Formation :
Officer in charge of navigational watch

Niveau :
Opérationnel

Cahier pratique de navigation

Ocean & Celestial Navigation

Éléments et applications









A. Charbonnel

Année 2021-20222

Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Table des matières

Remarques préliminaires 1

I Navigation océanique **3**

1 Calcul orthodromique **5**
Formules et erreurs du calcul orthodromique 7
Orthodromie et triangle sphérique : démonstration des formules d'orthodromie 11
EXERCICES : Calculs orthodromiques 15

2 Cartes et orthodromie **21**
Synthèse sur les cartes orthodromiques 23
Utilisation des cartes américaines Great circles 29
Mode d'emploi des abaques 101N 33
Histoire de Rackham le rouge 35
EXERCICES : Trajets orthodromiques et cartes 37
Canevas de Mercator 41

II Navigation astronomique **43**

3 Éléments d'astronomie nautique **45**
Les différents temps 47
The nautical Almanac : daily pages use 53
EXERCICES :Temps,coordonnées astronomiques et Nautical Almanac 57

4 Identification des astres **61**
Identification des astres à vue 63
Star-finder 2102-D 71
Extrait du Nautical Almanac 2003 79
Choix de l'heure d'un point astronomique 83
EXERCICES : identification et exploitation du star-finder 85

5 Sextant **87**
Exploitation du sextant 89
Principes de correction des hauteurs 99
Rappels sur les arcs capables 107
EXERCICES : Exploitation du sextant 109
EXERCICES : Correction de hauteurs de différents astres 111

6 Droites de hauteur **115**
Éléments méthodologiques - Marcq St Hilaire 117
EXERCICES : droites de hauteurs 129
Extraits du Nautical almanac 133
Universal Plotting sheet 137

7 Latitude par la polaire et variation du compas **143**
Principe - Latitude et variation par la polaire 145
Principe - variation du compas par la hauteur et par l'heure 149
EXERCICES - variation du compas et latitude par la polaire 153

8 Latitude par la méridienne **155**
Principe - Latitude par la méridienne 157
EXERCICES : Latitude par la méridienne 159

Feuillet de proposition de correction **161**

AVERTISSEMENT

A PROPOS DU TRAVAIL PERSONNEL
Un travail personnel IMPORTANT est INDISPENSABLE en amont et en aval des séances afin de pouvoir acquérir les compétences et connaissances requises.

MATÉRIEL
Pour chaque séance, vous devez avoir le matériel nécessaire à la séance à savoir

Systématiquement :

- ✔ ***polycopiés***
- ✔ ***exercices préparés,***
- ✔ ***carnet du marin rempli***
- ✔ ***crayons***
- ✔ ***papier***
- ✔ ***calculatrice***

Selon la séance :

- ✔ ***règle cras***
- ✔ ***pointe sèche***
- ✔ ***gomme***
- ✔ ***Nautical almanac***
- ✔ ***Starfinder***

En l'absence de ce matériel, vous ne serez pas admis en TD.

ABSENCES :
En cas d'absence, il est impératif de justifier son absence au plus tôt (par mail par exemple) **auprès de l'enseignant.**
Toute absence non justifiée entraînera la note zéro sur les séances évaluées.

SUPPORTS

Polycopiés

Le ***Cahier pratique de navigation*****,** est divisé en chapitres thématiques qui comportent :

- des fiches supports : synthèse sur des points importants vus en cours et nécessaires pour la réalisation des applications ;
- des fiches d'activités pratiques : travail préparatoire et ateliers à réaliser en travaux dirigés ou en autonomie

En fin d'ouvrage une fiche vous permet de signaler d'éventuels erreurs de fond comme de forme ou vos commentaires. Cette fiche vous sera demandée en fin d'année scolaire.
Pour l'année 2020/2021, le contenu de ce polycopié vous sera distribué chapitre par chapitre au fil des séances

Le *Portefeuille de compétences* liste les compétences que vous devez acquérir. Ce portefeuille n'est pas exhaustif mais vous donne une bonne indication des connaissances et compétences à maîtriser. Après avoir réalisé les exercices, vous pourrez vous en servirez comme outil d'auto-évaluation.
Ce polycopié n'est fourni que sur demande ; vous pouvez trouver la version informatique dans les ressources en lignes.

Ressources en ligne

Vous trouverez l'ensemble des polycopiés et d'autres supports de formation (liens, quiz d'entraînement, éléments de correction) sous www.nemo.profmarine.fr.

Pour y accéder vous devez vous enregistrer sur la plateforme et vous inscrire sur le cours *Ocean & Celestial Navigation*

Documents de travail complémentaire

Vous sera distribué en parallèle de ce cahier des documents qui seront à rendre intact en fin d'année :

- Nautical Almanac
- Starfinder

Pour les exercices sur les cartes orthodromiques, les cartes sont accessibles en passerelle (salle 305)

ORGANISATION DES TD/TP

Il est prévu 18h de TD/TP sur le thème « Ocean & Celestial Navigation ; découpées en 12 séances séances d'une heure et demi.
Un travail personnel est à réaliser avant et après chaque séance ; ce travail vous sera précisé soit par mail soit durant les séances. En outre les pré-requis pour chaque séance sont partiellement indiqués en début de chaque fiche d'exercices.

Planification prévisionnelle

Dix huit heures de TD/TP Astronomical & Ocean navigation sont programmées en 12 séances d'une heure et demi. Le programme prévisionnel concernant ces séances est défini page suivante.

Séance de cours magistral		Séance de Travaux dirigés	
CM1	L'orthodromie		
CM2	L'orthodromie		
		TD1	TD orthodromie
CM3	Les astres		
CM4	Culture générale de cosmographie		
CM5	Culture générale de cosmographie		
CM6	Culture générale de cosmographie		
CM7	Culture générale de cosmographie		
		TD2	TD Cosmographie et documents astro
CM8	Sextant		
CM9	Sextant		
CM10	Correction de hauteur		
		TD3	TD/TP Sextant et documents astro
		TD4	TD correction de hauteur
CM11	Identification d'astres		
		TD5	TD starfinder
CM12	Variation du compas		
		TD6	TD variation du compas
CM13	Point astronomique		
		TD7	TD droite de hauteur
		TD8	TD transport de droites de hauteur
CM14	La méridienne		
		TD9	TD méridienne
CM15	La polaire		
		TD10	TD polaire
CM16	Point astronomique		
		TD11	TD révision
		TD12	TD synthèse

Réalisation des TD/TP

Avant chaque séance , il est nécessaire de :

- réaliser le travail préparatoire
- réaliser les révisions sur les sujets des séances précédentes et sur les sujets de 1ère années indiqués dans le tableau précédent.

Évaluation

L'évaluation de vos compétences pourra prendre diverses formes :

- évaluations en cours de séances (5/10 min) non programmées
- devoirs maisons /travaux personnels
- devoirs sur table

Première partie

Navigation océanique

Chapitre 1

Calcul orthodromique

Sommaire

Formules et erreurs du calcul orthodromique **7**
Orthodromie et triangle sphérique : démonstration des formules d'orthodromie **11**
EXERCICES : Calculs orthodromiques **15**

Objectif général :

— Exploiter l'orthodromie dans le cadre d'une traversée.

Objectifs opérationnels :

— Calculer une différence de longitude.
— Calculer la distance orthodromique entre deux points
— Calculer les coordonnées du Vertex d'une orthodromie
— Calculer le gain entre une route orthodromique et loxodromique
— Représenter graphiquement sur une carte de Mercator et sur un globe terrestre la route orthodromique entre deux points ainsi que le vertex
— Déterminer les points limites d'une route mixte
— Représenter graphiquement sur une carte de Mercator et sur le globe terrestre une route mixte.

Prérequis :

— Connaître les éléments de trigonométrie sphérique,
— Connaître les formules de l'orthodromie.

A : point d'arrivée - D : point de départ - V :Vertex

DISTANCE ORTHODROMIQUE

$$d = \cos^{-1}(\sin\varphi_A.\sin\varphi_D + \cos\varphi_A.\cos\varphi_D.\cos g).$$

Ou g = G_A - G_D

Attention d est donné en degrés et non en milles

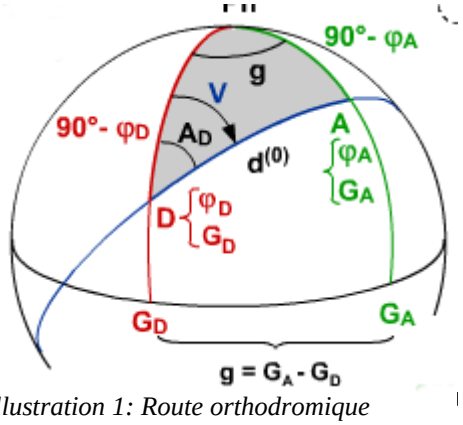


Illustration 1: Route orthodromique

ANGLE DE ROUTE INITIAL ORTHODROMIQUE

$$Ad = \cos^{-1}\left(\frac{\sin\varphi_A - \sin\varphi_D \cdot \cos d}{\sin d \cdot \cos\varphi_D}\right)$$

COORDONNÉES DU VERTEX

$$|\varphi_V| = \cos^{-1}(\cos\varphi_D \cdot \sin Ad)$$

$$G_V = G_D + \frac{g}{|g|} \cdot \cos^{-1}\left(\frac{\tan\varphi_D}{\tan\varphi_V}\right)$$

Si Ad < 90° φ_v est Nord
Si Ad ≥ 90° φ_v est Sud

Cette formule donne toujours le vertex qui se situe **sur l'avant** de votre route, et non pas le vertex le plus proche.

ROUTE FOND INITIALE LOXODROMIQUE

Rf = V + α

$$\alpha = \frac{di}{120}.\sin V.\tan\varphi_D$$

Si g < 0 : V = Ad
Si g ≥ 0 : V = 360 - Ad

Distance = di = vf x t

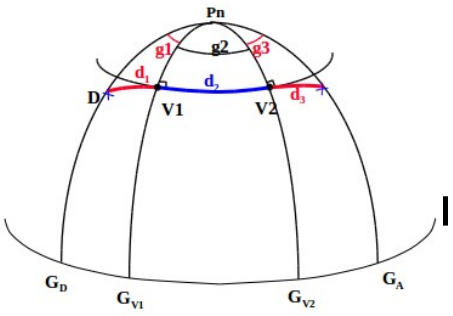


Illustration 2: Route mixte orthodromique

PARCOURS MIXTE

Pour trouver la longitudes des points V1 et V2 limitant l'orthodromie en dessous d'une latitude $\varphi_{max} = \varphi_{v1} = \varphi_{v2}$, il suffit de reprendre la formule donnant la longitude du vertex et d'y rentrer comme point de départ le point V1 puis V2.

$$G_{V1} = G_D + \frac{g}{|g|}\cos^{-1}\left(\frac{\tan\varphi_D}{\tan\varphi_{V1}}\right)$$

$$G_{V2} = G_A - \frac{g}{|g|} \cdot \cos^{-1}\left(\frac{\tan\varphi_A}{\tan\varphi_{V2}}\right)$$

$$m_1 = |60 \cdot atan(\cos\varphi_v \cdot \tan g_1)|$$
$$m_2 = |60 \cdot (G_{v2} - G_{v1}) \cdot \cos\varphi_v|$$
$$m_3 = |60 \cdot atan(\cos\varphi_v \cdot \tan g_2)|$$

m1 : distance entre le point de départ D et V1
m2 : distance entre V1 et V2
m3 : distance entre V2 et A

LES ERREURS DANS LES CALCULS D'ORTHODROMIE

a) Signes des angles de latitude/longitude

Latitude NORD : + Longitude OUEST : +
Latitude SUD : - **Longitude EST : -**

- **REVÉRIFIER les signes dans vos calculs**
- **FAIRE un croquis des positions par rapport à l'équateur/méridien de Greenwich ou antiméridien => visualiser les position N/S W/E**

b) Différence de longitude : partir dans le bon sens (le plus court)

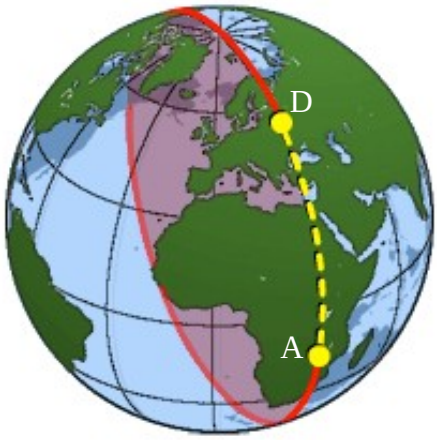


Illustration 3 : Trajets orthodromiques AB

Pour aller de D à A, on peut soit prendre le trajet jaune trait plein, soit le rouge (trait discontinu).
L'orthodromie en navigation est l**e chemin le plus court** entre deux points.
Si on applique bêtement les formules ($g = G_A - G_D$) on peut se retrouver à prendre le chemin le plus long (en trait plein) entre D et A au lieu de prendre le plus court (en trait discontinu) ; ce « problème » peut se rencontrer quand l'on se trouve autour du méridien de Greenwich ou de l'antiméridien

Par exemple :
si G_D = 150°E, G_A= 150°W,
Si on applique bêtement la formule $g = G_A - G_D$, on obtient g= 300° (trajet rouge sur , alors que la différence de longitude entre A et D est de 60° (le complément à 360°)

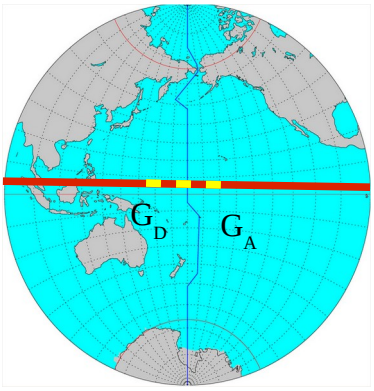


Illustration 4 : Différences de longitudes

c) Utilisation des formules d'orthodromie

Préférer retenir les formule sous la forme cos ou tan que arcos ou actan

cos(x)= cos(-x) Donc $\cos\phi_v = \sin Ad \cdot \cos\phi_D$ ne donne pas le signe de φ_v

d) Faire attention aux conditions toujours sur les signes

$\cos\phi_v = \sin Ad \cdot \cos\phi_D$ or $\cos\phi_v = \cos(-\phi_v)$

donc **le passage par $\cos^{-1}$ t (arcos) ne permet d'avoir le signe de φ_v**
les conditions sont :

- **Si Ad<90°, φv est Nord**
- **Si Ad > 90, φv est Sud**

d) conclusion

1. **Faire un croquis pour visualiser les point s de départs et arrivés par rapport à l'équateur et au méridien de Greenwich ou antiméridien**
2. **Retenir et visualiser les conditions sous lesquelles les latitudes sont N/S et les longitudes E/W**

SOURCES

Crédit graphique

Illustration	***Source***
Illustration 1: Route orthodromique	MM. Baudu & Hayot – Diaporama « Orthodromie » - ENMM Marseille – sept 2009
Illustration 3 : Trajets orthodromiques AB	d'après image consultée le 04/11/2016 : https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/images/greatcircle_thumb.gif
Illustration 4 : Différences de longitudes	d'après page consultée le 04/11/2016 https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/images/greatcircle_thumb.gif

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

RAPPELS DE TRIGONOMÉTRIE SPHÉRIQUE

Rappels de trigonométrie sphérique

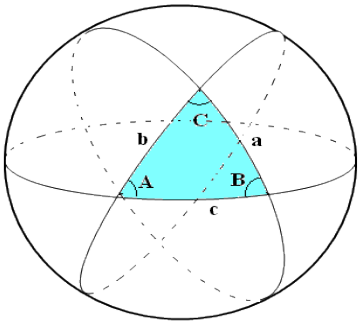


Illustration 1: Triangle sphérique

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A \quad (1)$$

$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a \quad (2)$$

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} \quad (3)$$

$$\sin(90 - x) = \cos x \quad (4)$$

$$\cos(90 - x) = \sin x \quad (5)$$

$$\cos b \cdot \cos C = \frac{\sin C}{\tan A} - \frac{\sin b}{\tan a} \quad (6)$$

Le pentagone de Néper

Si dans le triangle sphérique un des angles est droit, les formules de trigonométrie se simplifient et aboutissent à une formulation qui peut être résumée ainsi.

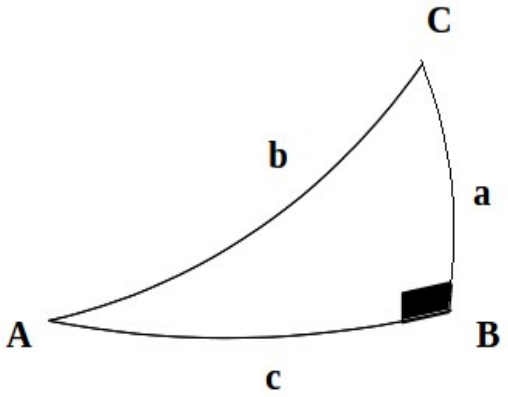


Illustration 2: Triangle sphérique avec angle droit

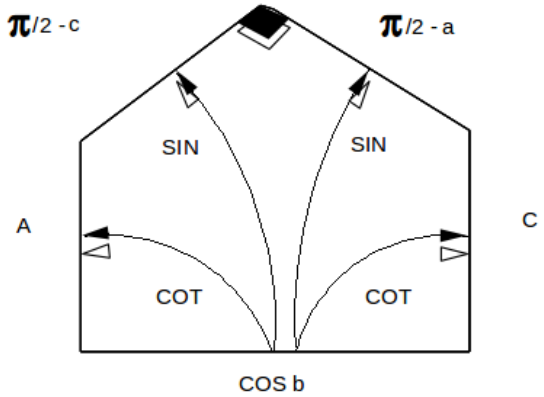


Illustration 3 : Pentagone de Néper

Le cosinus d'un des paramètres est égal au produit des sinus des côtés faces et au produit des cotangentes latérales à ce paramètre. Il faut remarquer que ceci est vrai quel que soit le paramètre

Par exemple :

$$\cos b = cotan\, A \,.\, cotan\, C$$
$$\cos b = \sin\left(\frac{\pi}{2} - c\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - a\right)$$

DÉMONSTRATION DES FORMULES DE L'ORTHODROMIE

La distance orthodromique

On applique la 1ere formule de trigo sphérique au triangle PDA

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$$\cos d = \cos(90 - \phi_D) \cdot \cos(90 - \phi_A) + \sin(90 - \phi_D) \cdot \sin(90 - \phi_D) \cdot \cos g$$

$$\boxed{\cos d = \sin \phi_D \cdot \sin \phi_A + \cos \phi_D \cdot \cos \phi_D \cdot \cos g}$$

L'angle de route Ad

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$g = G_A - G_D$

$$\sin \phi_A = \sin \phi_D \cdot \cos d + \cos \phi_D \cdot \sin d \cdot \cos Ad$$

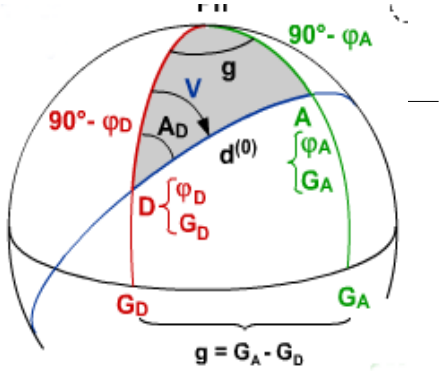


Illustration 4 : Triangle de positon

Latitude et longitude du vertex

On applique le pentagone de Néper sur le triangle sphérique PDV

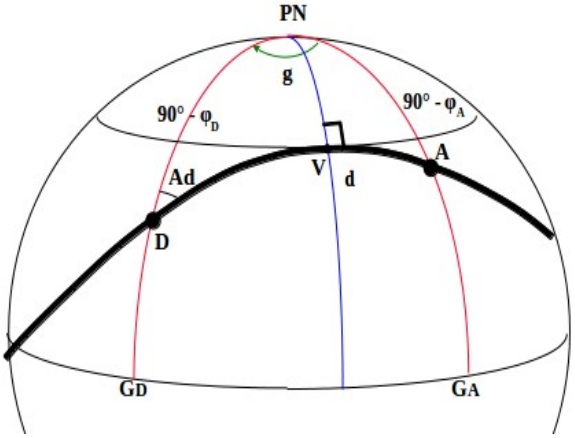


Illustration 5: Triangle de position et vertex

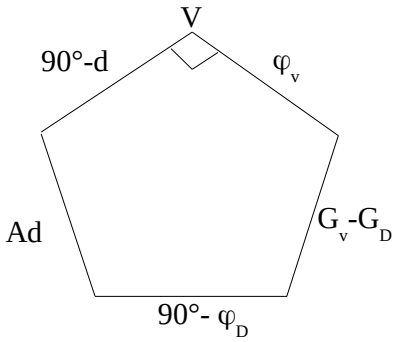


Illustration 6 : Néper et vertex

Latitude du vertex

$$\cos \phi_v = \sin Ad \sin(90 - \phi_D) \Rightarrow \boxed{\cos \phi_v = \sin Ad \cdot \cos \phi_D}$$

si Ad < 90° φ_v est N; si Ad >90° φ_v est S

$$\Rightarrow \boxed{|\phi_v| = arcos(\sin Ad \cdot \cos \phi_D)}$$

Longitude du vertex

$$\cos(G_V - G_D) = cotan \phi_v \cdot cotan(90 - \phi_D) = \frac{cotan(90° - \phi_D)}{\tan \phi_v}$$

Or $cotan(90 - x) = \tan x$

$$\boxed{\cos(G_V - G_D) = \frac{\tan \phi_D}{\tan \phi_v}} \Leftrightarrow \boxed{|G_V - G_D| = arcos\left(\frac{\tan \phi_D}{\tan \phi_v}\right)} \Rightarrow \boxed{G_V = G_D + \frac{g}{|g|} arcos\left(\frac{\tan \phi_D}{\tan \phi_v}\right)}$$

Le parcours mixte

Dans un parcours mixte, on ne veut pas dépasser une certaine latitude maximale (pour éviter les dangers dus aux glaces ou perte de la couverture Inmarsat par exemple

On a donc le schéma $\phi_{V1}=\phi_{v2}=\phi_{max}$ ou les point V_1 et V_2 délimite la route orthodromique de la route loxodromique conformément au graphique ci après.

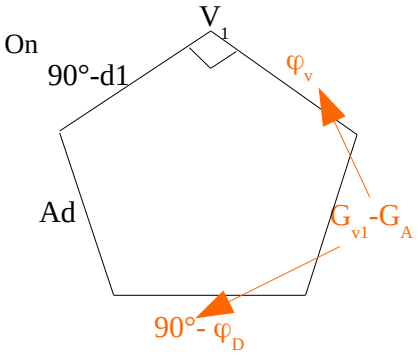


Illustration 8 : Néper & longitude

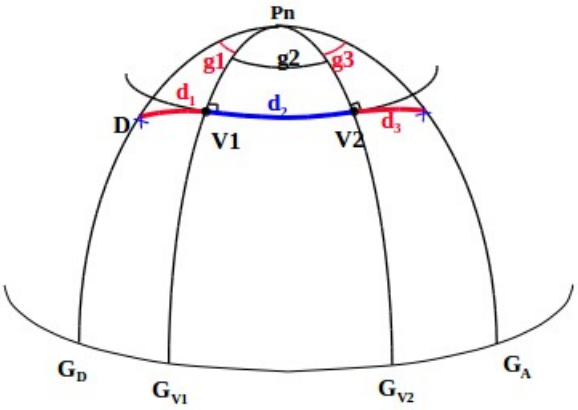


Illustration 7 : Triangles de position et route mixte

On prend le triangle $D\hat{P}_n V_1$

De même que précédemment pour le verte, on obtient la longitude du point V_1

$$\cos(G_{V1}-G_D)=cotan\,\phi_{V1}\cdot cotan(90-\phi_D)=\frac{cotan(90°-\phi_D)}{\tan\phi_{V1}}=\frac{\tan\phi_D}{\tan\phi_{V1}}$$

On obtient ainsi la longitude du point V_1. On ferrait de même dans le triangle DP_nV_2 pour obtenir la longitude du point V_2.

D'où

$$|G_{V1}-G_D|=\arccos\left(\frac{\tan\phi_D}{\tan\phi_{V1}}\right)$$

D'où

$$G_{V1}=G_D+arcos\left(\frac{\tan\phi_D}{\tan\phi_{V1}}\right) \qquad G_{V2}=G_A-arcos\left(\frac{\tan\phi_A}{\tan\phi_{V2}}\right)$$

SOURCES

Illustrations

ILLUSTRATION	SOURCES
Illustration 1: Triangle sphérique	Wikimedia – triangle sphérique https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Triangle_sph%C3%A9rique.svg
Illustration 2: Triangle sphérique avec angle droit	R. Talon – *Les méthodes de l'astrophysique* – figure 32 et 33, page 24 - 2001 - polycopié Université Paul Sabatier / deugSM U03 – astrophysique consulté le 15/10/16 sur *webast.ast.obs-mip.fr/users/ablancha/fac/03/SMA10/COUDEUG.doc*
11Illustration 3 : Pentagone de Néper	
Illustration 4 : Triangle de positon	Baudu & Hayot – *Diaporama Orthodromie* – 2006 - ENMM Marseille consulté en ligne le 01/11/2016 http://*dept.navigation.enmm.free.fr/orthodromie.swf*
Illustration 5: Triangle de position et vertex	H. Martin – *Diaporama Orthodromie* – 2016 - ENSM
Illustration 7 : Triangles de position et route mixte	H. Martin – *Diaporama Orthodromie* – 2016 - ENSM
Illustration 8 : Néper & longitude	A. Charbonnel – figure libre de droit

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

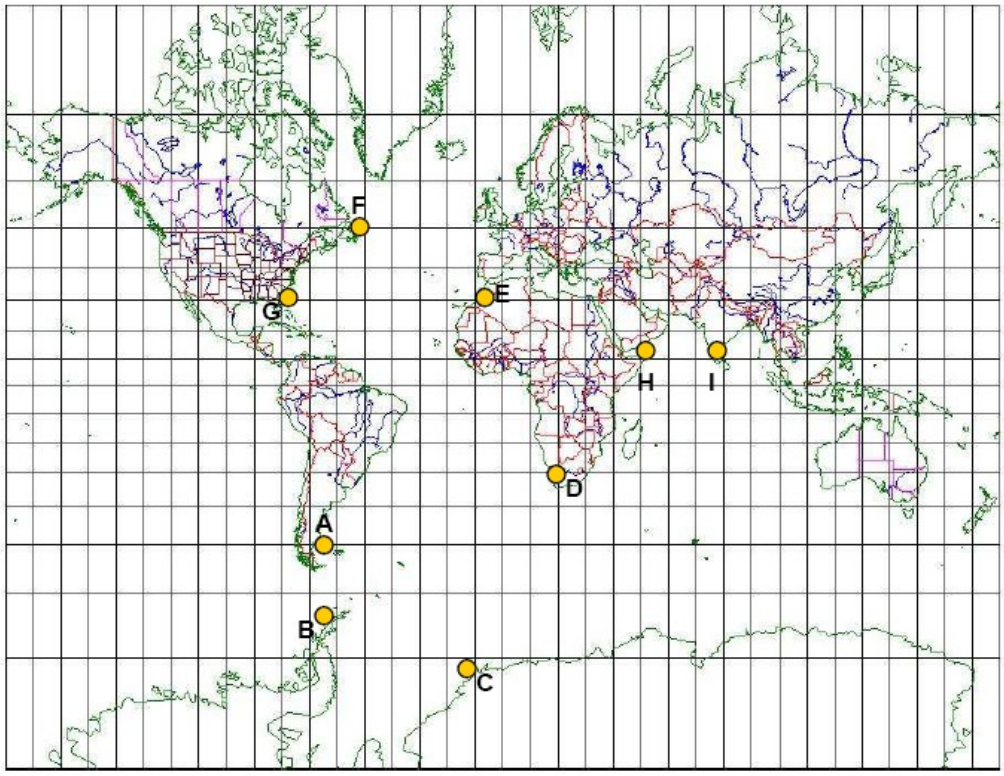
Pré requis :

1. *Être capable à se repérer sur la sphère terrestre (coordonnées terrestres et locales).*
2. *Connaître les éléments de trigonométrie sphérique relatifs à l'orthodromie.*
3. *Connaître les formules de la loxodromie et de l'orthodromie.*
4. *Se représenter graphiquement les trajets loxodromiques et orthodromiques sur une carte de Mercator et un globe terrestre.*
5. *Maîtriser le calcul loxodromique.*
6. *Connaître votre cours sur l'orthodromie.*
7. ***Avoir noté ce qui vous semble important sur votre carnet du Marin.***

1. Déterminer des éléments de base

Exercice 1.1- Projection de Mercator (complément)

1. Tracer l'allure des routes orthodromiques entre les binômes de points suivants : (A,B), (A,C), (C,D), (D,G), (E,G), (E,F), (H,I).



Exercice 1.2– *Différence de longitude*

Déterminer la différence de longitude entre les villes suivantes :

1. Sydney vers San Francisco :
2. San Francisco vers îles Gilbert :
3. Îles Gilbert vers Brest :
4. Brest vers Norfolk :
5. Norfolk vers Le Cap :
6. Le Cap vers Rio :

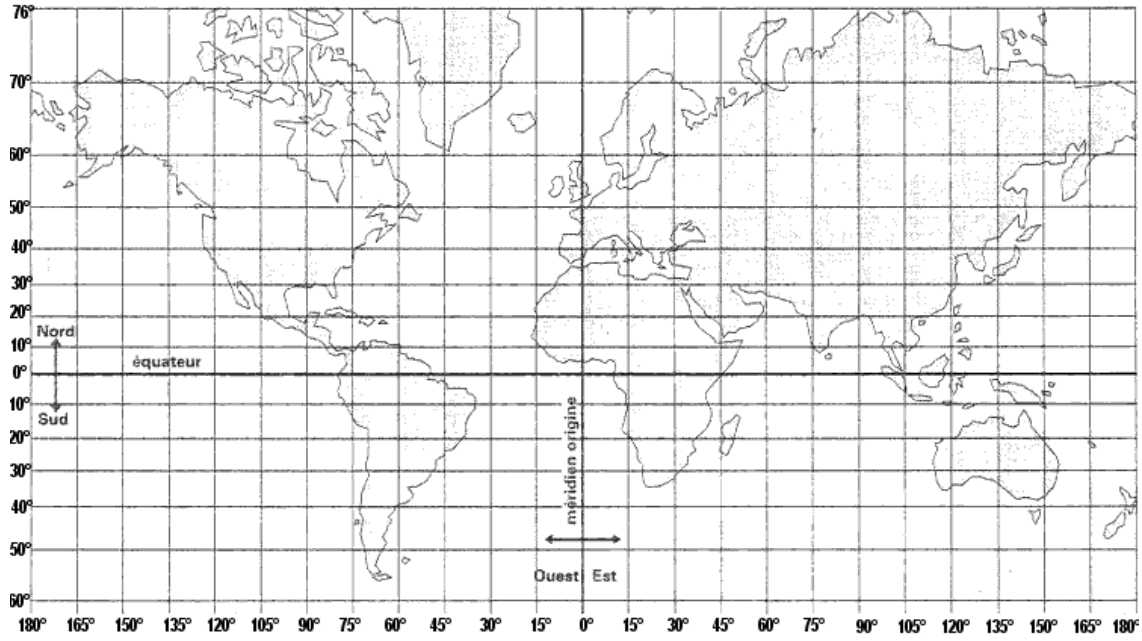
Villes	Latitude	Longitude
Sydney	33° 55,0' S	157° 17,0' E
San Francisco	37° 47,0' N	122° 26,0' W
Îles Gilbert	00° 00,1' N	173° 50,0' E
Brest	48° 24,0' N	004° 31,0'W
Norfolk	36° 54,0'N	076° 18,0'W
Le Cap	33° 55,0' S	018° 27,0'E
Rio	22° 54,2' S	043° 12,0' W

2. Réaliser un calcul d'orthodromie simple / Great circle navigation

Exercice 2.1 *Great circle sailing - Orthodromie simple Brisbane - Raratonga*

Vous souhaitez faire route de **Brisbane** (φ_D = 27° 27,0' S / G_D = 153° 04,4' E) à **Ratatonga** (φ_A= 34°54,0' N / G_A = 139°50,0' W).

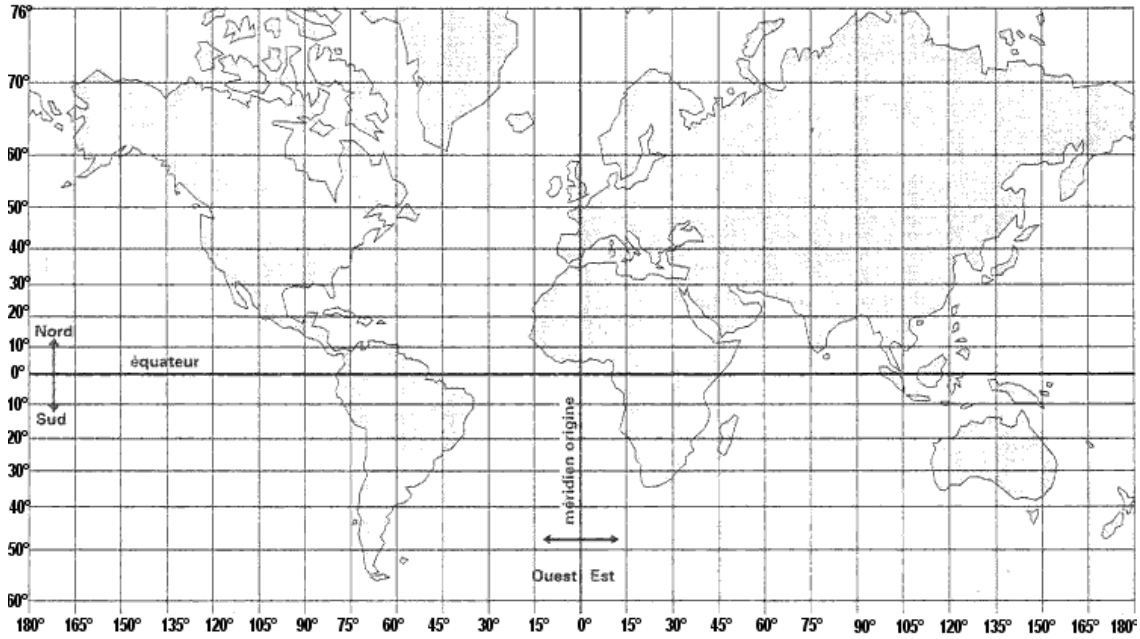
1. Calculer la distance orthodromique de ce parcours :
2. Calculer la valeur de l'angle de route initial :
3. Déterminer les coordonnées du Vertex :
4. Déterminer la route fond initiale loxodromique pour une durée de 24h à la vitesse fond de 15 nœuds :
5. Déterminer la distance loxodromique et le gain de distance de l'orthodromie par rapport à la loxodromie :
6. Représenter sur un graphique de type de Mercator la forme de cette orthodromie ainsi que les différents éléments qui la caractérisent.



Exercice 2.2 - *Great circle sailing - Orthodromie simple Nantes – Cayenne*

Vous souhaitez faire route de Nantes (φ_D = 47° 13,0' N / G_D = 001° 033,2 W) à Cayenne (φ_A = 04° 50,0' N et G_A = 052° 22,0' W)

1. Calculer la distance orthodromique de ce parcours :
2. Calculer la valeur de l'angle de route initial :
3. Déterminer les coordonnées du Vertex :
4. Déterminer la route fond initiale loxodromique pour une durée de 24h à la vitesse fond de 15 nœuds :
5. Déterminer la distance loxodromique et le gain de distance de l'orthodromie par rapport à la loxodromie :
6. Représenter sur un graphique de type de Mercator la forme de cette orthodromie ainsi que les différents éléments qui la caractérisent.



Exercice 2.3 *– Great circle sailing - Orthodromie simple*

Un lieutenant fait un calcul d'orthodromie entre le point (φ_D = 46°46,5' N, G_D = 002°38,1'W), et le point (φ_A= 40°31,0' N, G_A= 069°50,0' W). Il trouve comme résultat une distance de 2 938 milles et une route fond de 263°.

1. Vérifier par le calcul la valeur de la distance :
2. Déterminer l'erreur commise dans le calcul :
3. Déterminer la valeur de l'angle de route initial :
4. Déterminer les coordonnées du Vertex :
5. Déterminer le gain de distance par rapport à une loxodromie directe entre ces deux points :

3. Calculer les éléments d' une route mixtes/ composite sailing

Exercice 3.1 *– Composite sailing – route mixte*

Vous souhaitez naviguez du point D (φ_D = 09°12' S / G_D = 036°00' W) au point A (φ_A = 35°03' S / G_A = 120°02'E).

1. Calculer la distance orthodromique :
2. Calculer les coordonnées du vertex :
3. Calculer la valeur de l'angle de route initial :
4. En déduire le cap au départ :

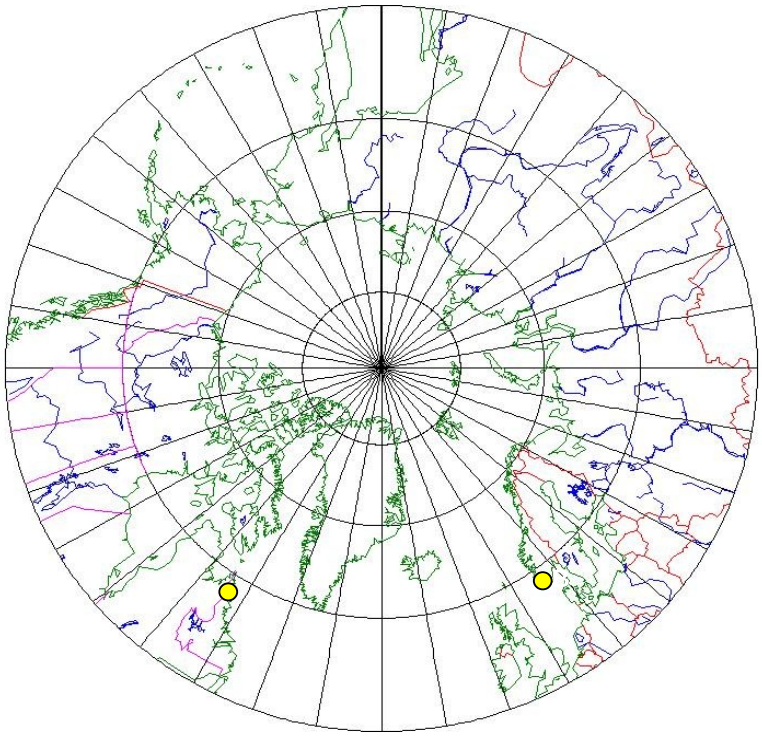
Pour des raisons météorologiques, vous décidez finalement d'effectuer une orthodromie mixte limitée au parallèle 46°S.

1. Calculer la distance totale en réalisant une route mixte :
2. Déterminer si le navire commence son voyage avec le même cap de départ que celui de l'orthodromie directe (justifier) :

Exercice 3.2 *- Projection projection gnomonique polaire/ Projection de Gernez* ***(complément)***

Voici une projection gnomonique polaire ou projection polaire
La projection gnomoniques polaire est la projection utilisée pour les cartes orthodromiques polaire.

1. Tracer la route orthodromique entre A et B.
2. Vous voulez éviter les glaces qui dérivent au-dessus du 60°. Tracer une route mixte pour rester en dessous du 60°N (nota on souhaite bien sur suivre la route mixte la plus courte possible)



Exercice 3.3 - *Great Circle & Composite sailing – Orthodromie simple et mixte*

Un navire souhaite faire une orthodromie à une V_f=20 nd entre le point φ_D = 35°40' S et G_D = 019°00' E et le point φ_A = 44°23' S et G_A = 146°50'E

1. Calculer la distance parcourue, ainsi que la durée approximative du voyage :
2. Calculer la latitude du vertex :

Le navire décide de faire une orthodromie mixte en se limitant à une latitude de 53°S

1. Déterminer les cordonnées du tronçon loxodromique :
2. Déterminer la distance totale du voyage :
3. Déterminer le retard pris en suivant l'orthodromie mixte : Conclure.

4. Conclusion

4.1 - Recommandations :

1. Penser à synthétiser vos erreurs et porter sur votre carnet du marin les points qui peuvent porter problèmes.
2. Réaliser l'ensemble des exercices progressivement si vous n'avez pas eu le temps de terminer pour la séance suivante ; une deuxième séance d'orthodromie sera programmée plus tard dans l'année scolaire, plus orientée sur les cartes orthodromiques.
3. Ne pas hésiter à poser des questions (en TD / sur le forum / par mail).
4. Ne pas oublier de remplir le portefeuille de compétences périodiquement : vos compétences évoluent au fil du temps ; il est bon de vérifier ou vous vous situez en refaisant des exercices.
5. Des ressources complémentaires sont éventuellement disponible sur la plateforme Vega.

Rappels des compétences attendues :

1. Calculate a difference of longitude.
2. Calculate the great circle distance between two points.
3. Calculate the vertex of a great circle.
4. Calculate the gain between rhumb and great circle route.
5. Plot the pace of a great circle track with the departure, arrival and vertex point on a mercator chart/graphic .and on the terrestrial globe
6. Plot a series of rhumb lines on a Mercator chart/canvas to approximate a great circle route.
7. *Determine the great circle distance using great circle charts or specific abacus. (future assignement)*
8. Calculate the limit points of the great circle tracks on a composite sailing
9. Calculate the distance on a composite sailing
10. Plot a composite sailing on a graphic and mercator chart

CCe document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Chapitre 2

Cartes et orthodromie

Sommaire

Synthèse sur les cartes orthodromiques **23**
Utilisation des cartes américaines Great circles **29**
Mode d'emploi des abaques 101N **33**
Histoire de Rackham le rouge **35**
EXERCICES : Trajets orthodromiques et cartes **37**
Canevas de Mercator **41**

Objectif général :

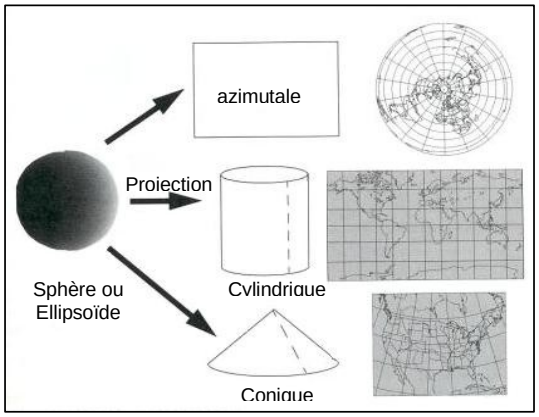
— Savoir exploiter les cartes orthodromiques.

