez de l'heure UTC. Faites les relèvements dans l'ordre ¹¹ première étoile, lune, deuxième étoile, et répétez cette séquence pour obtenir au moins quatre bons relevés de chaque corps céleste. Procédez aussi vite que possible sans sacrifier à la précision.

Ensuite, graphiquement, nous éliminerons les relèvements défectueux et déduirons des observations simultanées, comme si nous avions observées les trois corps en même temps. Ceci est là encore un procédé courant même si tous les navigateurs célestes ne le pratiquent pas. Pour chaque corps céleste, reportez sur une feuille de papier quadrillé les couples hauteur relevée au sextant et heure d'observation. Faites ensuite passer la meilleure droite ¹² par les points ainsi reportés en éliminant les points aberrants. Enfin choisissez une heure d'observation et déduisez des droites du graphique les hauteurs simultanées des trois corps à cet instant. De fait, le graphique moyenne les mesures et prend en compte le déplacement du navire pendant les mesures ¹³. Nous obtenons les hauteurs dont nous avons besoins à partir des droites alors même que nous n'avons pas fait de mesure à cette heure d'observation là. Nous avons maintenant trois bonnes hauteurs à une même heure bien que nous sachions que cette heure n'est pas correcte. Nous allons maintenant déterminer la déviation ¹⁴ de cette heure.

Traitez ¹⁵ chaque relevé de la manière habituelle en utilisant votre meilleure valeur estimée pour le lieu de l'observation et reportez vos droites de hauteur sur le papier spécial ¹⁶. Les droites d'étoile vont se couper à proximité de votre latitude exacte ¹⁷ mais la droite de lune ne passera pas par cette intersection si notre heure UTC est erronée. Toute l'astuce est maintenant d'ajuster l'heure de notre montre jusqu'à ce que la droite de lune s'accorde avec les droites d'étoile, nous ¹⁸ aurons alors notre longitude exacte et la déviation de la montre.

Si la lune avance (la droite de lune est à l'ouest du point d'étoile), la montre retarde et vice versa. Dans tous les cas votre position vraie est du côté « lune » du point d'étoile. A partir du tracé des droites de hauteur, relevez la différence de longitude entre le point ¹⁹ d'étoile et la droite de lune (là où cette dernière croise la latitude du point d'étoile) et faites une première estime de la correction à apporter à la montre, sur la base de deux minutes de temps par minute de longitude de différence. Recommencez vos calcul avec UTC corrigé et une nouvelle position estimée calculée de la manière suivante : la latitude reste celle de l'intersection des droites d'étoiles et la longitude est celle de l'intersection des droites d'étoile corrigée de la correction apportée à la montre ; pour chaque minute de temps déplacez votre longitude de 15 minutes d'arc du point d'intersection des droites d'étoile dans la direction de la droite de lune (et en la dépassant).

Après ces nouveaux calculs, la droite de lune va se rapprocher du point d'intersection des droites d'étoiles ²⁰ et nous répéterons le procédé jusqu'à ce que ces droites s'approchent

¹¹ *take the sights in rotation, rotation* dans le sens de *dans l'ordre, successivement*, ou dans le sens de *en tournant* ?

¹² *best-fit line*, ça a une définition ☺ : moyenne, moindre carré, ...

¹³ ? et alors ?

¹⁴ *we find out how much that time is off*

¹⁵ *do the sight reduction of each sight* ; N.D.T. je ne connais pas de bonne traduction pour *sight reduction*, Ph. Bourbon suggère *traitement d'une observation astronomique* et *table de calcul* pour *sight reduction table*

¹⁶ papier spécial imprimé avec graduation, table d'échelle et rapporteur à 360°, cf. Universal Plotting Sheets in <http://www.starpath.com/catalog/accessories/1825.htm>

¹⁷ *will intersect near your proper latitude*. Notez *Latitude* et non *position* !

¹⁸ nous, vous ... le français est-il plus exigeant que l'anglais dans la cohérence du pronom utilisé ?

¹⁹ Est-il licite de dire « point d'étoile » au lieu de « point d'intersection des droites de hauteur d'étoile » ?

