

Principio de la situación con el método de las distancias lunares

Desde años, la teoría de las distancias lunares me ha interesado y he estudiado más profundamente este método que permite determinar la situación de un barco en alta mar. Las tablas astronómicas actuales me han ayudado mucho y he tenido la suerte de tener apoyos en la biblioteca del Museo naval de Madrid.

Con el avance de las matemáticas y de los instrumentos de medidas actuales se puede, con cierta facilidad, determinar la situación de un buque, sin cronometro, pero con la ayuda de una ampolleta o, más sencillamente, midiendo mentalmente los segundos entre las medidas, método muy fácil de aplicar.

He llegado a la conclusión de que este método ofrece una precisión media, pero suficiente para situarse en alta mar.

Cristóbal Colon y los navegantes-astrónomos que le acompañaban habrían podido conocer su longitud con bastante precisión, tanto en la mar como en tierra, y esto con el enorme y preciso astrolabio que Juan de la Cosa llevo desde su querido puerto de Santoña. Pero en 1492 no había ningún instrumento de medida angular entre dos astros (necesidad de un instrumento óptico) y las efemérides de dicha época no tenían la precisión que tuvieron más tarde, en tiempo de Maskelin que dirigía el observatorio de Greenwich en el siglo XVIII.

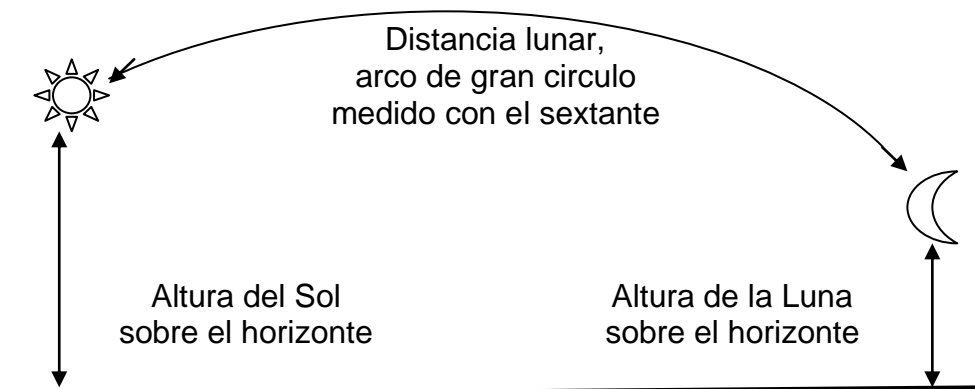
El método es un poco pesado, largo y las medidas son difíciles de obtener con una precisión adecuada. No se debe olvidar que unos 4 segundos de tiempo representan 1 minuto de arco, el cual mide una milla, o sea 1852 metros según las normas actuales de la OMI.

Quizá es el momento de recordarnos que los mejores sextantes de hoy en día nos dan una precisión del orden de 0.5' entre dos observadores distintos, es decir el límite de la percepción del ojo humano.

Entre los varios métodos para determinar la longitud sin cronometro, el más estudiado y mas debatido es por cierto el de las distancias lunares.

Al parecer, el primero que tuvo la idea de este método fué Amerigo Vespucci. Otros estudiaron el método tal como Frius, Kepler, Morin, Halley, La Lande, sin olvidar Maskelin, su ultimo defensor, que luchó contra la idea misma del cronometro propuesto por Harrison.

Hoy en día se sabe que los chinos así como los egipcios conocían y utilizaban el método, muchos años antes de que Europa volviera a descubrir esta técnica.



No vamos a debatir aquí la evolución del método a lo largo de los siglos. Solo vamos a estudiar el principio y la posibilidad de una aplicación más sencilla, habida cuenta de los métodos de cálculo actuales.

Nuestro estudio se limitará a las distancias lunares, pero por supuesto el principio sigue siendo el mismo para otros astros que no sean la Luna y el Sol.

No podemos olvidar tampoco que este método permitió al circunnavegante americano Joshua Slocum, así como al francés Bernard Moitessier situarse en zonas peligrosas con gran precisión, sin cronometro. De manera general el método de las distancias lunares se siguió utilizando con éxito hasta el siglo XX.