Objectifs opérationnels :

— Connaître le principe des projections cartographiques.
— Tracer une route orthodromique sur une carte orthodromique.
— Tracer une route orthodromique sur une carte de Mercator
— Déterminer sur le tracé les éléments de l'orthodromie :
  — les coordonnées du vertex,
  — la distance,
  — l'angle de route.
— Tracer une route de navigation mixte sur une carte orthodromique.
— Préparer une route transocéanique sur une carte loxodromique à partir d'une carte orthodromique.
— Comparer les résultats graphiques aux résultats obtenus par calculs.

TYPES DE PROJECTION

Pour passer de la représentation en 3D de la terre (globe terrestre) à une représentation en 2D (la carte) , on utilise des projections de différents types.
Dans le cadre des projections cartographiques les plus simples, la terre est projetée sur un plan, un cylindre ou un cône.
Une fois la projection réalisée, le cône et le cylindre sont développés et mis à plat.



Les projections sont couramment classées selon la surface géométrique dont elles dérivent : conique, cylindrique, et plane (azimutale ou zénithale).

Projection => distorsions

En réalisant une projection, l'on induit de manière inévitable des distorsions.

Les projections azimutales sont vraies uniquement en leur point de tangence.
Les distorsions sont maximales aux limites de la carte.
Les régions polaires sont représentées en projection azimutale.

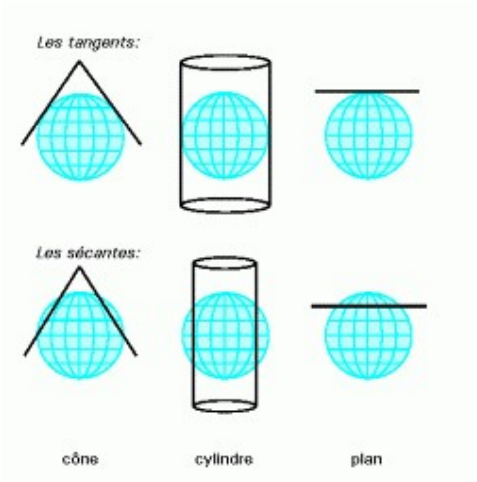
Les projections cylindriques sont vraies à l'équateur (cylindrique normale) ; les distorsions augmentent vers les pôles.
Les pays dans les tropiques sont souvent représentés avec des projections cylindriques.

Les projections coniques sont vraies le long de certains parallèles entre l'équateur et un pôle ; les distorsions augmentent de part et d'autre en s'éloignant de ces parallèles.
Les régions de la zone tempérée sont souvent représentées avec des projections coniques.

CONSTRUCTION DES PROJECTIONS

Les figures de projection que sont le cône, le cylindre ou le plan peuvent être tangentes ou sécantes au globe terrestre.

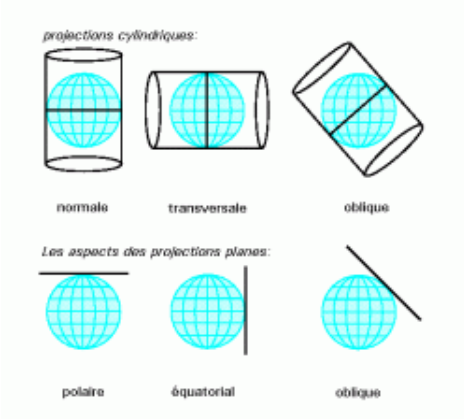
Dans le cas d'un **plan tangent**, le cône, le cylindre ou le plan ne touchent la Terre le long d'une seule **droite** ou d'un point.
Dans le cas d'un **plan sécant**, le cône ou le cylindre coupent au travers de la Terre au moyen de deux cercles (le cas du plan sécant pour le plan coupe au moyen d'un cercle).



Qu'il soit tangent ou sécant, le lieu de ce point de contact est important parce qu'il définit la droite ou le point où se trouve le moins de distorsion sur la projection cartographique. On appelle cette droite le parallèle de référence.

Orientations des projections

Les projections peuvent être orientées de différentes façon selon l'axe de la Terre.

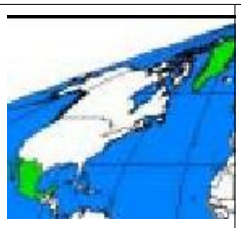


PROPRIÉTÉS DES PROJECTIONS

Propriétés recherchées

Les caractéristiques recherchées dans les projections sont les suivantes :

- conservation des surfaces (projection équivalente) ;
- conservation des angles (projection est conforme) ;
- conservation des distances (le long de grands cercles) ;
- représentation des grands cercles par des droites (projection orthodromique).



Conserver les aires ?
Projection équivalente.



Conserver les formes ?
Projection conforme.

Choisir une projection c'est faire un compromis sur les propriétés recherchées.
Certaines de ces propriétés s'excluent mutuellement, d'autres peuvent coexister.



Conserver les directions ?
Projection azimutale



Conserver les distances ?
Projection gnomonique

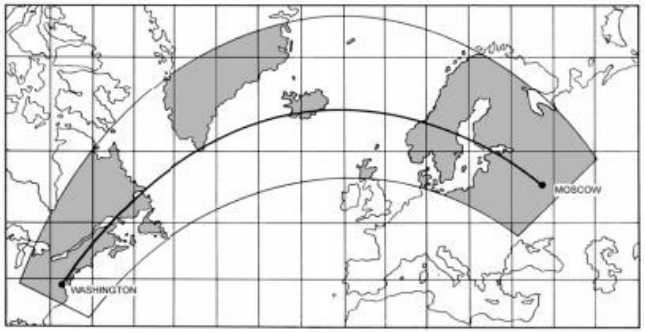
Cartes orthodromiques

Rappels :
Un grand cercle est une ligne d'intersection de plans passant par le centre de la Terre avec la surface du globe.
L'arc de grand cercle passant entre deux points sur la Terre est toujours le chemin le plus court entre ces points.

Dans une carte orthodromique, toute route orthodromique (ou tout grand cercle) est représenté par une droite.

Route orthodromique
sur une **carte orthodromique.**





Route orthodromique
sur une **carte loxodromique**

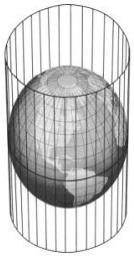
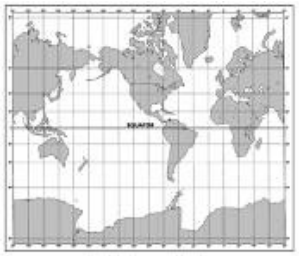
CARTES MARINES ET PROJECTIONS

Projection cylindrique

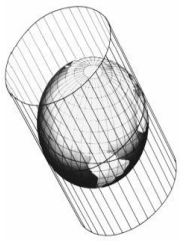
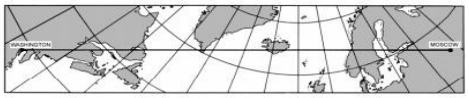
Dans le cas d'une projection cylindrique, la Terre est projetée sur un cylindre tangent ou sécant qui est également coupé sur la longueur et étendu.

Carte de Mercator : une projection cylindrique simple

Une ligne droite entre deux points sur cette projection suit une seule direction, qu'on appelle **loxodromique**.
Cet élément rend la projection cylindrique utile lors de la construction de cartes de navigation.

		Lieu de tangence : équateur. parallèles : horizontales à espacement variables. méridiens : verticales . à espacement constant. **Route à cap constant (loxodromie) représentée par une droite.** **Projection conforme.** Pas de représentation des pôles.

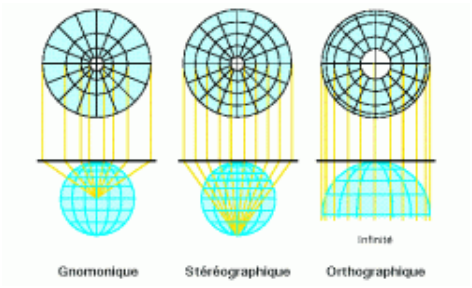
Carte conforme oblique : projection cylindrique oblique (carte orthodromique)

	Lieu de tangence : grand cercle (autre que méridien et équateur, ici axe Moscou Washington) 	Méridiens = droites. Parallèles = arcs. **Orthodromie = droite.** Projection conforme. Distorsions au-delà de 300 M du trajet de référence.

Projection azimutale

La famille des projections **azimutales**, aussi appelées **zénithales** ou **planaires**, se caractérise par la transformation de la surface de la Terre sur un plan.

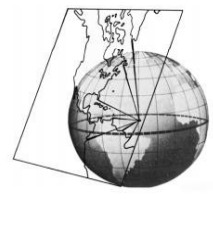
Chaque membre de cette famille se distingue par les différents points de perspective utilisés pour les construire.



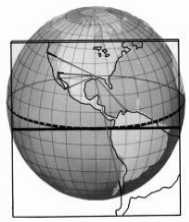
Pour la **projection gnomonique**, le point de perspective est le centre de la Terre.
Dans une projection gnomonique, **tout grand cercle est transformé en droite. Les cartes gnomoniques sont donc orthodromiques**

Pour la **projection stéréographique**, ce point se situe au pôle opposé du point de tangence.
Cette projection est conforme ; elle est utilisée pour la navigation polaire.

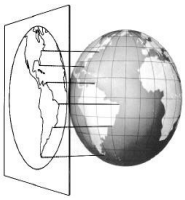
Pour la **projection orthographique**, le point de perspective est un point infini dans l'espace, sur le côté opposé de la Terre ; elle est utilisée en navigation astronomique.



Gnomonique oblique

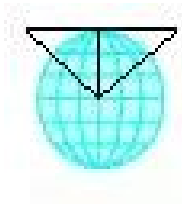
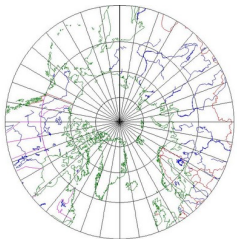


Stéréographique équatoriale

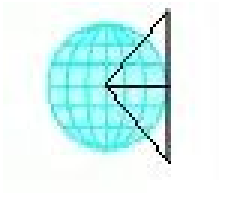
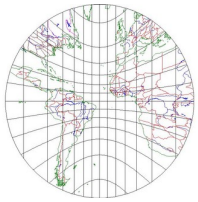


orthographique

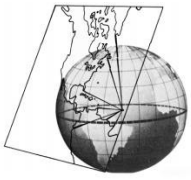
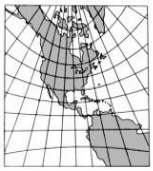
Carte de Gernez - projection gnomonique polaire (carte orthodromique)

		**Point de tangence = pôle.** **Orthodromie = droite.** **Vertex = projection orthogonale du pôle sur l'orthodromie.** Bonne représentation autour de pôles. Fortes distorsions en s'éloignant du pôle. Direction vraie uniquement entre le point central et d'autres lieux sur la carte.

Carte d'Hilleret : projection gnomonique équatoriale (carte orthodromique)

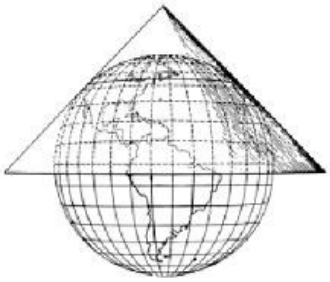
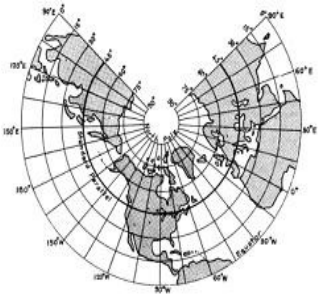
		Point tangence = à l'équateur, (milieu océan). Méridiens = droites //. Parallèles = hyperboles. **Orthodromie = droite.** Pôles rejetés à l'infini.

Carte Great Circles (USA/ GB) : projection gnomonique oblique (carte orthodromique)

		Point de tangence : quelconque. *(USA :φ=30°N, /GB : φ=40°N : « milieu océan »).* Méridiens = droites convergeant vers un des pôle. Parallèles = hyperboles. **Orthodromie = droite.**

Projection conique

Dans le cas d'une *projection conique*, nous pouvons visualiser la Terre projetée sur un cône tangent ou sécant.

		Lieu de tangence : petit cercle. Parallèles : arcs concentriques. méridiens : droites également espacées. Échelle constante le long des méridiens Bonne représentation le long du parallèle standard. Utilisé pour dresser les cartes de régions situées au nord de l'équateur. Distorsion en s'éloignant du parallèle standard. Distorsion en s'éloignant du parallèle standard.

SOURCES

N. Bowditch -chapter 3 : Nautical Charts *in The American practical navigator* – édition Défense Mapping agency hydrographic / topographic center - 1995.

SHOM - *Le guide du navigateur* – édition SHOM - 2000.
Volume 1 : chapitre 6 :les cartes marines (§ 6.0.& les systèmes de projection).
Volume2 : chapitre 21 : Navigation en hautes latitudes (§21.2.2 Cartes polaires).

www.atlas.gc.ca : Site de l'Atlas du Canada des coast guard canadien

http://geosun.sjsu.edu/paula/137/137green02.htm : GIS's Roots in Cartography, The Shape of the Earth, Datums, Map Projections, and Coordinate Systems - cours de Mme Paula Messina – université de San José – département de géologie.

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

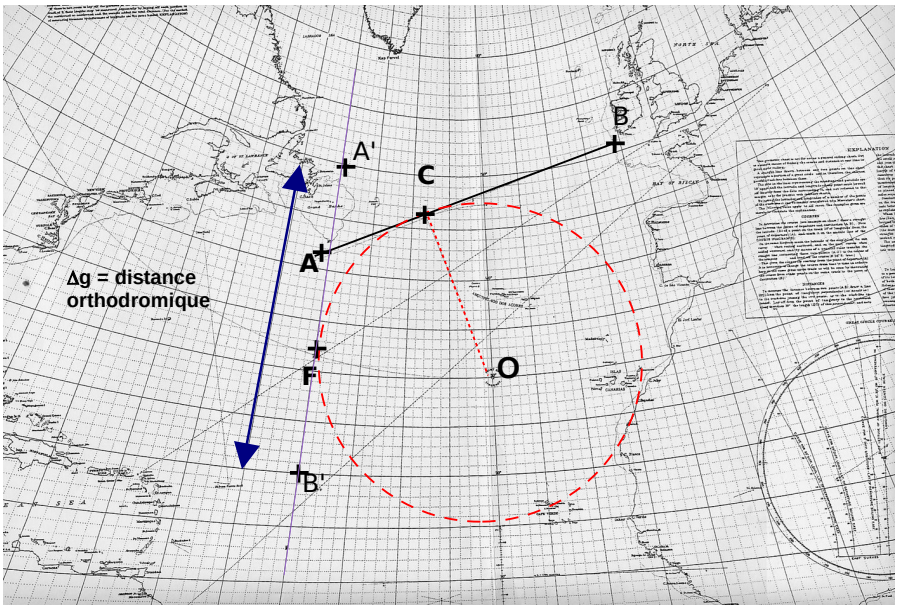
Pour l'exemple, est utilisée la carte *Great circle sailing chart of the north Atlantic ocean.* (Défense Mapping Agency Hydrographic Center / National Geospatial Agency).

MESURER DES DISTANCES

Soit O le point de tangence de la carte sur le globe

Mesurer des distances par différence de latitude

- Joindre les points de départ (A) et d'arrivée (B) par une droite.
- Du point de tangence O, abaisser la perpendiculaire OC à la route AB.
- Tracer le cercle (O, OC) tangent à ma route (AB) ; le cercle (O,OC) coupe l'*arc pour la mesure des distances par différence de latitude* en un point F.
- Sur le méridien passant par F, et à partir du point F, porter les distances FA' = CA et FB' = CB (respectivement vers le nord et le sud).
- La différence des latitudes des points A' et B', exprimée en minutes d'arc, est la distance cherchée (en milles marins).



Remarque : s'il n'y a pas suffisamment d'espace pour porter, vers le Nord et le Sud, les segments FA' et FB', il suffit de les porter tous deux vers le Nord (ou le Sud) et d'additionner les deux différences de latitudes correspondantes pour obtenir la distance totale.

Exemple :

Coordonnées du point de départ A	*φ = 40° 40′ N*	*G = 051° 35′ W*
Coordonnées du point d'arrivée	*φ = 50° 55′ N*	*G = 010° 55′ W*
Coordonnées du point de tangence	*φ = 30° 00′ N*	*G = 030° 00′ W*
Coordonnées du point F	*φ = 31° 35′N*	*G = 050° 10′ W*
Coordonnées du point A"	*φ = 13° 00′ N*	*G = 050° 10′ W*
Coordonnées du point B"	*φ = 42° 45′ N*	*G = 050° 10′ W*

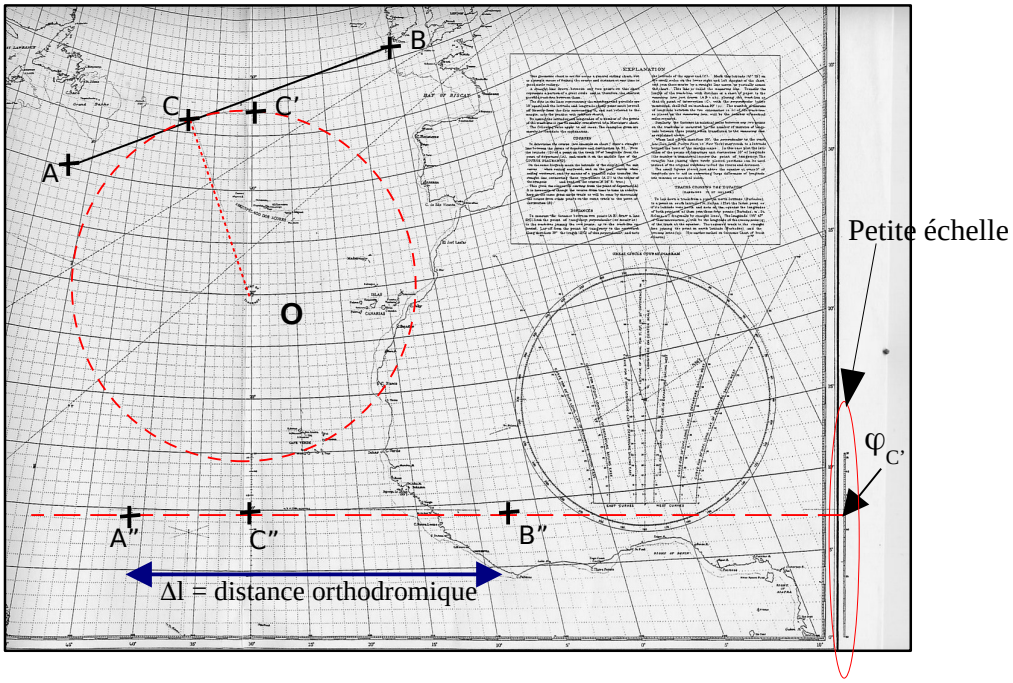
Différence de latitude :

$\varphi_{B''}$ = 42° 45′ N
$\varphi_{A''}$ = 13° 00′ N
l = 29° 45′ = 1785′

***Distance orthodromique AB = 1785* milles marins.**

Mesurer des distances par différence de longitude

- Joindre les points de départ A et d'arrivée B par une droite.
- Du point de tangence O abaisser la perpendiculaire OC à la route.
- Tracer le cercle (O, OC) ; le cercle (O; OC) coupe le méridien passant par O en un point C'.
- Lire la latitude du point C'.
- Sur le méridien passant par O, il existe une échelle de latitude secondaire ; porter le point C" sur cette échelle secondaire à la latitude de C'.
- En utilisant les petites échelles de latitude dans les marges droite et gauche de la carte, tracer une droite à la latitude de C' ; cette droite s'appelle *droite de mesure*..
- Reporter les distances CA et CB sur la droite de mesure à partir du point C" : CA = C"A" et CB= C"B"
- Le nombre de minutes de longitude séparant les extrémités A" *et B"*du trajet ainsi disposé sur la droite de mesure, donnera la distance demandée (exprimée en milles marins).



Remarques :

a) Quand on reporte sur le méridien central la perpendiculaire OC au trajet, le point C" obtenu peut se trouver à une latitude non comprise dans les limites des échelles marginales. Dans ce cas transporter les points de départ et d'arrivée, en conservant les latitudes, vers le méridien central, de 10° de longitude (par exemple).
La droite reliant les nouvelles positions ainsi reportées peut être utilisée à la place du trajet original, pour le calcul de la distance et de l'angle de route.

b) Les chiffres inscrits en petits caractères le long de l'équateur permettent une conversion rapide des degrés de longitude en minutes.

Exemple :
Latitude du point C' $\varphi_{C'}$ = 47°25'N

Longitude du point A"	*$G_{A"}$ = 041° 10 ' W*
Longitude du point B"	*$G_{B"}$ = 011° 27' W*
Différence de longitude	*g = 029° 43'*

*Distance orthodromique **AB** = 1783 milles marins.*

MESURER DES ANGLES DE ROUTE.

Mesurer des angles de route avec le diagramme

- Pour obtenir la route à suivre, il faut noter la latitude du point D situé à 5°, 20° ou 30° de longitude du point A (point de départ, dans notre exemple, ou dernier point observé, en cours de traversée). Reporter cette valeur en D' sur le diamètre vertical du diagramme.
- Sur l'une des courbes 5°, 20° ou 30° (selon le point choisi sur le trajet si on fait route à l'ouest - courbes de droite - ou Est - courbes de gauche -) pointer en A' la latitude du point de départ A. Tracer la droite A'D'.
- En utilisant une règle-rapporteur, lire la route à suivre.

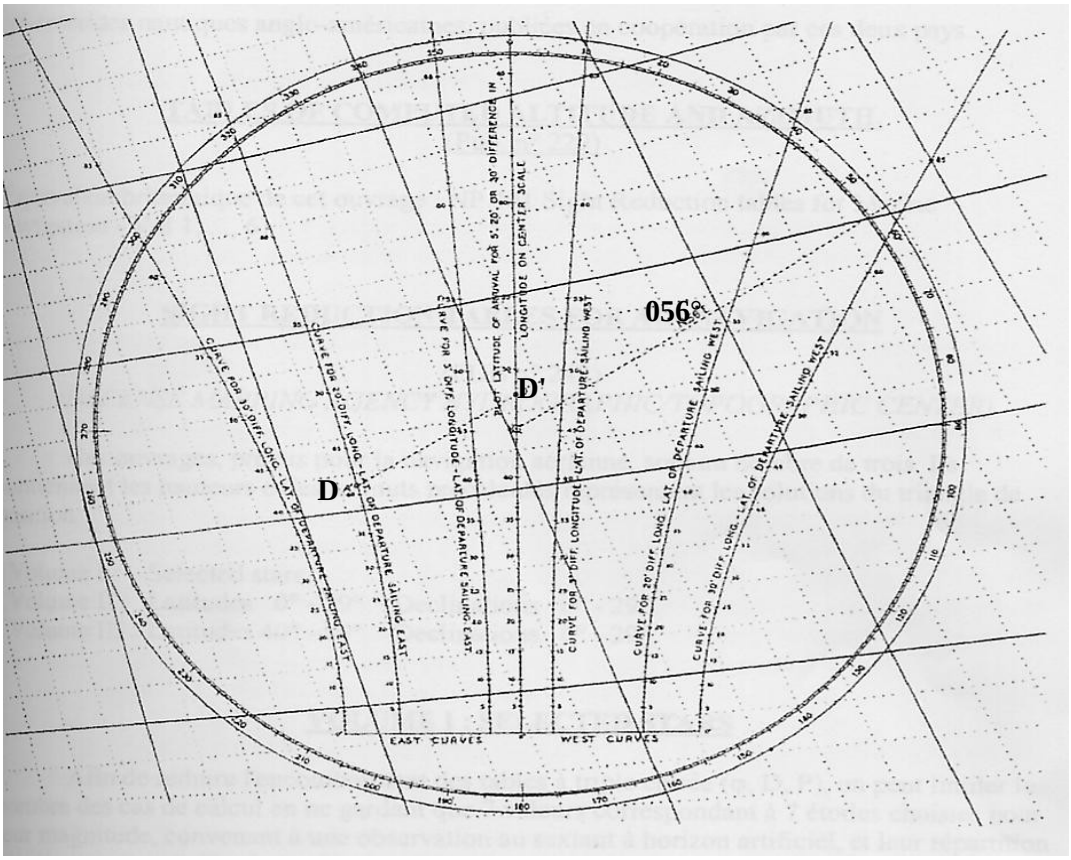
  (Il est également possible de tracer, par le centre du diagramme, un rayon parallèle à A'D' ; ce rayon permet de lire directement la route à suivre à la périphérie).

Exemple :

Latitude du point de départ A $\varphi_A = 40° 40' N$
Latitude du point D ($G_D = G_A + 20°$) $\varphi_D = 48° 00' N$

Utiliser la courbe - différence de longitude 20°,
- navigation vers l'Est.

Angle de route à suivre au départ : 056°



Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

GÉNÉRALITÉS

Le graphique 101N s'utilise en superposition du planisphère 101H ou 102H pour déterminer les routes orthodromiques.

Il comporte 3 réseaux de courbes :

- le **réseau de courbes en noir** correspond aux routes orthodromiques. Ces courbes sont repérées par une cote égale à l'azimut sous lequel l'orthodromie coupe l'équateur. Cette cote est aussi égale à la colatitude du vertex de l'orthodromie ;
- le **réseau de courbes en rouge** correspond aux distances parcourues sur l'orthodromie, comptées en degrés à partir de l'équateur ;
- le **réseau de courbes en bleu** donne l'azimut de l'orthodromie en chaque point de celle-ci.

TRACÉ DE L'ORTHODROMIE ENTRE 2 POINTS CONNUS

1. Marquer sur le planisphère 101H ou 102H les points P1 ou P2 de départ et d'arrivée.

2. Poser le calque sur le planisphère :
   - le haut de l'abaque vers le Nord ;
   - soit recto, soit verso selon la direction de l'orthodromie ;
   - les droites équatoriales du calque et du planisphère superposées.

3. Faire glisser le graphique latéralement de façon à amener P1 et P2 sous une même courbe du réseau noir (ou sous une courbe interpolée de ce réseau).

Pour reporter la courbe sur le planisphère, on interpose une feuille de papier à décalquer et on la suit à vue avec une pointe ou un crayon. On peut aussi piquer un certain nombre de ses points et les relier par un trait.

DISTANCE ORTHODROMIQUE

On lit les cotes des 2 points par rapport aux courbes rouges. La différence de ces nombres exprime leur distance en degrés.

ANGLE DE ROUTE OU AZIMUT EN UN POINT DE L'ORTHODROMIE

L'angle de route en un point quelconque de l'orthodromie se détermine :

- soit à l'aide d'une règle CRAS, en la plaçant tangente en ce point à l'orthodromie.
- soit à l'aide du réseau de courbes bleues, par détermination de la courbe de ce réseau qui passe par le point donné : sa cote est égale à l'azimut cherché à 180° près.

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou rwww.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

RACKHAM LE ROUGE – MARY READ ET ANN BONNY



John Rackham, aussi connu sous le nom de Calico Jack en raison de ses préférences vestimentaires, était un pirate ayant une réussite modérée, mais il est principalement connu pour son association avec deux femmes pirates.
Plutôt que d'attaquer de riches vaisseaux, Rackham préférait attaquer avec des petits sloops des commerçants et des pécheurs locaux.

C'est en 1718 que commence la légende de Rackham. Rackham est alors bosco sur le navire pirate d'un certain Charles Vane ; au prise avec un navire guerre français, Charles Vane décide de battre en retraite… Ceci n'est pas du goût d'une partie de l'équipage ; le lendemain Rackham affronte son commandant et le traite de trouillard… Ce coup d'éclat, vaut à Rackham d'être élu nouveau commandant par l'équipage : l'ancien commandant et ses partisans sont aussitôt débarqués dans un canot. La journée n'est pas terminée, que Calico Jack a déjà pillé plusieurs petits navires. Rackham continue ses pillages en Jamaïque et en océan Indien.

En 1719, deux matelots de valeur rejoignent l'équipage de Rackham le rouge : il s'agit d'Ann Bonny puis de Mary Read, toutes les deux se faisant passer pour des garçons.

Pour Ann Bonny, c'est pour l'amour de Rackham qu'elle s'embarque dans l'équipage en se travestissant ; elle abat le même travail au combat que les autres matelots, si ce n'est qu'elle s'éclipse de temps en temps avec le commandant pour élaborer des tactiques (ce qui est d'ailleurs vrai, mais n'est pas l'unique raison !).

Quant à Mary Read, élevée et travestie dès son enfance en garçon pour des obscures raisons d'héritage, elle voit dans la piraterie une nouvelle aventure ; d'ailleurs, le combat elle connaît : elle a été soldat et a quitté l'armée après s'être mariée avec un camarade de chambrée (ce qui fit grand scandale).

Les deux filles, déguisées en garçons, tombent amoureuses l'une de l'autre, chacune sachant bien évidemment qu'elle-même est une femme mais croyant que l'autre est un garçon Quand elles s'en aperçoivent, elles décident de rester solidaires dans un amour commun pour Rackham le Rouge...

En août 1720, Rackham et une dizaine d'hommes vole le William, un sloop mouillant dans le port de Nassau… Ce vol déclenche la fureur du gouverneur qui envoie deux navires armés à sa poursuite
C'est en octobre que Rackham se fait surprendre au mouillage. Il essaie de d'échapper au navire bien armé qui l'attaque en mettant les voiles, mais c'est peine perdue : il est sommé de se rendre. Seules Ann Bonny et Mary Read continuent à se battre pendant que les reste des pirates, Rackham compris, se rendent sans combattre.

Au mois de novembre, Rackham et 11 hommes d'équipages sont condamnés à la pendaison en Jamaïque.
Avant de mourir Rackham revoit Ann Bonny qui lui dit alors «qu'elle est désolée de le voir là, mais que s'il avait combattu comme un vrai homme, il n'aurait pas a être pendu comme un chien ». Ann Bonny et Mary Read font l'objet d'un autre procès : Anne Bonny échappe à la corde, sa famille influente est intervenue en sa faveur : elle est condamnée à la prison. Quant à Mary Read elle échappe à la corde car elle est alors enceinte (de Rackham ?)… et après elle disparaît…

BIBLIOGRAPHIE/SOURCES

- *Histoire de la piraterie* – St Malo - édition de l'Ancre de Marine
- Jean François Deniau - *Dictionnaire amoureux de la mer – Édition* Plon

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Prérequis :

1. *Avoir vu votre cours sur l'orthodromie*
2. *Disposer d'une règle Cras, crayon et pointe sèche*
3. *Disposer pour l'atelier 2 des cartes great circle du NGA et planisphère du SHOM (disponibles en passerelle dans la table à carte).*



Vous embarquez sur le Sirius, navire basé à Brest (48°23,5 N / 04°29' W) qui a pour mission archéologique de retrouver l'île de Rackham Le Rouge (présumée à la position 20°27'N / 68° 32'W).

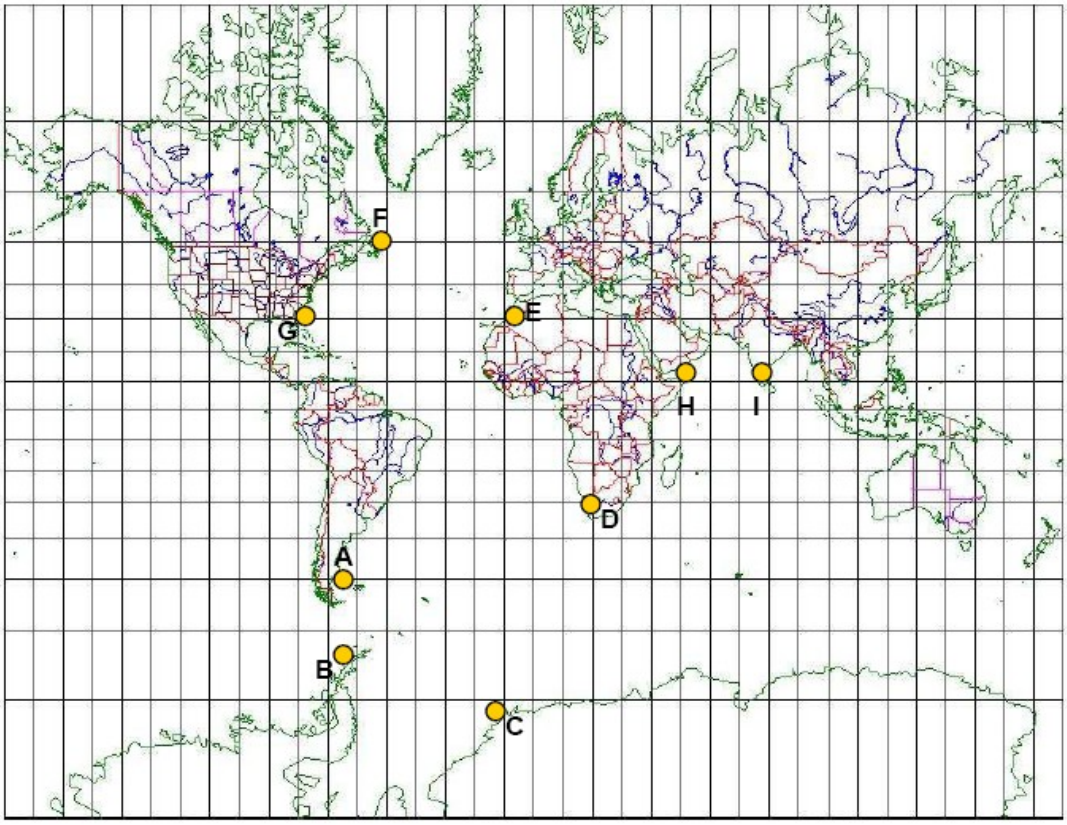
Zeph consciencieux et cultivé, vous décidez de préparer cette mission.
Pour l'aspect navigation vous vous plongez dans les cartes.
Pour l'aspect culturel, vous relisez vos classiques relire *Le secret de la Licorne* et *Le Trésor de Rackham le Rouge* (pour vos soirées).

Activité 1 : Se représenter une route orthodromique

Pour répondre aux questions suivantes, il n'est pas besoin d'être un expert en projection, il suffit juste d'un peu de logique et de connaître ses définitions

Exercice 1.1- Projection de Mercator

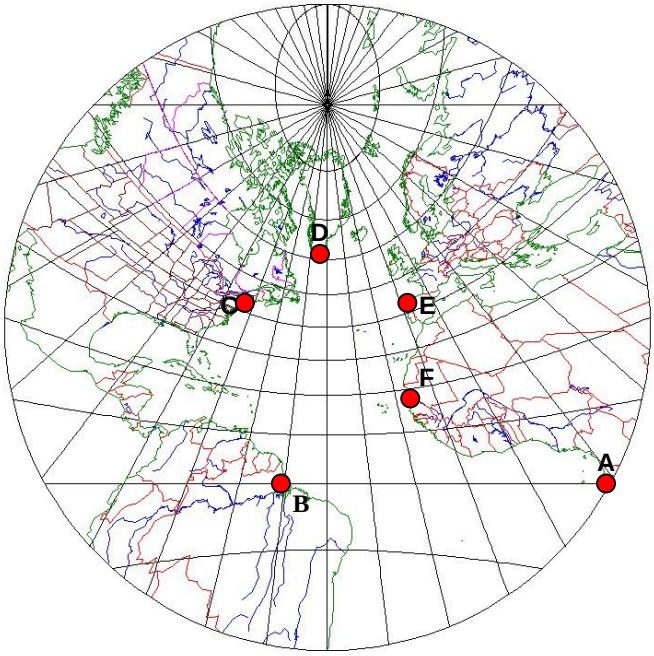
1. Tracer l'allure des routes orthodromiques entre les binômes de points suivants : (A,B), (A,C), (C,D), (D,G), (E,G), (E,F), (H,I).



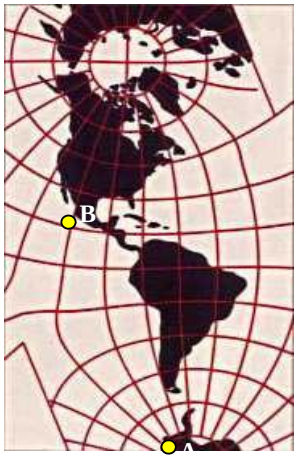
1.2 - Projection gnomonique oblique

Ci après se trouve une projection gnomonique oblique qui est la projection utilisée pour réaliser les cartes orthodromiques des grandes zones océaniques de navigation (Pacifique, Atlantique Nord et Sud)

1. Tracer les routes orthodromiques entre les binômes de points suivants : (A,B), (B,F), (B,D) et (C,E).
2. Expliquer pourquoi la route orthodromique entre A et B se fait à latitude constante ; Indiquer s'il en est de même pour le trajet orthodromique entre E et C ? Pourquoi ?



Exercice 1.3 - Projection exotique : projection bipolaire conique

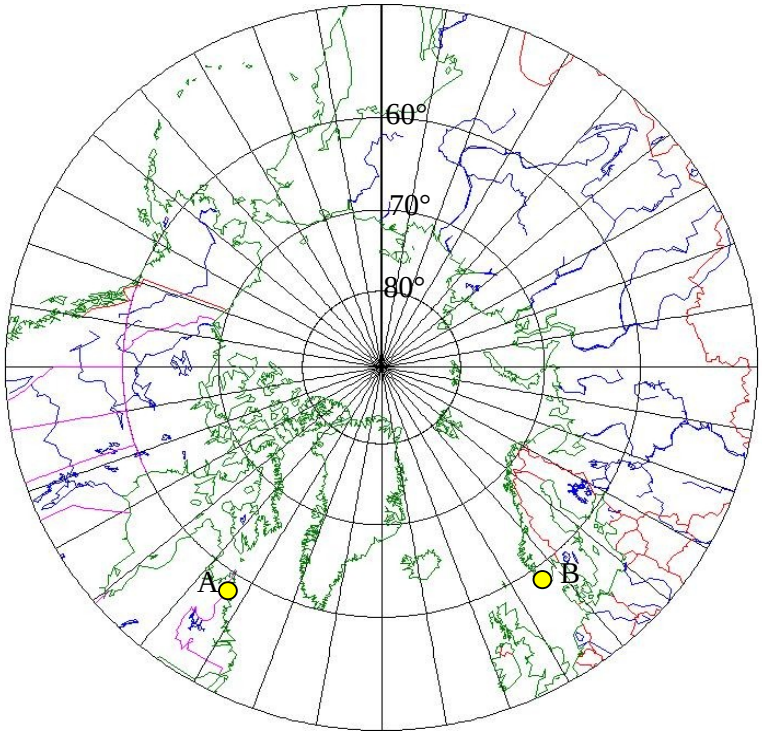


1. Tracer la route orthodromique entre A et B

Exercice 1.4 - Projection gnomonique polaire / projection de Gernez

La projection gnomoniques polaire est la projection utilisée pour les cartes orthodromiques polaire.

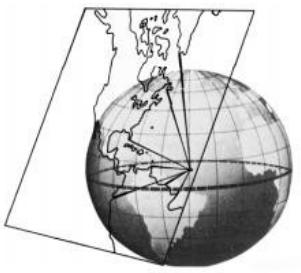
1. Tracer la route orthodromique entre A et B.
2. Vous voulez éviter les glaces qui dérivent au-dessus du 60°. Tracer une route mixte pour rester en dessous du 60°N (nota : on souhaite bien sûr suivre la route mixte la plus courte possible).



Activité 2 : Exploiter les cartes papier

Exercice 2.1 - Utiliser les cartes américaines, great circle sailing charts

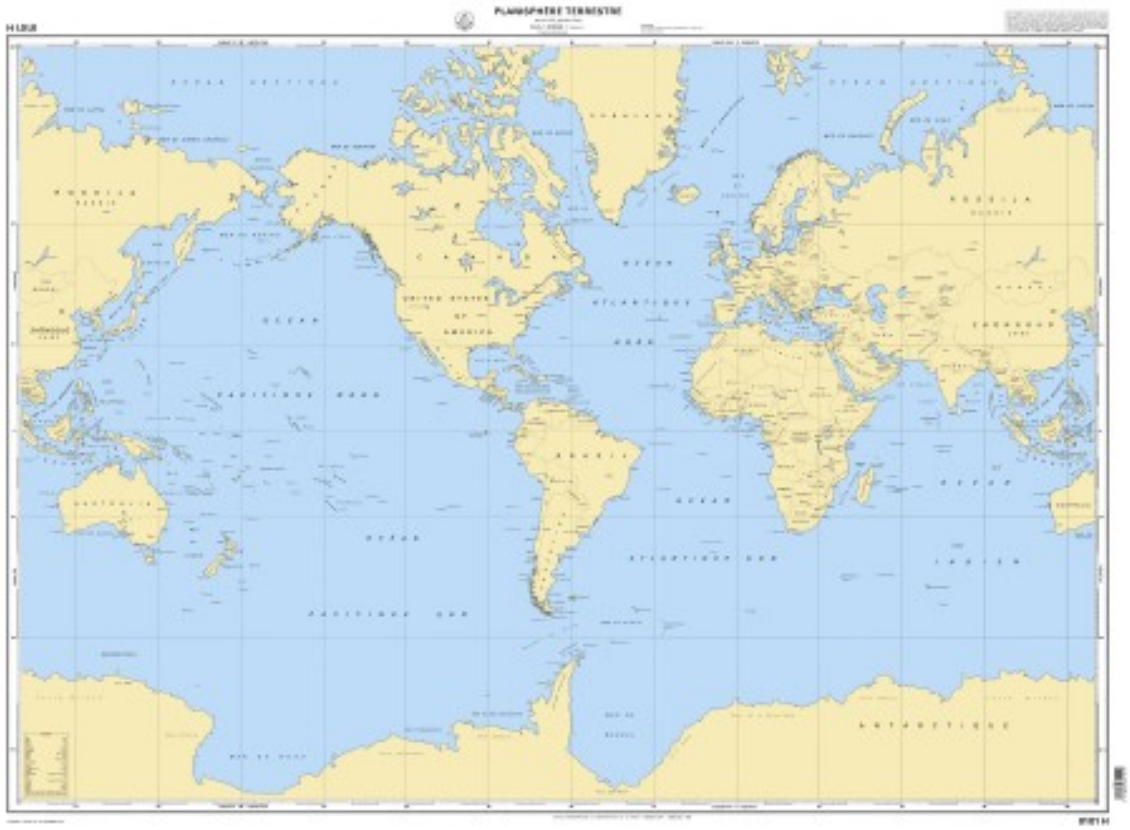
Pour vous entraîner, vous préparez la navigation transocéanique entre Brest (48°23,5 N / 04°29’ W) et la position présumée de l’île (20°27’ N / 68° 32’ W) avec les documents à votre disposition.