²⁰ *the moon line will cross closer to the star fix*, en fait la distance selon une latitude portée à partir du point d'intersection des droites d'étoile, entre ce point et la droite de lune va diminuer à chaque itération de calcul. La lune étant dans l'Est ou l'Ouest, sa droite de hauteur est approximativement Nord-Sud et la distance –

bien ²¹. Ce procédé est très simple mais nécessite une construction soignée sur le papier quadrillé. Avec les feuilles *Universal Plotting Sheets* et des parallèles espacés de 3 pouces il faudra faire les constructions des premières étapes avec une échelle de 3 pouces pour 6° de latitude jusqu'à ce que la correction de la montre devienne inférieure à environ 20 minutes de temps, et utiliser ensuite une échelle de 3 pouces pour 60' de latitude, puis 6' et voir même 0,6' au fur et à mesure de la diminution de la correction à apporter à la montre.

Des mesures précises au sextant sont nécessaires pour que ce procédé conduise à des valeurs précises de la longitude et de l'heure UTC. La lune se déplace par rapport aux étoiles d'environ 12° par jour, c'est à dire 0,5' d'arc par minute de temps. En d'autres termes, chaque minute d'arc de différence de longitude entre lune et étoile se traduit par deux minutes de temps que nous utilisons pour corriger approximativement la montre. Ainsi une erreur de 1' d'arc dans une observation au sextant entraîne une erreur de 2' de temps sur l'heure et donc une erreur de 30' sur la longitude. Ceci est d'ailleurs optimiste car la lune ne se déplacera généralement pas dans la direction optimale lors de nos observations. En d'autres termes, si nous arrivons à retrouver notre longitude à 30' près à partir d'un point inconnu et sans disposer de l'heure UTC, nous nous en sortons bien. Toutefois, avec du soin, nous ne devrions pas faire pire ²².

Ce procédé très ingénieux a été d'abord décrit par John Letcher en 1964 bien que d'autres (dont Sir Francis Chichester ²³) l'aient découvert indépendamment, plus tard. L'ouvrage de John Letcher, *Self-Contained Celestial Navigation with H.O. 208* (International Marine Publishing Co., Camden, Maine, 1973), comporte de nombreux exemples numériques et des variantes de ce procédé. Des raffinements, extensions et limites de cette méthode ont été apportées (Kerst 1975 ²⁴, Luce 1977 ²⁵) mais pour une utilisation dans des situations critiques la forme la plus rudimentaire du procédé suffit. Il apparaîtra clairement par la pratique que le soin apporté aux relevés, calculs et constructions graphiques est essentiel pour une précision maximale. Toutefois, en situation critique nous n'avons pas besoin du niveau de précision que nous attendons dans une navigation sans histoire ²⁶.

Prenons l'exemple d'un navire qui d'une manière ou d'une autre se retrouve sans radio ou sans heure UTC et une estime mal entretenue après plusieurs jours à la voile dans la tempête ²⁷. Une fois la situation stabilisée, une culmination observée donne une latitude méridienne de 35° 30' N mais la longitude est inconnue. La meilleure estime de cette longitude à midi est 74° W. La montre est alors réglée en UTC en fonction de cette longitude estimée et de l'heure de la culmination. Le navire se déplace ²⁸ vers le SSW à environ 2,5 nœuds et au crépuscule, alors qu'une série de relevés de lune et d'étoile est faite, la position estimée est 35° 14' N, 74° 07' W. La date est le 24 mars 1985.

Quatre ou cinq relevés de *Régulus*, *Sirius* et le limbe inférieur de la Lune sont fait successivement et sont reportés graphiquement avec leurs heures d'observation. L'heure

analogue à une erreur de temps - évoquée est sensiblement une différence de longitude. Cette convergence de l'erreur sur le temps se produit-elle quelque soit l'azimut de la lune ?

²¹ *and we repeat the process until it coincides.*

²² *With care, though, we shouldn't have to do much worse than that.*

²³ Chichester, F. "Longitude without Time." *Journal of the Institute of Navigation* 19 (1966): 105.