Un poco de teoría

La Luna es el astro más cercano a nuestra Tierra. De hecho, la posición de nuestro satélite cambia rápidamente en relación con las estrellas, planetas o el Sol.

Sabemos que la Luna da la vuelta a la bóveda celeste en poco menos de un mes. Así, la distancia entre la Luna y una estrella varía de manera significativa en el tiempo.

De media, la Luna avanza de unos 12° por día con respecto a las estrellas, es decir unos 30' por hora, prácticamente el valor de su diámetro.

Tenemos efemérides específicas para esto pero podemos también calcular con anticipación la distancia Sol-Luna para distintas horas en el meridiano de origen (Greenwich). Actualmente las tablas de navegación HO son las más adecuadas para estos cálculos.

Comparando la distancia lunar que hemos calculado con la medida que se puede tomar a bordo del barco, obtenemos la diferencia en tiempo con respecto al valor en el meridiano de origen.

Dicho de otra manera, sabiendo que la distancia lunar medida con el sextante de abordaje corresponde a una hora TU muy concreta, podemos obtener la hora local en el barco y calcular con los métodos habituales la situación que corresponde a las alturas de los astros utilizados, en nuestro caso la Luna y el Sol.

En la práctica

Tenemos que tomar a la vez la altura del Sol, la de la Luna y, además, la distancia entre ambos astros. Son muchas medidas juntas, pero si no tenemos un cronometro de marina hay que aceptar unas dificultades más.

Anotar que es necesario disponer de una solución para medir diferencias de tiempo, por ejemplo con un reloj de pulsera, una ampolleta, etc. También se pueden contar los segundos de tiempo que pasan, funciona muy bien y con una precisión suficiente.

Las dificultades

Hoy día ya no existen las tablas efemérides que daban las distancias lunares de 3 en 3 horas o las tablas del BRITISH MARINER'S GUIDE que proponía Maskelin a los almirantes de su graciosa majestad británica. Los CONOCIMIENTOS DEL TIEMPO, en versión francesa o española, así como el BOWDITCH americano ya no dan a los navegantes este tipo de información.

También hay que tener en cuenta las dificultades que supone tomar las medidas en sí. Como necesitamos mucha precisión, habrá que corregir al máximo las alturas, utilizando los datos de correcciones de las tablas astronómicas que figuran en las efemérides.

Sería oportuno tomar una distancia lunar que esté en el camino de nuestro satélite: en este camino se nota más el movimiento horario por ser más rápido. Así podemos mejorar la precisión. Se puede apreciar la trayectoria de la Luna en el cielo tomando la bisectriz del ángulo que marcan las dos cuernas del creciente lunar.

Se aconseja tomar una serie de medidas y anotar los valores en un gráfico y esto para cada astro y/o medida de ángulo. Así se pueden eliminar las medidas erróneas y también podemos realizar interpolaciones.

La experiencia nos dice que es preferible tomar medidas en el siguiente orden:

- altura de la Luna
- altura del Sol
- distancia Luna-Sol

En tiempos pasados no era inhabitual que tres personas distintas tomaran todas estas medidas al mismo tiempo, cada uno con su sextante!

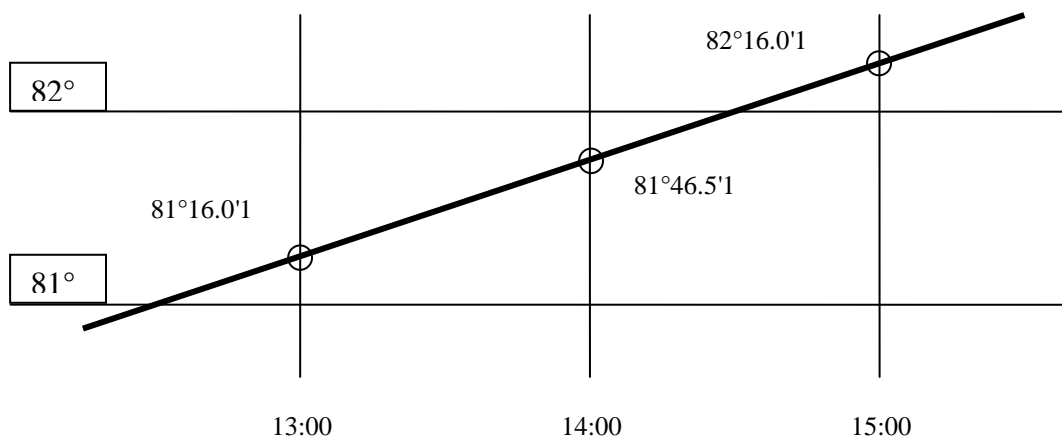
Con el método propuesto anteriormente significa que tenemos en el buque una posibilidad de medir, sino la hora, al menos el tiempo pasado entre las medidas. Hasta un viejo despertador puede ser suficiente, pero se puede perfectamente contar los segundos separando las medidas, al igual que se practica cuando se determina el periodo de la luz de un faro. El resultado es quizás un poco menos preciso, pero ya veremos los límites de este método.