1. Déterminer la projection utilisée pour établir cette carte. Expliquer le principe de cette projection.
2. Tracer la route orthodromique entre Brest et l’île.
3. Déterminer la distance en utilisant la méthode des différences de latitudes ou des longitudes.
4. Déterminer graphiquement l’angle de route initiale.
5. Comparer les résultats avec les résultats par calculs orthodromiques.

Exercice 2.2: Utiliser la planisphère 101

Pour vous entraîner, vous préparez la navigation transocéanique entre Brest (48°23,5N / 04°29'W) et l'île (20°27'N / 68° 32'W) sur cette carte.



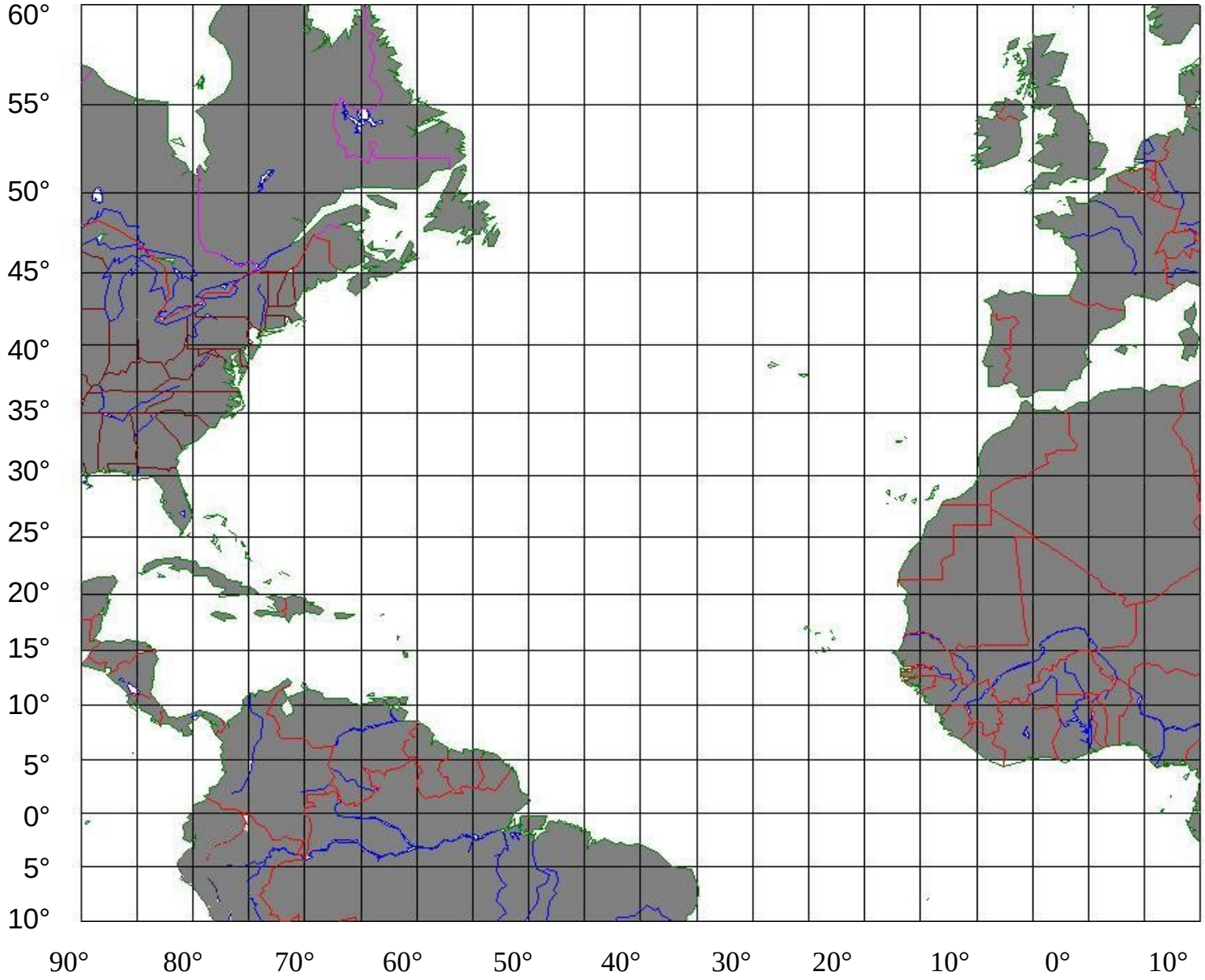
1. Tracer la route loxodromique.
2. Tracer la route orthodromique (à partir des 3 principaux points que sont le point de départ, d'arrivée et le vertex en utilisant la règle Cras en flexion '- voir enseignant.
3. Mesurer la distance loxodromique.

Avec l'abaque 101 :

4. Vérifier le tracé réalisé.
5. Déterminer la distance.

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

NOM :
PRENOM :



Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou sur www.nemo.profmarine.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Deuxième partie

Navigation astronomique

Chapitre 3

Éléments d'astronomie nautique

Sommaire

Les différents temps **47**
The nautical Almanac : daily pages use **53**
EXERCICES :Temps,coordonnées astronomiques et Nautical Almanac **57**

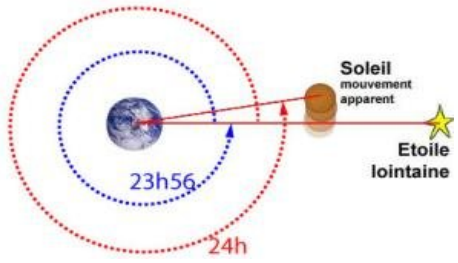
LES ÉCHELLES DE TEMPS

Temps universel (UT)

Cette échelle de temps est construite à partir de la rotation diurne de la Terre. C'est un temps astronomique.

UT	***24 h = une rotation de la terre sur elle même.*** ⇔ ***1 s = 1/86 400 du jour solaire moyen.***

Illustration 1 : Jour solaire et jour stellaire



Mais on s'est aperçu que la Terre ralentissait en constatant que la Lune s'éloignait de la Terre d'une manière qui n'était pas en accord avec les calculs théoriques.
La rotation de la Terre est ralentie à cause des pertes d'énergie dues aux effets de la marée. Ce ralentissement est évalué à une dizaine de millisecondes par siècle.
Cette échelle de temps n'étant pas uniforme, on a donc cherché une autre échelle de temps.

Nota : une deuxième définition (à partir de la révolution de la terre) a été adoptée pour définir le temps universel.

Le temps international atomique (TAI)

Le Temps atomique international est un temps stable basé sur l'observation de transitions atomiques. C'est un temps mathématique.

TAI	***24 h = un nombre défini de périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133*** ⇔ ***1 s = 9.192.631.770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133***

C'est en 1955 que le premier étalon de fréquence fut construit par L. Essen et J. Parry du National Physical Laboratory de Londres. Ces premiers travaux ouvrirent la voie à une nouvelle définition de la seconde qui vit le jour en 1967.

L'utilisation du Temps atomique international, très stable, va entraîner un décalage avec le temps universel (qui rappelons le se décale d'une dizaine de millisecondes par siècle).
Cet état de fait amènerait au bouts de x millénaires à avoir un décalage entre le midi TAI et le midi UT... Ce qui serait peu confortable (midi TAI pourrait avoir lieu à minuit solaire!).
Pour cela on a inventé le temps universel coordonnée (UTC) qui fait le lien entre le TAI et UT et est l'échelle de temps utilisée dans notre vie.

Le temps universel coordonné.

Le temps universel coordonnée est un temps atomique, mais recalé de temps en temps pour rester en phase avec l'UT : une seconde est ajoutée de temps en temps le 31 décembre ou le 31 juillet, selon les variations de la rotation de la Terre, pour que l'échelle de temps atomique utilisée ne s'écarte pas de plus d'une seconde du temps astronomique qu'est le temps universel.
Cette échelle de temps atomique modifiée par l'ajout régulier d'une seconde s'appelle le Temps universel coordonné.

UTC	***UTC = TAI + n secondes***

Au 1er janvier 2017 (dernier recalage effectué) la différence entre TAI - UTC = 37 s.

LES DIFFÉRENTS TEMPS UTILISÉS

Notations anglo-saxonne		***Notations francophone***	
GMT *UT*	*Greenwich mean time* *Universal Time*	*Tcp* *Tco* *TU*	*Temps civil au méridien premier* *Temps civil au méridien origine* *Temps universel*
TZ	*Time Zone*	*Tcf*	*Temps civil fuseau*
DZ	*Description Zone*	*f*	*fuseau*
LMT	*Local Mean Time*	*Tcg*	*Temps civil du lieu géographique*
ST	*Standard Time*		*Temps légal*
C ou CT	*Chronometer Time*		*Temps du chronomètre*
WT	*Watch Time*		*Temps de la montre*
CE	*Chronometer Error*		*Erreur du chronomètre*
WE	*Watch Error*		*Erreur de la montre*
F	*Fast*		*En avance*
S	*Slow*		*En retard*

Le temps universel / Universal Time

Le temps universel (GMT/UT) est l'heure au méridien origine (Greenwich mean Time). C'est l'heure de référence en astronomie. On utilise parfois à la place du sigle UT les sigles Tcp (temps civil au méridien premier) ou Tco (temps civil au méridien origine.

TU = Tcp = Tco

<=>

GMT = UT

Nota : Dans la marine marchande, il est courant d'utiliser dans les calculs nautiques le terme Tco pour les heures rondes et Tcp pour les heures non rondes, mais rigoureusement Tcp et Tco représente la même entité.

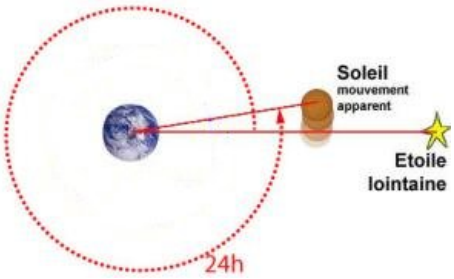


Illustration 2 : Jour solaire

Le temps local / Local mean Time

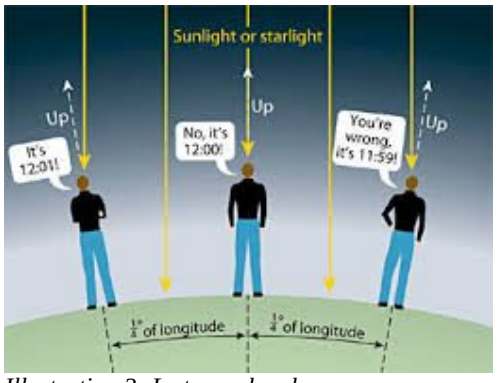


Illustration 3: Le temps local

Le temps local (à ne pas confondre avec le temps légal) est le temps/ l'heure solaire : l'heure que donnerait un cadran solaire, i.e. il est 12h quand le Soleil est au Zénith du lieu….
Sur un même méridien, le temps local est le même, mais il varie dès que la longitude Ge de l'observateur évolue.

Tcp = Tcg + g *avec g= Ge/15*

<=>

GMT = LMT + g *avec g= Ge/15*

Nota : le temps local est utilisée dans les éphémérides nautiques/Nautical Almanac pour donner les heures de lever et de coucher du Soleil.

Le temps fuseau / Time Zone

Pour faciliter les changements d'heure pour les voyageurs, il a été défini des "fuseaux horaires".
La Terre a été divisée en tranches horaires de 15° de longitude allant du fuseau 0 (Z) au fuseau +12(Y) vers l'ouest et au fuseau -12(M) vers l'est. Pour une position donnée de longitude Ge on se trouve dans un fuseau f.
Le temps du fuseau (Tcf/TZ) est l'heure unique d'un fuseau horaire.

Tcp = Tcf + f

$$f = DZ = arrondi(\frac{G_e}{15})$$

GMT = TZ + DZ

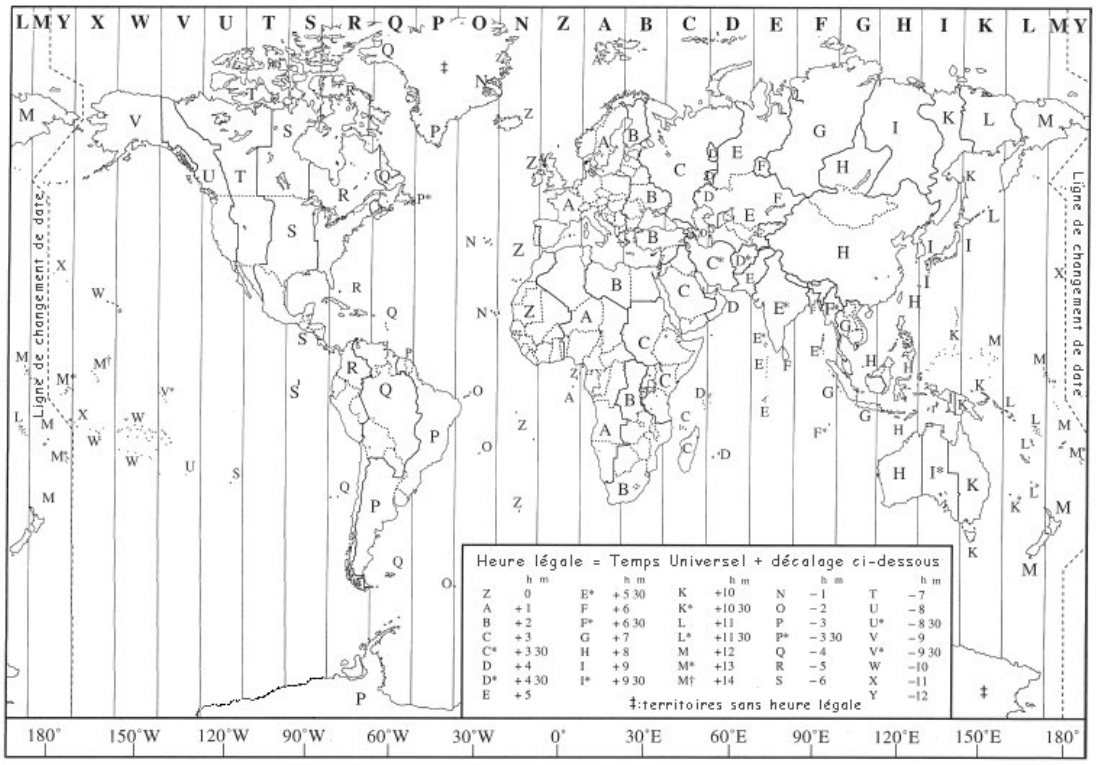


Illustration 4 : Carte des fuseaux

Remarques :

- *Il n'existe pas de fuseau J car ce phonème n'est pas traduisibles dans toutes les langues.*
- *Le premier fuseau est centré sur le méridien de Greenwich (7,5E - 7,5°W).*

Le temps légal / temps en usage

Chaque pays définit son heure légale ou standard généralement proche de l'heure du fuseau horaire dans lequel se situe en majeure partie le pays et décalée d'un nombre entier d'heures (exceptionnellement on peut trouver des 1/2h voire des 1/4h.

Temps légal / standard = TU + n *(n positif ou négatif)*

Standard time = GMT + n *(n positif ou négatif)*

Remarques :

- *Les pays très étendus en longitude adoptent plusieurs heures légales (par exemple aux USA, il y a 7 heures légales : Atlantique, Est, Central, Montagne, Ouest, Alaska et Hawaï, avec deux variantes : l'heure standard applicable en hiver et l'heure "de la lumière du jour" qui correspond à notre heure d'été puisqu'on l'applique en été en ajoutant une heure à l'heure standard).*

- C*ertains territoires comme le Groenland ou l'Antarctique n'ont pas d'heure légale propre : le Temps Universel y est donc utilisé.*
- *Tous les pays n'ont pas adopté un décalage d'un nombre entier d'heures avec le Temps Universel comme l'Inde qui a adopté 5 h 30 min.*
- *Les pays adoptant une heure d'été ajoutent une heure au décalage ci-dessous pour leur période d'été.*

Le temps du chronomètre et de la montre / chronometer or watch time



Illustration 5: chronomètre marine à suspension (XIXe)

Généralités

En navigation astronomique, on relève le temps d'une observation par un chronomètre ou une montre. La précision du temps est très importante pour réaliser un point astronomique (contrairement à un point terrestre) . Il est nécessaire de relever le temps à la seconde près pour obtenir un point qualitatif en astronomie.

Dans la mesure du possible on cale l'heure du chronomètre (CT) ou de la montre (WT) sur GMT (puisque c'est l'heure qui sera utilisée dans les éphémérides / nautical almanac). Les montres et chronomètres digitaux sont idéaux pour mesurer l'heure d'une observation

Les erreurs

Le calage n'étant pas forcement parfait, il faut noter l'erreur du chronomètre (CE) ou l'erreur de la montre (WE). Le chronomètre/ montre peut être en avance (fast F) ou en retard (Slow S)

P*ar exemple s'il est 12h00 GMT et que la montre indique 12h03min 10s, elle est en avance de 03 min 10S*

Le calage

Des stations radios diffusent des top horaires pour caler les horloges. L'heure diffusée est l'UTC qui peut avoir un décalage d'au maximum 0,9s par rapport au temps GMT des éphémérides nautiques
L'erreur due au temps de transit de l'onde est de l'ordre de quelques microsecondes est totalement négligeable.
On considéra donc que l'on cale nos montre sur un temps ayant une éventuelle erreur intrinsèque de moins d'une seconde et que l'on ne prendra pas en compte.
On cale la montre/ chronomètre à un top et on vérifie l'éventuel décalage lors d'un top suivant.

Les stations et heures de diffusion des top horaires se trouvent dans l'ALRS2 ou dans SH91.

LIGNE DE CHANGEMENT DE DATE

L'existence de fuseaux horaires entraîne l'existence d'une "ligne de changement de date".
En allant vers l'Est, le Soleil va se lever plus tôt et donc, pour obtenir les heures locales on va ajouter une heure, puis deux, puis trois au temps universel en se déplaçant vers l'Est.
En allant vers l'Ouest ce sera le contraire : on retirera des heures au temps universel pour que midi reste à 12 heures...
Donc en allant vers l'Est on ajoute des heures : on arrive à la ligne de changement de date quand on a ajouté douze heures.

Par contre en utilisant le temps universel tout le monde est à la même heure et à la même date en temps universel, il n'y a donc rien à rajouter ou retrancher.

<u>En utilisant les heures Tcf/TZ</u>
- **Franchissement du méridien 180° en route à l'est : retrancher un jour**
- **Franchissement du méridien 180° en route à l'ouest : rajouter un jour**

<u>En utilisant les heures Tcp/UT/GMT :</u>
Le changement de date se fait de manière transparente ;
il n'y a pas à rajouter ou retrancher de jours.

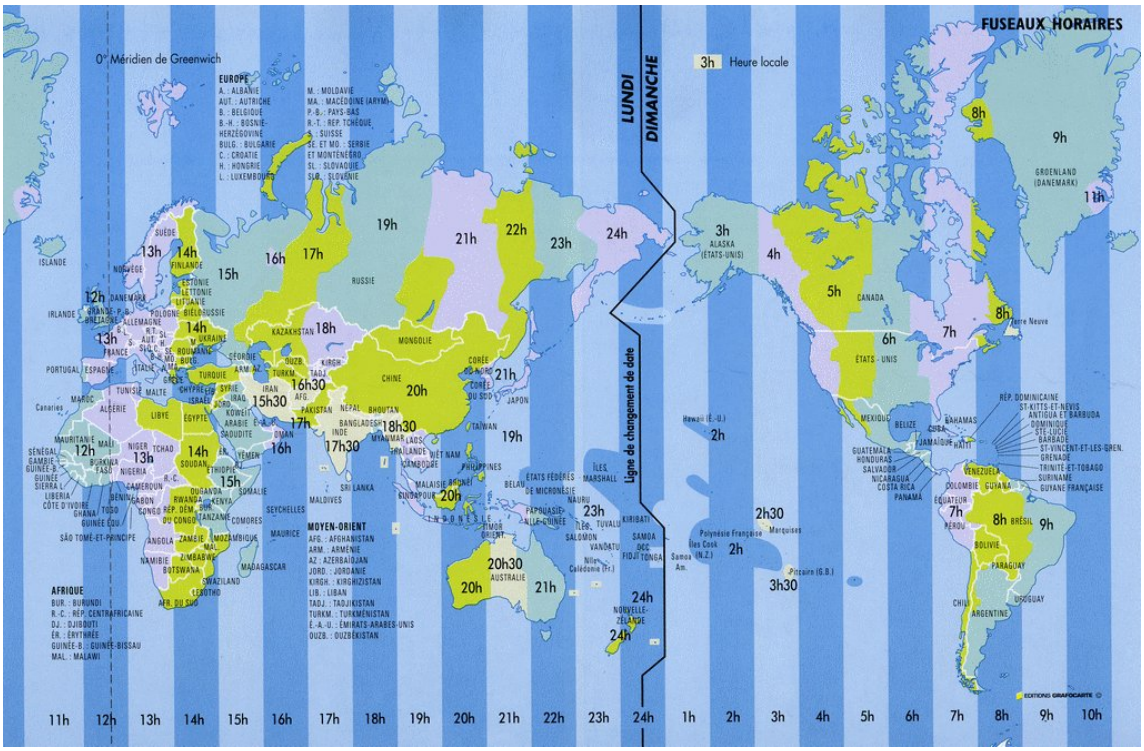


Illustration 6 : Les fuseaux horaires

RESSOURCES

Ressources internet

Astronomie pour l'IUFM : *Les échelles de temps* http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section1/page4/section1_6_1_4.html

Astronomie pour l'IUFM : *Ligne de changement de date http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section2/page8/section1_6_2_8.html*

Crédit graphique

Illustration	*Source*
Illustration 1: Jour solaire et jour stellaire	*ASM - http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section1/page2/section1_6_1_2.html*
Illustration 3: Le temps local	*http://www.wwnorton.com/college/astronomy/astro21/sandt/images/timediag.jpg*
Illustration 4: Carte des fuseaux	*http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section2/page7/section1_6_2_7.html*
Illustration 5: chronomètre marine à suspension (XIXe)	*https://fr.wikipedia.org/wiki/Chronom%C3%A8tre_de_marine#/media/File:Chronom%C3%A8tre_%C3%A0_suspension.jpg*
Illustration 6: Les fuseaux horaires	*http://www.i-voyages.net/artzone/fuseaux_horaires.gif*

Ce document est téléchargeable sur www.ressources.profmarine.fr ou sur https://vega.supmaritime.fr
Licence : « Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International. » hors illustrations (propriété de leurs auteurs) http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

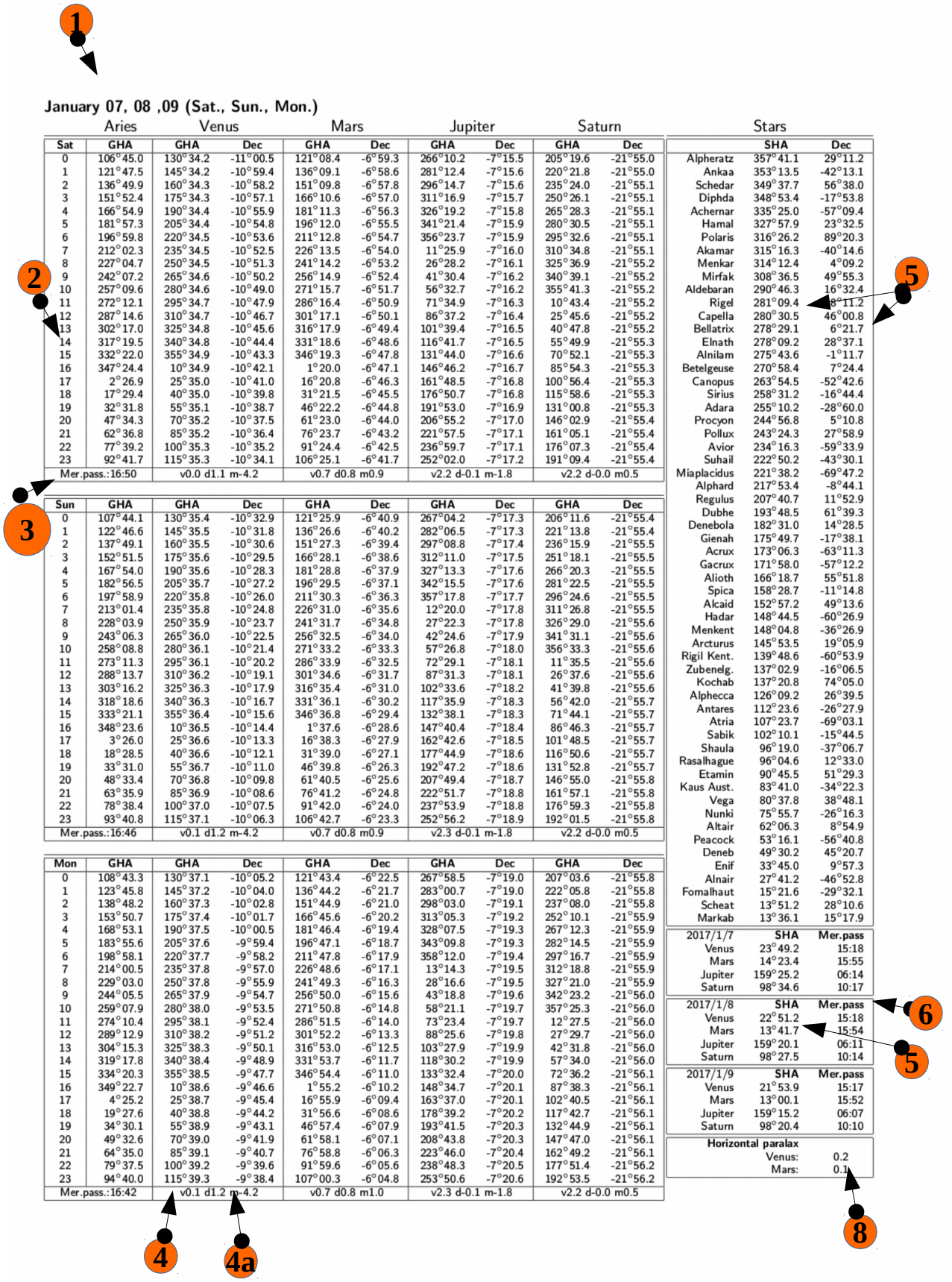
Extrait de https://thenauticalalmanac.com

1	Date based on GMT/UT
2	Time based on GMT/UT (this is just integral hour only)
3	**Mer. pass**- meridian passage of Aries at the Prime Meridian- Greenwich- 0°. Time figure is GMT/UT.
4	GHA ***v*** correction and Declination ***d*** correction. The amount to correct ***v*** and ***d*** for is determined by the minutes and seconds of time of the planet observation and is found in the *Increments and Corrections* pages of The Nautical Almanac. The Increments and Corrections pages are also known as *The Yellow Pages* as that's the color of the paper in the USNO published Nautical Almanac.
4a	**m-** is the *magnitude* or brightness of the planet. A bright planet will have a *minus* sign beside the figure. A fainter planet will have no sign beside its magnitude figure.
5	**Stars- SHA**, *Sidereal Hour Angle*, and **Declination**. 59 stars are listed. Typically, only 57 stars are used for navigational purposes in both Northern and Southern Hemispheres.
6	**Mer. pass**- planet meridian passage time at the Prime Meridian- Greenwich- 0°. Time figure is GMT/UT.
7	**SHA-** planet *SHA* at the time of meridian passage at the Prime Meridian- Greenwich- 0°. Planet SHA is calculated by subtracting planet GHA from Aries GHA. Time figure is GMT/UT.
8	**Horizontal parallax**- for Venus and Mars.
9	Date based on GMT/UT
10	Time based on GMT/UT (this is just integral hour only)
11	**SD**- Semi-diameter of the Sun. One half of the angular width of the Sun as observed on earth.
12	**d**- the amount the declination of the Sun changes per hour. If there's a minus sign beside the declination figure in the **Dec** column then the Sun is in the Southern hemisphere.
13	The Moon's GHA ***v*** correction. The amount to correct the Moon's GHA using ***v*** is determined by the minutes and seconds of time of the Moon's observation and is found in the *Increments and Corrections* pages of The Nautical Almanac. The Increments and Corrections pages are also known as *The Yellow Pages* as that's the color of the paper in the USNO published Nautical Almanac.
14	**SD**- Semi-diameter of the Moon. One half of the angular width of the Moon, as observed on earth.
15	The Moon's declination **d** correction. It's the amount of declination the Moon changes per hour. However the amount to correct the Moon's declination using **d** is determined by the minutes and seconds of time of the Moon's observation and is found in the *Increments and Corrections* pages of The Nautical Almanac. The **d** correction is *algebraically* added. An easy way to determine whether to *add* or *subtract* the **d** correction found in the *Increments and Corrections* pages is by examining the Moon's declination trend in The Nautical Almanac. If the declination is increasing (regardless of its sign + or -) from the integral hour of the observation you made then add the **d** increment and increase the value of the declination. If the declination is decreasing (regardless of its sign + or -) from the integral hour of the observation you made then subtract the **d** increment and decrease the value of the declination. Make sure to put the sign "back on" the corrected declination so you know which hemisphere the Moon's in. The Increments and Corrections pages are also known as *The Yellow Pages* as that's the color of the paper in the USNO published Nautical Almanac.
16	**HP**- the angle between two lines, one from the center of the Moon to the center of the Earth, the other from the center of the Moon to the edge of the Earth. This angle is about 56', but it changes slightly from day to day as the distance to the Moon changes along its elliptical path around the Earth. *Source- starpath.com*
17	**Sun- Eqn. of Time**- Equation of Time is the difference between GMT/UT and LAN at Greenwich. The figures listed are for GMT/UT at 00^h and 12^h. If you look at **Mer. Pass** just to the right of the **Eqn. of Time** you'll find, approximately, when the Sun crosses The Prime Meridian (at Greenwich). The figures in the 12^h column indicate, approximately, how many minutes and seconds are subtracted, or added, to 12 to determine when Local Apparent Noon is at The Prime Meridian. You can calculate, approximately, when LAN is at your Longitude by adding, or subtracting the amount of time difference between you and

Extrait de https://thenauticalalmanac.com/

	Greenwich and the Equation of Time.
17 *continued*	**Example**- May 30, 2016. **Mer. Pass** is at UT 11:57. **12^h** is 02:25. This means *subtract* 2 minutes and 25 seconds from UT 12 to calculate when Meridian Passage is at Greenwich. So at W 075° meridian passage would occur at about- 12 hours + 5 hours *MINUS* 2 minutes and 25 seconds, or UT 16:57:35.
18	**Sun- Mer. Pass** just to the right of the **Eqn. of Time** is the approximate GMT/UT when the Sun crosses The Prime Meridian (at Greenwich) for that specific date.
19	**Moon- Mer. Pass**- is the approximate GMT/UT when the Moon crosses The Prime Meridian (at Greenwich) or The International Date Line for that specific date. **Upper** means the GMT/UT when the Moon crosses The Prime Meridian (Greenwich) and **Lower** means the GMT/UT when the Moon crosses The International Date Line (180°).
20	**Moon- Age-** this is the number of days past a new Moon. Typically, there are 29 days in a lunar month.
20 *continued*	**Moon- %-** the amount of the Moon's illumination. 100% would be a full moon. 49% would be about ½ of the Moon is illuminated.
21* *see note at bottom*	**(morning) Twilight- Naut.**- the approximate GMT/UT when morning Nautical Twilight begins. Nautical twilight is the time when the center of the sun is 12° below the horizon and the horizon is visible enough to be used for marine sextant observations. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time.
21* *see note at bottom*	**(morning) Twilight- Civil-** the approximate GMT/UT of morning civil twilight starts when the geometric center of the sun is 6° below the horizon. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time.
21* *see note at bottom*	**Sunrise-** the approximate GMT/UT when the Sun is 0° 50' (semi-diameter plus refraction) below the horizon. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time.
21* *see note at bottom*	**(evening) Twilight- Naut.**- the approximate GMT/UT of when evening Nautical Twilight ends. Nautical twilight is the time when the center of the sun is 12° below the horizon and the horizon is no longer visible enough to be used for sextant observations. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time.
21* *see note at bottom*	**(evening) Twilight- Civil-** the approximate GMT/UT of evening civil twilight that ends when the geometric center of the sun is 6° below the horizon. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time.
21* *see note at bottom*	**Sunset-** the approximate GMT/UT when the Sun is 0° 50' (semi-diameter plus refraction) below the horizon. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time.
22* *see note at bottom*	**Moonrise**- the approximate GMT/UT when the Moon is about 0° 05' to 0° 10' below the horizon. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time under the specific day. The USNO has a more detailed explanation of this here- http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/RST_defs.php
22* *see note at bottom*	**Moonset**- the approximate GMT/UT when the Moon is about 0° 05' to 0° 10' below the horizon. First locate your approximate Latitude in the **Lat**. column and then follow across horizontally to the right to find the time under the specific day. The USNO has a more detailed explanation of this here- http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/RST_defs.php

* **Note**- Time of Sunrise, Sunset, Moonrise, Moonset and twilight is based on GMT/UT of the event at 0° (Greenwich). To determine the GMT/UT time at your Longitude add or subtract the time difference between your AP Longitude and Greenwich.



January 07, 08 ,09 (Sat., Sun., Mon.)

	Aries	Venus		Mars		Jupiter		Saturn	
Sat	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	106°45.0	130°34.2	-11°00.5	121°08.4	-6°59.3	266°10.2	-7°15.5	205°19.6	-21°55.0
1	121°47.5	145°34.2	-10°59.4	136°09.1	-6°58.6	281°12.4	-7°15.6	220°21.8	-21°55.0
2	136°49.9	160°34.3	-10°58.2	151°09.8	-6°57.8	296°14.7	-7°15.6	235°24.0	-21°55.1
3	151°52.4	175°34.3	-10°57.1	166°10.6	-6°57.0	311°16.9	-7°15.7	250°26.1	-21°55.1
4	166°54.9	190°34.4	-10°55.9	181°11.3	-6°56.3	326°19.2	-7°15.8	265°28.3	-21°55.1
5	181°57.3	205°34.4	-10°54.8	196°12.0	-6°55.5	341°21.4	-7°15.9	280°30.5	-21°55.1
6	196°59.8	220°34.5	-10°53.6	211°12.8	-6°54.7	356°23.7	-7°15.9	295°32.6	-21°55.1
7	212°02.3	235°34.5	-10°52.5	226°13.5	-6°54.0	11°25.9	-7°16.0	310°34.8	-21°55.1
8	227°04.7	250°34.5	-10°51.3	241°14.2	-6°53.2	26°28.2	-7°16.1	325°36.9	-21°55.2
9	242°07.2	265°34.6	-10°50.2	256°14.9	-6°52.4	41°30.4	-7°16.2	340°39.1	-21°55.2
10	257°09.6	280°34.6	-10°49.0	271°15.7	-6°51.7	56°32.7	-7°16.2	355°41.3	-21°55.2
11	272°12.1	295°34.7	-10°47.9	286°16.4	-6°50.9	71°34.9	-7°16.3	10°43.4	-21°55.2
12	287°14.6	310°34.7	-10°46.7	301°17.1	-6°50.1	86°37.2	-7°16.4	25°45.6	-21°55.2
13	302°17.0	325°34.8	-10°45.6	316°17.9	-6°49.4	101°39.4	-7°16.5	40°47.8	-21°55.2
14	317°19.5	340°34.8	-10°44.4	331°18.6	-6°48.6	116°41.7	-7°16.5	55°49.9	-21°55.3
15	332°22.0	355°34.9	-10°43.3	346°19.3	-6°47.8	131°44.0	-7°16.6	70°52.1	-21°55.3
16	347°24.4	10°34.9	-10°42.1	1°20.0	-6°47.1	146°46.2	-7°16.7	85°54.3	-21°55.3
17	2°26.9	25°35.0	-10°41.0	16°20.8	-6°46.3	161°48.5	-7°16.8	100°56.4	-21°55.3
18	17°29.4	40°35.0	-10°39.8	31°21.5	-6°45.5	176°50.7	-7°16.8	115°58.6	-21°55.3
19	32°31.8	55°35.1	-10°38.7	46°22.2	-6°44.8	191°53.0	-7°16.9	131°00.8	-21°55.3
20	47°34.3	70°35.2	-10°37.5	61°23.0	-6°44.0	206°55.2	-7°17.0	146°02.9	-21°55.4
21	62°36.8	85°35.2	-10°36.4	76°23.7	-6°43.2	221°57.5	-7°17.1	161°05.1	-21°55.4
22	77°39.2	100°35.3	-10°35.2	91°24.4	-6°42.5	236°59.7	-7°17.1	176°07.3	-21°55.4
23	92°41.7	115°35.3	-10°34.1	106°25.1	-6°41.7	252°02.0	-7°17.2	191°09.4	-21°55.4
Mer.pass.:16:50		v0.0 d1.1 m-4.2		v0.7 d0.8 m0.9		v2.2 d-0.1 m-1.8		v2.2 d-0.0 m0.5	

Sun	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	107°44.1	130°35.4	-10°32.9	121°25.9	-6°40.9	267°04.2	-7°17.3	206°11.6	-21°55.4
1	122°46.6	145°35.5	-10°31.8	136°26.6	-6°40.2	282°06.5	-7°17.3	221°13.8	-21°55.4
2	137°49.1	160°35.5	-10°30.6	151°27.3	-6°39.4	297°08.8	-7°17.4	236°15.9	-21°55.5
3	152°51.5	175°35.6	-10°29.5	166°28.1	-6°38.6	312°11.0	-7°17.5	251°18.1	-21°55.5
4	167°54.0	190°35.6	-10°28.3	181°28.8	-6°37.9	327°13.3	-7°17.6	266°20.3	-21°55.5
5	182°56.5	205°35.7	-10°27.2	196°29.5	-6°37.1	342°15.5	-7°17.6	281°22.5	-21°55.5
6	197°58.9	220°35.8	-10°26.0	211°30.3	-6°36.3	357°17.8	-7°17.7	296°24.6	-21°55.5
7	213°01.4	235°35.8	-10°24.8	226°31.0	-6°35.6	12°20.0	-7°17.8	311°26.8	-21°55.5
8	228°03.9	250°35.9	-10°23.7	241°31.7	-6°34.8	27°22.3	-7°17.8	326°29.0	-21°55.6
9	243°06.3	265°36.0	-10°22.5	256°32.5	-6°34.0	42°24.6	-7°17.9	341°31.1	-21°55.6
10	258°08.8	280°36.1	-10°21.4	271°33.2	-6°33.3	57°26.8	-7°18.0	356°33.3	-21°55.6
11	273°11.3	295°36.1	-10°20.2	286°33.9	-6°32.5	72°29.1	-7°18.1	11°35.5	-21°55.6
12	288°13.7	310°36.2	-10°19.1	301°34.6	-6°31.7	87°31.3	-7°18.1	26°37.6	-21°55.6
13	303°16.2	325°36.3	-10°17.9	316°35.4	-6°31.0	102°33.6	-7°18.2	41°39.8	-21°55.6
14	318°18.6	340°36.3	-10°16.7	331°36.1	-6°30.2	117°35.9	-7°18.3	56°42.0	-21°55.7
15	333°21.1	355°36.4	-10°15.6	346°36.8	-6°29.4	132°38.1	-7°18.3	71°44.1	-21°55.7
16	348°23.6	10°36.5	-10°14.4	1°37.6	-6°28.6	147°40.4	-7°18.4	86°46.3	-21°55.7
17	3°26.0	25°36.6	-10°13.3	16°38.3	-6°27.9	162°42.6	-7°18.5	101°48.5	-21°55.7
18	18°28.5	40°36.6	-10°12.1	31°39.0	-6°27.1	177°44.9	-7°18.6	116°50.6	-21°55.7
19	33°31.0	55°36.7	-10°11.0	46°39.8	-6°26.3	192°47.2	-7°18.6	131°52.8	-21°55.7
20	48°33.4	70°36.8	-10°09.8	61°40.5	-6°25.6	207°49.4	-7°18.7	146°55.0	-21°55.8
21	63°35.9	85°36.9	-10°08.6	76°41.2	-6°24.8	222°51.7	-7°18.8	161°57.1	-21°55.8
22	78°38.4	100°37.0	-10°07.5	91°42.0	-6°24.0	237°53.9	-7°18.8	176°59.3	-21°55.8
23	93°40.8	115°37.1	-10°06.3	106°42.7	-6°23.3	252°56.2	-7°18.9	192°01.5	-21°55.8
Mer.pass.:16:46		v0.1 d1.2 m-4.2		v0.7 d0.8 m0.9		v2.3 d-0.1 m-1.8		v2.2 d-0.0 m0.5	