²⁴ Kerst, D. W. "Longitude without Time." *Navigation : Journal of the Institute of Navigation* 22, no. 4 (1975-76): 283, and 25 no. 1 (Spring 1978) : 87

²⁵ Luce J. W. "Longitude without Time." *Navigation : Journal of the Institute of Navigation* 24, no. 2 (1977): 112

²⁶ *... we don't need the level of accuracy we expect in routine sailing.*

²⁷ *After several days of storm sailing with poor navigation records.*

²⁸ *The vessel is ghosting south-southwest ...*

d'observation retenue est 23^h 15^m 00^s UTC (relative au réglage de la montre fait à midi), les hauteurs déduites sur le graphique à partir des mesures au sextant sont :

<i>Régulus</i>	$H_0 = 39^\circ 51.6'$
<i>Sirius</i>	$H_0 = 38^\circ 07.1'$
Lune (l.i. ²⁹)	$H_0 = 30^\circ 32.1'$

Les calculs **initiaux**, sur la base d'une position estimée de 35° 14' N, 74° 07' W à 23^h 15^m 00^s UTC conduisent aux *intercept*³⁰ suivant :

<i>Régulus</i>	$H_v - H_e = 265,2'$	$A_{Ze} = 100,9^\circ$	vers l'astre
<i>Sirius</i>	$H_v - H_e = 11,6'$	$A_{Ze} = 175,0^\circ$	vers l'astre
Lune (l.i.)	$H_v - H_e = 266,8'$	$A_{Ze} = 236,6^\circ$	de l'astre

Ces droites, reportées sur le graphique à l'échelle de 3 pouces pour 6° de latitude conduisent aux résultats suivant : le point d'étoile (l'intersection des droites de hauteur d'étoile) est approximativement à 35° 26' N, 68° 37' W et la droite de hauteur de Lune est à environ 12' d'arc vers l'Ouest, due à une montre qui retarde d'environ 12' x 2 = 24 minutes de temps. Ces valeurs sont très approximatives à cause de l'échelle utilisée pour reporter de si grandes valeurs d'*intercept*. La correction en longitude est de 360' d'arc (24 minutes de temps, chacune équivalentes à 15 minutes d'arc) soit 6° à l'Ouest du point d'étoile. Nous corrigeons la montre en lui ajoutant 24 minutes et nous obtenons la nouvelle position estimée en ajoutant 6° Ouest à la longitude du point d'étoile tout en conservant telle quelle sa latitude.

Les **seconds** calculs (voir *Figure 14-6*³¹) effectués à partir d'une position estimée de 35° 26' N, 74° 37' W à 23^h 29^m 00^s UTC conduisent aux *intercept* suivant :

<i>Régulus</i>	$H_v - H_e = 4,8'$	$A_{Ze} = 105,0^\circ$	vers l'astre
<i>Sirius</i>	$H_v - H_e = 15,8'$	$A_{Ze} = 181,7^\circ$	vers l'astre
Lune (l.i.)	$H_v - H_e = 6,2'$	$A_{Ze} = 266,8^\circ$	de l'astre

Ces droites, reportées sur le graphique à l'échelle de 3 pouces pour 6' de latitude conduisent aux résultats suivant : le point d'étoile (l'intersection des droites de hauteur d'étoile) est à 35° 9,2' N, 74° 36' W et la droite de hauteur de Lune est à environ 7,7' d'arc vers l'Est, due à une montre qui avance d'environ 7,7' x 2 = 15,4 = 15 minutes et 24 secondes de temps. La correction en longitude est de 231' d'arc (15.4 minutes de temps, chacune équivalentes à 15 minutes d'arc) soit 3° 51' à l'Est du point d'étoile. Nous corrigeons la montre en lui retranchant 15 minutes et 24 secondes et nous obtenons la nouvelle position estimée en ajoutant 3° 51' Est à la longitude du point d'étoile tout en conservant telle quelle sa latitude.

Les **troisièmes** calculs effectués à partir d'une position estimée de 35° 9,2' N, 70° 45' W à 23^h 23^m 36^s UTC conduisent aux *intercept* suivant :

<i>Régulus</i>	$H_v - H_e = 0,1'$	$A_{Ze} = 104,8^\circ$	vers l'astre
<i>Sirius</i>	$H_v - H_e = 1,0'$	$A_{Ze} = 181,7^\circ$	de l'astre
Lune (l.i.)	$H_v - H_e = 0,7'$	$A_{Ze} = 263,6^\circ$	vers l'astre

Ces droites, reportées sur le graphique à l'échelle de 3 pouces pour 0,6' de latitude conduisent aux résultats suivant : le point d'étoile (l'intersection des droites de hauteur

²⁹ l.i. pour "limbe inférieur", pas de croissant souligné sur mon clavier ☺

³⁰ Ph. Bourbon précise : La quantité $H_v - H_e$ est appelée par les Anglo-Saxons *intercept* de la droite. Beaucoup de navigateurs français adoptant assez facilement le vocabulaire de nos voisins, emploient aussi ce terme. Nous sommes libres de ne pas céder à ce penchant, tout en concédant qu'il n'existe pas en français de terme pour exprimer cette quantité.