Queda claro que el marino tiene cierta idea de la situación donde está su barco, tanto con el método de las distancias lunares como con los métodos actuales de navegación astronómica.

Búsqueda de la distancia lunar calculada (efemérides)

Como ya no existen las tablas de distancias lunares, tenemos que reconstruirlas, con las tablas HO, no entro en detalles.

Con un trabajo bastante simple (resolución de un triángulo esférico) obtenemos los valores para las horas TU que nos interesan, resultados que podemos también presentar bajo forma de gráfico.



Admitiendo que la progresión es lineal, podemos pues indicar, para cada instante entre dos horas redondas (13:00 - 14:00), el valor de la distancia lunar y vice-versa. Desde un punto de vista matemático y práctico se demuestra que tenemos una precisión más que suficiente de los valores y que la progresión de estos es efectivamente lineal.

Es un poco como un horario de autobús o de ferrocarriles:

Sabiendo la hora, sabemos dónde estamos.

Conociendo nuestra posición, podemos conocer la hora.

Correcciones de las medidas obtenidas con el sextante

Como es usual, empezamos por corregir el sextante de sus errores instrumentales.

Luego, tenemos que tener en cuenta el medio-diámetro de los astros, basándonos en las tablas de las efemérides náuticas, pero no tenemos que tener cuenta de la depresión debida a la altura del observador porque no entra en cuenta el horizonte.

Ahora tenemos que corregir la reflexión y de la paralaje.

Sabemos que la corrección de la paralaje es debida al hecho que no estamos en el centro de la Tierra. El ángulo corresponde al radio que representaría la Tierra, vista desde el astro observado (Sol, Luna, etc.). El valor depende de la altura del astro por encima del horizonte. Es máximo cuando la altura es nula y nulo cuando el astro está en el cenit.

Hay que recordar que el valor de la corrección de paralaje es siempre negativa, la reflexión de los rayos luminosos a través de la atmósfera terrestre hace que el astro siempre parezca más alto que lo que está en realidad. Por ejemplo en el ocaso, el centro real del Sol está exactamente en el horizonte cuando se ve todavía un tercio de su diámetro por encima del horizonte.

En cuanto a la paralaje, siempre es positiva y puede alcanzar, en el caso de la Luna hasta 1°.

Con una simple regla de tres, o con un gráfico podemos determinar ahora la hora UT a la cual corresponde la distancia lunar verdadera D_1 , medida corregida de todos los datos que hemos visto precedentemente.

Podemos ahora pasar a los cálculos astronómicos convencionales y determinar nuestra posición, utilizando las medidas de altura de la Luna y del Sol, por medio de dos rectas de altura.

Sabemos que no se pueda determinar la situación en longitud y en latitud con una sola observación. Necesitamos varias medidas para obtener un punto preciso.

Con una sola observación, vamos a obtener un lugar de posiciones en forma de círculo de alturas iguales. Dos observaciones nos van a proporcionar dos puntos de intersección de dos círculos, es decir dos posiciones fijas de las cuales una se puede eliminar en toda lógica.

Ejemplo de distancia lunar

Para ilustrar el método vamos a utilizar una situación concreta con los elementos siguientes:

El 23 de abril 2007, un poco después de la meridiana estamos en una posición estimada de $L_e = 49^\circ$ N con una longitud supuesta de algo como $G_e = 008^\circ$ W, sin cronometro.