Mon	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	108°43.3	130°37.1	-10°05.2	121°43.4	-6°22.5	267°58.5	-7°19.0	207°03.6	-21°55.8
1	123°45.8	145°37.2	-10°04.0	136°44.2	-6°21.7	283°00.7	-7°19.0	222°05.8	-21°55.8
2	138°48.2	160°37.3	-10°02.8	151°44.9	-6°21.0	298°03.0	-7°19.1	237°08.0	-21°55.8
3	153°50.7	175°37.4	-10°01.7	166°45.6	-6°20.2	313°05.3	-7°19.2	252°10.1	-21°55.9
4	168°53.1	190°37.5	-10°00.5	181°46.4	-6°19.4	328°07.5	-7°19.3	267°12.3	-21°55.9
5	183°55.6	205°37.6	-9°59.4	196°47.1	-6°18.7	343°09.8	-7°19.3	282°14.5	-21°55.9
6	198°58.1	220°37.7	-9°58.2	211°47.8	-6°17.9	358°12.0	-7°19.4	297°16.7	-21°55.9
7	214°00.5	235°37.8	-9°57.0	226°48.6	-6°17.1	13°14.3	-7°19.5	312°18.8	-21°55.9
8	229°03.0	250°37.8	-9°55.9	241°49.3	-6°16.3	28°16.6	-7°19.5	327°21.0	-21°55.9
9	244°05.5	265°37.9	-9°54.7	256°50.0	-6°15.6	43°18.8	-7°19.6	342°23.2	-21°56.0
10	259°07.9	280°38.0	-9°53.5	271°50.8	-6°14.8	58°21.1	-7°19.7	357°25.3	-21°56.0
11	274°10.4	295°38.1	-9°52.4	286°51.5	-6°14.0	73°23.4	-7°19.7	12°27.5	-21°56.0
12	289°12.9	310°38.2	-9°51.2	301°52.2	-6°13.3	88°25.6	-7°19.8	27°29.7	-21°56.0
13	304°15.3	325°38.3	-9°50.1	316°53.0	-6°12.5	103°27.9	-7°19.9	42°31.8	-21°56.0
14	319°17.8	340°38.4	-9°48.9	331°53.7	-6°11.7	118°30.2	-7°19.9	57°34.0	-21°56.0
15	334°20.3	355°38.5	-9°47.7	346°54.4	-6°11.0	133°32.4	-7°20.0	72°36.2	-21°56.1
16	349°22.7	10°38.6	-9°46.6	1°55.2	-6°10.2	148°34.7	-7°20.1	87°38.3	-21°56.1
17	4°25.2	25°38.7	-9°45.4	16°55.9	-6°09.4	163°37.0	-7°20.1	102°40.5	-21°56.1
18	19°27.6	40°38.8	-9°44.2	31°56.6	-6°08.6	178°39.2	-7°20.2	117°42.7	-21°56.1
19	34°30.1	55°38.9	-9°43.1	46°57.4	-6°07.9	193°41.5	-7°20.3	132°44.9	-21°56.1
20	49°32.6	70°39.0	-9°41.9	61°58.1	-6°07.1	208°43.8	-7°20.3	147°47.0	-21°56.1
21	64°35.0	85°39.1	-9°40.7	76°58.8	-6°06.3	223°46.0	-7°20.4	162°49.2	-21°56.1
22	79°37.5	100°39.2	-9°39.6	91°59.6	-6°05.6	238°48.3	-7°20.5	177°51.4	-21°56.2
23	94°40.0	115°39.3	-9°38.4	107°00.3	-6°04.8	253°50.6	-7°20.6	192°53.5	-21°56.2
Mer.pass.:16:42		v0.1 d1.2 m-4.2		v0.7 d0.8 m1.0		v2.3 d-0.1 m-1.8		v2.2 d-0.0 m0.5	

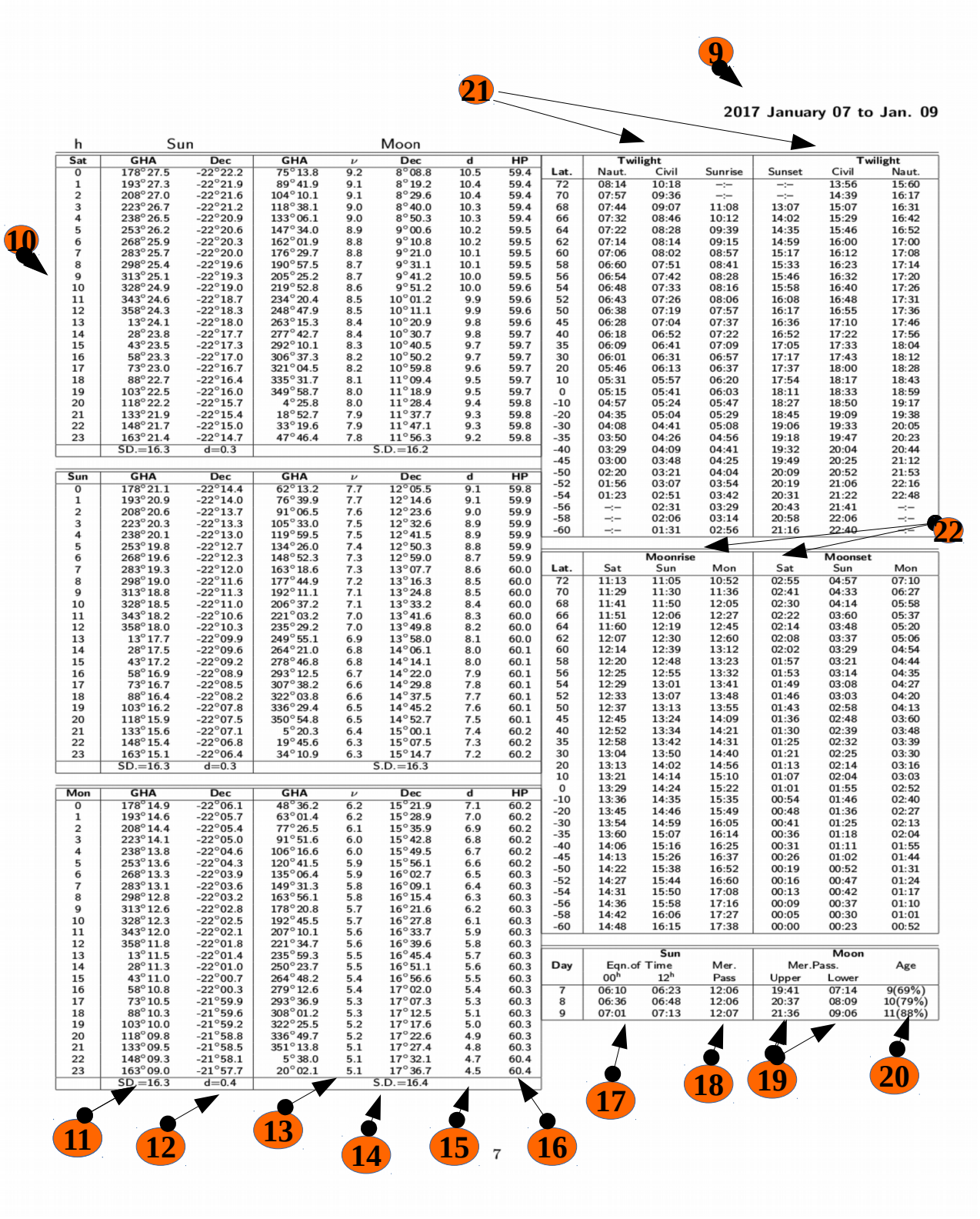
Stars	SHA	Dec
Alpheratz	357°41.1	29°11.2
Ankaa	353°13.5	-42°13.1
Schedar	349°37.7	56°38.0
Diphda	348°53.4	-17°53.8
Achernar	335°25.0	-57°09.4
Hamal	327°57.9	23°32.5
Polaris	316°26.2	89°20.3
Akamar	315°16.3	-40°14.6
Menkar	314°12.4	4°09.2
Mirfak	308°36.5	49°55.3
Aldebaran	290°46.3	16°32.4
Rigel	281°09.4	-8°11.2
Capella	280°30.5	46°00.8
Bellatrix	278°29.1	6°21.7
Elnath	278°09.2	28°37.1
Alnilam	275°43.6	-1°11.7
Betelgeuse	270°58.4	7°24.4
Canopus	263°54.5	-52°42.6
Sirius	258°31.2	-16°44.4
Adara	255°10.2	-28°60.0
Procyon	244°56.8	5°10.8
Pollux	243°24.3	27°58.9
Avior	234°16.3	-59°33.9
Suhail	222°50.2	-43°30.1
Miaplacidus	221°38.2	-69°47.2
Alphard	217°53.4	-8°44.1
Regulus	207°40.7	11°52.9
Dubhe	193°48.5	61°39.3
Denebola	182°31.0	14°28.5
Gienah	175°49.7	-17°38.1
Acrux	173°06.3	-63°11.3
Gacrux	171°58.0	-57°12.2
Alioth	166°18.7	55°51.8
Spica	158°28.7	-11°14.8
Alcaid	152°57.2	49°13.6
Hadar	148°44.5	-60°26.9
Menkent	148°04.8	-36°26.9
Arcturus	145°53.5	19°05.9
Rigil Kent.	139°48.6	-60°53.9
Zubenelg.	137°02.9	-16°06.5
Kochab	137°20.8	74°05.0
Alphecca	126°09.2	26°39.5
Antares	112°23.6	-26°27.9
Atria	107°23.7	-69°03.1
Sabik	102°10.1	-15°44.5
Shaula	96°19.0	-37°06.7
Rasalhague	96°04.6	12°33.0
Etamin	90°45.5	51°29.3
Kaus Aust.	83°41.0	-34°22.3
Vega	80°37.8	38°48.1
Nunki	75°55.7	-26°16.3
Altair	62°06.3	8°54.9
Peacock	53°16.1	-56°40.8
Deneb	49°30.2	45°20.7
Enif	33°45.0	9°57.3
Alnair	27°41.2	-46°52.8
Fomalhaut	15°21.6	-29°32.1
Scheat	13°51.2	28°10.6
Markab	13°36.1	15°17.9

2017/1/7	SHA	Mer.pass
Venus	23°49.2	15:18
Mars	14°23.4	15:55
Jupiter	159°25.2	06:14
Saturn	98°34.6	10:17

2017/1/8	SHA	Mer.pass
Venus	22°51.2	15:18
Mars	13°41.7	15:54
Jupiter	159°20.1	06:11
Saturn	98°27.5	10:14

2017/1/9	SHA	Mer.pass
Venus	21°53.9	15:17
Mars	13°00.1	15:52
Jupiter	159°15.2	06:07
Saturn	98°20.4	10:10

Horizontal paralax	
Venus:	0.2
Mars:	0.1



2017 January 07 to Jan. 09

h	Sun							Moon						
Sat	GHA		Dec		GHA	ν	Dec	d	HP
0	178°27.5		-22°22.2		75°13.8	9.2	8°08.8	10.5	59.4
1	193°27.3		-22°21.9		89°41.9	9.1	8°19.2	10.4	59.4
2	208°27.0		-22°21.6		104°10.1	9.1	8°29.6	10.4	59.4
3	223°26.7		-22°21.2		118°38.1	9.0	8°40.0	10.3	59.4
4	238°26.5		-22°20.9		133°06.1	9.0	8°50.3	10.3	59.4
5	253°26.2		-22°20.6		147°34.0	8.9	9°00.6	10.2	59.5
6	268°25.9		-22°20.3		162°01.9	8.8	9°10.8	10.2	59.5
7	283°25.7		-22°20.0		176°29.7	8.8	9°21.0	10.1	59.5
8	298°25.4		-22°19.6		190°57.5	8.7	9°31.1	10.1	59.5
9	313°25.1		-22°19.3		205°25.2	8.7	9°41.2	10.0	59.5
10	328°24.9		-22°19.0		219°52.8	8.6	9°51.2	10.0	59.6
11	343°24.6		-22°18.7		234°20.4	8.5	10°01.2	9.9	59.6
12	358°24.3		-22°18.3		248°47.9	8.5	10°11.1	9.9	59.6
13	13°24.1		-22°18.0		263°15.3	8.4	10°20.9	9.8	59.6
14	28°23.8		-22°17.7		277°42.7	8.4	10°30.7	9.8	59.7
15	43°23.5		-22°17.3		292°10.1	8.3	10°40.5	9.7	59.7
16	58°23.3		-22°17.0		306°37.3	8.2	10°50.2	9.7	59.7
17	73°23.0		-22°16.7		321°04.5	8.2	10°59.8	9.6	59.7
18	88°22.7		-22°16.4		335°31.7	8.1	11°09.4	9.5	59.7
19	103°22.5		-22°16.0		349°58.7	8.0	11°18.9	9.5	59.7
20	118°22.2		-22°15.7		4°25.8	8.0	11°28.4	9.4	59.8
21	133°21.9		-22°15.4		18°52.7	7.9	11°37.7	9.3	59.8
22	148°21.7		-22°15.0		33°19.6	7.9	11°47.1	9.3	59.8
23	163°21.4		-22°14.7		47°46.4	7.8	11°56.3	9.2	59.8
	SD.=16.3		d=0.3				S.D.=16.2		

Sun	GHA		Dec		GHA	ν	Dec	d	HP
0	178°21.1		-22°14.4		62°13.2	7.7	12°05.5	9.1	59.8
1	193°20.9		-22°14.0		76°39.9	7.7	12°14.6	9.1	59.9
2	208°20.6		-22°13.7		91°06.5	7.6	12°23.6	9.0	59.9
3	223°20.3		-22°13.3		105°33.0	7.5	12°32.6	8.9	59.9
4	238°20.1		-22°13.0		119°59.5	7.5	12°41.5	8.9	59.9
5	253°19.8		-22°12.7		134°26.0	7.4	12°50.3	8.8	59.9
6	268°19.6		-22°12.3		148°52.3	7.3	12°59.0	8.7	59.9
7	283°19.3		-22°12.0		163°18.6	7.3	13°07.7	8.6	60.0
8	298°19.0		-22°11.6		177°44.9	7.2	13°16.3	8.5	60.0
9	313°18.8		-22°11.3		192°11.1	7.1	13°24.8	8.5	60.0
10	328°18.5		-22°11.0		206°37.2	7.1	13°33.2	8.4	60.0
11	343°18.2		-22°10.6		221°03.2	7.0	13°41.6	8.3	60.0
12	358°18.0		-22°10.3		235°29.2	7.0	13°49.8	8.2	60.0
13	13°17.7		-22°09.9		249°55.1	6.9	13°58.0	8.1	60.0
14	28°17.5		-22°09.6		264°21.0	6.8	14°06.1	8.0	60.1
15	43°17.2		-22°09.2		278°46.8	6.8	14°14.1	8.0	60.1
16	58°16.9		-22°08.9		293°12.5	6.7	14°22.0	7.9	60.1
17	73°16.7		-22°08.5		307°38.2	6.6	14°29.8	7.8	60.1
18	88°16.4		-22°08.2		322°03.8	6.6	14°37.5	7.7	60.1
19	103°16.2		-22°07.8		336°29.4	6.5	14°45.2	7.6	60.1
20	118°15.9		-22°07.5		350°54.8	6.5	14°52.7	7.5	60.1
21	133°15.6		-22°07.1		5°20.3	6.4	15°00.1	7.4	60.2
22	148°15.4		-22°06.8		19°45.6	6.3	15°07.5	7.3	60.2
23	163°15.1		-22°06.4		34°10.9	6.3	15°14.7	7.2	60.2
	SD.=16.3		d=0.3				S.D.=16.3		

Mon	GHA		Dec		GHA	ν	Dec	d	HP
0	178°14.9		-22°06.1		48°36.2	6.2	15°21.9	7.1	60.2
1	193°14.6		-22°05.7		63°01.4	6.2	15°28.9	7.0	60.2
2	208°14.4		-22°05.4		77°26.5	6.1	15°35.9	6.9	60.2
3	223°14.1		-22°05.0		91°51.6	6.0	15°42.8	6.8	60.2
4	238°13.8		-22°04.6		106°16.6	6.0	15°49.5	6.7	60.2
5	253°13.6		-22°04.3		120°41.5	5.9	15°56.1	6.6	60.2
6	268°13.3		-22°03.9		135°06.4	5.9	16°02.7	6.5	60.3
7	283°13.1		-22°03.6		149°31.3	5.8	16°09.1	6.4	60.3
8	298°12.8		-22°03.2		163°56.1	5.8	16°15.4	6.3	60.3
9	313°12.6		-22°02.8		178°20.8	5.7	16°21.6	6.2	60.3
10	328°12.3		-22°02.5		192°45.5	5.7	16°27.8	6.1	60.3
11	343°12.0		-22°02.1		207°10.1	5.6	16°33.7	5.9	60.3
12	358°11.8		-22°01.8		221°34.7	5.6	16°39.6	5.8	60.3
13	13°11.5		-22°01.4		235°59.3	5.5	16°45.4	5.7	60.3
14	28°11.3		-22°01.0		250°23.7	5.5	16°51.1	5.6	60.3
15	43°11.0		-22°00.7		264°48.2	5.4	16°56.6	5.5	60.3
16	58°10.8		-22°00.3		279°12.6	5.4	17°02.0	5.4	60.3
17	73°10.5		-21°59.9		293°36.9	5.3	17°07.3	5.3	60.3
18	88°10.3		-21°59.6		308°01.2	5.3	17°12.5	5.1	60.3
19	103°10.0		-21°59.2		322°25.5	5.2	17°17.6	5.0	60.3
20	118°09.8		-21°58.8		336°49.7	5.2	17°22.6	4.9	60.3
21	133°09.5		-21°58.5		351°13.8	5.1	17°27.4	4.8	60.3
22	148°09.3		-21°58.1		5°38.0	5.1	17°32.1	4.7	60.4
23	163°09.0		-21°57.7		20°02.1	5.1	17°36.7	4.5	60.4
	SD.=16.3		d=0.4				S.D.=16.4		

Lat.	Twilight Naut.	Twilight Civil	Sunrise	Sunset	Twilight Civil	Twilight Naut.
72	08:14	10:18	–:–	–:–	13:56	15:60
70	07:57	09:36	–:–	–:–	14:39	16:17
68	07:44	09:07	11:08	13:07	15:07	16:31
66	07:32	08:46	10:12	14:02	15:29	16:42
64	07:22	08:28	09:39	14:35	15:46	16:52
62	07:14	08:14	09:15	14:59	16:00	17:00
60	07:06	08:02	08:57	15:17	16:12	17:08
58	06:60	07:51	08:41	15:33	16:23	17:14
56	06:54	07:42	08:28	15:46	16:32	17:20
54	06:48	07:33	08:16	15:58	16:40	17:26
52	06:43	07:26	08:06	16:08	16:48	17:31
50	06:38	07:19	07:57	16:17	16:55	17:36
45	06:28	07:04	07:37	16:36	17:10	17:46
40	06:18	06:52	07:22	16:52	17:22	17:56
35	06:09	06:41	07:09	17:05	17:33	18:04
30	06:01	06:31	06:57	17:17	17:43	18:12
20	05:46	06:13	06:37	17:37	18:00	18:28
10	05:31	05:57	06:20	17:54	18:17	18:43
0	05:15	05:41	06:03	18:11	18:33	18:59
-10	04:57	05:24	05:47	18:27	18:50	19:17
-20	04:35	05:04	05:29	18:45	19:09	19:38
-30	04:08	04:41	05:08	19:06	19:33	20:05
-35	03:50	04:26	04:56	19:18	19:47	20:23
-40	03:29	04:09	04:41	19:32	20:04	20:44
-45	03:00	03:48	04:25	19:49	20:25	21:12
-50	02:20	03:21	04:04	20:09	20:52	21:53
-52	01:56	03:07	03:54	20:19	21:06	22:16
-54	01:23	02:51	03:42	20:31	21:22	22:48
-56	–:–	02:31	03:29	20:43	21:41	–:–
-58	–:–	02:06	03:14	20:58	22:06	–:–
-60	–:–	01:31	02:56	21:16	22:40	–:–

Lat.	Moonrise Sat	Moonrise Sun	Moonrise Mon	Moonset Sat	Moonset Sun	Moonset Mon
72	11:13	11:05	10:52	02:55	04:57	07:10
70	11:29	11:30	11:36	02:41	04:33	06:27
68	11:41	11:50	12:05	02:30	04:14	05:58
66	11:51	12:06	12:27	02:22	03:60	05:37
64	11:60	12:19	12:45	02:14	03:48	05:20
62	12:07	12:30	12:60	02:08	03:37	05:06
60	12:14	12:39	13:12	02:02	03:29	04:54
58	12:20	12:48	13:23	01:57	03:21	04:44
56	12:25	12:55	13:32	01:53	03:14	04:35
54	12:29	13:01	13:41	01:49	03:08	04:27
52	12:33	13:07	13:48	01:46	03:03	04:20
50	12:37	13:13	13:55	01:43	02:58	04:13
45	12:45	13:24	14:09	01:36	02:48	03:60
40	12:52	13:34	14:21	01:30	02:39	03:48
35	12:58	13:42	14:31	01:25	02:32	03:39
30	13:04	13:50	14:40	01:21	02:25	03:30
20	13:13	14:02	14:56	01:13	02:14	03:16
10	13:21	14:14	15:10	01:07	02:04	03:03
0	13:29	14:24	15:22	01:01	01:55	02:52
-10	13:36	14:35	15:35	00:54	01:46	02:40
-20	13:45	14:46	15:49	00:48	01:36	02:27
-30	13:54	14:59	16:05	00:41	01:25	02:13
-35	13:60	15:07	16:14	00:36	01:18	02:04
-40	14:06	15:16	16:25	00:31	01:11	01:55
-45	14:13	15:26	16:37	00:26	01:02	01:44
-50	14:22	15:38	16:52	00:19	00:52	01:31
-52	14:27	15:44	16:60	00:16	00:47	01:24
-54	14:31	15:50	17:08	00:13	00:42	01:17
-56	14:36	15:58	17:16	00:09	00:37	01:10
-58	14:42	16:06	17:27	00:05	00:30	01:01
-60	14:48	16:15	17:38	00:00	00:23	00:52

Day	Sun Eqn.of Time 00h	Sun Eqn.of Time 12h	Sun Mer. Pass	Moon Mer.Pass. Upper	Moon Mer.Pass. Lower	Moon Age
7	06:10	06:23	12:06	19:41	07:14	9(69%)
8	06:36	06:48	12:06	20:37	08:09	10(79%)
9	07:01	07:13	12:07	21:36	09:06	11(88%)

Ce document est téléchargeable sur www.ressources.profmarine.fr ou sur vega.supmaritime.fr
Licence : « Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International. »
hors illustrations (propriété de leurs auteurs) *http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*

Matériel nécessaire

- Naval Observatory - *Nautical Almanac for purpose use (1981)*
- Calculatrice

Pré-requis

1. Revoir le cours sur le temps, les coordonnées et le nautical Almanac
2. Connaître les différents temps TZ, LT, GMT, UT et leurs relations
3. Connaître les différents systèmes de coordonnées : coordonnées terrestres (φ, G) coordonnées horizontales (H,Z), horaires (GHA,D), (SHA,D)
4. Connaître les différents couchers et levers (civils, nautiques, astronomiques)
5. ***Synthétiser les points important sur votre carnet du Marin***

Remarque : pour répondre aux questions vous devrez impérativement utiliser le Nautical Almanac (1981) fourni ou accessible via internet sur Vega et pas un autre Nautical Almanac

1 CONVERSION ANGLE / LONGITUDE <=>TEMPS

Pré-requis :

- déterminer la relation entre longitude et heure
- rechercher dans le Nautical Almanac le tableau de conversion arc/time

Utiliser alternativement les tables (du Nautical Almanac) et la calculatrice pour répondre aux questions suivantes

Convertir en heure les longitudes	
a) 120° 13'W	
b) 90° 24' E	
c) 100° 12' W	
d) 15° 15' E	
e) 175° 26' W	
f) 039°55' W	

Convertir en longitude les heures	
g) 04h 04min 23s	
h) 07h 02min 46s	
i) 23h 00min 00s	
j) 07h 35 min 55s	
k) 21h 52min 21s	
l) 01h 10 min 32s	

2 ANGLE HORAIRE HEURE, UNIVERSELLE, HEURE LOCALE

a) Déterminer l'heure UT à partir de l'heure locale et la longitude

Pré-requis :

- déterminer la relation liant LMT et GMT
- déterminer le rapport entre GMT et UT

LMT (Tcg)	*Position estimée*	*GMT (Tcp)*
a) 13h 12 min 34s, le 12 nov	φ_e *= 49° 30,1'N* G_e *= 054° 13 'E*	
b) 03h 29 min 21s, le 12 nov	φ_e *= 13° 23,7'S* G_e *=151° 12'W*	
c) 06h 12min 12s, le 12 nov	φ_e *= 75° 32,2 ' S* G_e *=103° '12'E*	
d) 15h 10 min 13s, le 12 nov	φ_e *= 02° 30,1'N* G_e *=023° 15'W*	
e) 05h 30 min 33s ,le 12 nov	Φ_e *= 35 °47,9'N* G_e *=156° 56'W*	
f) 17h 21min 24s, le 12 nov	φ_e *= 66° 10,0'S* G_e *=023° 15'0W*	

g)	*20h 36min 12s, le 12 nov*	*φ_e = 49° 30,1'N* *G_e =122° 24,0'W*	

b) Déterminer l'heure GMT à partir de l'angle horaire du Soleil

Pré-requis : Déterminer la relation entre entre GHA(sun) et GMT

Connaissant l'angle horaire du Soleil, déterminer l'heure GMT.

GHA (sun) / Ahvo	*GMT / Tcp*
a) 101° 14' le 10 déc.	
b) 065° 24' le 10 déc.	
c) 151° 16' le 10 déc.	
d) 223° 45' le 10 déc.	
e) 342° 42' le 10 déc.	

c) Déterminer l'heure fuseau et l'heure locale

Pré-requis :
- déterminer la relation entre GMT et LMT
- déterminer la relation entre DZ et Ge
- déterminer la relation entre GMT, DZ et TZ

GMT (Tcp)		*Position estimée*	*LMT (Tcg)*	*DZ (f)*	*TZ (Tcf)*
a)	*09h 35 min 42s, le 10 déc.*	*φ_e = 49° 30,1'N* *G_e = 054° 13 'E*			
b)	*13h 34 min 09s, le 10 déc.*	*φ_e = 13° 23,7'S* *G_e =151° 12'W*			
c)	*23h 19 min 24s le 10 déc.*	*φ_e = 75° 32,2 ' S* *G_e =103° '12'E*			
d)	*10h 44min 37s, le 10 déc.*	*φ_e = 02° 30,1'N* *G_e =023° 15'W*			
e)	*15h 58min 17s, le 10 déc.*	*Φ_e = 35 °47,9'N* *G_e =156° 56'W*			
f)	*18h 54min 24s, le 12 nov*	*φ_e = 66° 10,0'S* *G_e =023° 15'0W*			
g)	*04h 45min 48s, le 12 nov*	*φ_e = 49° 30,1'N* *G_e =122° 24,0'W*			

3 DÉTERMINER L'HEURE DU LEVER/COUCHER DU SOLEIL

Pré-requis :

- Connaître la relation entre GMT et LMT ;
- Connaître la différence entre lever et coucher civil, nautique et astronomique ;
- Disposer du Nautical Almanac.

Sachant :		*Déterminer l'heure GMT du coucher du Soleil*
a)	*φ_e = 50° 00, 0'S / Ge= 000° 00,0' W, le 23/05*	
b)	*φ_e = 50° 00, 0'S / Ge= 015° 00,0' E, le 23/05*	
c)	*φ_e = 49°30,1'N / Ge= 035° 15' W, le 12/11*	
d)	*φ_e = 15° 12,5'S / Ge= 035° 15'E, le 12/11*	

4 DÉTERMINER LA VISIBILITÉ DES ASTRES

A partir des données du Nautical Almanac, pouvez vous observer :

Astre		***Moment de la nuit***	***Observable ou pas ?***
a)	*Vénus*	*au milieu de la nuit en novembre*	
b)	*Vénus*	*En soirée en juillet*	
c)	*Mars*	*En soirée en mars*	
d)	*Jupiter*	*Au milieu de la nuit en janvier*	

5 DÉTERMINER GHA, D UN INSTANT DONNÉ

Déterminer les coordonnées horaires (GHA, D) du Soleil, du point Vernal et de Rigel

Date & heure	***Position estimée***
a) 15h 00 min 00s GMT le 23 mai	*φ_e = 49°30,1'N / Ge= 035° 15 ,5' W*
b) 15h 00 min 00s LMT, le 24 juin.	*φ_e = 49°30,1'N / Ge = 035° 15,5' W*
c) 07h 00min 00s TZ le 12 déc.	*φ_e = 15° 12,5'S / Ge= 067° 30,0' E*
d) 07h 12min 13s TZ, le 12 déc.	*φ_e = 15° 12,5'S / Ge= 067° 30,0' E*
e) 15h 35min 47s GMT le 23 mai.	*φ_e = 49°30,1'N / Ge= 035° 15,5' W*
f) 15h 35min 47s LMT, le 24 juin,	*φ_e = 49°30,1'N / Ge = 035° 15,5 'W*
g) 07 h 00min 00s TZ, le 12 nov.	*φ_e = 15° 12,5'S / Ge = 067° 30,0' E*
h) 07h 12min 13s TZ le 12 nov.	*φ_e = 15° 12,5'S / Ge = 067° 30,0' E*

6 RAPPELS

1. Penser à synthétiser les points importants et vos erreurs et compléter si besoin votre carnet du marin.
2. Ne pas oublier de remplir le portefeuille de compétences avant la séance suivante: vos compétences évoluent au fil du temps ; il est bon de vérifier ou vous vous situez en refaisant des exercices (utiliser un crayon à papier)
3. Des ressources complémentaires sont éventuellement disponibles sur la plateforme Vega.

Ce document est téléchargeable sur www.ressources.profmarine.fr ou sur https://vega.supmaritime.fr
Licence : « Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International. »
hors illustrations (propriété de leurs auteurs) http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Chapitre 4

Identification des astres

Sommaire

Identification des astres à vue **63**
Star-finder 2102-D **71**
Extrait du Nautical Almanac 2003 . . . . . **79**
Choix de l'heure d'un point astronomique **83**
EXERCICES : identification et exploitation du star-finder **85**

Objectif général :

— Identifier un astre.
— Préparer un point d'étoiles.

Objectifs opérationnels :

— Déterminer les coordonnées horaires (Az, H) d'un astre,
— Déterminer l'heure du point d'étoiles (aube/crépuscule).
— Placer les planètes en Ara, D.
— Déterminer la hauteur et l'azimut des planètes visibles.
— Déterminer la hauteur et l'azimut des étoiles.
— Exploiter les éphémérides.

CRITÈRE DE RECONNAISSANCE D'UN ASTRE.

Critères de reconnaissance des étoiles

Critère	Remarques
Couleur	Fonction de la température de surface `30 000°C : bleue, 3 000°C : rouge`
Magnitude	Fonction de l'éclat des étoiles *Les étoiles les plus brillantes sont celles de magnitude la plus faible.* *L'œil ne peut distinguer que jusqu'à la magnitude de 6,5.*
Scintillement	Caractéristique des étoiles (les planètes ne scintillent pas normalement). *Le scintillement est dû à la variation de la réfraction astronomique.*
Constellation	Les constellations sont des figures géométriques simples qui permettent l'identification rapide de certaines étoiles ; les constellations sont immuables à l'échelle de notre vie.

Critères de reconnaissance des planètes

	Mars	Venus	Saturne	Jupiter
				
Couleur	rougeâtre	blanc argenté	jaunâtre	argenté
Magnitude **Éclat**	<Sirius	> 6 à 7 fois Sirius Visible de jour - appelée « étoile du Berger ». Observable dans la direction du soleil au moment du lever ou du coucher.		Sirius
Scintillement	Étant donné le diamètre apparent, les planètes ne scintillent pas.			
Constellation	Les trajectoires se situent dans la constellation du zodiaque (8,5° de part et d'autre de l'écliptique). *"Les Éphémérides Nautiques" indiquent le nom des planètes visibles ainsi que celui des constellations les plus proches pour l'aube, le crépuscule et les deux moitiés de la nuit.*			

Les documents d'aide

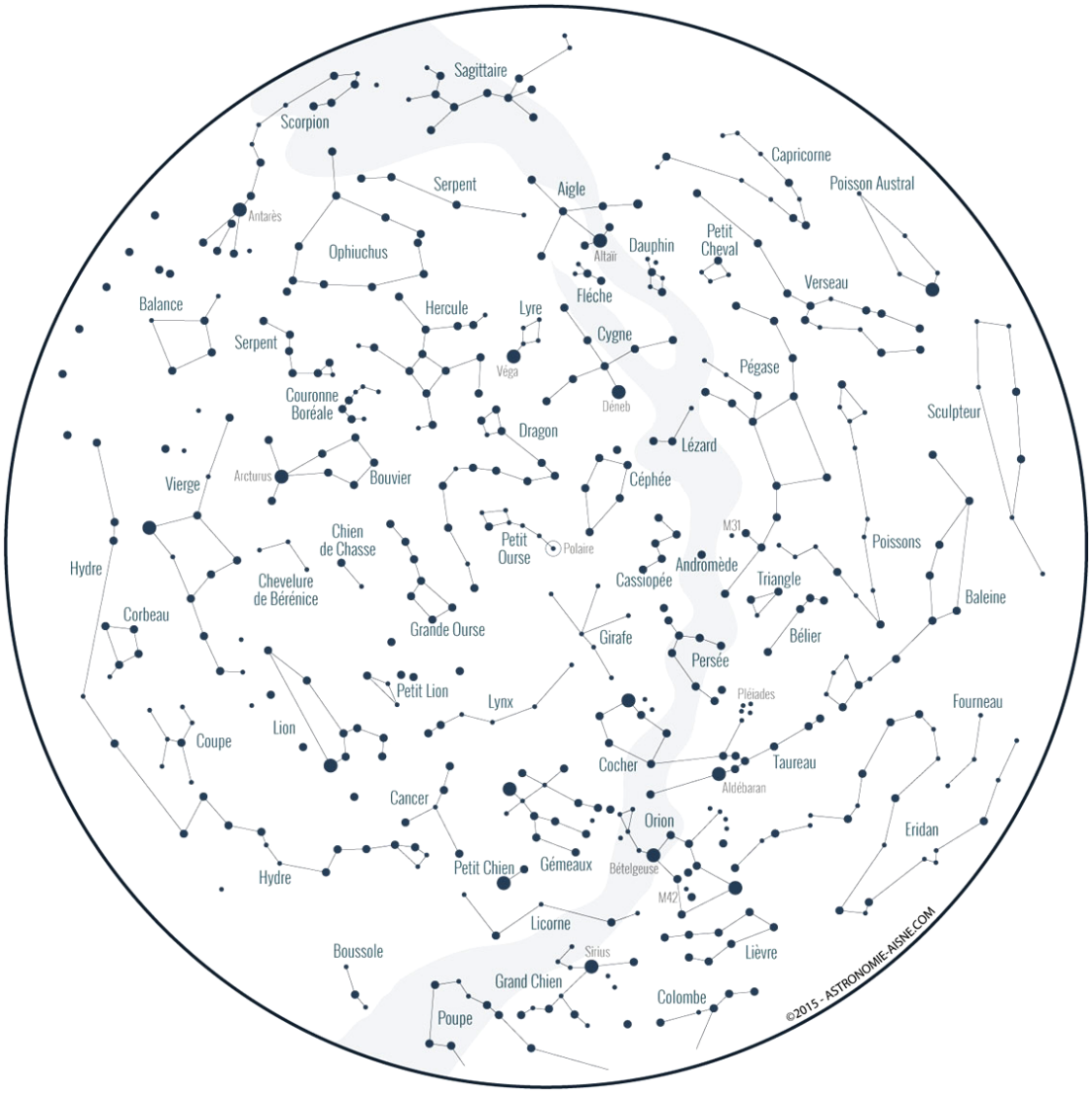
Pour reconnaître les astres à vue, deux documents peuvent être utilisés :

- **les cartes du ciel ;**
- **les éphémérides nautiques** qui indiquent :
  - le nom des planètes visibles ainsi que celui des constellations les plus proches pour l'aube, le crépuscule et les deux moitiés de la nuit ;
  - les coordonnées des astres les plus brillants.

Une constellation est un groupe d'étoiles rapprochées dans une configuration visible. Dans l'espace tridimensionnel, les étoiles d'une constellation sont ordinairement très dispersées, mais elles paraissent être regroupées sur la voûte imaginaire du ciel nocturne. Les civilisations à travers l'histoire ont groupé des étoiles paraissant rapprochées pour faire des constellations.

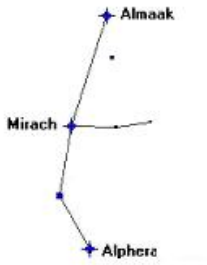
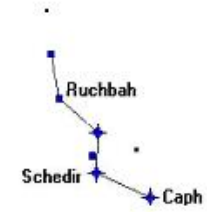
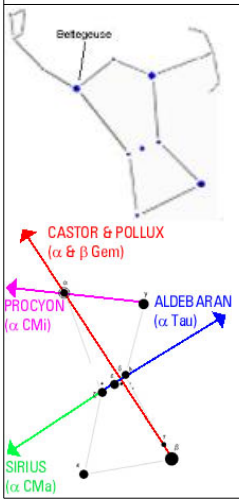
L'Union Astronomique Internationale (UAI) divise le ciel en 88 constellations officielles avec des frontières précises, pour que tout point du ciel appartienne à exactement une constellation. Les noms des constellations sont majoritairement empruntés, dans l'hémisphère Nord, à la mythologie, dans l'hémisphère sud à des lieux, objets ou animaux familiers des navigateurs qui les découvraient.

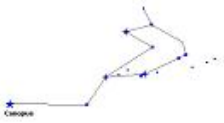
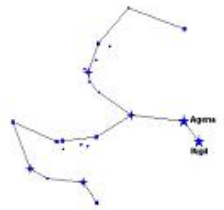
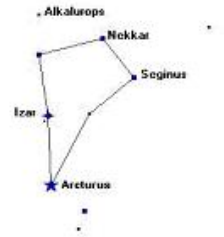
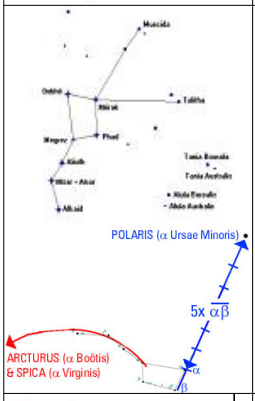
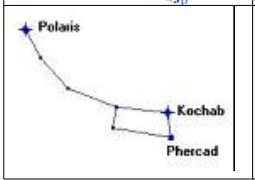
POSITION RELATIVE DES CONSTELLATIONS – HÉMISPHÈRES NORD



CONSTELLATIONS (HÉMISPHÈRE NORD)

Géométrie et mythologie des constellations les plus remarquables

	**ANDROMÈDE** Elle est la fille de Céphée, roi d'Éthiopie et de Cassiopée. Sa mère ayant comparé la beauté de sa fille à celle des Néréides, Poséidon envoya un monstre marin (représenté par Cetus) qui ravagea le pays. Andromède fut donnée en sacrifice afin de l'apaiser. C'est alors que Persée, monté sur Pégase, la délivra et l'épousa.
	**CASSIOPÉE** La constellation se reconnaît très facilement par sa forme de «W». Épouse de Céphée, le Roi d'Éthiopie, et mère d'Andromède, Cassiopée compara la beauté de sa fille à celle des Néréides. Poséidon envoya alors un monstre marin (représenté par Cetus) qui ravagea le pays. Pour l'apaiser, Andromède fut donnée en sacrifice mais elle fut sauvée par Persée monté sur Pégase. Poséidon envoya Cassiopée dans le ciel où elle fut condamnée à tourner pour l'éternité autour du pôle, tête en bas, enchaînée à son trône.
	**LE CYGNE** Pour séduire Léda, épouse de Tyndare, roi de Sparte, Zeus se métamorphosa en cygne. Léda pondit un œuf d'où sortirent les Dioscures Hélène et Clytemnestre. En souvenir de sa ruse, Zeus plaça cette effigie dans le ciel.
	**LA LYRE** Les Grecs y voyaient une lyre (ou plutôt une kithara) ; on l'associait avec la lyre d'Orphée, fait de la carapace d'une tortue et qui envoûta hommes, dieux, et bêtes.
	**ORION** Orion est un chasseur légendaire qui se vantait de pouvoir tuer n'importe quel animal. Dans quelques versions de la légende, il a été tué par le Scorpion qui a été placé à l'opposé de la voûte céleste par les dieux qui les ont séparés, afin qu'ils ne soient jamais au-dessus de l'horizon en même temps. Orion est très utile pour chercher d'autres étoiles. En étendant la ligne de la Ceinture au sud-ouest, on trouve Sirius, α Canis Majoris ; au nord-est, on trouve Aldebaran, α Tauri. Une ligne vers l'est à travers les deux épaules indique la direction de Procyon, α Canis Minoris. Une ligne de Rigel à travers Bételgeuse trouve Castor et Pollux, α et β Geminorum.

	**LE GRAND CHIEN** Alpha (*Sirius*) est l'étoile la plus brillante du ciel. Les Égyptiens la vénéraient car sa présence à l'aube avant le lever du soleil annonçait la crue du Nil. Selon un mythe grec, le **grand chien** gagna une course contre l'animal le plus rapide, le renard. C'est pour récompenser cette victoire que Zeus le plaça dans le ciel.
	**CARÈNE** C'est une partie de l'*Argo*, le navire sur lequel partie Jason et les Argonautes pour aller chercher la Toison d'Or.
	**CENTAURE** Les Centaures sont pour la plupart les fils d'Ixion et de Néphélé. Mi-hommes, mi-chevaux, ils sont originaires de Thessalie. Sauvages aux mœurs barbares et brutales, ils se nourrissaient de chair crue. Ce sont des êtres malfaisants à l'exception de Pholos, l'ami d'Héraclès et de Chiron. Ils étaient constamment en guerre contre les Lapithes, notamment à la noce de Pirithoos et Hippodamie. Enivrés par le vin, ils tentèrent de violer la mariée et les jeunes filles. Ce fut le début d'une longue guerre dirigée par Arès et Eris.
	**BOUVIER** Bouvier tient en laisse Canes Venatici et poursuit les deux Ourses (Ursa Major et Ursa Minor). D'ailleurs, Acturus signifie "Bouvier des Ourses" (Autrefois, Acturus était le nom de la constellation entière). D'après une autre légende, Boötes serait l'inventeur de la charrue et fut accueilli au ciel.
	**GRANDE OURSE** Selon la mythologie grecque, cette constellation serait Callisto, une demoiselle aimée par Zeus. Quand la jalouse Héra découvrit leur relation, Zeus convertit Callisto et son petit-fils, Arcas, en la Grande et la Petite ourse. Héra, outragée par cette offense à son honneur, demanda justice à l'Océan, et les ourses furent alors condamnées à tourner perpétuellement autour du Pole Nord, jamais permises de se reposer sous la mer. En fait, la Grande ourse est une constellation circumpolaire, et aux positions au nord de 41° de latitude, elle ne semble jamais se coucher. Ces étoiles sont utiles à trouver d'autres étoiles importantes. Une méthode très connue sert à trouver Polaris, α Ursae Minoris, l'Étoile polaire. On dessine une ligne de Merak à Dubhe, et on l'étend cinq fois la distance entre ces deux étoiles pour trouver Polaris.
	**PETITE OURSE** La Petite Ourse, une constellation assez faible, doit sa célébrité à sa plus brillante étoile, Polaris (α Ursae Minoris), la très connue Étoile polaire.