³¹ Pas de figure pour l'instant. Il faudrait scanner, ou mieux, reconstruire, le graphique. Sur cette figure on voit 3 droites de hauteur construites à partir de 74° 37' W et 35° 26' N, en direction du 105° et 181° (étoiles) et 86° (lune, -266°) avec des intercepts de 4,8, 15,8 et 6,2. Les droites d'étoiles se recoupent vers le bas du dessin, presque à la même longitude 74° 37' W, la droite de lune est à droite de ce dernier point et – à latitude constante – à 7,7' à l'Est de ce point. Bravo si vous arrivez à reconstituer, vous avez alors compris.

d'étoile) est à 35° 10,2' N, 74° 44,6' W et la droite de hauteur de Lune est à environ 1,3' d'arc vers l'Ouest, due à une montre qui retarde d'environ 1,3' x 2 = 2,6 = 2 minutes et 36 secondes de temps. La correction en longitude est de 39' d'arc (2,6 minutes de temps, chacune équivalentes à 15 minutes d'arc) soit 39' à l'Ouest du point d'étoile. Nous corrigeons la montre en lui ajoutant 2 minutes et 36 secondes et nous obtenons la nouvelle position estimée en ajoutant 39' Ouest à la longitude du point d'étoile tout en conservant telle quelle sa latitude.

Les **quatrièmes** calculs (voir *Figure 14-7*³²) effectués à partir d'une position estimée de 35° 10,2' N, 71° 23,6' W à 23^h 26^m 19^s UTC conduisent aux *intercept* suivant :

Régulus	$H_v - H_e =$	1,4'	$A_{ze} =$	104,8°	de l'astre
Sirius	$H_v - H_e =$	0,0'	$A_{ze} =$	181,8°	vers l'astre
Lune (l.i.)	$H_v - H_e =$	1,3'	$A_{ze} =$	267,0°	vers l'astre

Ces droites, reportées sur le graphique à l'échelle de 3 pouces pour 0,6' de latitude conduisent aux résultats suivant : le point d'étoile (l'intersection des droites de hauteur d'étoile) est à 35° 10,2' N, 71° 25,4' W et la droite de hauteur de Lune est à environ 0,2' d'arc vers l'Est, due à une montre qui avance d'environ 0,2' x 2 = 0,4 = 24 secondes de temps. La correction en longitude est de 6' d'arc (0,4 minutes de temps, chacune équivalentes à 15 minutes d'arc) soit 6' à l'Est du point d'étoile. Nous corrigeons la montre en lui retranchant 24 secondes et nous obtenons notre longitude finale 71° 19,4' W en ajoutant 6' Est (retranchant 6') à la longitude du point d'étoile tout en conservant telle quelle sa latitude. L'heure devient 23^h 25^m 55^s. La montre retardait de 10^m 55^s telle et notre longitude estimée lors de la culmination était très erronée³³

La précision sur l'heure UTC dépend au final de la précision des mesure des hauteurs, même si vous devez effectuer des calculs précis et une construction graphique soignée pour obtenir des résultats consistants. Si la construction graphique n'est pas précise il faudra plus d'étapes de calcul pour trouver l'heure UTC qui rapproche bien les droites. Il y a des moyens d'accélérer le procédé mais il est sans doute plus commode de se rappeler les étapes de base et d'arriver au résultat par simple répétition.