Tomamos una serie de medidas con el sextante:

- Sol H_i	$50^\circ 00.5'$	tiempo	00m 00s
- Sol H_i	$49^\circ 56.5'$		01m 24s
- Luna H_i	$32^\circ 50.0'$		02m 50s
- Sol H_i	$49^\circ 42.0'$		03m 10s
- Distancia lunar D_l	$82^\circ 49.5'$		03m 40s
- Luna H_i	$33^\circ 06.0'$		04m 20s
- Sol H_i	$49^\circ 38.0'$		04m 40s
- Luna H_i	$33^\circ 13.0'$		05m 07s

Como primer paso, vamos a calcular las distancias Luna – Sol (D_l) utilizando las efemérides y creando una tabla de distancias lunares.

Se puede también buscar estas distancias en Internet, en la pagina <www.staf.science.uu.nl/tables_lunar_distance>

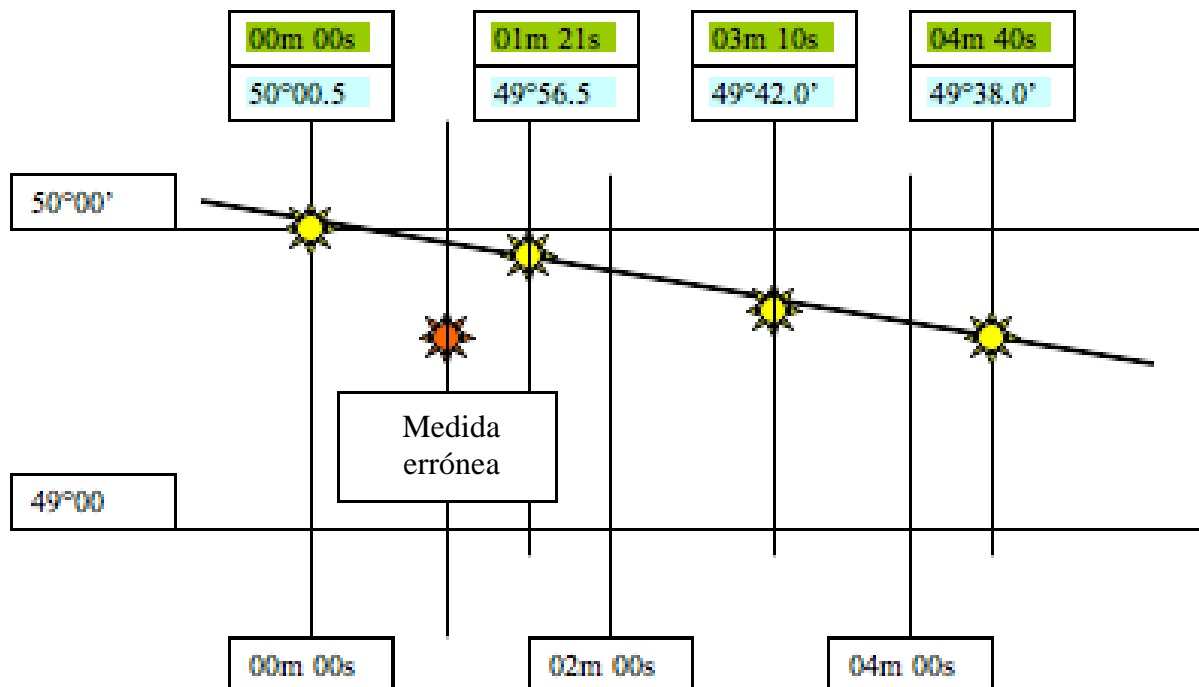
En una longitud estimada de 8° W, el Sol pasa por el meridiano un poco más de 30 minutos después de haber pasado por el de Greenwich (15° a la hora).

Con un margen suficiente podemos estimar que estamos entre las 13h y las 14h TU.