REPÉRER LES CONSTELLATIONS

Évaluer les distances et écart angulaires apparentes

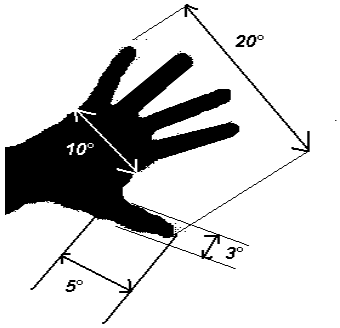


Illustration 1 : Mesure des angles avec la main

On peut déterminer les distances angulaires grossièrement avec la main, le bras tendu.

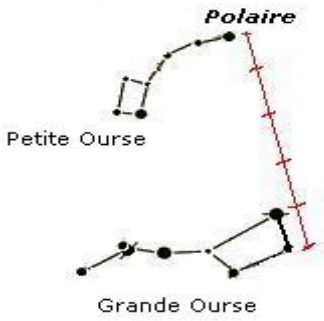
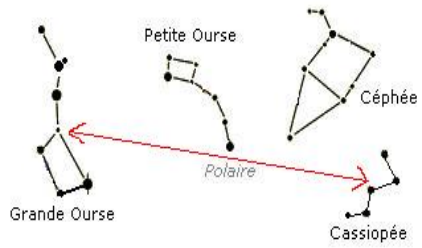
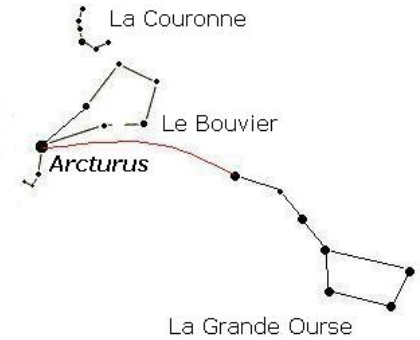
Constellation	*Repérage*
	**Grande Ourse/ Petite Ourse / Etoile polaire** La grande ourse est la constellation la plus simple à repérer : elle ressemble à une grande casserole. A partir de la grande Ourse, on trouve facilement l'étoile polaire en reportant 5 fois la distance du "bord de la casserole".
	**Cassiopée / Cephée** Cassiopée ressemble à un **W** ou à un **M** suivant sa position dans le ciel. Céphée se situe entre la constellation de la Petite Ourse et Cassiopée.
	**Bouvier / couronne** Pour repérer le Bouvier, prolonger la courbure que fait la queue de la Grande Ourse, vous trouverez une étoile brillante nommée "Arcturus". La constellation de la Couronne se situe à gauche du Bouvier.

Illustration 2 : Repérage des constellations

MAGNITUDE DES ASTRES

Magnitude absolue - magnitude apparente

Pour mesurer la luminosité ou brillance des astres, les astronomes utilisent une unité appelée magnitude.
Il existe deux types de magnitude :
- la magnitude apparente,
- la magnitude absolue.

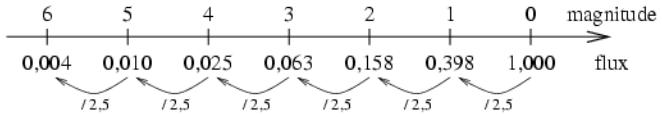
La magnitude absolue indique l'éclat qu'auraient les étoiles si on les plaçait à la même distance de la Terre (en l'occurrence à 32,6 années-lumière soit 10 parsecs).

La magnitude apparente indique l'éclat d'un astre vu de la terre.

$$m = -2{,}5\log_{10}\left(\frac{4\pi R^2 \sigma T^4}{4\pi d^2}\right)$$

Elle s'exprime selon la formule ci contre ou R est le rayon de l'étoile en mètres, T la température effective de l'astre en Kelvins et σ la constante de Stefan-Boltzmann.

L'échelle des magnitudes est une échelle logarithmique :
- une différence de magnitude de 1 correspond à un écart de luminosité de 2,5,
- une différence de magnitude de 5 correspond à un écart de luminosité de 100.



Une chose à remarquer concernant cette échelle est que les magnitudes les plus petites correspondent aux objets les plus lumineux ; les objets très lumineux possèdent même une magnitude négative. Ainsi, Sirus, l'étoile la plus brillante, a une magnitude apparente de -1,46.

Domaine visible et magnitude

	Magnitude apparente
Limite de sensibilité à l'œil nu	5
Limite de sensibilité de Hubble	30

Classement des astres par magnitude apparente

Nom commun	Magnitude apparente	Constellation	Magnitude réelle	Distance (AL)	Nom scientifique
Soleil	-27		4,8	-	
Pleine Lune	-13				
Vénus	*-4*				
Jupiter	*-2,4*				
Sirius	-1.46	Grand chien	1.4	8.6	Alpha -CMa
Canopus	-0.72	Carène	-2.5	74	Alpha _Car
Mercure	- 0,5				
Rigil Kentaurus	-0.27	Centaure	4.4	4.3	Alpha -Cen
Arcturus	-0.04		0.2	34	Alpha - Boo
Vega	0.03	Lyre	0.6	25	Alpha - Lyr
Capella	0.08		0.4	41	Alpha -Aur
Rigel	0.12	Orion	-8.1	~1400	Beta - Ori
Procyon	0.38	Petit chien	2.6	11.4	Alpha - CMi
Achernar	0.46		-1.3	69	Alpha -Eri
Bételgeuse	0.50 (var.)	Orione	-7.2	~1400	Alpha - Ori

Nom commun	Magnitude apparente	Constellation	Magnitude réelle	Distance (AL)	Nom scientifique
Hadar	**0.61 (var.)**	Centaure	-4.4	320	Beta - Cen
Acrux	**0.76**	Croix du sud	-4.6	510	Alpha - Cru
Altair	**0.77**	Aigle	2.3	16	Alpha - Aql
Aldebaran	**0.85 (var.)**	Taureau	-0.3	60	Alpha -Tau
Mars	***0,9***				
Saturne	***0,9***				
Antares	**0.96 (var.)**	Scorpion	-5.2	~520	Alpha - Sco
Spica	**0.98 (var.)**	Vierge	-3.2	220	Alpha -Vir
Pollux	**1.14**	Gémeaux	0.7	40	Beta - Gem
Fomalhaut	**1.16**	Poisson	2.0	22	Alpha - PsA
Becrux	**1.25 (var.)**	Croix du sud	-4.7	460	Beta - Cru
Deneb	**1.25**	Cygne	-7.2	1500	Alpha - Cyg
Regulus	**1.35**	Lion	-0.3	69	Alpha - Leo
Adhara	**1.50**	Grand Chien	-4.8	570	Epsilon - CMa
Castor	**1.57**	Gémeaux	0.5	49	Alpha - Gem
Gacrux	**1.63 (var.)**	Croix du sud	-1.2	120	Gamma - Cru
Shaula	**1.63 (var.)**	Scorpion	-3.5	330	Lambda - Sco
Pluton	***14***				

RESSOURCES

Bibliographie

Bernard Pellequer - *Petit guide du ciel* - Seuil - collection point sciences - 1990 - ISBN 2-02-011556-5 - 89 p - 7,5€.
Petit guide pédagogique pour de repérage des différentes constellations.

Pierre Sizaire - *Le guide des étoiles* - GEF - 1987 - 50 p.
Petit guide pour de repérage des différentes constellations.

Marie-Françoise Serre - *Les constellations et leurs légendes grecques : Les récits des origines mythologiques* - Vuibert - 2004 - ISBN 2711753670 - 15p - 18€.
Histoire des différentes constellations.

Ressources internet

http://fr.wikipedia.org/wiki/Constellation
http://perso.club-internet.fr/gibouin/constellation/constellations.htm
http://isa.mythes.free.fr/Saint_Seiya/Constellations/Ciel.html
http://perso.wanadoo.fr/jdd.deschamps/accueil.htm – logiciel Almicantarat.
http://www.astro.wisc.edu/~dolan/constellations/extra/brightest.html – magnitudes des étoiles.
http://www.astrosurf.org/centaurus/accueil.htm - l'astronomie à l'oeil nu et au jumelle.

Crédit graphique

Illustration	*Source*
Erreur : source de la référence non trouvéeErreur : source de la référence non trouvée	http://www.astrosociety.org/education/publications/tnl/32/nightsky.html
Erreur : source de la référence non trouvéeErreur : source de la référence non trouvéeErreur : source de la référence non trouvée	http://gorp.away.com/gorp/eclectic/nightsky/star_spring3.htm
Erreur : source de la référence non trouvéeErreur : source de la référence non trouvée	http://gorp.away.com/gorp/eclectic/nightsky/star_summer4.htm
Illustration 1: Mesure des angles avec la main	A.Charbonnel licence indentique à ce document
Illustration 2: Repérage des constellations	http://www.astrosurf.org/centaurus/se-reperer.htm

Ce document est téléchargeable sur :www.ressources.profmarine.fr ou https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

OBJECTIF



Le but du Star-finder est de :

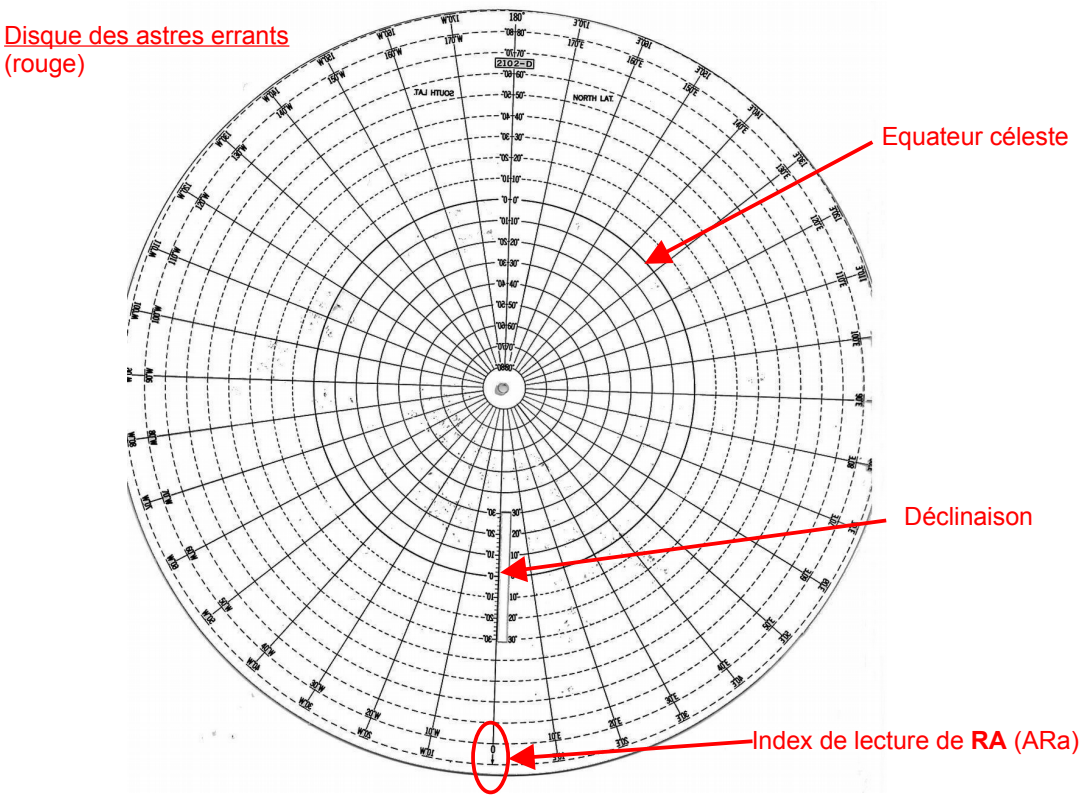
- obtenir les coordonnées horizontales (H, Z) pour préparer le point d'étoile,
- identifier un astre à partir de ces coordonnées horizontales (H, Z) obtenues par un point d'étoile.

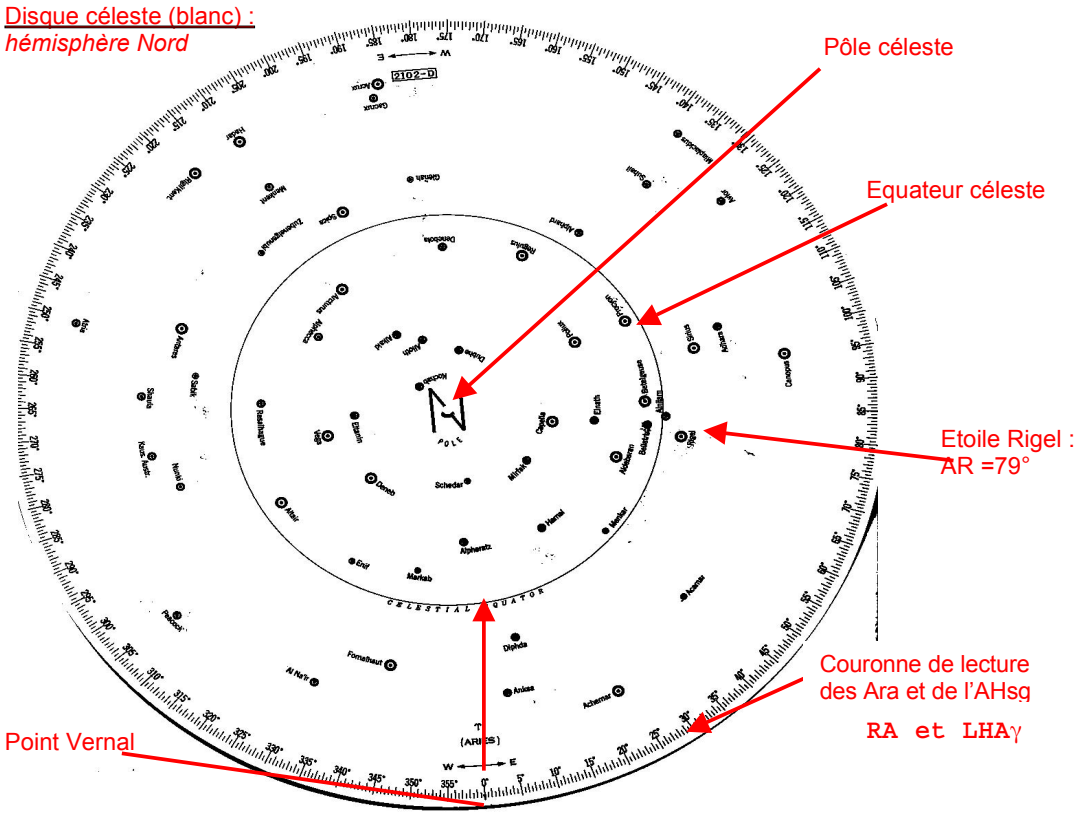
DESCRIPTION

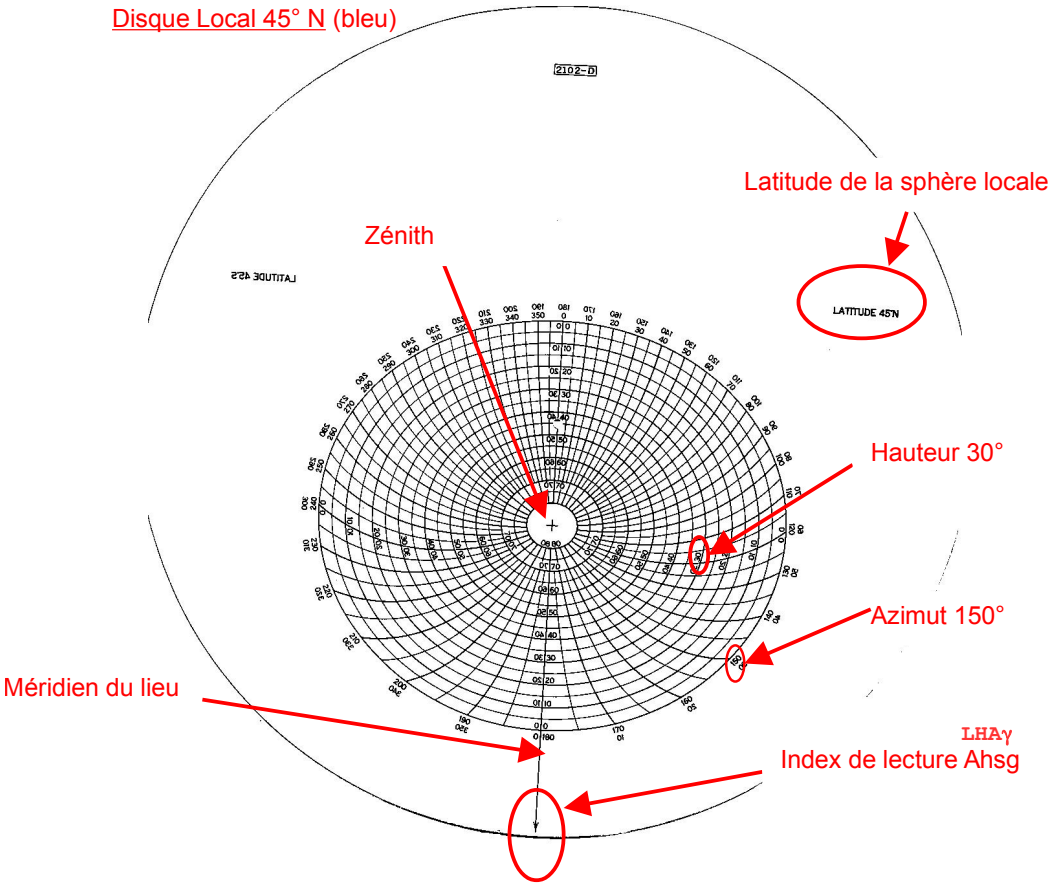
Le Star-finder est constitué de disques :

Disque	Correspondance	Remarques
1 disque blanc à 2 faces.	Sphère céleste	Chaque face représente une demi-sphère céleste (N ou S). Les étoiles sont positionnées d'après leur ascension droite **RA (Ara)** et leur déclinaison **D**. (*nota : l'échelle des déclinaisons n'est pas représentée sur ce disque, utiliser le disque rouge « Astres errants » pour déterminer D.*
9 disques transparents (grilles bleues, réversibles).	Sphères locales	Chaque disque représente les sphère locales de 10° en 10° entre 5° à 85° de latitude N ou S. Le centre est le zénith de l'observateur. On peut lire les hauteurs **H** et les azimuts **Z** des astres.
1 disque transparent (grilles rouges avec une encoche).	Astres errants	Ce disque permet le positionnement des planètes et la lecture de l'angle au pôle.

Le Star-finder permet l'obtention des coordonnées équatoriales (RA, D) et des coordonnées horizontales (H, Z) en superposant un des disques transparents sur le disque blanc.
L'identification se fait en positionnant le plateau représentant la sphère céleste (disque blanc) par rapport au plateau représentant la sphère locale (disques bleus) pour un lieu et un instant donné.




Disque céleste (blanc) :
hémisphère Nord
Pôle céleste
Equateur céleste
Etoile Rigel :
AR =79°
Couronne de lecture
des Ara et de l'AHsg
RA et LHAγ
Point Vernal
CELESTIAL EQUATOR
(ARIES)


Disque Local 45° N (bleu)
Latitude de la sphère locale
Zénith
LATITUDE 45N
Hauteur 30°
Azimut 150°
Méridien du lieu
LHAγ
Index de lecture Ahsg

UTILISATION

L'utilisation se fait à partir de l'heure GMT / UT et des coordonnées estimées φ_e et G_e du lieu.

1. Sélectionner la face Nord ou Sud du disque représentant la sphère céleste ;
2. Sélectionner le disque transparent représentant la sphère locale correspondant à la latitude la plus proche de φ_e *(et le placer sur la bonne face Nord ou Sud !) ;*
3. Positionner par rotation du disque transparent la flèche sur l'angle horaire sidéral **LHAγ** calculé pour le moment choisi (la flèche représente le méridien du lieu).

Identifier une étoile

A partir de Ho et Z observés d'une étoile, trouver son nom (ceci afin de pouvoir calculer la droite de hauteur).

Exemple:

The *18th of march 2003* **At** *03h 13min 10 TZ* **Dead reckoned position :**
φ_e = *49°30' N*
G_e = *17°00' W*

We observe a star at : **observed altitude (Ho)** *48° 19,26' **bearing** 82,2°T*
What is the name of this star ?

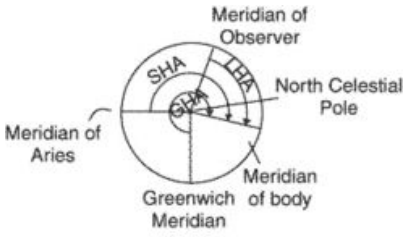
Solution

a- Find UT/GMT

TZ = 03h 13min 10s
DZ = +1
UT = 04h 13min 10s

b- Calculate LHAγ (Aries)

GHAγ = 235°18,4' at 04h 00min
+ **ΔGHAγ** = 03°18,0' for 13min 10s
GHAγ = 238°36,4 at 04h 13min 10s
- **Ge** =-17°00,0'
LHAγ = 221°36,4' at 04h 13min 10s



GHA = Greenwich hour angle
LHA = Local hour angle
SHA = Sidereal hour angle

c- Fix the Star-finder on LHAγ

d- Plot the star at (Ho, Z)

e- Identify :
=> Vega

Commentaire

- Dans l'exercice proposé, la hauteur indiquée est la hauteur observée (la hauteur du sextant corrigée des différentes erreurs).
- Le Nautical Almanac donne les coordonnées célestes en fonction du temps GMT/UT
- **DZ** = arrondi (Ge/15) à l'entier le plus proche
- **pp** : partie proportionnelle pour les minutes et secondes ; peut se calculer par interpolation OU plus simplement se trouver directement dans les tables d'interpolation en fin d'Almanac.
- Le starfinder se cale selon l'angle horaire sidéral local (LHAγ / AHsg)

Identifier un astre errant

Si l'astre observé ne se trouve pas sur le Star-finder il s'agit d'une planète.
Pour identifier cette planète il faut trouver ses coordonnées équatoriales (RA, D) grâce au disque rouge.
On compare alors les coordonnées trouvées à celles calculées à partir des pages journalières du Nautical almanac ou des éphémérides nautiques

Exemple:

The *16th of september 2003* **at** *01 h 52 min 37 s TZ* **Dead reckoned position :**
φ_e = *09°15,0' S*
G_e = *30°33,2' W*

We observe a planet at : **Observed altitude (Ho)** *43°40'- **bearing** 256°T*
What is the name of this planet ?

Solution

a- Find GMT
GMT =03 h 52 min 37 s

b- Calculate LHAγ (Aries)
GHAγ = 39°39,2' at 03h 00
+ **ΔGHAγ** = 13°11,4' for 52min 37s
GHAγ = 52°50,6' at 03h 52min 37s
- **Ge** =-30°33,2'
LHAγ = 22°17,4' at 03h 52min 37s

c- Fix the Star-finder on LHAγ

d- Plot the observed body (Ho, Z)

e- Read the equatorial coordinates (RA, D) of the celestial body on *red disk*
$RA_{(body)}$ = 332,5°
$D_{(body)}$ = 16°S at 03h 52min 37s

f- Calculate hour angle of the celestial body
GHAγ = 52°50,6'at 03h 52min 37s
-$RA_{(body)}$ = -332°30,0'
$GHA_{(body)}$= 80°20,6'

g- Compare to coordinate of planets in the almanac => It's Mars

Commentaires

- Le Nautical Almanac donne les coordonnées célestes en fonction du temps GMT/UT
- **pp ou ΔGHAγ** :partie proportionnelle pour les minutes et seconde , peut se calculer par interpolation OU plus simplement se trouver directement dans les tables d'interpolation en fin d'Almanac.
- LHA =GHA-Ge
- *Le starfinder se cale selon l'angle horaire sidéral local (LHAγ / Ahsg)*
- Dans l'exercice proposé, la hauteur indiquée est la hauteur observée ho (la hauteur du sextant corrigée des différentes erreurs).Dans l'exercice proposé, la hauteur indiquée est la hauteur observée (la hauteur du sextant corrigée des différentes erreurs).
- ATTENTION la hauteur observée dans le nautical almanac n'est pas la même que dans les éphémérides

Placer un astre errant

Pour un lieu donné et à un instant TZ choisi par l'observateur, on peut calculer les coordonnées équatoriales de l'astre (RA, D) puis le positionner à l'aide du disque transparent rouge sur le disque de la sphère céleste (au crayon effaçable !!!). Il ne reste plus qu'à caler le Star-finder avec LHAγ pour obtenir ses coordonnées horizontales.

Exemple:

Plot the planet Jupiter **At** *03h 13 min 10 s* ***TZ*** **Position :** φ_e = *49°30 N*
The *18th of march 2003* G_e = *17° W*

Solution

a- Find GMT

TZ = 03 h 13 min 10 s
+DZ = +1
GMT = 04 h 13 min 10 s

b- Calculate LHAγ (AHsg)

GHAγ = 235°18,4′ at 03h00
+ΔGHAγ = . 03°18,0′ for 13min 10s
GHAγ = 238°36,4' at 04h 13min 10s
- **Ge** = -17°00,0′

LHAγ = 221°36,4′ at 04h 13min 10s

c- Find the coordinates (GHA,D) of the celestial body

GHA(body) = 104°7,2′N at 03h00
+ΔGHA(body) = . 03°17,5′ for 13min 10s
GHA(body) = . 107°24,7'N at 04h 13min 10s

D = 18°59,3′N (à 4 h 00)
+ΔD = 00°00,0′
D = 18°59,3′N (à 4 h 13 min 10 s)

d- Calculate the coordinates of Jupiter

GHAγ = 238°36,4'
- **GHA**(body) = -107°24,7'
RA = 131°11,7′ [360°]

e- Plot the celestial body (RA, D)

f- Fix the Star-finder on LHAγ

g- Read the value (Ho, Z) of the celestial body

Ho = 14° / Z = 282°

Préparer un point d'étoile

C'est le principal intérêt de cet appareil !

Calculer l'heure d'observation

- Le meilleur moment pour réaliser un point d'étoiles est l'aube ou le crépuscule nautique (l'horizon est encore suffisamment éclairé par le Soleil et il y a suffisamment d'étoiles de visibles) ; il faut donc déterminer l'heure approximative de l'observation (au lever ou coucher) à l'aide des *Éphémérides nautiques* ou *Nautical Almanac* : UT= GMT = LMT + Ge/15
- Le Nautical Almanac donne les heures de lever/coucher du Soleil, de l'aube/crépuscule nautique et astronomique pour 3 jours en fonction de la latitude et exprimées en heures locales LMT
- Par nuit claire et dégagée, il est possible de faire un point d'étoile à toute heure (horizon visible).

Porter les planètes sur le disque céleste (option)

- Déterminer l'ascension droite des planètes les plus visibles.
  $\mathbf{RA_{(body)} = GHA\gamma - GHA_{(body)}[360°]}$
- Porter les planètes sur le disque céleste (disque blanc).

Caler le Star-finder

- Calculer le **GHAγ** correspondant à l'heure GMT choisi.
- Caler le Star-finder sur **GHAγ**

Sélectionner les astres à observer

- Sélectionner les astres observables (i.e. présents dans le quadrillage bleu) selon leur **magnitude**, leur hauteur (entre 20 et 60°) et leur **répartition** en azimut (prendre 3 étoiles à 120°).

Observer les astres

Les indications fournies par le Star-finder (**hauteur** et relèvement approximatifs) permettent de trouver rapidement les astres.

Il est préférable de commencer l'observation des étoiles 1/2h avant l'heure prévue afin de s'habituer à l'obscurité

Exemple :

Le *16 Septembre 2003* **vers** 01h00 **UT** **φe** = *54°S* **Ge** = *063°01,0' E*
Préparer un point avec 3 étoiles pour réaliser un point à l'aube de ce jour.

Solution :

a- Déterminer l'heure d'observation

LMT	=	05 h 30 min
+ g	=	- 04 h 12 min 04 s
LMT $_{\text{aube du lieu}}$	=	01 h 17 min 56 s

g = Ge / 15 (positif si W, négatif si E)

b- Déterminer la position des planètes

Pour le 16 septembre à UT = 01 h 17 min 56s :

	Vénus	**Mars**	**Jupiter**	**Saturne**
GHAγ	009°34,3'	009°34,3'	009°34,3'	009°34,3'
- GHA_{body}	- 188°37,4'	- 034°27,9'	- 213°08,4'	- 266°48,4°
RA	180°56,9'	335°6,4	156°25,9'	102°45,9'

Pour le calcul de ARa, on a omis les parties proportionnelles de AHso et AHao étant données que celles çi s'annulent.

Pour déterminer la partie proportionnelle de D :
- *soit on regarde la valeur de l'accroissement horaire d de l'a déclinaison et l'on fait une interpolation linéaire ;*
- *soit l'on regarde qu'elle est la valeur de la correction indiquée dans les tables d'interpolation (on arrondie à la valeur la plus proche).*

Attention il faut regarder le sens d'évolution de D (croissance, décroissance) pour le signe de la partie proportionnelle.

	Vénus	**Mars**	**Jupiter**	**Saturne**	
	d = 1,3'	d = 0,0'	d = 0,2'	d = 0,0'	
D =	1°00,7' N	16°28,1' S	10°45,1' N	22°10,7' N	**à 1h00 UT**
+ ΔD	- 0,3'	- 0,0'	- 0,1'	- 0,0'	
D	1°00,4' N	16°28,1 S	10°45,0' N	22°10,7' N	**à 1h 17min 56**

c- Reporter les planètes sur le Starfinder

d- Déterminer le Ahsg et caler le Star-finder

GHAγ	=	09°34,3'
+ ΔGHAγ	=	04°29,7'
GHAγ	=	14°04,0'
- Ge	=	+ 63°01,0'
LHAγ	=	77°05,0'

***Heure ronde** : 01 h 00 UT*
***Pour Δt=** 17 min 56 s **car Tcp =** 01 h + 17 min 56 s*

e- Sélectionner les astres à observer et déterminer les azimuts et hauteurs approchés
Les planètes
- *Vénus et Jupiter sont sous l'horizon.*
- *Mars et légèrement au dessus de l'horizon (Z = 250°, Ho = 4°)*
- *Saturne est au dessus de l'horizon (Z= 51°, Ho = 11°)*
- *Les planètes sont trop basses pour être utilisées. dans le cas présent.*

Les étoiles

	Z	**Ho**
Sirius	31°	49°
Fomalhaut	247	20°
Acrux	145°	40°

On utilisera les 3 étoiles sélectionnées.

BIBLIOGRAPHIE/SOURCES

Patrick Brassier – *Navigation astronomique* – nov. 1999 – Vuibert

Caillou/Laurent/Percier – *Traité de navigation* – INFOMER

Bureau des longitudes – Éphémérides *nautiques 2003* – 2002 -Edinautic
les éphémérides astronomiques sont disponibles en ligne gratuitement sur http://www.imcce.fr/ephemeride.html à partir d'un formulaire.

N. Bowditch - *The american practical Navigator* – 2003 – NIMA
Document disponible gratuitement sur http://pollux.nss.nima.mil/pubs

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

G.M.T d h	ARIES GHA ° '	VENUS GHA ° '	VENUS Dec ° '	MARS GHA ° '	MARS Dec ° '	JUPITER GHA ° '	JUPITER Dec ° '	SATURN GHA ° '	SATURN Dec ° '
18 0	175 08.6	214 20.4	S15 26.0	256 03.6	S23 30.2	43 56.8	N18 59.2	93 04.5	N22 12.1
1	190 11.0	229 19.9	S15 25.3	271 04.3	S23 30.2	58 59.4	N18 59.2	108 06.9	N22 12.1
2	205 13.5	244 19.4	S15 24.5	286 05.1	S23 30.1	74 02.0	N18 59.2	123 09.2	N22 12.1
3	220 16.0	259 18.9	S15 23.7	301 05.8	S23 30.1	89 04.6	N18 59.3	138 11.6	N22 12.2
4	235 18.4	274 18.3	S15 22.9	316 06.6	S23 30.0	104 07.2	N18 59.3	153 13.9	N22 12.2
T 5	250 20.9	289 17.8	S15 22.1	331 07.3	S23 30.0	119 09.8	N18 59.3	168 16.3	N22 12.2
U									
E 6	265 23.3	304 17.3	S15 21.4	346 08.0	S23 29.9	134 12.4	N18 59.4	183 18.6	N22 12.2
S 7	280 25.8	319 16.8	S15 20.6	1 08.8	S23 29.9	149 15.0	N18 59.4	198 20.9	N22 12.2
D 8	295 28.3	334 16.3	S15 19.8	16 09.5	S23 29.8	164 17.6	N18 59.4	213 23.3	N22 12.2
A 9	310 30.7	349 15.7	S15 19.0	31 10.3	S23 29.8	179 20.2	N18 59.5	228 25.6	N22 12.2
Y 10	325 33.2	4 15.2	S15 18.2	46 11.0	S23 29.7	194 22.8	N18 59.5	243 28.0	N22 12.3
11	340 35.7	19 14.7	S15 17.4	61 11.8	S23 29.7	209 25.4	N18 59.5	258 30.3	N22 12.3
12	355 38.1	34 14.2	S15 16.6	76 12.5	S23 29.6	224 28.0	N18 59.6	273 32.7	N22 12.3
13	10 40.6	49 13.7	S15 15.9	91 13.2	S23 29.6	239 30.6	N18 59.6	288 35.0	N22 12.3
14	25 43.1	64 13.1	S15 15.1	106 14.0	S23 29.5	254 33.2	N18 59.6	303 37.4	N22 12.3
15	40 45.5	79 12.6	S15 14.3	121 14.7	S23 29.5	269 35.8	N18 59.7	318 39.7	N22 12.3
16	55 48.0	94 12.1	S15 13.5	136 15.5	S23 29.4	284 38.4	N18 59.7	333 42.1	N22 12.3
17	70 50.5	109 11.6	S15 12.7	151 16.2	S23 29.4	299 41.0	N18 59.7	348 44.4	N22 12.4
18	85 52.9	124 11.1	S15 11.9	166 17.0	S23 29.3	314 43.6	N18 59.8	3 46.7	N22 12.4
19	100 55.4	139 10.6	S15 11.1	181 17.7	S23 29.3	329 46.2	N18 59.8	18 49.1	N22 12.4
20	115 57.8	154 10.0	S15 10.3	196 18.4	S23 29.2	344 48.8	N18 59.8	33 51.4	N22 12.4
21	131 00.3	169 09.5	S15 09.5	211 19.2	S23 29.1	359 51.4	N18 59.9	48 53.8	N22 12.4
22	146 02.8	184 09.0	S15 08.7	226 19.9	S23 29.1	14 54.0	N18 59.9	63 56.1	N22 12.4
23	161 05.2	199 08.5	S15 07.9	241 20.7	S23 29.0	29 56.6	N18 59.9	78 58.5	N22 12.4
19 0	176 07.7	214 08.0	S15 07.1	256 21.4	S23 29.0	44 59.2	N18 60.0	94 00.8	N22 12.5
1	191 10.2	229 07.5	S15 06.3	271 22.2	S23 28.9	60 01.8	N18 60.0	109 03.1	N22 12.5
2	206 12.6	244 06.9	S15 05.5	286 22.9	S23 28.9	75 04.4	N19 00.0	124 05.5	N22 12.5
3	221 15.1	259 06.4	S15 04.7	301 23.6	S23 28.8	90 06.9	N19 00.1	139 07.8	N22 12.5
4	236 17.6	274 05.9	S15 03.9	316 24.4	S23 28.8	105 09.5	N19 00.1	154 10.2	N22 12.5
W 5	251 20.0	289 05.4	S15 03.1	331 25.1	S23 28.7	120 12.1	N19 00.1	169 12.5	N22 12.5
E									
D 6	266 22.5	304 04.9	S15 02.3	346 25.9	S23 28.6	135 14.7	N19 00.1	184 14.9	N22 12.5
N 7	281 24.9	319 04.4	S15 01.5	1 26.6	S23 28.6	150 17.3	N19 00.2	199 17.2	N22 12.6
E 8	296 27.4	334 03.9	S15 00.7	16 27.4	S23 28.5	165 19.9	N19 00.2	214 19.5	N22 12.6
S 9	311 29.9	349 03.3	S14 59.9	31 28.1	S23 28.5	180 22.5	N19 00.2	229 21.9	N22 12.6
D 10	326 32.3	4 02.8	S14 59.1	46 28.8	S23 28.4	195 25.1	N19 00.3	244 24.2	N22 12.6
A 11	341 34.8	19 02.3	S14 58.3	61 29.6	S23 28.4	210 27.7	N19 00.3	259 26.6	N22 12.6
Y									
12	356 37.3	34 01.8	S14 57.5	76 30.3	S23 28.3	225 30.3	N19 00.3	274 28.9	N22 12.6
13	11 39.7	49 01.3	S14 56.7	91 31.1	S23 28.2	240 32.9	N19 00.4	289 31.2	N22 12.6
14	26 42.2	64 00.8	S14 55.9	106 31.8	S23 28.2	255 35.5	N19 00.4	304 33.6	N22 12.7
15	41 44.7	79 00.3	S14 55.1	121 32.6	S23 28.1	270 38.0	N19 00.4	319 35.9	N22 12.7
16	56 47.1	93 59.8	S14 54.3	136 33.3	S23 28.1	285 40.6	N19 00.5	334 38.3	N22 12.7
17	71 49.6	108 59.3	S14 53.5	151 34.0	S23 28.0	300 43.2	N19 00.5	349 40.6	N22 12.7
18	86 52.1	123 58.7	S14 52.7	166 34.8	S23 27.9	315 45.8	N19 00.5	4 42.9	N22 12.7
19	101 54.5	138 58.2	S14 51.8	181 35.5	S23 27.9	330 48.4	N19 00.5	19 45.3	N22 12.7
20	116 57.0	153 57.7	S14 51.0	196 36.3	S23 27.8	345 51.0	N19 00.6	34 47.6	N22 12.8
21	131 59.4	168 57.2	S14 50.2	211 37.0	S23 27.8	0 53.6	N19 00.6	49 50.0	N22 12.8
22	147 01.9	183 56.7	S14 49.4	226 37.8	S23 27.7	15 56.2	N19 00.6	64 52.3	N22 12.8
23	162 04.4	198 56.2	S14 48.6	241 38.5	S23 27.6	30 58.8	N19 00.7	79 54.6	N22 12.8
20 0	177 06.8	213 55.7	S14 47.8	256 39.3	S23 27.6	46 01.3	N19 00.7	94 57.0	N22 12.8
1	192 09.3	228 55.2	S14 47.0	271 40.0	S23 27.5	61 03.9	N19 00.7	109 59.3	N22 12.8
2	207 11.8	243 54.7	S14 46.2	286 40.7	S23 27.4	76 06.5	N19 00.8	125 01.7	N22 12.8
3	222 14.2	258 54.2	S14 45.3	301 41.5	S23 27.4	91 09.1	N19 00.8	140 04.0	N22 12.9
4	237 16.7	273 53.7	S14 44.5	316 42.2	S23 27.3	106 11.7	N19 00.8	155 06.3	N22 12.9
T 5	252 19.2	288 53.2	S14 43.7	331 43.0	S23 27.3	121 14.3	N19 00.8	170 08.7	N22 12.9
H									
U 6	267 21.6	303 52.7	S14 42.9	346 43.7	S23 27.2	136 16.8	N19 00.9	185 11.0	N22 12.9
R 7	282 24.1	318 52.1	S14 42.1	1 44.5	S23 27.1	151 19.4	N19 00.9	200 13.3	N22 12.9
S 8	297 26.5	333 51.6	S14 41.2	16 45.2	S23 27.1	166 22.0	N19 00.9	215 15.7	N22 12.9
D 9	312 29.0	348 51.1	S14 40.4	31 46.0	S23 27.0	181 24.6	N19 01.0	230 18.0	N22 12.9
A 10	327 31.5	3 50.6	S14 39.6	46 46.7	S23 26.9	196 27.2	N19 01.0	245 20.3	N22 13.0
Y 11	342 33.9	18 50.1	S14 38.8	61 47.5	S23 26.9	211 29.8	N19 01.0	260 22.7	N22 13.0
12	357 36.4	33 49.6	S14 38.0	76 48.2	S23 26.8	226 32.4	N19 01.0	275 25.0	N22 13.0
13	12 38.9	48 49.1	S14 37.1	91 48.9	S23 26.7	241 34.9	N19 01.1	290 27.4	N22 13.0
14	27 41.3	63 48.6	S14 36.3	106 49.7	S23 26.7	256 37.5	N19 01.1	305 29.7	N22 13.0
15	42 43.8	78 48.1	S14 35.5	121 50.4	S23 26.6	271 40.1	N19 01.1	320 32.0	N22 13.0
16	57 46.3	93 47.6	S14 34.7	136 51.2	S23 26.5	286 42.7	N19 01.2	335 34.4	N22 13.0
17	72 48.7	108 47.1	S14 33.8	151 51.9	S23 26.5	301 45.3	N19 01.2	350 36.7	N22 13.1
18	87 51.2	123 46.6	S14 33.0	166 52.7	S23 26.4	316 47.8	N19 01.2	5 39.0	N22 13.1
19	102 53.7	138 46.1	S14 32.2	181 53.4	S23 26.3	331 50.4	N19 01.2	20 41.4	N22 13.1
20	117 56.1	153 45.6	S14 31.3	196 54.2	S23 26.3	346 53.0	N19 01.3	35 43.7	N22 13.1
21	132 58.6	168 45.1	S14 30.5	211 54.9	S23 26.2	1 55.6	N19 01.3	50 46.0	N22 13.1
22	148 01.0	183 44.6	S14 29.7	226 55.7	S23 26.1	16 58.2	N19 01.3	65 48.4	N22 13.1
23	163 03.5	198 44.1	S14 28.8	241 56.4	S23 26.1	32 00.7	N19 01.4	80 50.7	N22 13.1
		v -0.5	d 0.8	v 0.7	d 0.1	v 2.6	d 0.0	v 2.3	d 0.0