Si vous travaillez sur cette exemple à titre d'exercice vous n'obtiendrez sans doute pas les mêmes valeurs d'*intercept* ni les mêmes points d'étoile dans la mesure ou ils dépendent de la méthode de calcul³⁴ utilisée et la précision de la construction graphique - cet exemple a été choisi au hasard, traité par une calculette et reporté sur le graphique avec rien de plus que le soin habituel – mais vous devriez arriver sensiblement au mêmes résultats pour la longitude et l'heure UTC à chaque étape, et certainement au même résultat final. Pour bien voir comment ça marche, essayez avec d'autres valeurs estimées pour l'heure et la longitude initiale. Voici un résumé qui met en évidence l'évolution de la position et de l'heure UTC après chaque étape de calcul :

Etape	Latitude	Longitude	UTC	dérive de la montre
estime	35° 14'N	74° 7'W	23 ^h 15 ^m 00 ^s	?
1 ^{er}	35° 26'N	74° 37'W	23 ^h 39 ^m 00 ^s	24 ^m retarde
2 ^{ème}	35° 9,2'N	74° 45'W	23 ^h 23 ^m 36 ^s	8 ^m 36 ^s retarde
3 ^{ème}	35° 10,2'N	71° 23,6'W	23 ^h 26 ^m 19 ^s	11 ^m 36 ^s retarde
4 ^{ème}	35° 10,2'N	71° 19,4'W	23 ^h 25 ^m 55 ^s	10 ^m 55 ^s retarde

³² Même observation que pour la figure 14-6. Du point 71°23,6' W, 35° 10,2' N partent deux traits vers la gauche, vers le 284° (régulus) et le 267° (lune) et un vers le bas, vers le 182° (sirius). Les droites de hauteurs de Régulus et la Lune sont presque parallèles et à gauche du point initial, et d'ailleurs à 1,8' de ce point. La droite de hauteur de sirius passe quasiment par le point initial et intersecte celle de regulus à 0,2' **seulement** à l'ouest du point ou la droite de hauteur de la lune intersecte la latitude 35° 10,2'. Vous suivez toujours ...

³³ *Our longitude guess at LAN was quite a bit off.* Je ne suis pas trop sûr du sens de *off*.

³⁴ ... *Depend on the sight reduction method used and precision in plotting*

Remarquez que la latitude s'améliore rapidement bien que la première étape de calcul ne soit pas vraiment significative. Nous aurions dû la répéter même si nous avions eu une bonne valeur de l'heure UTC car la position de l'estime était trop éloignée de la réalité.

La pratique de ce procédé est une très bonne formation à la navigation astronomique. Avec un peu d'expérience vous constaterez qu'il peut être étendu aux observations de Soleil et de Lune pendant la journée. Disposant d'une bonne latitude à partir de la culmination vous pourrez le pratiquer chaque fois que soleil et lune sont dans la même direction ou des directions opposées.

Si vous connaissez l'heure mais avez seulement perdu la date – ce qui n'est pas invraisemblable, comme on peut s'en apercevoir à terre – une seule étape de calcul sur le couple étoile – lune ou étoile – soleil pour chaque jour possible résoudra le problème. La lune se déplace de 12° par jour aussi seul un calcul avec le jour correct pourra donner un point proche du point estimé. Vous pouvez tout aussi bien simplement regarder le ciel la nuit, comme le montre la *Figure 7-1*³⁵ et constater qu'il est aisé d'identifier ce décalage quotidien de 12° par rapport aux étoiles. Pour repérer la position exacte de la lune dans les étoiles pour chacun des jours en questions, calculez son ascension verse à l'instant de votre observation envisagée par³⁶ :

$$AVa_{lune} = AHao_{lune} - AHso \quad ^{37}$$

Ascension verse_{lune} = Angle Horaire rapporté à Greenwich_{lune} – Angle Horaire du point vernal rapporté à Greenwich

Et utilisez ça et la déclinaison de la lune pour effectuer un report sur la carte des étoiles de l'almanach nautique. Un star-finder 2102-D est aussi très commode pour cette utilisation là.

³⁵ Oh, je vais pas vous raconter toutes les images du livre ... cette figure là montre un ciel nocturne avec constellations et lunes distantes de 12° entre elle ainsi qu'une main ouverte à bras tendu. Le commentaire dit : « mouvement vers l'est de la lune à travers les étoiles. La lune se déplace à travers le zodiac, de 12° vers l'Est d'une nuit à la suivante ». Le texte du chapitre ajoute : « 12° est environ la moitié d'une main complètement étendue, bout de bras »

³⁶ le texte anglais dit : $SHA_{moon} = GHA_{moon} - GHA_{aries}$

³⁷ P. Bressier quand à lui, note : $AVa_{lune} = AHap_{lune} - AHsp_{lune}$