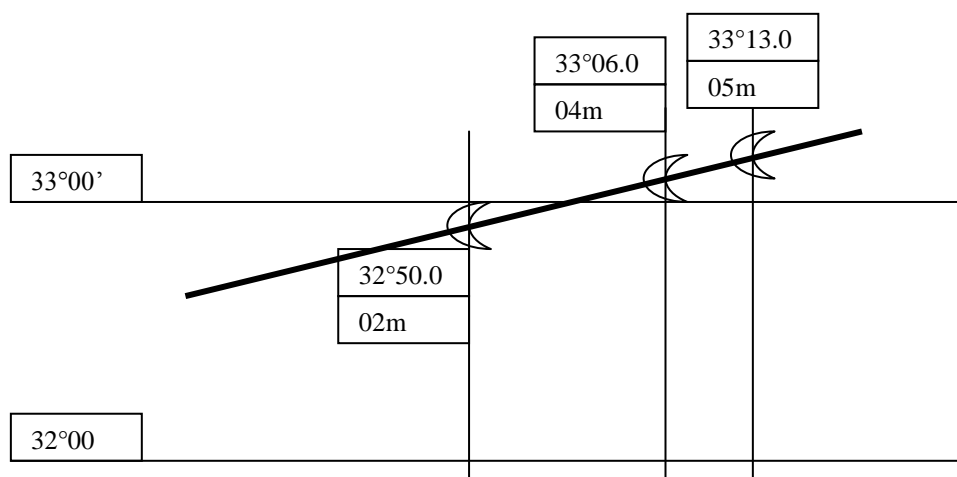
Se puede poner esta evolución de la D_l de forma grafica, con el grafico que vemos aquí arriba.

Se nota a primera vista como aumenta de la D_l y que este es linear presentando, en la fecha del 23 de abril 2007, un valor de $30.0'$ por hora.

Las alturas del Sol se trazan también bajo forma de grafico. Se puede ver que la disminución de las alturas de Sol (estamos por la tarde) en los pocos minutos progresan de forma linear. En caso de necesidad, se puede apreciar a primera vista las eventuales medidas erróneas.