2003 MAR. 18, 19, 20 (TUE, WED, THU)

G.M.T d h	SUN GHA ° '	SUN Dec ° '	MOON GHA ° '	MOON v '	MOON Dec ° '	MOON d '	MOON HP '
18 0	177 55.0	S 1 12.1	1 39.8	9.5	N 8 01.0	15.7	60.5
1	192 55.2	S 1 11.1	16 08.3	9.6	N 7 45.3	15.7	60.5
2	207 55.4	S 1 10.1	30 36.9	9.6	N 7 29.6	15.8	60.5
3	222 55.6	S 1 09.2	45 05.5	9.6	N 7 13.7	15.8	60.5
4	237 55.7	S 1 08.2	59 34.1	9.6	N 6 57.9	15.9	60.6
T 5	252 55.9	S 1 07.2	74 02.7	9.6	N 6 41.9	15.9	60.6
U							
E 6	267 56.1	S 1 06.2	88 31.3	9.6	N 6 26.0	16.0	60.6
S 7	282 56.3	S 1 05.2	102 60.0	9.7	N 6 10.0	16.0	60.6
D 8	297 56.5	S 1 04.2	117 28.7	9.7	N 5 53.9	16.1	60.6
A 9	312 56.6	S 1 03.2	131 57.3	9.7	N 5 37.8	16.1	60.6
Y 10	327 56.8	S 1 02.2	146 26.0	9.7	N 5 21.6	16.2	60.7
11	342 57.0	S 1 01.2	160 54.7	9.7	N 5 05.4	16.2	60.7
12	357 57.2	S 1 00.3	175 23.4	9.7	N 4 49.2	16.2	60.7
13	12 57.4	S 0 59.3	189 52.2	9.7	N 4 32.9	16.3	60.7
14	27 57.6	S 0 58.3	204 20.9	9.7	N 4 16.6	16.3	60.7
15	42 57.7	S 0 57.3	218 49.6	9.7	N 4 00.3	16.3	60.7
16	57 57.9	S 0 56.3	233 18.4	9.7	N 3 43.9	16.4	60.8
17	72 58.1	S 0 55.3	247 47.1	9.8	N 3 27.5	16.4	60.8
18	87 58.3	S 0 54.3	262 15.9	9.8	N 3 11.1	16.4	60.8
19	102 58.5	S 0 53.3	276 44.7	9.8	N 2 54.7	16.4	60.8
20	117 58.7	S 0 52.4	291 13.4	9.8	N 2 38.2	16.5	60.8
21	132 58.8	S 0 51.4	305 42.2	9.8	N 2 21.7	16.5	60.8
22	147 59.0	S 0 50.4	320 11.0	9.8	N 2 05.2	16.5	60.8
23	162 59.2	S 0 49.4	334 39.7	9.8	N 1 48.7	16.5	60.8
19 0	177 59.4	S 0 48.4	349 08.5	9.8	N 1 32.1	16.5	60.8
1	192 59.6	S 0 47.4	3 37.3	9.8	N 1 15.6	16.6	60.9
2	207 59.8	S 0 46.4	18 06.0	9.8	N 0 59.0	16.6	60.9
3	222 59.9	S 0 45.4	32 34.8	9.8	N 0 42.4	16.6	60.9
4	238 00.1	S 0 44.4	47 03.6	9.8	N 0 25.8	16.6	60.9
W 5	253 00.3	S 0 43.5	61 32.3	9.8	N 0 09.2	16.6	60.9
E							
D 6	268 00.5	S 0 42.5	76 01.1	9.7	S 0 07.4	16.6	60.9
N 7	283 00.7	S 0 41.5	90 29.8	9.7	S 0 24.0	16.6	60.9
E 8	298 00.9	S 0 40.5	104 58.5	9.7	S 0 40.6	16.6	60.9
S 9	313 01.0	S 0 39.5	119 27.2	9.7	S 0 57.2	16.6	60.9
D 10	328 01.2	S 0 38.5	133 56.0	9.7	S 1 13.8	16.6	60.9
A 11	343 01.4	S 0 37.5	148 24.7	9.7	S 1 30.4	16.6	60.9
Y							
12	358 01.6	S 0 36.5	162 53.3	9.7	S 1 47.0	16.6	60.9
13	13 01.8	S 0 35.6	177 22.0	9.7	S 2 03.6	16.6	60.9
14	28 02.0	S 0 34.6	191 50.7	9.7	S 2 20.1	16.6	60.9
15	43 02.1	S 0 33.6	206 19.3	9.6	S 2 36.7	16.6	60.9
16	58 02.3	S 0 32.6	220 48.0	9.6	S 2 53.2	16.5	60.9
17	73 02.5	S 0 31.6	235 16.6	9.6	S 3 09.8	16.5	60.9
18	88 02.7	S 0 30.6	249 45.2	9.6	S 3 26.3	16.5	60.9
19	103 02.9	S 0 29.6	264 13.8	9.6	S 3 42.8	16.5	60.9
20	118 03.1	S 0 28.6	278 42.3	9.6	S 3 59.2	16.5	60.9
21	133 03.2	S 0 27.7	293 10.9	9.5	S 4 15.7	16.4	60.9
22	148 03.4	S 0 26.7	307 39.4	9.5	S 4 32.1	16.4	60.9
23	163 03.6	S 0 25.7	322 07.9	9.5	S 4 48.5	16.4	60.9
20 0	178 03.8	S 0 24.7	336 36.3	9.5	S 5 04.9	16.4	60.9
1	193 04.0	S 0 23.7	351 04.8	9.4	S 5 21.2	16.3	60.9
2	208 04.2	S 0 22.7	5 33.2	9.4	S 5 37.5	16.3	60.9
3	223 04.4	S 0 21.7	20 01.6	9.4	S 5 53.8	16.3	60.9
4	238 04.5	S 0 20.7	34 30.0	9.4	S 6 10.0	16.2	60.9
T 5	253 04.7	S 0 19.7	48 58.3	9.3	S 6 26.2	16.2	60.9
H							
U 6	268 04.9	S 0 18.8	63 26.6	9.3	S 6 42.3	16.1	60.9
R 7	283 05.1	S 0 17.8	77 54.9	9.3	S 6 58.4	16.1	60.9
S 8	298 05.3	S 0 16.8	92 23.2	9.3	S 7 14.5	16.1	60.9
D 9	313 05.5	S 0 15.8	106 51.4	9.2	S 7 30.5	16.0	60.9
A 10	328 05.7	S 0 14.8	121 19.6	9.2	S 7 46.5	16.0	60.9
Y 11	343 05.8	S 0 13.8	135 47.8	9.2	S 8 02.4	15.9	60.9
12	358 06.0	S 0 12.8	150 15.9	9.1	S 8 18.2	15.9	60.9
13	13 06.2	S 0 11.8	164 44.0	9.1	S 8 34.0	15.8	60.9
14	28 06.4	S 0 10.9	179 12.0	9.1	S 8 49.8	15.8	60.9
15	43 06.6	S 0 09.9	193 40.0	9.0	S 9 05.5	15.7	60.8
16	58 06.8	S 0 08.9	208 08.0	9.0	S 9 21.1	15.6	60.8
17	73 07.0	S 0 07.9	222 36.0	8.9	S 9 36.7	15.6	60.8
18	88 07.1	S 0 06.9	237 03.9	8.9	S 9 52.2	15.5	60.8
19	103 07.3	S 0 05.9	251 31.7	8.9	S10 07.6	15.4	60.8
20	118 07.5	S 0 04.9	265 59.6	8.8	S10 23.0	15.4	60.8
21	133 07.7	S 0 03.9	280 27.3	8.8	S10 38.3	15.3	60.8
22	148 07.9	S 0 03.0	294 55.1	8.7	S10 53.6	15.2	60.8
23	163 08.1	S 0 02.0	309 22.8	8.7	S11 08.7	15.2	60.7
	S.D. 16.1	d 1.0	S.D. 16.5		16.6	16.6	

STARS Name	SHA ° '	Dec ° '
Acamar	315 24.6	S40 17.8
Achernar	335 33.1	S57 13.5
Acrux	173 18.0	S63 06.9
Adhara	255 18.8	S28 58.8
Albireo	67 17.6	N27 57.6
Aldebaran	290 58.8	N16 30.9
Alioth	166 27.0	N55 56.5
Alkaid	153 04.7	N49 17.7
Al Na-ir	27 54.1	S46 56.8
Alnilam	275 54.6	S 1 12.1
Alphard	218 03.8	S 8 40.4
Alphecca	126 17.6	N26 42.0
Alpheratz	357 52.3	N29 06.3
Altair	62 16.3	N 8 52.3
Ankaa	353 23.9	S42 17.6
Antares	112 36.1	S26 26.4
Arcturus	146 02.8	N19 09.8
Atria	107 45.2	S69 01.8
Avior	234 21.1	S59 31.4
Bellatrix	278 40.7	N 6 21.1
Betelgeuse	271 10.1	N 7 24.4
Canopus	263 59.7	S52 42.1
Capella	280 46.5	N46 00.3
Castor	246 18.0	N31 53.0
Deneb	49 37.4	N45 17.1
Denebola	182 41.5	N14 33.2
Diphda	349 04.3	S17 58.4
Dubhe	194 00.7	N61 44.1
Elnath	278 22.9	N28 36.7
Eltanin	90 49.9	N51 28.9
Enif	33 55.3	N 9 53.1
Fomalhaut	15 33.1	S29 36.5
Gacrux	172 09.6	S57 07.8
Gienah	176 00.4	S17 33.6
Hadar	148 59.1	S60 23.2
Hamal	328 10.3	N23 28.6
Kaus Austr.	83 54.6	S34 23.0
Kochab	137 18.5	N74 08.3
Markab	13 46.7	N15 13.1
Menkar	314 23.7	N 4 06.0
Menkent	148 16.9	S36 23.1
Miaplacidus	221 41.0	S69 43.9
Mirfak	308 52.4	N49 52.5
Nunki	76 08.4	S26 17.6
Peacock	53 32.1	S56 43.5
Polaris	322 17.1	N89 15.7
Pollux	243 37.4	N28 01.2
Procyon	245 08.0	N 5 13.0
Rasalhague	96 14.0	N12 33.2
Regulus	207 51.8	N11 57.1
Rigel	281 19.9	S 8 12.0
Rigil Kent	140 02.7	S60 50.8
Sabik	102 21.8	S15 43.8
Schedar	349 50.5	N56 33.2
Shaula	96 32.9	S37 06.3
Sirius	258 40.8	S16 43.4
Spica	158 39.5	S11 10.7
Suhail	222 58.2	S43 26.8
Vega	80 44.5	N38 46.8
Zuben-ubi	137 14.5	S16 03.4

	ARIES	VENUS	MARS	JUPITER	SATURN
D 8	114 51.6	293 34.8 N 0 51.8	139 48.0 S16 27.9	318 22.1 N10 43.8	12 04. N22 10.5
A 9	129 54.0	308 34.4 N 0 50.6	154 50.9 S16 27.8	333 24.1 N10 43.6	27 06.6 N22 10.5
Y 10	144 56.5	323 34.1 N 0 49.3	169 53.7 S16 27.8	348 26.0 N10 43.4	42 08.9 N22 10.5
11	159 59.0	338 33.7 N 0 48.0	184 56.6 S16 27.7	3 28.0 N10 43.2	57 11.2 N22 10.5
12	175 01.4	353 33.3 N 0 46.7	199 59.5 S16 27.7	18 30.0 N10 43.0	72 13.5 N22 10.5
13	190 03.9	8 33.0 N 0 45.5	215 02.3 S16 27.7	33 31.9 N10 42.8	87 15.8 N22 10.5
14	205 06.3	23 32.6 N 0 44.2	230 05.2 S16 27.6	48 33.9 N10 42.6	102 18.0 N22 10.5
15	220 08.8	38 32.2 N 0 42.9	245 08.1 S16 27.6	63 35.8 N10 42.4	117 20.3 N22 10.4
16	235 11.3	53 31.8 N 0 41.7	260 10.9 S16 27.5	78 37.8 N10 42.2	132 22.6 N22 10.4
17	250 13.7	68 31.5 N 0 40.4	275 13.8 S16 27.5	93 39.8 N10 42.1	147 24.9 N22 10.4
18	265 16.2	83 31.1 N 0 39.1	290 16.7 S16 27.5	108 41.7 N10 41.9	162 27.2 N22 10.4
19	280 18.7	98 30.7 N 0 37.8	305 19.5 S16 27.4	123 43.7 N10 41.7	177 29.4 N22 10.4
20	295 21.1	113 30.4 N 0 36.6	320 22.4 S16 27.4	138 45.6 N10 41.5	192 31.7 N22 10.4
21	310 23.6	128 30.0 N 0 35.3	335 25.2 S16 27.3	153 47.6 N10 41.3	207 34.0 N22 10.4
22	325 26.1	143 29.6 N 0 34.0	350 28.1 S16 27.3	168 49.6 N10 41.1	222 36.3 N22 10.3
23	340 28.5	158 29.3 N 0 32.8	5 30.9 S16 27.2	183 51.5 N10 40.9	237 38.6 N22 10.3
17 0	355 31.0	173 28.9 N 0 31.5	20 33.8 S16 27.2	198 53.5 N10 40.7	252 40.9 N22 10.3
1	10 33.5	188 28.5 N 0 30.2	35 36.6 S16 27.1	213 55.4 N10 40.5	267 43.1 N22 10.3
2	25 35.9	203 28.1 N 0 28.9	50 39.5 S16 27.1	228 57.4 N10 40.3	282 45.4 N22 10.3
3	40 38.4	218 27.8 N 0 27.7	65 42.3 S16 27.1	243 59.4 N10 40.2	297 47.7 N22 10.3
4	55 40.8	233 27.4 N 0 26.4	80 45.2 S16 27.0	259 01.3 N10 40.0	312 50.0 N22 10.3
W 5	70 43.3	248 27.0 N 0 25.1	95 48.0 S16 27.0	274 03.3 N10 39.8	327 52.3 N22 10.2
E					
D 6	85 45.8	263 26.7 N 0 23.8	110 50.9 S16 26.9	289 05.3 N10 39.6	342 54.6 N22 10.2
N 7	100 48.2	278 26.3 N 0 22.6	125 53.7 S16 26.9	304 07.2 N10 39.4	357 56.8 N22 10.2
E 8	115 50.7	293 25.9 N 0 21.3	140 56.6 S16 26.8	319 09.2 N10 39.2	12 59.1 N22 10.2
S 9	130 53.2	308 25.6 N 0 20.0	155 59.4 S16 26.8	334 11.1 N10 39.0	28 01.4 N22 10.2
D 10	145 55.6	323 25.2 N 0 18.8	171 02.3 S16 26.7	349 13.1 N10 38.8	43 03.7 N22 10.2
A 11	160 58.1	338 24.8 N 0 17.5	186 05.1 S16 26.7	4 15.1 N10 38.6	58 06.0 N22 10.2
Y					
12	176 00.6	353 24.5 N 0 16.2	201 07.9 S16 26.6	19 17.0 N10 38.5	73 08.3 N22 10.1
13	191 03.0	8 24.1 N 0 14.9	216 10.8 S16 26.5	34 19.0 N10 38.3	88 10.5 N22 10.1
14	206 05.5	23 23.7 N 0 13.7	231 13.6 S16 26.5	49 21.0 N10 38.1	103 12.8 N22 10.1
15	221 08.0	38 23.3 N 0 12.4	246 16.4 S16 26.4	64 22.9 N10 37.9	118 15.1 N22 10.1
16	236 10.4	53 23.0 N 0 11.1	261 19.3 S16 26.4	79 24.9 N10 37.7	133 17.4 N22 10.1
17	251 12.9	68 22.6 N 0 09.8	276 22.1 S16 26.3	94 26.8 N10 37.5	148 19.7 N22 10.1
18	266 15.3	83 22.2 N 0 08.6	291 24.9 S16 26.3	109 28.8 N10 37.3	163 22.0 N22 10.1
19	281 17.8	98 21.9 N 0 07.3	306 27.8 S16 26.2	124 30.8 N10 37.1	178 24.3 N22 10.0
20	296 20.3	113 21.5 N 0 06.0	321 30.6 S16 26.2	139 32.7 N10 36.9	193 26.5 N22 10.0
21	311 22.7	128 21.1 N 0 04.8	336 33.4 S16 26.1	154 34.7 N10 36.8	208 28.8 N22 10.0
22	326 25.2	143 20.8 N 0 03.5	351 36.3 S16 26.0	169 36.7 N10 36.6	223 31.1 N22 10.0
23	341 27.7	158 20.4 N 0 02.2	6 39.1 S16 26.0	184 38.6 N10 36.4	238 33.4 N22 10.0
18 0	356 30.1	173 20.0 N 0 00.9	21 41.9 S16 25.9	199 40.6 N10 36.2	253 35.7 N22 10.0
1	11 32.6	188 19.7 S 0 00.3	36 44.7 S16 25.9	214 42.5 N10 36.0	268 38.0 N22 10.0
2	26 35.1	203 19.3 S 0 01.6	51 47.6 S16 25.8	229 44.5 N10 35.8	283 40.3 N22 10.0
3	41 37.5	218 18.9 S 0 02.9	66 50.4 S16 25.7	244 46.5 N10 35.6	298 42.5 N22 09.9
4	56 40.0	233 18.5 S 0 04.2	81 53.2 S16 25.7	259 48.4 N10 35.4	313 44.8 N22 09.9
T 5	71 42.5	248 18.2 S 0 05.4	96 56.0 S16 25.6	274 50.4 N10 35.2	328 47.1 N22 09.9
H					
U 6	86 44.9	263 17.8 S 0 06.7	111 58.8 S16 25.5	289 52.4 N10 35.1	343 49.4 N22 09.9
R 7	101 47.4	278 17.4 S 0 08.0	127 01.7 S16 25.5	304 54.3 N10 34.9	358 51.7 N22 09.9
S 8	116 49.8	293 17.1 S 0 09.3	142 04.5 S16 25.4	319 56.3 N10 34.7	13 54.0 N22 09.9
D 9	131 52.3	308 16.7 S 0 10.5	157 07.3 S16 25.4	334 58.2 N10 34.5	28 56.3 N22 09.9
A 10	146 54.8	323 16.3 S 0 11.8	172 10.1 S16 25.3	350 00.2 N10 34.3	43 58.6 N22 09.8
Y 11	161 57.2	338 16.0 S 0 13.1	187 12.9 S16 25.2	5 02.2 N10 34.1	59 00.8 N22 09.8
12	176 59.7	353 15.6 S 0 14.4	202 15.7 S16 25.2	20 04.1 N10 33.9	74 03.1 N22 09.8
13	192 02.2	8 15.2 S 0 15.6	217 18.5 S16 25.1	35 06.1 N10 33.7	89 05.4 N22 09.8
14	207 04.6	23 14.9 S 0 16.9	232 21.3 S16 25.0	50 08.1 N10 33.5	104 07.7 N22 09.8
15	222 07.1	38 14.5 S 0 18.2	247 24.2 S16 25.0	65 10.0 N10 33.4	119 10.0 N22 09.8
16	237 09.6	53 14.1 S 0 19.5	262 27.0 S16 24.9	80 12.0 N10 33.2	134 12.3 N22 09.8
17	252 12.0	68 13.7 S 0 20.7	277 29.8 S16 24.8	95 14.0 N10 33.0	149 14.6 N22 09.7
18	267 14.5	83 13.4 S 0 22.0	292 32.6 S16 24.7	110 15.9 N10 32.8	164 16.9 N22 09.7
19	282 16.9	98 13.0 S 0 23.3	307 35.4 S16 24.7	125 17.9 N10 32.6	179 19.2 N22 09.7
20	297 19.4	113 12.6 S 0 24.6	322 38.2 S16 24.6	140 19.8 N10 32.4	194 21.4 N22 09.7
21	312 21.9	128 12.3 S 0 25.8	337 41.0 S16 24.5	155 21.8 N10 32.2	209 23.7 N22 09.7
22	327 24.3	143 11.9 S 0 27.1	352 43.8 S16 24.5	170 23.8 N10 32.0	224 26.0 N22 09.7
23	342 26.8	158 11.5 S 0 28.4	7 46.6 S16 24.4	185 25.7 N10 31.8	239 28.3 N22 09.7
		v -0.4 d 1.3	v 2.8 d 0.1	v 2.0 d 0.2	v 2.3 d 0.0

G.M.T	GHA	GHA Dec	GHA Dec	GHA Dec	GHA Dec
d h	° '	° ' ° '	° ' ° '	° ' ° '	° ' ° '
16 0	354 31.9	173 37.8 N 1 02.0	19 25.0 S16 28.1	198 06.4 N10 45.3	251 46.1 N22 10.7
1	9 34.3	188 37.4 N 1 00.7	34 27.9 S16 28.1	213 08.4 N10 45.1	266 48.4 N22 10.7
2	24 36.8	203 37.0 N 0 59.5	49 30.8 S16 28.1	228 10.3 N10 44.9	281 50.7 N22 10.6
3	39 39.2	218 36.7 N 0 58.2	64 33.6 S16 28.0	243 12.3 N10 44.7	296 53.0 N22 10.6
4	54 41.7	233 36.3 N 0 56.9	79 36.5 S16 28.0	258 14.3 N10 44.5	311 55.2 N22 10.6
T 5	69 44.2	248 35.9 N 0 55.6	94 39.4 S16 28.0	273 16.2 N10 44.3	326 57.5 N22 10.6
U					
E 6	84 46.6	263 35.5 N 0 54.4	109 42.3 S16 27.9	288 18.2 N10 44.1	341 59.8 N22 10.6
S 7	99 49.1	278 35.2 N 0 53.1	124 45.1 S16 27.9	303 20.1 N10 43.9	357 02.1 N22 10.6

2003 SEP. 16, 17, 18 (TUE, WED, THU)

G.M.T	SUN	MOON					STARS
	GHA Dec	GHA	v	Dec	d	HP	
d h	° ' ° '	° '	'	° '	'	'	Name SHA Dec
							° ' ° '
16 0	181 12.7 N 2 53.3	304 34.5	14.2	N18 23.2	10.1	54.2	Acamar 315 23.8 S40 17.1
1	196 12.9 N 2 52.3	319 07.6	14.1	N18 33.3	10.1	54.2	Achernar 335 31.7 S57 12.9
2	211 13.2 N 2 51.3	333 40.7	14.1	N18 43.2	10.0	54.2	Acrux 173 19.0 S63 07.1
3	226 13.4 N 2 50.4	348 13.7	14.0	N18 53.2	9.9	54.2	Adhara 255 18.7 S28 58.3
4	241 13.6 N 2 49.4	2 46.6	13.9	N19 03.0	9.8	54.2	Albireo 67 16.9 N27 58.2
T 5	256 13.8 N 2 48.4	17 19.5	13.9	N19 12.7	9.7	54.2	
U							Aldebaran 290 58.1 N16 31.1
E 6	271 14.1 N 2 47.5	31 52.3	13.8	N19 22.4	9.7	54.2	Alioth 166 27.7 N55 56.6
S 7	286 14.3 N 2 46.5	46 25.1	13.8	N19 32.0	9.6	54.2	Alkaid 153 05.2 N49 17.9
D 8	301 14.5 N 2 45.6	60 57.8	13.7	N19 41.5	9.5	54.2	Al Na-ir 27 52.7 S46 56.7
A 9	316 14.7 N 2 44.6	75 30.5	13.7	N19 50.9	9.4	54.2	Alnilam 275 54.1 S 1 11.7
Y 10	331 14.9 N 2 43.6	90 03.1	13.6	N20 00.2	9.3	54.2	
11	346 15.2 N 2 42.7	104 35.7	13.6	N20 09.5	9.3	54.2	Alphard 218 03.9 S 8 40.2
							Alphecca 126 17.6 N26 42.4
12	1 15.4 N 2 41.7	119 08.2	13.5	N20 18.7	9.2	54.2	Alpheratz 357 51.2 N29 06.7
13	16 15.6 N 2 40.7	133 40.6	13.4	N20 27.8	9.1	54.2	Altair 62 15.6 N 8 52.7
14	31 15.8 N 2 39.8	148 13.0	13.4	N20 36.8	9.0	54.2	Ankaa 353 22.7 S42 17.1
15	46 16.1 N 2 38.8	162 45.3	13.3	N20 45.7	8.9	54.2	
16	61 16.3 N 2 37.9	177 17.6	13.3	N20 54.5	8.8	54.2	Antares 112 35.8 S26 26.5
17	76 16.5 N 2 36.9	191 49.8	13.2	N21 03.2	8.7	54.2	Arcturus 146 03.0 N19 10.0
							Atria 107 44.8 S69 02.4
18	91 16.7 N 2 35.9	206 21.9	13.1	N21 11.9	8.6	54.2	Avior 234 21.7 S59 30.9
19	106 17.0 N 2 35.0	220 54.0	13.1	N21 20.4	8.6	54.2	Bellatrix 278 40.2 N 6 21.4
20	121 17.2 N 2 34.0	235 26.0	13.0	N21 28.9	8.5	54.2	
21	136 17.4 N 2 33.0	249 58.0	13.0	N21 37.3	8.4	54.2	Betelgeuse 271 09.7 N 7 24.6
22	151 17.6 N 2 32.1	264 29.9	12.9	N21 45.6	8.3	54.2	Canopus 263 59.7 S52 41.4
23	166 17.9 N 2 31.1	279 01.7	12.8	N21 53.8	8.2	54.2	Capella 280 45.8 N46 00.0
							Castor 246 17.9 N31 52.9
17 0	181 18.1 N 2 30.1	293 33.5	12.8	N22 01.8	8.1	54.2	Deneb 49 36.5 N45 17.7
1	196 18.3 N 2 29.2	308 05.3	12.7	N22 09.9	8.0	54.2	
2	211 18.5 N 2 28.2	322 36.9	12.7	N22 17.8	7.9	54.2	Denebola 182 41.8 N14 33.3
3	226 18.7 N 2 27.2	337 08.5	12.6	N22 25.6	7.8	54.2	Diphda 349 03.3 S17 57.9
4	241 19.0 N 2 26.3	351 40.0	12.5	N22 33.3	7.7	54.2	Dubhe 194 01.5 N61 44.0
W 5	256 19.2 N 2 25.3	6 11.5	12.5	N22 40.9	7.6	54.2	Elnath 278 22.4 N28 36.6
E							Eltanin 90 49.7 N51 29.5
D 6	271 19.4 N 2 24.3	20 42.9	12.4	N22 48.4	7.5	54.2	
N 7	286 19.6 N 2 23.4	35 14.3	12.4	N22 55.8	7.4	54.2	Enif 33 54.4 N 9 53.6
E 8	301 19.9 N 2 22.4	49 45.6	12.3	N23 03.2	7.3	54.3	Fomalhaut 15 32.0 S29 36.2
S 9	316 20.1 N 2 21.5	64 16.8	12.2	N23 10.4	7.2	54.3	Gacrux 172 10.3 S57 08.0
D 10	331 20.3 N 2 20.5	78 48.0	12.2	N23 17.5	7.1	54.3	Gienah 176 00.6 S17 33.5
A 11	346 20.5 N 2 19.5	93 19.1	12.1	N23 24.5	7.0	54.3	Hadar 148 59.6 S60 23.5
Y							
12	1 20.8 N 2 18.6	107 50.1	12.0	N23 31.4	6.9	54.3	
18 0	181 23.4 N 2 07.0	281 57.8	11.3	N24 46.1	5.6	54.4	Procyon 245 07.9 N 5 13.2
1	196 23.7 N 2 06.0	296 28.0	11.2	N24 51.6	5.5	54.4	Rasalhague 96 13.6 N12 33.6
2	211 23.9 N 2 05.0	310 58.2	11.2	N24 57.0	5.4	54.4	Regulus 207 52.0 N11 57.2
3	226 24.1 N 2 04.1	325 28.3	11.1	N25 02.3	5.3	54.4	
4	241 24.3 N 2 03.1	339 58.4	11.1	N25 07.4	5.2	54.4	Rigel 281 19.4 S 8 11.6
T 5	256 24.5 N 2 02.1	354 28.4	11.0	N25 12.5	5.1	54.5	Rigil Kent 140 03.1 S60 51.2
H							Sabik 102 21.4 S15 43.8
U 6	271 24.8 N 2 01.2	8 58.4	10.9	N25 17.4	4.9	54.5	Schedar 349 49.0 N56 33.4
R 7	286 25.0 N 2 00.2	23 28.2	10.9	N25 22.2	4.8	54.5	Shaula 96 32.4 S37 06.5
S 8	301 25.2 N 1 59.2	37 58.1	10.8	N25 26.9	4.7	54.5	
D 9	316 25.4 N 1 58.3	52 27.8	10.8	N25 31.5	4.6	54.5	Sirius 258 40.6 S16 43.0
A 10	331 25.7 N 1 57.3	66 57.5	10.7	N25 36.0	4.5	54.5	Spica 158 39.7 S11 10.7
Y 11	346 25.9 N 1 56.3	81 27.2	10.7	N25 40.3	4.3	54.5	Suhail 222 58.6 S43 26.5
							Vega 80 44.1 N38 47.4
12	1 26.1 N 1 55.4	95 56.8	10.6	N25 44.5	4.2	54.5	Zuben-ubi 137 14.5 S16 03.4
13	16 26.3 N 1 54.4	110 26.4	10.5	N25 48.6	4.1	54.6	
14	31 26.6 N 1 53.4	124 55.8	10.5	N25 52.6	4.0	54.6	
15	46 26.8 N 1 52.4	139 25.3	10.4	N25 56.5	3.9	54.6	
16	61 27.0 N 1 51.5	153 54.7	10.4	N26 00.2	3.7	54.6	
17	76 27.2 N 1 50.5	168 24.0	10.3	N26 03.8	3.6	54.6	
18	91 27.4 N 1 49.5	182 53.3	10.3	N26 07.3	3.5	54.6	
19	106 27.7 N 1 48.6	197 22.5	10.2	N26 10.7	3.4	54.7	
20	121 27.9 N 1 47.6	211 51.6	10.2	N26 13.9	3.2	54.7	
21	136 28.1 N 1 46.6	226 20.8	10.1	N26 17.0	3.1	54.7	
22	151 28.3 N 1 45.7	240 49.8	10.1	N26 20.0	3.0	54.7	
23	166 28.6 N 1 44.7	255 18.8	10.0	N26 22.9	2.9	54.7	
	S.D. 15.9 d 1.0	S.D.	14.8	14.8	14.9		

m 12	SUN PLANETS	ARIES	MOON	v or d	Corr n	v or d	Corr n	v or d	Corr n
s	° ′	° ′	° ′	′	′	′	′	′	′
00	3 00·0	3 00·5	2 51·8	0·0	0·0	6·0	1·3	12·0	2·5
01	3 00·3	3 00·7	2 52·0	0·1	0·0	6·1	1·3	12·1	2·5
02	3 00·5	3 01·0	2 52·3	0·2	0·0	6·2	1·3	12·2	2·5
03	3 00·8	3 01·2	2 52·5	0·3	0·1	6·3	1·3	12·3	2·6
04	3 01·0	3 01·5	2 52·8	0·4	0·1	6·4	1·3	12·4	2·6
05	3 01·3	3 01·7	2 53·0	0·5	0·1	6·5	1·4	12·5	2·6
06	3 01·5	3 02·0	2 53·2	0·6	0·1	6·6	1·4	12·6	2·6
07	3 01·8	3 02·2	2 53·5	0·7	0·1	6·7	1·4	12·7	2·6
08	3 02·0	3 02·5	2 53·7	0·8	0·2	6·8	1·4	12·8	2·7
09	3 02·3	3 02·7	2 53·9	0·9	0·2	6·9	1·4	12·9	2·7
10	3 02·5	3 03·0	2 54·2	1·0	0·2	7·0	1·5	13·0	2·7
11	3 02·8	3 03·3	2 54·4	1·1	0·2	7·1	1·5	13·1	2·7
12	3 03·0	3 03·5	2 54·7	1·2	0·3	7·2	1·5	13·2	2·8
13	3 03·3	3 03·8	2 54·9	1·3	0·3	7·3	1·5	13·3	2·8
14	3 03·5	3 04·0	2 55·1	1·4	0·3	7·4	1·5	13·4	2·8
15	3 03·8	3 04·3	2 55·4	1·5	0·3	7·5	1·6	13·5	2·8
16	3 04·0	3 04·5	2 55·6	1·6	0·3	7·6	1·6	13·6	2·8
17	3 04·3	3 04·8	2 55·9	1·7	0·4	7·7	1·6	13·7	2·9
18	3 04·5	3 05·0	2 56·1	1·8	0·4	7·8	1·6	13·8	2·9
19	3 04·8	3 05·3	2 56·3	1·9	0·4	7·9	1·6	13·9	2·9
20	3 05·0	3 05·5	2 56·6	2·0	0·4	8·0	1·7	14·0	2·9
21	3 05·3	3 05·8	2 56·8	2·1	0·4	8·1	1·7	14·1	2·9
22	3 05·5	3 06·0	2 57·0	2·2	0·5	8·2	1·7	14·2	3·0
23	3 05·8	3 06·3	2 57·3	2·3	0·5	8·3	1·7	14·3	3·0
24	3 06·0	3 06·5	2 57·5	2·4	0·5	8·4	1·8	14·4	3·0
25	3 06·3	3 06·8	2 57·8	2·5	0·5	8·5	1·8	14·5	3·0
26	3 06·5	3 07·0	2 58·0	2·6	0·5	8·6	1·8	14·6	3·0
27	3 06·8	3 07·3	2 58·2	2·7	0·6	8·7	1·8	14·7	3·1
28	3 07·0	3 07·5	2 58·5	2·8	0·6	8·8	1·8	14·8	3·1
29	3 07·3	3 07·8	2 58·7	2·9	0·6	8·9	1·9	14·9	3·1
30	3 07·5	3 08·0	2 59·0	3·0	0·6	9·0	1·9	15·0	3·1
31	3 07·8	3 08·3	2 59·2	3·1	0·6	9·1	1·9	15·1	3·1
32	3 08·0	3 08·5	2 59·4	3·2	0·7	9·2	1·9	15·2	3·2
33	3 08·3	3 08·8	2 59·7	3·3	0·7	9·3	1·9	15·3	3·2
34	3 08·5	3 09·0	2 59·9	3·4	0·7	9·4	2·0	15·4	3·2
35	3 08·8	3 09·3	3 00·2	3·5	0·7	9·5	2·0	15·5	3·2
36	3 09·0	3 09·5	3 00·4	3·6	0·8	9·6	2·0	15·6	3·3
37	3 09·3	3 09·8	3 00·6	3·7	0·8	9·7	2·0	15·7	3·3
38	3 09·5	3 10·0	3 00·9	3·8	0·8	9·8	2·0	15·8	3·3
39	3 09·8	3 10·3	3 01·1	3·9	0·8	9·9	2·1	15·9	3·3
40	3 10·0	3 10·5	3 01·3	4·0	0·8	10·0	2·1	16·0	3·3
41	3 10·3	3 10·8	3 01·6	4·1	0·9	10·1	2·1	16·1	3·4
42	3 10·5	3 11·0	3 01·8	4·2	0·9	10·2	2·1	16·2	3·4
43	3 10·8	3 11·3	3 02·1	4·3	0·9	10·3	2·1	16·3	3·4
44	3 11·0	3 11·5	3 02·3	4·4	0·9	10·4	2·2	16·4	3·4
45	3 11·3	3 11·8	3 02·5	4·5	0·9	10·5	2·2	16·5	3·4
46	3 11·5	3 12·0	3 02·8	4·6	1·0	10·6	2·2	16·6	3·5
47	3 11·8	3 12·3	3 03·0	4·7	1·0	10·7	2·2	16·7	3·5
48	3 12·0	3 12·5	3 03·3	4·8	1·0	10·8	2·3	16·8	3·5
49	3 12·3	3 12·8	3 03·5	4·9	1·0	10·9	2·3	16·9	3·5
50	3 12·5	3 13·0	3 03·7	5·0	1·0	11·0	2·3	17·0	3·5
51	3 12·8	3 13·3	3 04·0	5·1	1·1	11·1	2·3	17·1	3·6
52	3 13·0	3 13·5	3 04·2	5·2	1·1	11·2	2·3	17·2	3·6
53	3 13·3	3 13·8	3 04·4	5·3	1·1	11·3	2·4	17·3	3·6
54	3 13·5	3 14·0	3 04·7	5·4	1·1	11·4	2·4	17·4	3·6
55	3 13·8	3 14·3	3 04·9	5·5	1·1	11·5	2·4	17·5	3·6
56	3 14·0	3 14·5	3 05·2	5·6	1·2	11·6	2·4	17·6	3·7
57	3 14·3	3 14·8	3 05·4	5·7	1·2	11·7	2·4	17·7	3·7
58	3 14·5	3 15·0	3 05·6	5·8	1·2	11·8	2·5	17·8	3·7
59	3 14·8	3 15·3	3 05·9	5·9	1·2	11·9	2·5	17·9	3·7
60	3 15·0	3 15·5	3 06·1	6·0	1·3	12·0	2·5	18·0	3·8

m 13	SUN PLANETS	ARIES	MOON	v or d	Corr n	v or d	Corr n	v or d	Corr n
s	° ′	° ′	° ′	′	′	′	′	′	′
00	3 15·0	3 15·5	3 06·1	0·0	0·0	6·0	1·4	12·0	2·7
01	3 15·3	3 15·8	3 06·4	0·1	0·0	6·1	1·4	12·1	2·7
02	3 15·5	3 16·0	3 06·6	0·2	0·0	6·2	1·4	12·2	2·7
03	3 15·8	3 16·3	3 06·8	0·3	0·1	6·3	1·4	12·3	2·8
04	3 16·0	3 16·5	3 07·1	0·4	0·1	6·4	1·4	12·4	2·8
05	3 16·3	3 16·8	3 07·3	0·5	0·1	6·5	1·5	12·5	2·8
06	3 16·5	3 17·0	3 07·5	0·6	0·1	6·6	1·5	12·6	2·8
07	3 16·8	3 17·3	3 07·8	0·7	0·2	6·7	1·5	12·7	2·9
08	3 17·0	3 17·5	3 08·0	0·8	0·2	6·8	1·5	12·8	2·9
09	3 17·3	3 17·8	3 08·3	0·9	0·2	6·9	1·6	12·9	2·9
10	3 17·5	3 18·0	3 08·5	1·0	0·2	7·0	1·6	13·0	2·9
11	3 17·8	3 18·3	3 08·7	1·1	0·2	7·1	1·6	13·1	2·9
12	3 18·0	3 18·5	3 09·0	1·2	0·3	7·2	1·6	13·2	3·0
13	3 18·3	3 18·8	3 09·2	1·3	0·3	7·3	1·6	13·3	3·0
14	3 18·5	3 19·0	3 09·5	1·4	0·3	7·4	1·7	13·4	3·0
15	3 18·8	3 19·3	3 09·7	1·5	0·3	7·5	1·7	13·5	3·0
16	3 19·0	3 19·5	3 09·9	1·6	0·4	7·6	1·7	13·6	3·1
17	3 19·3	3 19·8	3 10·2	1·7	0·4	7·7	1·7	13·7	3·1
18	3 19·5	3 20·0	3 10·4	1·8	0·4	7·8	1·8	13·8	3·1
19	3 19·8	3 20·3	3 10·7	1·9	0·4	7·9	1·8	13·9	3·1
20	3 20·0	3 20·5	3 10·9	2·0	0·5	8·0	1·8	14·0	3·2
21	3 20·3	3 20·8	3 11·1	2·1	0·5	8·1	1·8	14·1	3·2
22	3 20·5	3 21·0	3 11·4	2·2	0·5	8·2	1·8	14·2	3·2
23	3 20·8	3 21·3	3 11·6	2·3	0·5	8·3	1·9	14·3	3·2
24	3 21·0	3 21·6	3 11·8	2·4	0·5	8·4	1·9	14·4	3·2
25	3 21·3	3 21·8	3 12·1	2·5	0·6	8·5	1·9	14·5	3·3
26	3 21·5	3 22·1	3 12·3	2·6	0·6	8·6	1·9	14·6	3·3
27	3 21·8	3 22·3	3 12·6	2·7	0·6	8·7	2·0	14·7	3·3
28	3 22·0	3 22·6	3 12·8	2·8	0·6	8·8	2·0	14·8	3·3
29	3 22·3	3 22·8	3 13·0	2·9	0·7	8·9	2·0	14·9	3·4
30	3 22·5	3 23·1	3 13·3	3·0	0·7	9·0	2·0	15·0	3·4
31	3 22·8	3 23·3	3 13·5	3·1	0·7	9·1	2·0	15·1	3·4
32	3 23·0	3 23·6	3 13·8	3·2	0·7	9·2	2·1	15·2	3·4
33	3 23·3	3 23·8	3 14·0	3·3	0·7	9·3	2·1	15·3	3·4
34	3 23·5	3 24·1	3 14·2	3·4	0·8	9·4	2·1	15·4	3·5
35	3 23·8	3 24·3	3 14·5	3·5	0·8	9·5	2·1	15·5	3·5
36	3 24·0	3 24·6	3 14·7	3·6	0·8	9·6	2·2	15·6	3·5
37	3 24·3	3 24·8	3 14·9	3·7	0·8	9·7	2·2	15·7	3·5
38	3 24·5	3 25·1	3 15·2	3·8	0·9	9·8	2·2	15·8	3·6
39	3 24·8	3 25·3	3 15·4	3·9	0·9	9·9	2·2	15·9	3·6
40	3 25·0	3 25·6	3 15·7	4·0	0·9	10·0	2·3	16·0	3·6
41	3 25·3	3 25·8	3 15·9	4·1	0·9	10·1	2·3	16·1	3·6
42	3 25·5	3 26·1	3 16·1	4·2	0·9	10·2	2·3	16·2	3·6
43	3 25·8	3 26·3	3 16·4	4·3	1·0	10·3	2·3	16·3	3·7
44	3 26·0	3 26·6	3 16·6	4·4	1·0	10·4	2·3	16·4	3·7
45	3 26·3	3 26·8	3 16·9	4·5	1·0	10·5	2·4	16·5	3·7
46	3 26·5	3 27·1	3 17·1	4·6	1·0	10·6	2·4	16·6	3·7
47	3 26·8	3 27·3	3 17·3	4·7	1·1	10·7	2·4	16·7	3·8
48	3 27·0	3 27·6	3 17·6	4·8	1·1	10·8	2·4	16·8	3·8
49	3 27·3	3 27·8	3 17·8	4·9	1·1	10·9	2·5	16·9	3·8
50	3 27·5	3 28·1	3 18·0	5·0	1·1	11·0	2·5	17·0	3·8
51	3 27·8	3 28·3	3 18·3	5·1	1·1	11·1	2·5	17·1	3·8
52	3 28·0	3 28·6	3 18·5	5·2	1·2	11·2	2·5	17·2	3·9
53	3 28·3	3 28·8	3 18·8	5·3	1·2	11·3	2·5	17·3	3·9
54	3 28·5	3 29·1	3 19·0	5·4	1·2	11·4	2·6	17·4	3·9
55	3 28·8	3 29·3	3 19·2	5·5	1·2	11·5	2·6	17·5	3·9
56	3 29·0	3 29·6	3 19·5	5·6	1·3	11·6	2·6	17·6	4·0
57	3 29·3	3 29·8	3 19·7	5·7	1·3	11·7	2·6	17·7	4·0
58	3 29·5	3 30·1	3 20·0	5·8	1·3	11·8	2·7	17·8	4·0
59	3 29·8	3 30·3	3 20·2	5·9	1·3	11·9	2·7	17·9	4·0
60	3 30·0	3 30·6	3 20·4	6·0	1·4	12·0	2·7	18·0	4·1

m 52	SUN PLANETS	ARIES	MOON	v or d	Corr n	v or d	Corr n	v or d	Corr n
s	° ′	° ′	° ′	′	′	′	′	′	′
00	13 00·0	13 02·1	12 24·5	0·0	0·0	6·0	5·3	12·0	10·5
01	13 00·3	13 02·4	12 24·7	0·1	0·1	6·1	5·3	12·1	10·6
02	13 00·5	13 02·6	12 24·9	0·2	0·2	6·2	5·4	12·2	10·7
03	13 00·8	13 02·9	12 25·2	0·3	0·3	6·3	5·5	12·3	10·8
04	13 01·0	13 03·1	12 25·4	0·4	0·4	6·4	5·6	12·4	10·9
05	13 01·3	13 03·4	12 25·7	0·5	0·4	6·5	5·7	12·5	10·9
06	13 01·5	13 03·6	12 25·9	0·6	0·5	6·6	5·8	12·6	11·0
07	13 01·8	13 03·9	12 26·1	0·7	0·6	6·7	5·9	12·7	11·1
08	13 02·0	13 04·1	12 26·4	0·8	0·7	6·8	6·0	12·8	11·2
09	13 02·3	13 04·4	12 26·6	0·9	0·8	6·9	6·0	12·9	11·3
10	13 02·5	13 04·6	12 26·9	1·0	0·9	7·0	6·1	13·0	11·4
11	13 02·8	13 04·9	12 27·1	1·1	1·0	7·1	6·2	13·1	11·5
12	13 03·0	13 05·1	12 27·3	1·2	1·1	7·2	6·3	13·2	11·6
13	13 03·3	13 05·4	12 27·6	1·3	1·1	7·3	6·4	13·3	11·6
14	13 03·5	13 05·6	12 27·8	1·4	1·2	7·4	6·5	13·4	11·7
15	13 03·8	13 05·9	12 28·0	1·5	1·3	7·5	6·6	13·5	11·8
16	13 04·0	13 06·1	12 28·3	1·6	1·4	7·6	6·7	13·6	11·9
17	13 04·3	13 06·4	12 28·5	1·7	1·5	7·7	6·7	13·7	12·0
18	13 04·5	13 06·6	12 28·8	1·8	1·6	7·8	6·8	13·8	12·1
19	13 04·8	13 06·9	12 29·0	1·9	1·7	7·9	6·9	13·9	12·2
20	13 05·0	13 07·1	12 29·2	2·0	1·8	8·0	7·0	14·0	12·3
21	13 05·3	13 07·4	12 29·5	2·1	1·8	8·1	7·1	14·1	12·3
22	13 05·5	13 07·7	12 29·7	2·2	1·9	8·2	7·2	14·2	12·4
23	13 05·8	13 07·9	12 30·0	2·3	2·0	8·3	7·3	14·3	12·5
24	13 06·0	13 08·2	12 30·2	2·4	2·1	8·4	7·4	14·4	12·6
25	13 06·3	13 08·4	12 30·4	2·5	2·2	8·5	7·4	14·5	12·7
26	13 06·5	13 08·7	12 30·7	2·6	2·3	8·6	7·5	14·6	12·8
27	13 06·8	13 08·9	12 30·9	2·7	2·4	8·7	7·6	14·7	12·9
28	13 07·0	13 09·2	12 31·1	2·8	2·5	8·8	7·7	14·8	13·0
29	13 07·3	13 09·4	12 31·4	2·9	2·5	8·9	7·8	14·9	13·0
30	13 07·5	13 09·7	12 31·6	3·0	2·6	9·0	7·9	15·0	13·1
31	13 07·8	13 09·9	12 31·9	3·1	2·7	9·1	8·0	15·1	13·2
32	13 08·0	13 10·2	12 32·1	3·2	2·8	9·2	8·1	15·2	13·3
33	13 08·3	13 10·4	12 32·3	3·3	2·9	9·3	8·1	15·3	13·4
34	13 08·5	13 10·7	12 32·6	3·4	3·0	9·4	8·2	15·4	13·5
35	13 08·8	13 10·9	12 32·8	3·5	3·1	9·5	8·3	15·5	13·6
36	13 09·0	13 11·2	12 33·1	3·6	3·2	9·6	8·4	15·6	13·7
37	13 09·3	13 11·4	12 33·3	3·7	3·2	9·7	8·5	15·7	13·7
38	13 09·5	13 11·7	12 33·5	3·8	3·3	9·8	8·6	15·8	13·8
39	13 09·8	13 11·9	12 33·8	3·9	3·4	9·9	8·7	15·9	13·9
40	13 10·0	13 12·2	12 34·0	4·0	3·5	10·0	8·8	16·0	14·0
41	13 10·3	13 12·4	12 34·2	4·1	3·6	10·1	8·8	16·1	14·1
42	13 10·5	13 12·7	12 34·5	4·2	3·7	10·2	8·9	16·2	14·2
43	13 10·8	13 12·9	12 34·7	4·3	3·8	10·3	9·0	16·3	14·3
44	13 11·0	13 13·2	12 35·0	4·4	3·9	10·4	9·1	16·4	14·4
45	13 11·3	13 13·4	12 35·2	4·5	3·9	10·5	9·2	16·5	14·4
46	13 11·5	13 13·7	12 35·4	4·6	4·0	10·6	9·3	16·6	14·5
47	13 11·8	13 13·9	12 35·7	4·7	4·1	10·7	9·4	16·7	14·6
48	13 12·0	13 14·2	12 35·9	4·8	4·2	10·8	9·5	16·8	14·7
49	13 12·3	13 14·4	12 36·2	4·9	4·3	10·9	9·5	16·9	14·8
50	13 12·5	13 14·7	12 36·4	5·0	4·4	11·0	9·6	17·0	14·9
51	13 12·8	13 14·9	12 36·6	5·1	4·5	11·1	9·7	17·1	15·0
52	13 13·0	13 15·2	12 36·9	5·2	4·6	11·2	9·8	17·2	15·1
53	13 13·3	13 15·4	12 37·1	5·3	4·6	11·3	9·9	17·3	15·1
54	13 13·5	13 15·7	12 37·4	5·4	4·7	11·4	10·0	17·4	15·2
55	13 13·8	13 15·9	12 37·6	5·5	4·8	11·5	10·1	17·5	15·3
56	13 14·0	13 16·2	12 37·8	5·6	4·9	11·6	10·2	17·6	15·4
57	13 14·3	13 16·4	12 38·1	5·7	5·0	11·7	10·2	17·7	15·5
58	13 14·5	13 16·7	12 38·3	5·8	5·1	11·8	10·3	17·8	15·6
59	13 14·8	13 16·9	12 38·5	5·9	5·2	11·9	10·4	17·9	15·7
60	13 15·0	13 17·2	12 38·8	6·0	5·3	12·0	10·5	18·0	15·8

m 53	SUN PLANETS	ARIES	MOON	v or d	Corr n	v or d	Corr n	v or d	Corr n
s	° ′	° ′	° ′	′	′	′	′	′	′
00	13 15·0	13 17·2	12 38·8	0·0	0·0	6·0	5·4	12·0	10·7
01	13 15·3	13 17·4	12 39·0	0·1	0·1	6·1	5·4	12·1	10·8
02	13 15·5	13 17·7	12 39·3	0·2	0·2	6·2	5·5	12·2	10·9
03	13 15·8	13 17·9	12 39·5	0·3	0·3	6·3	5·6	12·3	11·0
04	13 16·0	13 18·2	12 39·7	0·4	0·4	6·4	5·7	12·4	11·1
05	13 16·3	13 18·4	12 40·0	0·5	0·4	6·5	5·8	12·5	11·1
06	13 16·5	13 18·7	12 40·2	0·6	0·5	6·6	5·9	12·6	11·2
07	13 16·8	13 18·9	12 40·5	0·7	0·6	6·7	6·0	12·7	11·3
08	13 17·0	13 19·2	12 40·7	0·8	0·7	6·8	6·1	12·8	11·4
09	13 17·3	13 19·4	12 40·9	0·9	0·8	6·9	6·2	12·9	11·5
10	13 17·5	13 19·7	12 41·2	1·0	0·9	7·0	6·2	13·0	11·6
11	13 17·8	13 19·9	12 41·4	1·1	1·0	7·1	6·3	13·1	11·7
12	13 18·0	13 20·2	12 41·6	1·2	1·1	7·2	6·4	13·2	11·8
13	13 18·3	13 20·4	12 41·9	1·3	1·2	7·3	6·5	13·3	11·9
14	13 18·5	13 20·7	12 42·1	1·4	1·2	7·4	6·6	13·4	11·9
15	13 18·8	13 20·9	12 42·4	1·5	1·3	7·5	6·7	13·5	12·0
16	13 19·0	13 21·2	12 42·6	1·6	1·4	7·6	6·8	13·6	12·1
17	13 19·3	13 21·4	12 42·8	1·7	1·5	7·7	6·9	13·7	12·2
18	13 19·5	13 21·7	12 43·1	1·8	1·6	7·8	7·0	13·8	12·3
19	13 19·8	13 21·9	12 43·3	1·9	1·7	7·9	7·0	13·9	12·4
20	13 20·0	13 22·2	12 43·6	2·0	1·8	8·0	7·1	14·0	12·5
21	13 20·3	13 22·4	12 43·8	2·1	1·9	8·1	7·2	14·1	12·6
22	13 20·5	13 22·7	12 44·0	2·2	2·0	8·2	7·3	14·2	12·7
23	13 20·8	13 22·9	12 44·3	2·3	2·1	8·3	7·4	14·3	12·8
24	13 21·0	13 23·2	12 44·5	2·4	2·1	8·4	7·5	14·4	12·8
25	13 21·3	13 23·4	12 44·7	2·5	2·2	8·5	7·6	14·5	12·9
26	13 21·5	13 23·7	12 45·0	2·6	2·3	8·6	7·7	14·6	13·0
27	13 21·8	13 23·9	12 45·2	2·7	2·4	8·7	7·8	14·7	13·1
28	13 22·0	13 24·2	12 45·5	2·8	2·5	8·8	7·8	14·8	13·2
29	13 22·3	13 24·4	12 45·7	2·9	2·6	8·9	7·9	14·9	13·3
30	13 22·5	13 24·7	12 45·9	3·0	2·7	9·0	8·0	15·0	13·4
31	13 22·8	13 24·9	12 46·2	3·1	2·8	9·1	8·1	15·1	13·5
32	13 23·0	13 25·2	12 46·4	3·2	2·9	9·2	8·2	15·2	13·6
33	13 23·3	13 25·4	12 46·7	3·3	2·9	9·3	8·3	15·3	13·6
34	13 23·5	13 25·7	12 46·9	3·4	3·0	9·4	8·4	15·4	13·7
35	13 23·8	13 26·0	12 47·1	3·5	3·1	9·5	8·5	15·5	13·8
36	13 24·0	13 26·2	12 47·4	3·6	3·2	9·6	8·6	15·6	13·9
37	13 24·3	13 26·5	12 47·6	3·7	3·3	9·7	8·6	15·7	14·0
38	13 24·5	13 26·7	12 47·9	3·8	3·4	9·8	8·7	15·8	14·1
39	13 24·8	13 27·0	12 48·1	3·9	3·5	9·9	8·8	15·9	14·2
40	13 25·0	13 27·2	12 48·3	4·0	3·6	10·0	8·9	16·0	14·3
41	13 25·3	13 27·5	12 48·6	4·1	3·7	10·1	9·0	16·1	14·4
42	13 25·5	13 27·7	12 48·8	4·2	3·7	10·2	9·1	16·2	14·4
43	13 25·8	13 28·0	12 49·0	4·3	3·8	10·3	9·2	16·3	14·5
44	13 26·0	13 28·2	12 49·3	4·4	3·9	10·4	9·3	16·4	14·6
45	13 26·3	13 28·5	12 49·5	4·5	4·0	10·5	9·4	16·5	14·7
46	13 26·5	13 28·7	12 49·8	4·6	4·1	10·6	9·5	16·6	14·8
47	13 26·8	13 29·0	12 50·0	4·7	4·2	10·7	9·5	16·7	14·9
48	13 27·0	13 29·2	12 50·2	4·8	4·3	10·8	9·6	16·8	15·0
49	13 27·3	13 29·5	12 50·5	4·9	4·4	10·9	9·7	16·9	15·1
50	13 27·5

PRINCIPE DE DÉTERMINATION DE L'HEURE DU POINT D'ÉTOILE

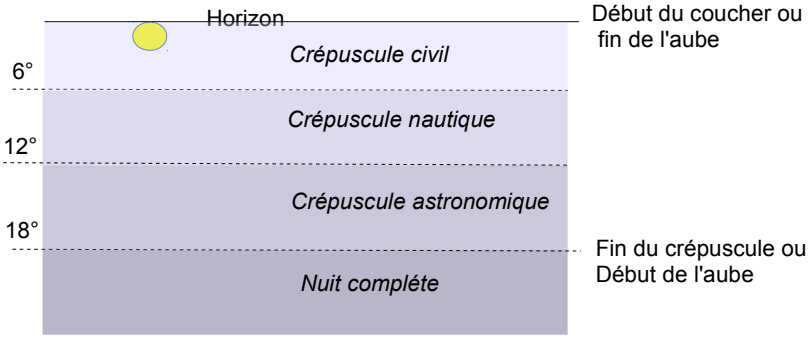
Définition du crépuscule

Le **crépuscule** est la lueur atmosphérique présente avant le lever ou après le coucher du Soleil. Le terme désigne également le moment de la journée où cette lueur est visible. Le crépuscule du matin est communément appelé l'aube.

Crépuscule civil

Le crépuscule civil est la période où le centre du Soleil est situé à moins de 6° sous la ligne d'horizon.

Pendant le crépuscule civil, les planètes et les étoiles les plus brillantes apparaissent et il subsiste encore suffisamment de lumière pour que la plupart des activités ne nécessitent pas de sources de lumières artificielles.



Crépuscule nautique

Le crépuscule nautique est la période où le centre du Soleil est situé entre 6° et 12° sous l'horizon.
Il s'agit du moment où les étoiles de deuxième grandeur deviennent visibles ; en même temps, en mer, **la ligne d'horizon est toujours visible permettant ainsi de faire un point astronomique avec les étoiles**. À la fin de cette période, en soirée, ou à son début, en matinée, les dernières ou premières lueurs peuvent être discernées dans la direction du Soleil.

Crépuscule astronomique

Le crépuscule astronomique est la période où le centre du Soleil est situé entre 12° et 18° sous l'horizon. Pendant le crépuscule astronomique, et dans le cas d'un ciel dégagé de toute pollution lumineuse, les étoiles les plus faibles visibles à l'œil nu, vers la magnitude apparente 6, apparaissent. Du point de vue astronomique, il subsiste cependant suffisamment de lumière pour que les objets diffus comme les nébuleuses ou les galaxies ne puissent pas être observés dans des conditions satisfaisantes, même si cette lumière est imperceptible à l'œil nu.

Le soir, la fin du crépuscule astronomique marque le début de la nuit complète ; le matin, c'est la fin de la nuit, l'apparition des toutes premières lueurs de l'aube.

Choix de l'heure d'observation

Pour obtenir un point précis en navigation astronomique, il est nécessaire de voir très nettement l'horizon tout en ayant un nombre d'étoiles suffisant pour faire un point.
C'est pourquoi il est conseillé de réaliser un point d'étoile durant le crépuscule nautique : l'horizon est toujours illuminé par le soleil et dans le ciel les étoiles de 1ère et 2ème grandeurs sont visibles.

Éléments de calculs

Les « *Éphémérides nautiques* » donnent un jour sur deux pour différentes latitudes:
- les heures de coucher/lever ;
- les heures de début de l'aube et de fin du crépuscule.

Le *Nautical Almanac* donne pour trois jour pour des différentes latitudes :
- les heures de coucher/lever ;
- les heures de début et de fin de l'aube/crépuscule nautique et astronomique

Attention les heures de coucher/lever, aube/crépuscules sont données en heures locales.
Pour avoir l'heure en temps universel, il faut prendre en compte la longitude :
Tcp = Tcg+Ge/15 <=> UT = LT+ Ge/15

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Prér-equis

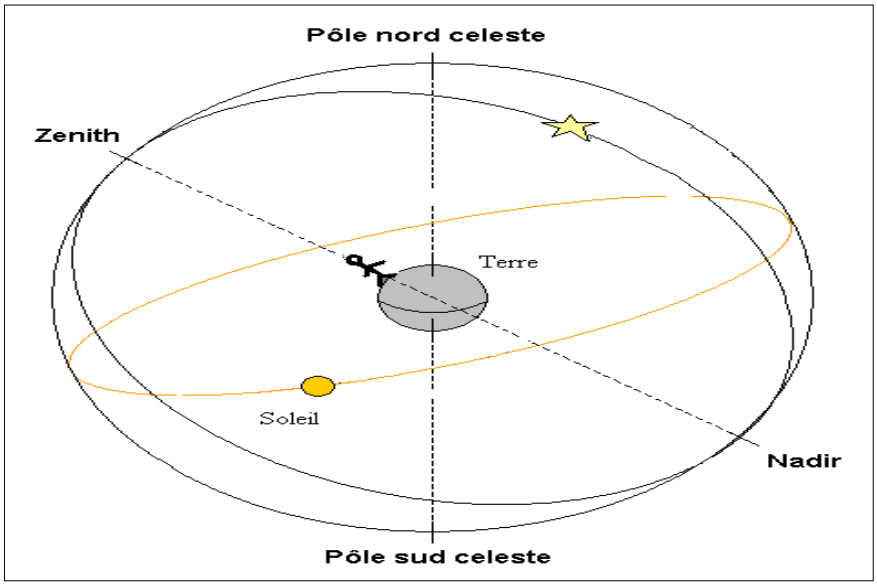
- Revoir et connaître les coordonnées équatoriales, horaires et horizontales.
- Être capable de déterminer les coordonnées du point Vernal, de trouver les heures de lever et coucher du Soleil, les tables d'interpolation dans le Nautical Almanac
- Revoir et connaître les différents lever/coucher du Soleil (astronomique, nautique et civl)
- Remplir son portefeuille de compétence

Matériel nécessaire :

- Naval Observatory - *Nautical Almanac for purpose use (1981)*
- *Calculatrice*

Atelier 1 : Maîtriser les coordonnées

1. Représenter sur le schéma :
   - les coordonnées équatoriales,
   - les coordonnées horaires,
   - les coordonnées équatoriales.



2. Vous êtes à la position 49°30,0'N / 007° 6,7' W ; à partir du Nautical Almanac :
   a) Déterminer l'angle horaire sidéral local LHAγ le 30 août 1981 à 06 h 00 min 00 s.
   b) Déterminer l'angle horaire sidéral local LHAγ le 30 août 1981 à 06 h 13 min 32 s.
   c) Déterminer la déclinaison de Vénus 30 août 1981 à 06 h 00 min 00 s.
   d) Déterminer la déclinaison de Vénus 30 août 1981 à 06 h 13 min 32 s.

Atelier 2 : Prise en main du Star-finder

Vous vous situez au Havre (49°30' N – 000°06'E).

1. Lecture de coordonnées

a) Déterminer les coordonnées équatoriales (Ara, D) de Altair ;
b) Déterminer les coordonnées équatoriales (Ara, D) de Menkent ;
c) Déterminer si ces coordonnées varient selon la latitude/longitude de l'observateur.

2. Zone de visibilité des étoiles

a) L'angle horaire local de du navire est LHAγ = 345° ; déterminer si les étoiles suivantes sont visibles :
   - Acturus,
   - Cappella,
   - Rigel,
   - Sirius.

b) Indiquer s'il est possible de voir les étoiles se trouvant au sud de l'équateur céleste. Préciser le pourquoi.

Atelier 3 : Identifier un astre

Identifier les astres suivants à partir des informations suivantes :

	Position estimée	***Date***	***Coordonnées de l'astre***		***Solution***
Exo 3.1	φe = 27°23' N Ge = 039° 42,0'W	17/03/1981 05 h 20 min 30 s ZT	Z = 270°T	H = 46° 30,2'	
Exo 3.2	φe = 27° 18,9'S Ge = 030° 18,4 E	26/11/1981 05h 31 min 03 s ZT	Z = 85°	H= 32° 15,2''	
Exo 3.3	At 1845 ZT on 17 March 1981, while taking stars for an evening fix, you observe an unidentified star bearing 200°T at an observed altitude of 53°45.0'. Your DR position at the time of the sight is LAT, LONG 66°48.0'W. The chronometer time of the sight is 10h 45m 15, a What star did you observe ? a) Altair b) Mirfak c) Pollux d) Rigel				

Atelier 4 : Préparer un point d'étoile

A partir du Nautical Almanac, préparer un point astronomique

Exercice 4.1

Le 30 août, votre navire se trouve à la position estimée : **φe = 25°10.0'N Ge = 66°48.0'W**

a) Calculer l'heure du point d'étoiles à l'aube.
b) Placer les planètes.
c) Donner la hauteur et l'azimut des planètes visibles.
d) Donner la hauteur et l'azimut des astres sélectionnés.

Exercice 4.2

Le 3 septembre 1981, votre navire se trouve à la position estimée : **φe = 35° 00,0' S Ge = 080°E**

a) Calculer l'heure du point d'étoiles au coucher nautique
b) Placer les planètes.
c) Donner la hauteur et l'azimut des planètes visibles.
d) Donner la hauteur et l'azimut des astres sélectionnés.

Exercice 4.3

1St October 1981, you determine the zone time of evening twilight will be 1835. Your DR position at this time is LAT 27°18.0' N, LONG 48°52.0' W. Considering their magnitude and location, which group of three stars are best suited to be used in obtaining a fix at star time?

a) Altair, Rasalhague, Vega
b) Alphecca, Kochab, Deneb
c) Diphda, Hamal, Mirfak
d) Antares, Rigil Kentaurus, Peacock

Atelier 5 : Préparer un point d'étoiles (avec le logiciel Almicantarat)

Idem qu'à atelier 4 en utilisant le logiciel Almicantarat.

Chapitre 5

Sextant

Sommaire

Exploitation du sextant **89**
Principes de correction des hauteurs **99**
Rappels sur les arcs capables **107**
EXERCICES : Exploitation du sextant **109**
EXERCICES : Correction de hauteurs de différents astres **111**

Objectif général :

- Effectuer les réglages du sextant.
- Mesurer un angle ou une hauteur à l'aide du sextant.
- Exploiter les mesures du sextant à l'aide de la documentation pour réaliser un point.

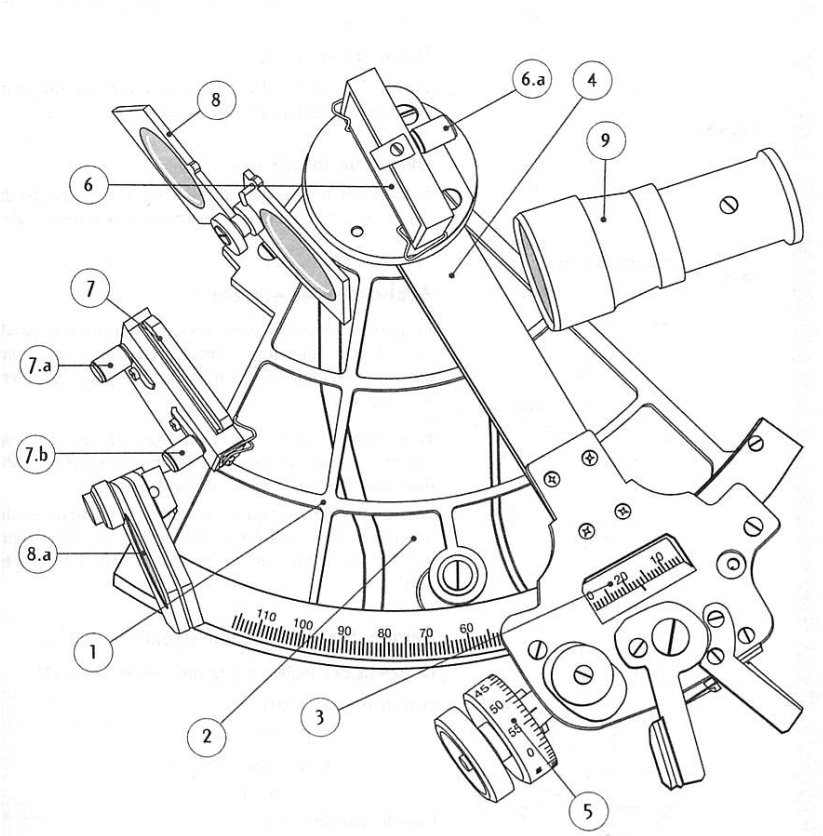
Objectifs opérationnels :

- Connaître et réaliser les réglages du sextant :
  - Vérifier le centrage de l'alidade et du limbe (présence d'excentricité ou non à la construction),
  - Vérifier le parallélisme de la lunette et du limbe,
  - Régler l'orthogonalité du grand miroir par rapport au limbe,
  - Régler le parallélisme et l'orthogonalité du petit miroir par rapport au limbe,
  - Régler le parallélisme du petit miroir par rapport au grand miroir,
  - Déterminer l'erreur de collimation.
- Effectuer des mesures avec un sextant :
  - Savoir lire les indications du vernier et du tambour,
  - Mesurer un angle en superposant l'image réfléchie et l'image directe.
- Exploiter les mesures du sextant :
  - Connaître et déterminer les erreurs propres au sextant (excentricité, collimation),
  - Connaître et déterminer les erreurs environnementales du sextant,
  - Corriger les hauteurs sextants.

DESCRIPTION DU SEXTANT

Le sextant permet :

- d'obtenir la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon,
- de mesurer un angle entre deux amers.



Description du sextant

1	Le bâti	Corps du sextant sur lequel sont fixés tous les éléments du sextant. En alliage en aluminium anodisé.
2	La poignée	Toujours prendre le sextant par la poignée.
3	Le limbe	Gradué en degré, vissé sur le bâti (en laiton).
4	L'alidade	Élément qui porte le grand miroir et pivote autour d'un axe situé en haut du bâti. A sa base se trouve un repère de lecture des degrés sur le limbe, le tambour et le levier de débrayage.
5	Le tambour	Complète les indications du limbe en fournissant une mesure en minutes. Un tour de tambour correspond à 1° sur le limbe ; gradué en minute d'arc. Face au tambour peut se trouver un vernier qui permet d'affiner la précision et est gradué soit en dizaines de secondes soit en dixièmes de minutes.
6	Le grand miroir	Centré sur l'axe de rotation de l'alidade. Sa perpendicularité au plan de l'alidade est réglable par la vis 6a.
7	Le petit miroir	Il est divisé en deux, une moitié étamée, l'autre transparente. Il peut être réglé par deux vis, l'une pour la perpendicularité (7a) et l'autre pour le parallélisme (7b).
8	Les filtres	Utilisés pour éviter l'éblouissement du soleil.
9	La lunette	Généralement démontable : *Lunette de Galilée : qualité moyenne, répandue sur les petits sextants, grossissement x2, x4.* *Lunette prismatique : grossissement x 6.* *Lunette astrale destinée aux visées sur les étoiles, grossissement x8, x10.*

LE CONTRÔLE DU SEXTANT

Avant toute utilisation, il faut s'assurer que le sextant est correctement réglé en effectuant les opérations suivantes :

	Type d'opération	Fréquence
rectification	réglage de l'axe optique et des deux miroirs du sextant.	En début de voyage Erreur de collimation >3'.
collimation	mesure de l'erreur résiduelle du sextant.	Avant chaque observation.

La rectification

Vérifier le centrage de l'alidade et du limbe

L'axe de rotation de l'alidade doit passer exactement par le centre du secteur de cercle du limbe, sinon il y a une erreur d'excentricité.
Cette erreur dépend de la construction du sextant.
Sur les sextants modernes de bonne qualité elle est négligeable ; si ce n'est pas le cas, les corrections à apporter pour compenser cette erreur sont indiquées dans le coffret du sextant.

Vérifier l'axe optique (pour information)

L'axe de la lunette doit être parallèle au plan du limbe.
Sur les sextants modernes, cette caractéristique est vérifiée à la construction ; il faut néanmoins savoir vérifier le parallélisme :

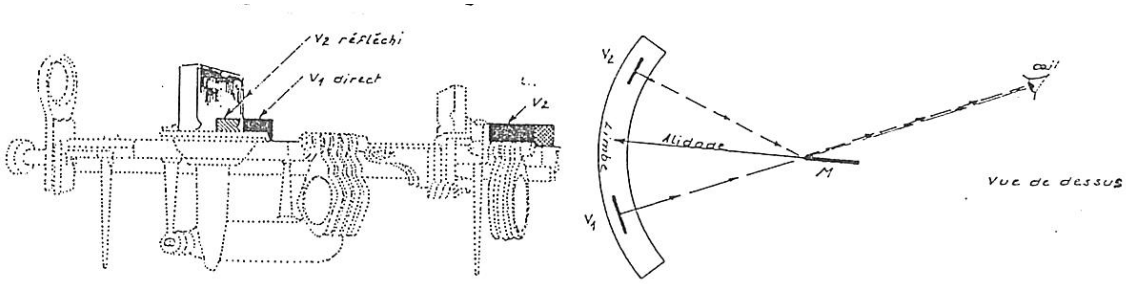
- *Placer le sextant à plat.*
- *Poser à chaque extrémité du limbe les deux petites équerres fournies avec le sextant.*
- *Tracer sur un mur situé à une trentaine de mètres une droite AB matérialisant l'arête supérieure des deux équerres.*
- *L'image de la droite AB doit passer par le centre de la lunette ; sinon agir sur les vis fixées sur le collier porte-lunette.*

Rectifier le grand miroir

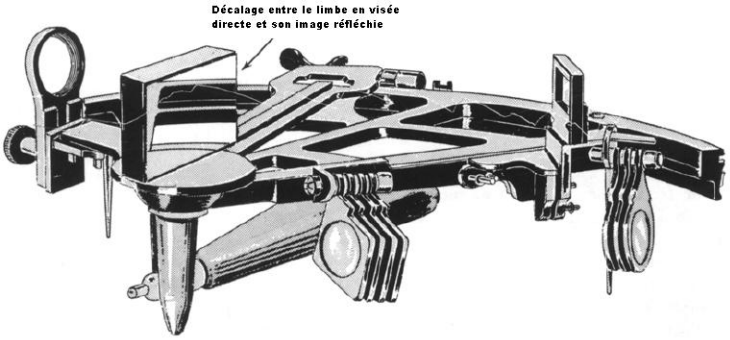
Le grand miroir doit être perpendiculaire au limbe.
Sur les sextants modernes, ce réglage est effectué en usine.

Méthode avec équerres

- Poser le sextant à plat.
- Placer les équerres aux extrémités du limbe.
- Placer l'œil prés du grand miroir et tourner l'alidade de façon à voir en même temps les deux équerres, l'une en visée directe et l'autre en visée réfléchie.
- Le bord supérieur des équerres doit être exactement au même niveau, sinon agir sur la vis du grand miroir.



Méthode sans équerre



Idem que précédemment en utilisant le bord du limbe à la place des équerres.

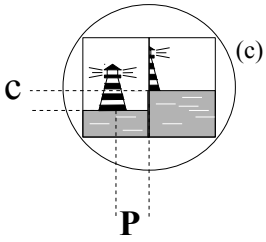
Rectifier le petit miroir

Le petit miroir doit être perpendiculaire au plan du limbe et parallèle au grand miroir.

NB : le parallélisme du petit miroir par rapport au grand miroir est appelé aussi collimation.

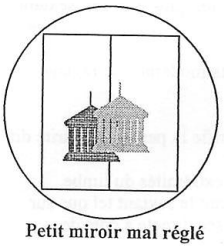
Mauvais réglage du petit miroir

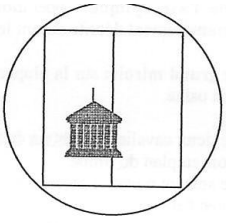
Si le petit miroir n'est pas correctement réglé, l'image directe et l'image réfléchie sont décalées : on peut alors observer des défauts de parallélisme et de perpendicularité (p).
Pour supprimer ces défauts, on agit de proche en proche sur les deux vis de réglages.



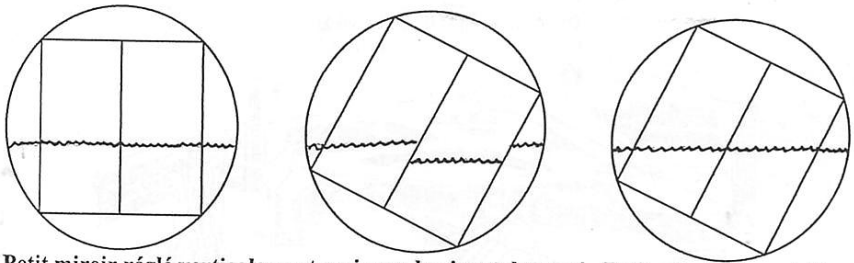
Méthode pour régler le miroir

1. Amener l'alidade à zéro.
2. Viser un amer éloigné, un astre ou à défaut l'horizon.
3. Si l'image directe et réfléchie sont confondues, le petit miroir est bien réglé ; sinon agir sur les deux vis du petit miroir.


Petit miroir mal réglé


Petit miroir bien réglé

Attention si vous utilisez l'horizon pour régler, il faut incliner le sextant de 45° afin de faire apparaître un éventuel défaut de perpendicularité ("balancer" le sextant).

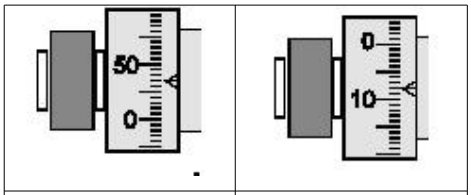

Petit miroir réglé verticalement,mais pas horizontalement! Petit miroir bien réglé

La collimation

Si après rectification, l'image directe et l'image réfléchie sont encore décalées sur le plan vertical, il faut déterminer l'erreur résiduelle de parallélisme (ou de collimation) pour pouvoir la prendre en compte dans les calculs de hauteurs par exemple.

Principe général de la mesure de l'erreur collimation

1. Viser un amer éloigné, un astre ou l'horizon.
2. Régler l'alidade de manière à avoir l'image directe et réfléchie parfaitement confondue
3. Lire sur le tambour la valeur de l'erreur de collimation ε :
   - ε > 0 si avant le zéro du tambour,
   - ε < 0 sinon.



ε = + 7'	ε = - 8'

Le calcul de la hauteur de l'astre devra être corrigé de la collimation obtenue.

Collimation par le soleil

Pour déterminer de manière précise l'erreur de collimation avec le soleil, on procède comme suit :

2

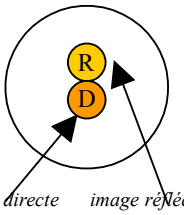
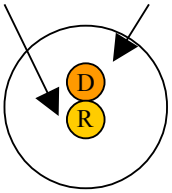


image directe *image réfléchie*

3



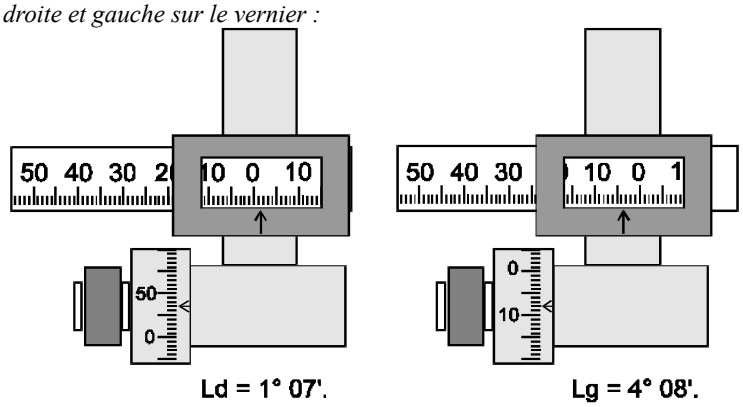
1. Choisir des filtres pour éviter l'éblouissement.
2. Amener le bord supérieur de l'image directe en contact avec le bord inférieur de l'image réfléchie ; la lecture est droite, elle est notée Ld.
3. Amener le bord inférieur de l'image directe sur le bord supérieur de l'image réfléchie ; la lecture est gauche, elle est notée Lg.
4. Calculer la collimation :

$$\varepsilon = \frac{Ld - Lg}{2}$$

En comparant la valeur du ½ diamètre du soleil donné par les éphémérides nautiques au jour d'observation à celle déterminée par la formule ci après, on peut déterminer l'erreur de mesure de l'observateur :

$$\frac{Ld + Lg}{4} = \frac{1}{2} \text{ diamétre du Soleil}$$

Exemple de lecture droite et gauche sur le vernier :



UTILISATION DU SEXTANT

En navigation côtière

En navigation côtière, le sextant permet de déterminer une distance à partir d'un amer ou une position à partir de trois amers :

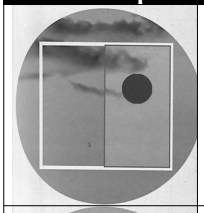
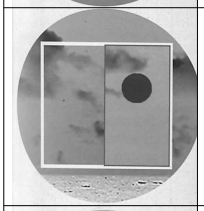
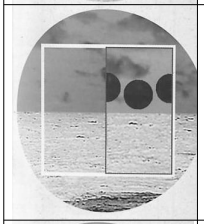
- **distance** : on mesure la hauteur d'un amer répertorié et on déduit la distance qui nous en sépare

$$Distance(en\,M) = 1{,}85\,\frac{hauteur\,connue(en\,m)}{hauteur\,mesurée(en\,min)}$$

- **position** : après avoir identifié sur la carte 3 amers caractéristiques A, B, C ; on relève les angles séparant A de B puis B de C. Par construction géométrique, notre position est connue de façon précise.

En navigation hauturière

En navigation hauturière, le sextant permet de mesurer la hauteur d'astres ou étoiles et donc de déterminer sa position à partir de droites de hauteurs.
La précision du point est de 2 à 5' d'arc soit 1 à 5 M.

Comment opérer une visée	
	**1-Viser l'astre directement** Les curseurs du limbe et du tambour étant face à zéro, disposer les filtres pour éviter l'éblouissement et diriger la lunette vers le soleil.
	**2- Descendre l'astre sur l'horizon** Faire coulisser l'alidade en conservant l'image du soleil dans la lunette. L'image de l'horizon entre dans le champ.
	**3 –Régler les deux images finement** Lorsque la ligne d'horizon commence à apparaître dans la partie transparente du petit miroir balancer le corps du sextant latéralement comme un pendule en affinant la visée au tambour. En balançant le sextant, le soleil se rapproche un peu de l'horizon.
	**4- Mesurer la hauteur observée** Quand la base du soleil touche l'horizon, bloquer l'instrument. Noter l'heure puis la hauteur observée.

L'observation des étoiles et des planètes (hors soleil) s'effectuent à l'aube ou au crépuscule quand l'horizon est encore visible.

En cas de difficulté à trouver une étoile dans la lunette deux possibilités :

1. Garder les deux yeux ouverts.
2. Retourner le sextant à 180° et monter l'horizon vers l'étoile, puis reprendre le sextant à l'endroit pour affiner la mesure.

Précautions à prendre

- Ne manipuler que par la poignée.
- Bien débrayer la pédale lors de la manipulation de l'alidade
- Maintenir au sec (l'argenture des miroirs craint l'humidité).
- Éviter les écarts de températures.
- Rincer à l'eau douce, essuyer et le sécher s'il reçoit de l'eau de mer.
- Effectuer la rectification des miroirs avant de l'utiliser

PRÉCISION DU SEXTANT

Conditions idéales

Sur une plateforme stable avec un horizon dégagé, un marin peut théoriquement obtenir une position avec une précision de 0,2 M :

- précision du sextant : 0,1' =0,1 M
- relevé à la seconde près : 1 s = 0,25' = 0,25 M (car les astres se déplacent de 15 ° en 1h, soit 0,25' en 1s)
- précision des éphémérides nautiques : 0,1' = 0,1 M

Paramètres affectant les relevés

Les paramètres affectant les relevés sont :

L'élévation de l'œil,

- Par mauvaise mer, la hauteur d'observation doit être aussi haute que possible.
- En cas de brouillard ou de précipitations sur l'horizon, la hauteur +doit être la plus faible possible.