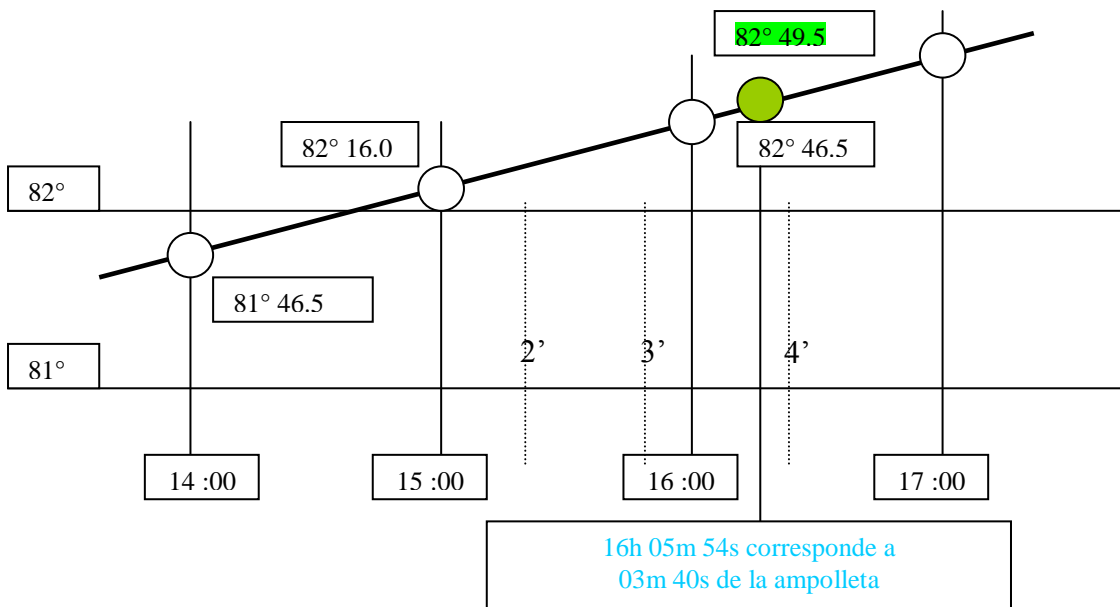
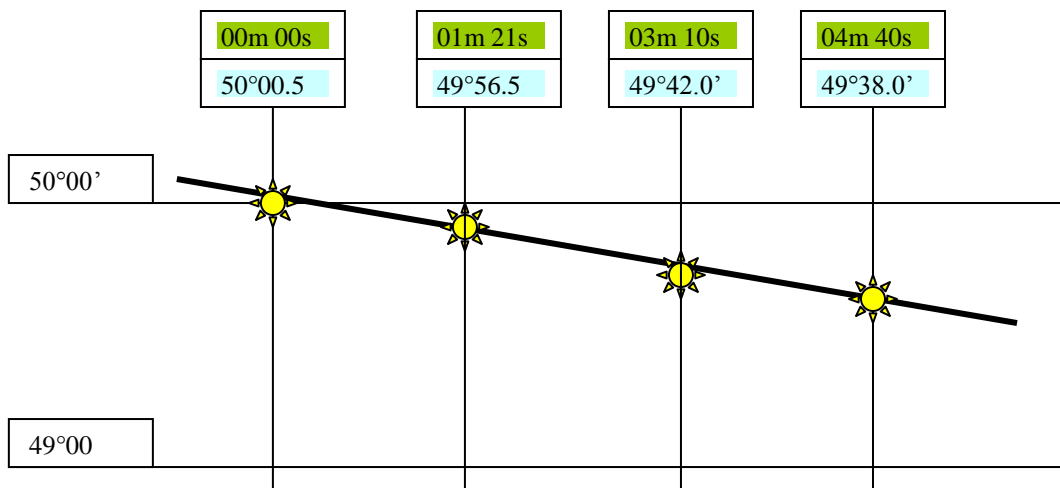
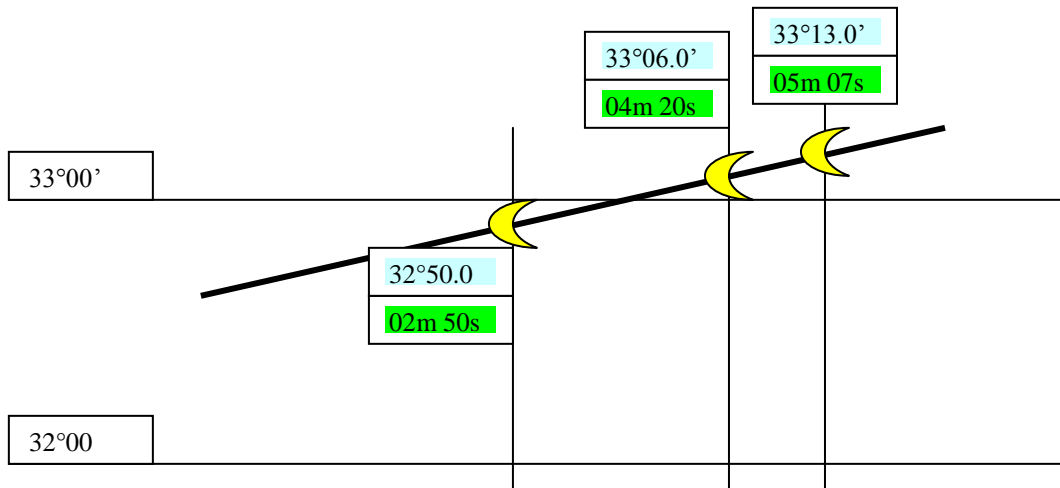
Se procede de la misma manera con las alturas de la Luna, las cuales se ven también bajo forma de progresión lineal.



Por ahora, podemos afirmar que en el instante de la medición de la distancia lunar D_1 , o sea en el tiempo 03m 40s de nuestro instrumento de medida de tiempo (cronometro – ampolleta - reloj), las alturas de los astros eran respectivamente de:

$H_0 = 32^\circ 57.0'$ para la Luna, $H_0 = 49^\circ 42.5'$ para el Sol, con $D_0 = 81^\circ 49.5'$ como distancia lunar.

A la página siguiente se pueden ver los tres gráficos a la vez.



Determinación de la hora TU

Nos queda por determinar a qué hora exacta corresponde esta distancia lunar verdadera (corregida), tomando en cuenta el gráfico elaborado en el punto 4 aquí arriba. Estamos un poco antes de las 14h TU, más concretamente a las 13h 53m.

Por supuesto el método gráfico no permite más precisión, lo que podrían hacer los cálculos matemáticos.

A notar también que la precisión de las tablas HO /AP utilizadas en nuestros cálculos, no excede el medio-minuto, al igual que la precisión del ojo humano en una medición con el sextante.

Posición

Tomamos ahora las alturas del Sol y de la Luna a la hora común correspondiente a la D_1 medida, es decir las 13h 53m, que corresponde a los 03m 40s de nuestras medidas.

Para el Sol, tenemos

$$H_s = 49^\circ 54.0'$$

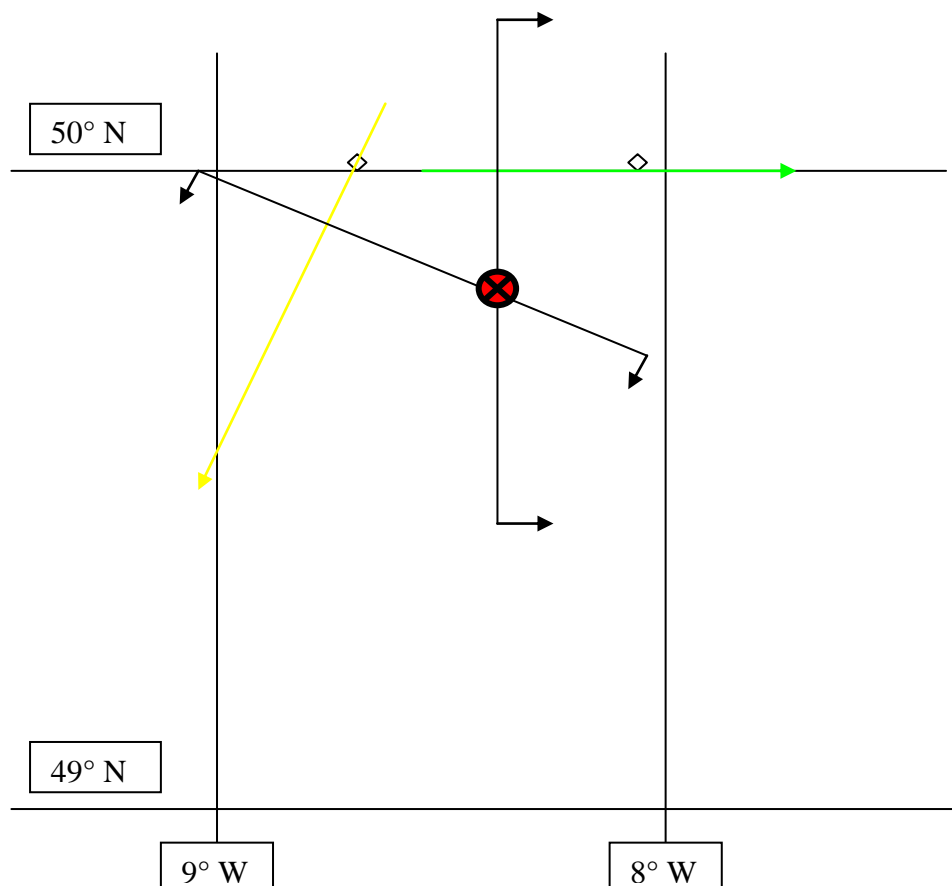
Para la Luna, la medida es

$$H_v = 33^\circ 55.4'$$

Con los métodos usuales obtenemos:

Para el Sol, un intercept de 7.5 M más cerca, con un G_a de $008^\circ 39.3$ y un azimut Z_v de 211° .

- Para la Luna, un intercept de 14.5 M más lejos, con un G_a de $008^\circ 02.4$ y un azimut Z_v de 090° .



Bibliografía y et crédito imágenes

- Clés de voûtes, Leïla Haddad et Alain Cirou, Ed, Seuil AFA, Paris 2001
- Regimento de navegación, Pedro de Medina, 1563, Facsimile Instituto de España, 1964
- Nicholl's Concise Guide, Brown & Ferguson, Galsgow, 1961
- Longitude, Dava Sobel, Walker and Compagny, New York 1995
- American Practical Navigator, Nathaniel Bowditch, US Navy Hydrographic Office, Washington, 1962
- Personal notes, Reymond, University of Southampton, 1964
- Cours de navigation astronomique, P.-A. Reymond, CMKCI, Lausanne et Neuchâtel, 1983 et 2007

P.-A. Reymond© 10-11-2016