L'erreur d'index

- à vérifier avant et après les relevés.
- Les deux lectures sont ajoutées pour réaliser une moyenne

L'erreur de temps

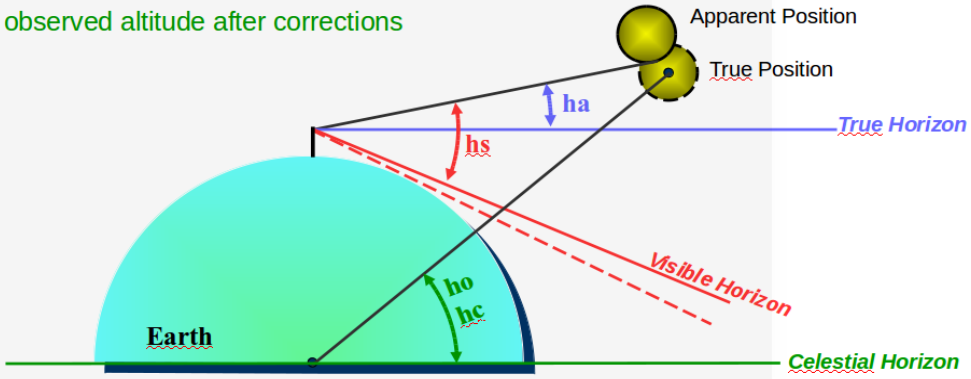
- Préférer l'horloge de référence (correctement corrigée) à l'heure donner par le GPS, il peut avoir jusqu'à 5s d'erreur
- Une erreur d'une minute produit une erreur de position de 15M.

DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR VRAIE (NAUTICAL ALMANAC)

hs : altitude measured with sextant

ha : hs corrected for 'IE' and 'dip'
used to enter Altitude Correction Tables

ho : observed altitude after corrections



Définitions

- **Hs= sextant altitude** *(hauteur sextant)*
  = hauteur lue sur le sextant après la visée.

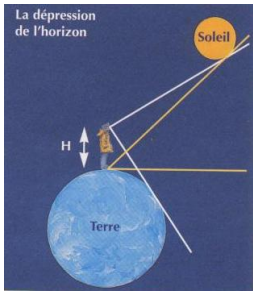
Attention la hauteur apparente et observée n'ont pas la même signification dans les éphémérides nautiques.

- **Ha = apparent altitude** *(hauteur apparente)*
  = hauteur sextant corrigée des erreurs du sextant (IC : index correction)et de la dépression
  Ha = Hs + Dip +IC

- **Ho = observed altitude**
  = angle entre l'horizon vrai (passant par le centre de la terre) et la droite joignant le centre de la terre à l'astre/étoile.
  = hauteur observée corrigée de :
  - la dépression de l'horizon,
  - la réfraction astronomique,
  - La parallaxe,
  - Le ½ diamètre du soleil.

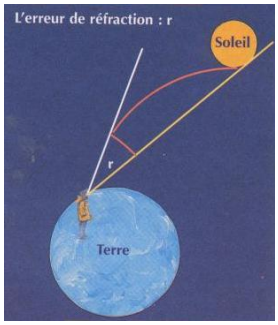
  Dans le Nautical Almanac, ces corrections sont agrégées dans des tableaux 'Altitude Correction' différents selon les astres observés

Les erreurs et corrections à apporter



Dip of the horizon correction (D) – *la dépression*

- fonction de l'élévation de l'œil et des conditions atmosphériques.
- Correction toujours négative

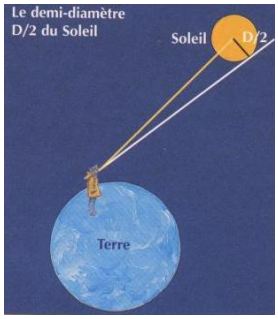


Refraction correction (R) - *la réfraction*

- Rayon lumineux courbé par la réfraction de l'atmosphère.
- Plus la hauteur de l'astre est faible, plus la réfraction est importante
- correction toujours négative
- donnée dans le Nautical Almanac pour des conditions de pression et de température standards (10°C / 1010 hPa).

Air Temperature (T) & Barometric (B) Corrections

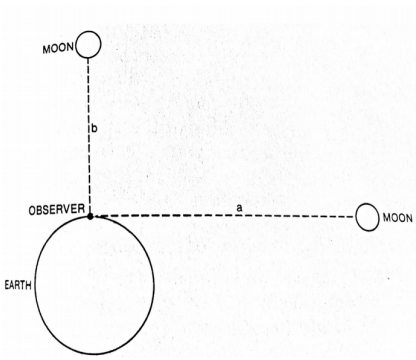
La correction de la réfraction R varie légèrement avec la densité de l'atmosphère et donc en fonction de ma température et de ma pression.
Une correction complémentaire T et B peut donc être ajoutée à R
Cette correction n'est généralement pas nécessaire SAUF si la hauteur est inférieure à une dizaine de degré ou si la température et la pression s'éloigne des conditions standards



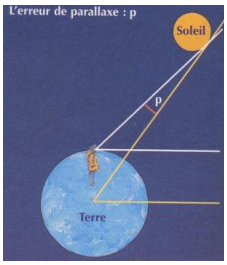
Semi-diameter correction (SD)

- Les mesures astronomiques supposées faites depuis le centre des astres alors que la mesure de hauteur se fait sur le bord inférieur ou supérieur d'un astre quand ce dernier a un diamètre significatif. => correction nécessaire
- S'applique uniquement à la Lune (Moon) et au Soleil (Sun) puisque les planètes et les étoiles n'ont pas de diamètre apparent significatif.

Augmentation (A)
Le demi diamètre varie selon la distance de l'astre et l'observateur, cette augmentation n'est notable que pour la Lune qui est très proche.



Phase (F)
Les planètes comme la lune peuvent connaître un régime de phases, mais celles ci ne sont visibles qu'au télescope.
Irradiation (J)
Illusion optique qui fait qu'un objet lumineux juxtaposé avec un plus sombre apparaît plus gros que réel



Parallax (P) – le parallaxe

Différence de direction d'un objet à distance fini observé à la surface de la terre par rapport à la direction observé depuis le centre de la terre

MÉTHODES DU POINT ASTRONOMIQUE & PRÉCISION

Procédé	Matériel	Astre	Visées	Résultat (calcul/tracé)	Précision
Latitude à la méridienne	Sextant	Soleil	Visée réalisée quand l'astre culmine.	latitude locale.	2 à 3' 1 à 3 M
Longitude à la méridienne	Sextant	Soleil	Visée avant culmination et une après à la même hauteur.	Longitude locale.	2 à 3' 1 à 3 M
Droite de soleil	Sextant Montre (en UT)	Soleil	2 visées opérées à plus de 3 h d'intervalle.	Intersection de deux droites.	2 à 5' 1 à 5 M
Droite de lune	Sextant Montre (en UT)	Lune	2 visées opérées à plus de 3 h d'intervalle.	Intersection de deux droites.	2 à 5' 1 à 5 M
Droite de planète	Sextant Montre (en UT)	Planète	2 visées opérées à plusieurs heures d'intervalles ou deux visées successives. sur deux planètes différentes.	Intersection de deux droites.	2 à 5' 1 à 5 M
Droite d'étoile	Sextant Montre (en UT)	étoiles	2 visées opérées à plus de 3 h d'intervalle.	Intersection de deux droites	2 à 5' 1 à 5M
Point d'étoiles	Sextant Montre (en UT)	étoiles	Plusieurs visées successives sur des étoiles différentes.	Intersection de plusieurs droites.	2 à 3' 1 à 3 M

BIBLIOGRAPHIE/SOURCES

Patrick Brassier - *Navigation astronomique* – Vuibert - nov.1999.

Voiles & voiliers - Étoiles *et point astro - Hors série n° 10 Voiles & voiliers* – 1996.

Caillou/Laurent/Percier - *Traité de navigation* – INFOMER

Bureau des longitudes – Éphémérides *nautiques 2003* – Edinautic - 2002 (les éphémérides astronomiques sont disponibles en ligne gratuitement sur http://www.imcce.fr/ephemeride.html à partir d'un formulaire).

N. Bowditch – *The american practical Navigator* - NIMA 2003 (disponible gratuitement sur http://pollux.nss.nima.mil/pubs)

JN Conan - *Présentation du sextant* – polycopié ENMM St Malo.

Y. Petitbon - *Le sextant* - polycopié ENMM Nantes

NGA - *Sight Reduction Tables for Air Navigation vol 3 - Pub. 249– 1951 -NGA (disponible gratuitement sur http://pollux.nss.nima.mil/pubs)*

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr / https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

RELATIONS BETWEEN ALTITUDES

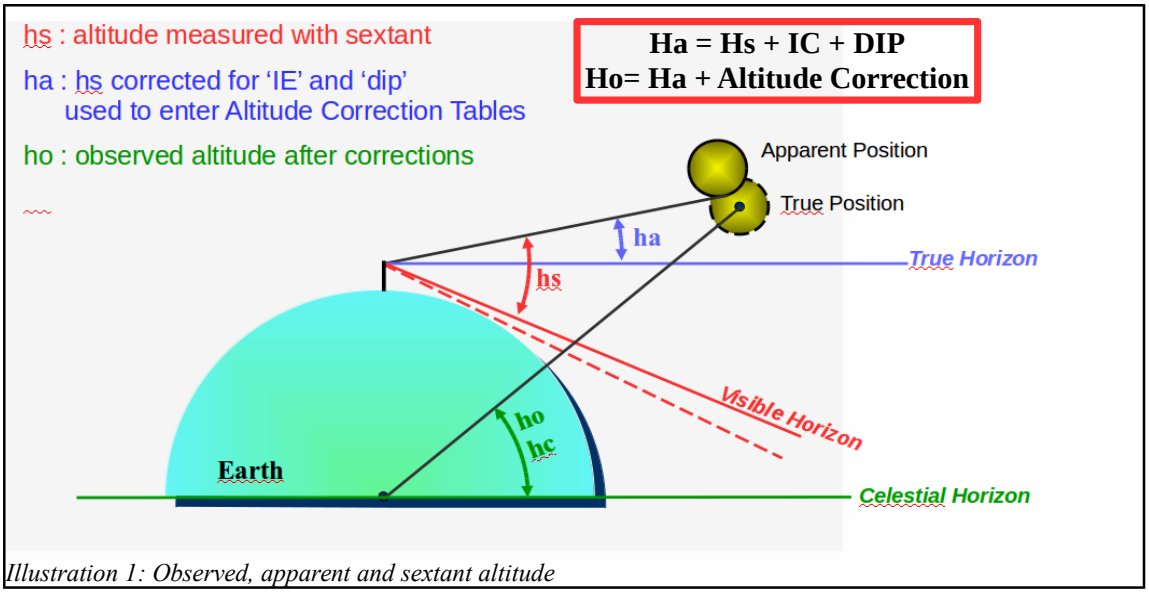


Illustration 1: Observed, apparent and sextant altitude

The Dip and altitude correction are read in Nautical Almanac
The index correction is :

- – on the arc
- + off the arc

Be carefull:
We will use the UK/USA definition of altitudes (as described on the illustration) ; the asian and french definitions differ a little from this.

THE CORRECTIONS TABLES IN NAUTICAL ALMANAC

Dip table (at the front of the NA)

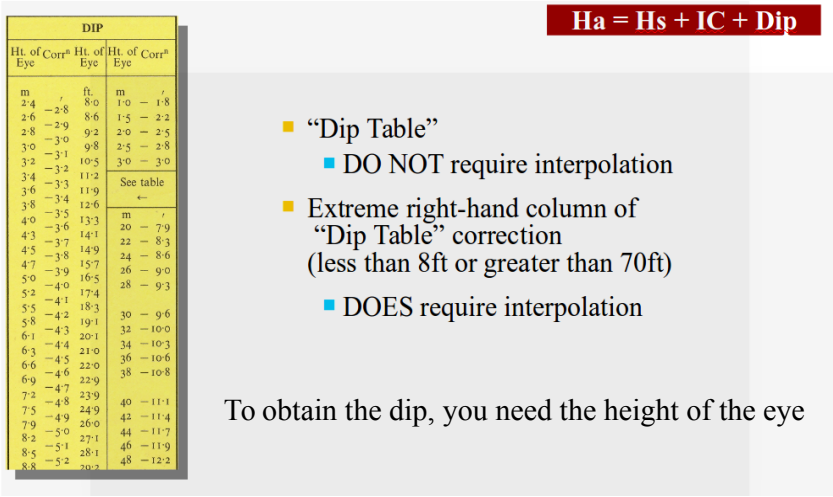
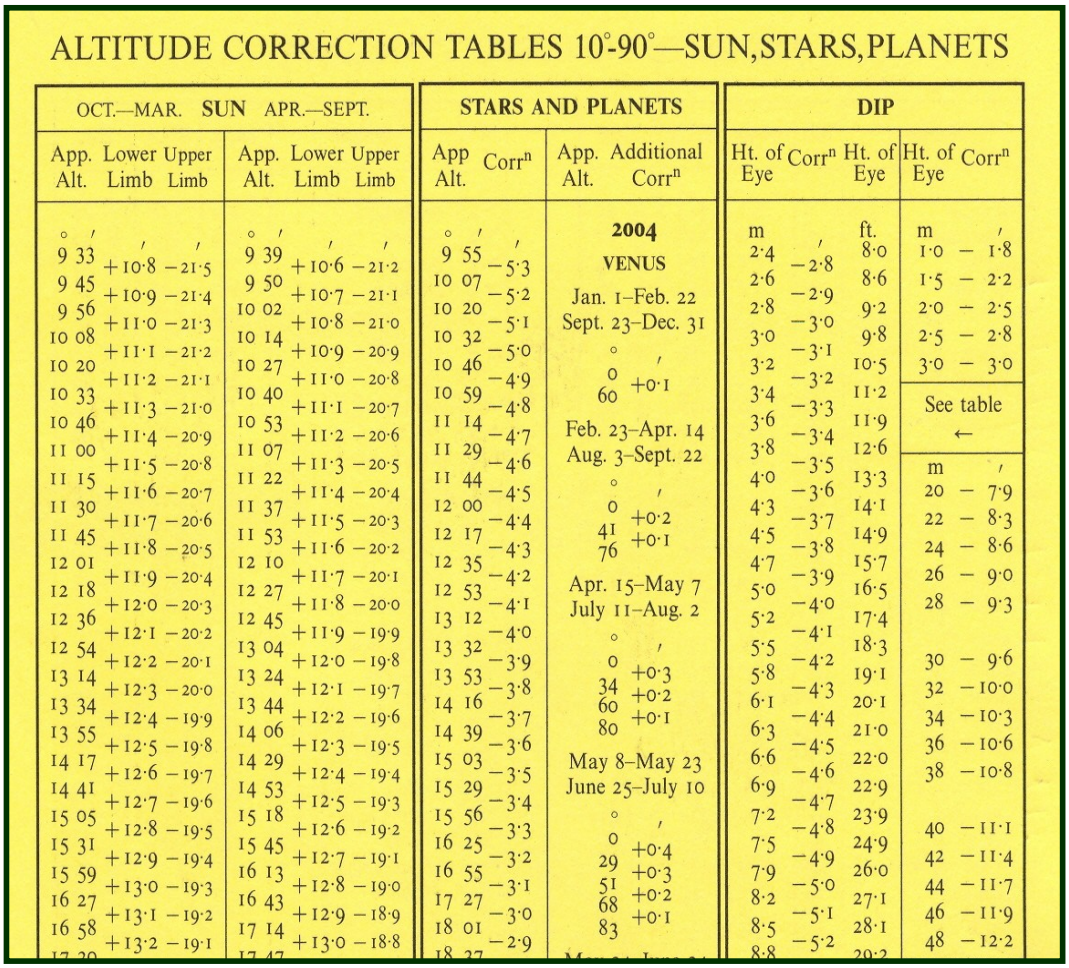


Illustration 2: Dip table

The main altitude correction tables

The Altitude Correction Tables in the Nautical Almanac give the combined correction for refraction, semi-diameter and parallax under standard atmosphere conditions, where atmospheric pressure is 1010mbs (29.5 ins) and temperature is 10 C (50 F). So, additional correction is required for refraction if atmospheric conditions are different.



ALTITUDE CORRECTION TABLES 10°-90°—SUN, STARS, PLANETS

SUN — OCT.—MAR. / APR.—SEPT.

App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb	App. Alt.	Lower Limb	Upper Limb
° ′	′	′	° ′	′	′
9 33	+10·8	−21·5	9 39	+10·6	−21·2
9 45	+10·9	−21·4	9 50	+10·7	−21·1
9 56	+11·0	−21·3	10 02	+10·8	−21·0
10 08	+11·1	−21·2	10 14	+10·9	−20·9
10 20	+11·2	−21·1	10 27	+11·0	−20·8
10 33	+11·3	−21·0	10 40	+11·1	−20·7
10 46	+11·4	−20·9	10 53	+11·2	−20·6
11 00	+11·5	−20·8	11 07	+11·3	−20·5
11 15	+11·6	−20·7	11 22	+11·4	−20·4
11 30	+11·7	−20·6	11 37	+11·5	−20·3
11 45	+11·8	−20·5	11 53	+11·6	−20·2
12 01	+11·9	−20·4	12 10	+11·7	−20·1
12 18	+12·0	−20·3	12 27	+11·8	−20·0
12 36	+12·1	−20·2	12 45	+11·9	−19·9
12 54	+12·2	−20·1	13 04	+12·0	−19·8
13 14	+12·3	−20·0	13 24	+12·1	−19·7
13 34	+12·4	−19·9	13 44	+12·2	−19·6
13 55	+12·5	−19·8	14 06	+12·3	−19·5
14 17	+12·6	−19·7	14 29	+12·4	−19·4
14 41	+12·7	−19·6	14 53	+12·5	−19·3
15 05	+12·8	−19·5	15 18	+12·6	−19·2
15 31	+12·9	−19·4	15 45	+12·7	−19·1
15 59	+13·0	−19·3	16 13	+12·8	−19·0
16 27	+13·1	−19·2	16 43	+12·9	−18·9
16 58	+13·2	−19·1	17 14	+13·0	−18·8
17 30			17 47		

STARS AND PLANETS

App. Alt.	Corrⁿ
° ′	′
9 55	−5·3
10 07	−5·2
10 20	−5·1
10 32	−5·0
10 46	−4·9
10 59	−4·8
11 14	−4·7
11 29	−4·6
11 44	−4·5
12 00	−4·4
12 17	−4·3
12 35	−4·2
12 53	−4·1
13 12	−4·0
13 32	−3·9
13 53	−3·8
14 16	−3·7
14 39	−3·6
15 03	−3·5
15 29	−3·4
15 56	−3·3
16 25	−3·2
16 55	−3·1
17 27	−3·0
18 01	−2·9
18 37	

App. Alt.	Additional Corrⁿ
	2004
	VENUS
	Jan. 1–Feb. 22
	Sept. 23–Dec. 31
°	′
0	+0·1
60	
	Feb. 23–Apr. 14
	Aug. 3–Sept. 22
°	′
0	+0·2
41	+0·1
76	
	Apr. 15–May 7
	July 11–Aug. 2
°	′
0	+0·3
34	+0·2
60	+0·1
80	
	May 8–May 23
	June 25–July 10
°	′
0	+0·4
29	+0·3
51	+0·2
68	+0·1
83	

DIP

Ht. of Eye	Corrⁿ	Ht. of Eye
m	′	ft.
2·4	−2·8	8·0
2·6	−2·9	8·6
2·8	−3·0	9·2
3·0	−3·1	9·8
3·2	−3·2	10·5
3·4	−3·3	11·2
3·6	−3·4	11·9
3·8	−3·5	12·6
4·0	−3·6	13·3
4·3	−3·7	14·1
4·5	−3·8	14·9
4·7	−3·9	15·7
5·0	−4·0	16·5
5·2	−4·1	17·4
5·5	−4·2	18·3
5·8	−4·3	19·1
6·1	−4·4	20·1
6·3	−4·5	21·0
6·6	−4·6	22·0
6·9	−4·7	22·9
7·2	−4·8	23·9
7·5	−4·9	24·9
7·9	−5·0	26·0
8·2	−5·1	27·1
8·5	−5·2	28·1
8·8		29·2

Ht. of Eye	Corrⁿ
m	′
1·0 – 1·8	
1·5 – 2·2	
2·0 – 2·5	
2·5 – 2·8	
3·0 – 3·0	
See table ←	
m	′
20	− 7·9
22	− 8·3
24	− 8·6
26	− 9·0
28	− 9·3
30	− 9·6
32	−10·0
34	−10·3
36	−10·6
38	−10·8
40	−11·1
42	−11·4
44	−11·7
46	−11·9
48	−12·2

Illustration 3: Altitude correction tables for Sun, stars & planets - Dip table

For the sun

The correction is a combination of refraction, semi-diameter and parallax.

For stars and planets

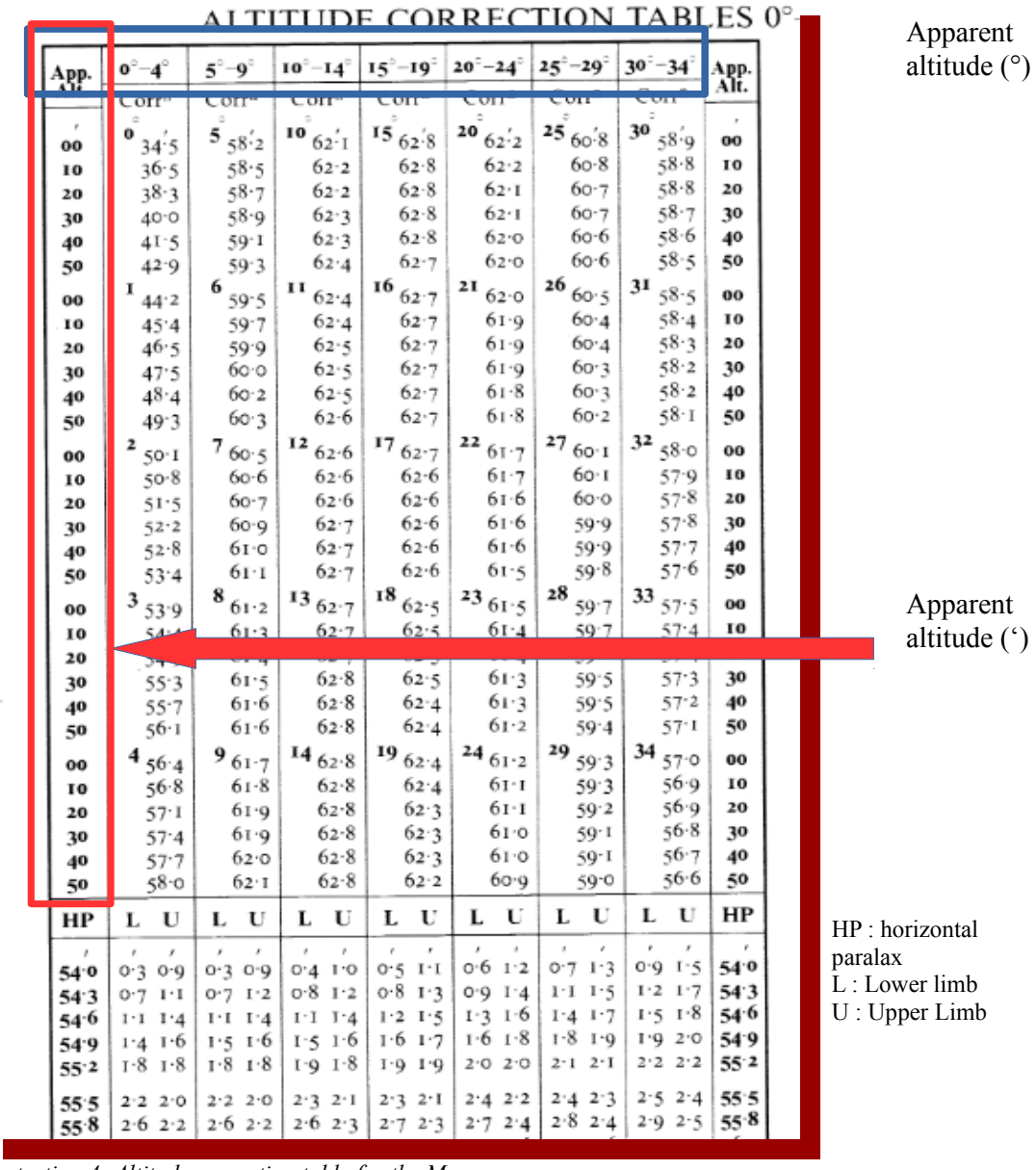
Basically, the correction is the refraction correction, and depending on the date, additional corrections might be required for Venus and Mars for parallax and phase.

For the moon

The tables are divided two parts.

- **The first part** is a tabulated correction, which is the combination of refraction, semi-diameter and parallax for the lower limb, so if the altitude of the moon is taken from the upper limb, then 30 must be subtracted.

- **The second part** is the correction for variations in semi-diameter and parallax, depending on the horizontal parallax



ALTITUDE CORRECTION TABLES 0°

App. Alt.	0°–4° Corr^n	5°–9° Corr^n	10°–14° Corr^n	15°–19° Corr^n	20°–24° Corr^n	25°–29° Corr^n	30°–34° Corr^n	App. Alt.
′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	′
00	0 34·5	5 58·2	10 62·1	15 62·8	20 62·2	25 60·8	30 58·9	00
10	36·5	58·5	62·2	62·8	62·2	60·8	58·8	10
20	38·3	58·7	62·2	62·8	62·1	60·7	58·8	20
30	40·0	58·9	62·3	62·8	62·1	60·7	58·7	30
40	41·5	59·1	62·3	62·8	62·0	60·6	58·6	40
50	42·9	59·3	62·4	62·7	62·0	60·6	58·5	50
00	1 44·2	6 59·5	11 62·4	16 62·7	21 62·0	26 60·5	31 58·5	00
10	45·4	59·7	62·4	62·7	61·9	60·4	58·4	10
20	46·5	59·9	62·5	62·7	61·9	60·4	58·3	20
30	47·5	60·0	62·5	62·7	61·9	60·3	58·2	30
40	48·4	60·2	62·5	62·7	61·8	60·3	58·2	40
50	49·3	60·3	62·6	62·7	61·8	60·2	58·1	50
00	2 50·1	7 60·5	12 62·6	17 62·7	22 61·7	27 60·1	32 58·0	00
10	50·8	60·6	62·6	62·6	61·7	60·1	57·9	10
20	51·5	60·7	62·6	62·6	61·6	60·0	57·8	20
30	52·2	60·9	62·7	62·6	61·6	59·9	57·8	30
40	52·8	61·0	62·7	62·6	61·6	59·9	57·7	40
50	53·4	61·1	62·7	62·6	61·5	59·8	57·6	50
00	3 53·9	8 61·2	13 62·7	18 62·5	23 61·5	28 59·7	33 57·5	00
10	54·4	61·3	62·7	62·5	61·4	59·7	57·4	10
20								
30	55·3	61·5	62·8	62·5	61·3	59·5	57·3	30
40	55·7	61·6	62·8	62·4	61·3	59·5	57·2	40
50	56·1	61·6	62·8	62·4	61·2	59·4	57·1	50
00	4 56·4	9 61·7	14 62·8	19 62·4	24 61·2	29 59·3	34 57·0	00
10	56·8	61·8	62·8	62·4	61·1	59·3	56·9	10
20	57·1	61·9	62·8	62·3	61·1	59·2	56·9	20
30	57·4	61·9	62·8	62·3	61·0	59·1	56·8	30
40	57·7	62·0	62·8	62·3	61·0	59·1	56·7	40
50	58·0	62·1	62·8	62·2	60·9	59·0	56·6	50

HP	L U	L U	L U	L U	L U	L U	L U	HP
′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′ ′	′
54·0	0·3 0·9	0·3 0·9	0·4 1·0	0·5 1·1	0·6 1·2	0·7 1·3	0·9 1·5	54·0
54·3	0·7 1·1	0·7 1·2	0·8 1·2	0·8 1·3	0·9 1·4	1·1 1·5	1·2 1·7	54·3
54·6	1·1 1·4	1·1 1·4	1·1 1·4	1·2 1·5	1·3 1·6	1·4 1·7	1·5 1·8	54·6
54·9	1·4 1·6	1·5 1·6	1·5 1·6	1·6 1·7	1·6 1·8	1·8 1·9	1·9 2·0	54·9
55·2	1·8 1·8	1·8 1·8	1·9 1·8	1·9 1·9	2·0 2·0	2·1 2·1	2·2 2·2	55·2
55·5	2·2 2·0	2·2 2·0	2·3 2·1	2·3 2·1	2·4 2·2	2·4 2·3	2·5 2·4	55·5
55·8	2·6 2·2	2·6 2·2	2·6 2·3	2·7 2·3	2·7 2·4	2·8 2·4	2·9 2·5	55·8

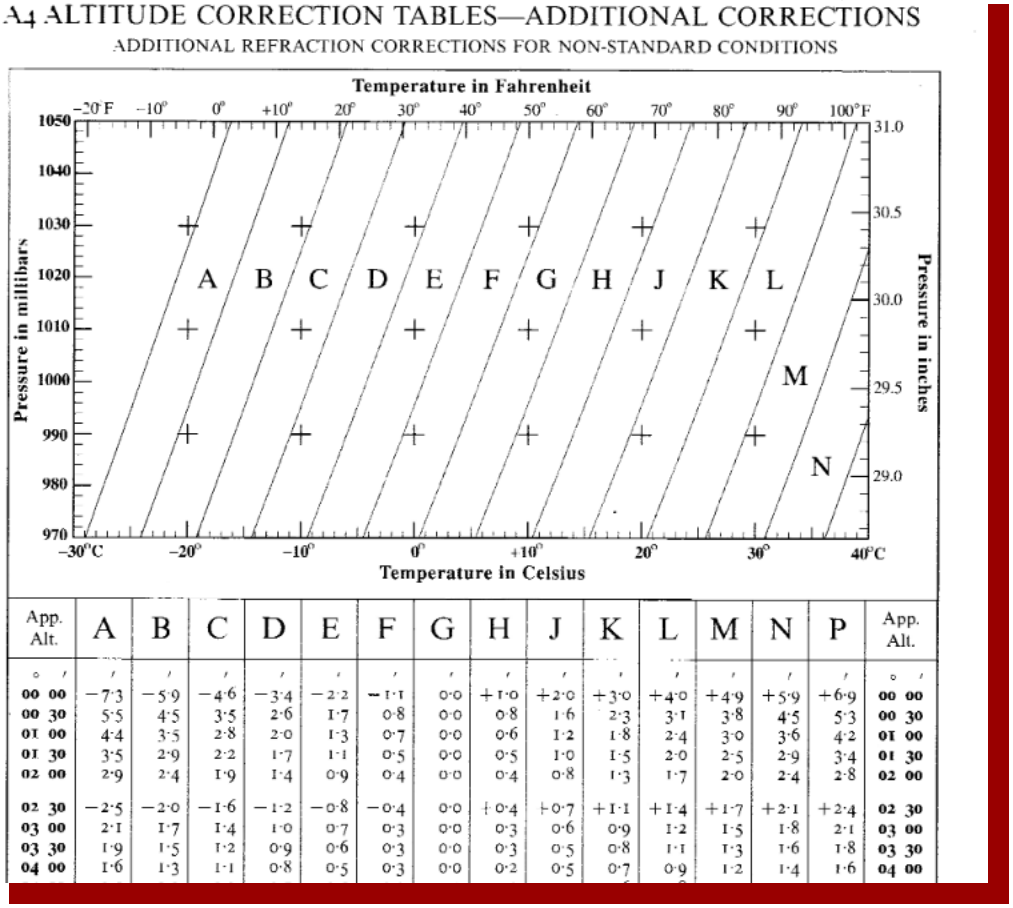
Apparent altitude (°)

Apparent altitude (‘)

HP : horizontal paralax
L : Lower limb
U : Upper Limb

Yo*Illustration 4: Altitude correction table for the Moon*

Additional correction for refraction



A4 ALTITUDE CORRECTION TABLES—ADDITIONAL CORRECTIONS

ADDITIONAL REFRACTION CORRECTIONS FOR NON-STANDARD CONDITIONS

App. Alt.	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	App. Alt.
° ′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	° ′
00 00	−7·3	−5·9	−4·6	−3·4	−2·2	−1·1	0·0	+1·0	+2·0	+3·0	+4·0	+4·9	+5·9	+6·9	00 00
00 30	5·5	4·5	3·5	2·6	1·7	0·8	0·0	0·8	1·6	2·3	3·1	3·8	4·5	5·3	00 30
01 00	4·4	3·5	2·8	2·0	1·3	0·7	0·0	0·6	1·2	1·8	2·4	3·0	3·6	4·2	01 00
01 30	3·5	2·9	2·2	1·7	1·1	0·5	0·0	0·5	1·0	1·5	2·0	2·5	2·9	3·4	01 30
02 00	2·9	2·4	1·9	1·4	0·9	0·4	0·0	0·4	0·8	1·3	1·7	2·0	2·4	2·8	02 00
02 30	−2·5	−2·0	−1·6	−1·2	−0·8	−0·4	0·0	+0·4	+0·7	+1·1	+1·4	+1·7	+2·1	+2·4	02 30
03 00	2·1	1·7	1·4	1·0	0·7	0·3	0·0	0·3	0·6	0·9	1·2	1·5	1·8	2·1	03 00
03 30	1·9	1·5	1·2	0·9	0·6	0·3	0·0	0·3	0·5	0·8	1·1	1·3	1·6	1·8	03 30
04 00	1·6	1·3	1·1	0·8	0·5	0·3	0·0	0·2	0·5	0·7	0·9	1·2	1·4	1·6	04 00

Illustration 5: Additional altitude correction table

Altitude correction / methodology

hs	
+ IC	
+ Dip	
ha	
+Alt. Main correction	
-30’ for upper limb(Moon)	
+U,L, correction for Moon	
+Additionnal correction for Venus	
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	
ho	

EXAMPLES

Example 1 - Sun altitude

The sextant altitudes were taken October 26, 1981; index error 1.2′ on the arc; height of eye 15.0 meters ; temperature 29°; pressure 980 mb; and Sun's lower limb altitude 40 25.0 '.
Find the observed altitude of the sun.

hs	**40° 25,0'**	
+ IC	-1,2'	(on the arc)
+ Dip	-6,8	(h.e.15m)
ha	**40° 17,0'**	
+Alt. Main correction	+15,1'	
-30' for upper limb (Moon)		
+U,L, correction for Moon		
+Additionnal correction for Venus		
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	+0,1'	(temp. 29°C, pressure 980mb)
ho	**40° 32,2'**	

Example 2 : Moon altitude

The sextant altitudes 30 09.5′ of the moon's upper limb were taken at 1100 UT on October 23, 1981 in latitude 50°N; index error 1.8′ on the arc ; height of eye 18 meters; temperature 15°C ; pressure 960mb.
Find the observed altitude of the moon.

hs	**30°09,5'**	
+ IC	-1,8'	(on the arc)
+ Dip	-7,5'	(h.e.18m)
ha	**30°00,2'**	
+Alt. Main correction	+ 58,9'	
-30' for upper limb (Moon)	- 30,0'	(Upper limb)
+U,L, correction for Moon	+ 2,7	(Upper limb, HP 56,1' read in daily pages October 23 at 11 :00 for the moon)
+Additionnal correction for Venus		
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	+0,1'	(temp. 15°C, pressure 960mb)
ho	**30°31,9'**	

Example 3 : Moon altitude

The sextant altitude of the moon's lower limb were taken at 1700 UT on 15th July 1981 in latitude 42°N ; index error 1.3′ off the arc; height of eye 20 meters ; temperature 25°C ; pressure 1020 mb. Sextant altitude is 15°28′.
Find the true altitude of the moon

hs	**15°28,0''**	
+ IC	+ 1,3'	(off the arc)
+ Dip	- 7,9'	(h.e.20 m)
ha	**15°21,4'**	
+Alt. Main correction	+ 62,8'	
-30' for upper limb (Moon)		(lower limb)
+U,L, correction for Moon	+ 1,9'	(Lower limb, HP 55,2')
+Additionnal correction for Venus		
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	+ 0,2'	(temp. 29°C, pressure 980mb)
ho	**16° 26,3'**	

Example 4 : Star altitude

The sextant altitude 45 27.4′ of Star Bellatrix was taken October 26, 1981; index error 1.2′ on the arc; height of eye 15.0 meters ; standard atmospheric conditions.
Find the true altitude of Bellatrix

hs	**45 27.4'**	
+ IC	- 1,2'	(on the arc)
+ Dip	- 6,8'	(h.e.15m)
ha	**45°19,4'**	
+Alt. Main correction	- 1,0'	
-30' for upper limb (Moon)		
+U,L, correction for Moon		
+Additionnal correction for Venus		
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	0'	(standard pression & temperature)
ho	**45° 18,4'**	

Venus altitude

On 15th April 1981, the sextant altitude of Venus 37°46.8′ was taken ;
Find the true altitude of Venus.

hs	**37°46,8'**	
+ IC	- 1,5'	(on the arc)
+ Dip	- 6,8'	(h.e.15m)
ha	**37°38,5'**	
+Alt. Main correction	- 1,3'	
-30' for upper limb (Moon)		
+U,L, correction for Moon		
+Additionnal correction for Venus	+ 0,1'	
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	0'	(standard atmospheric condition
	37°37,3'	

RESSOURCES

Sources

http://shipofficer.com/so/wp-content/uploads/2015/02/17.-Altitude.pdf

Illustrations

ILLUSTRATION	
Illustration 1: Observed, apparent and sextant altitude	Extract from power point US power squadrons – Junior Na vigation – chapter 4 slide show
Illustration 2: Dip table	Nautical Almanac
Illustration 3: Altitude correction tables for Sun, stars & planets - Dip table	Nautical Almanac
Illustration 4: Altitude correction table for the Moon	Nautical Almanac
Illustration 5: Additional altitude correction table	Nautical Almanc

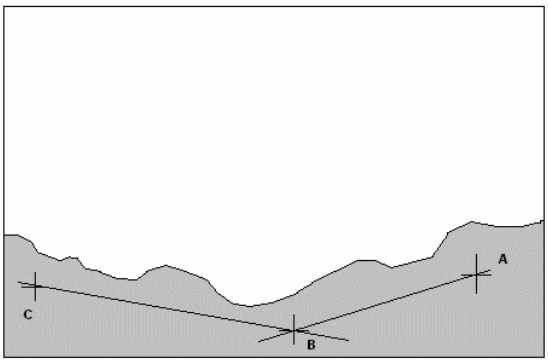
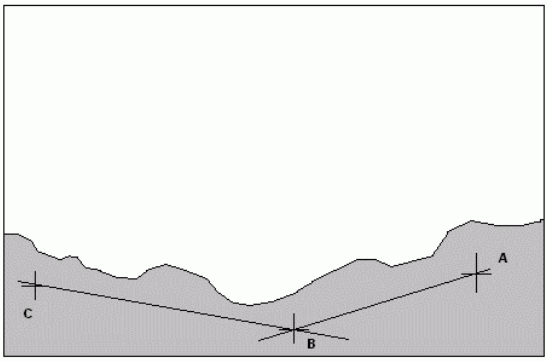
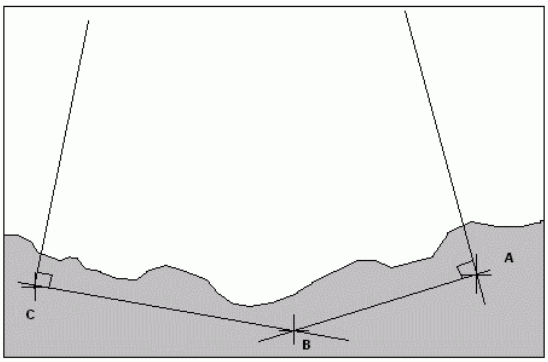
Ce document est téléchargeable sur : ressources.profmarine.fr / https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Il s'agit d'une méthode de positionnement ancienne utilisable en vue de terre, lorsque 2 ou 3 amers sont visibles.

Cette méthode présente les avantages suivants :
- elle donne une position très précise, si vous pouvez utiliser 3 amers ;
- elle permet d'utiliser des amers assez proches les uns des autres, ce qui n'est pas possible avec la méthode traditionnelle, au compas de relèvement.
- elle permet de surveiller un mouillage

De plus elle constitue une application pratique du sextant.

Il y a plusieurs méthodes de détermination du point par les arcs capables :
- ***graphique*** *: 2 méthodes décrites ci-après ;*
- ***mécanique*** *: en utilisant un stigmographe ;*
- ***calcul*** *: le livre Formules de Navigation décrit cette méthode ;*
- ***informatique*** *: le logiciel StarPilot contient un module de traitement des arcs capables.*

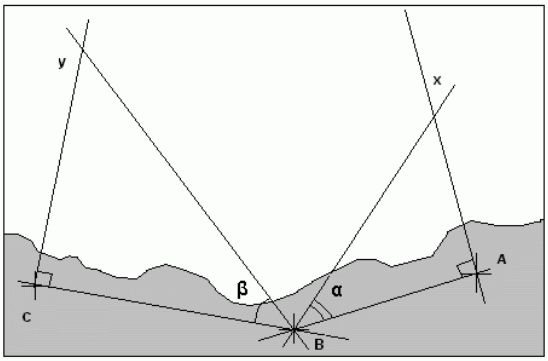
Etape 1 : *Vous êtes au large d'une côte sur laquelle vous voyez 3 amers A, B, C, que vous identifiez parfaitement sur votre carte marine.* *A l'aide de votre sextant tenu horizontalement, vous mesurez exactement l'angle entre AB et l'angle entre BC*	
Etape 2 : *Sur votre carte (ou sur un calque posé dessus) tracez les droites joignant les amers AB et BC*	
Etape 3 : *Par le point A tracez la perpendiculaire à AB, et par le point C, tracez la perpendiculaire à BC*	

Etape 4 :
*Calculez la valeur de l'angle **α** = 90° – angle AB*
*" " " " **β** = 90° – angle BC*

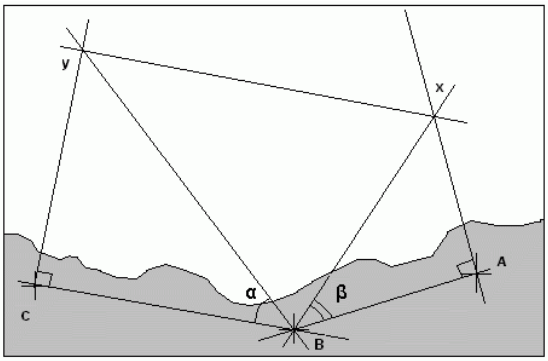
(les angles AB et BC sont ceux mesurés au sextant à l'étape 1, évidemment)

*Par B, tracez la droite Bx faisant un angle **α** avec la droite AB, et la droite By faisant un angle **β** avec la droite BC.*

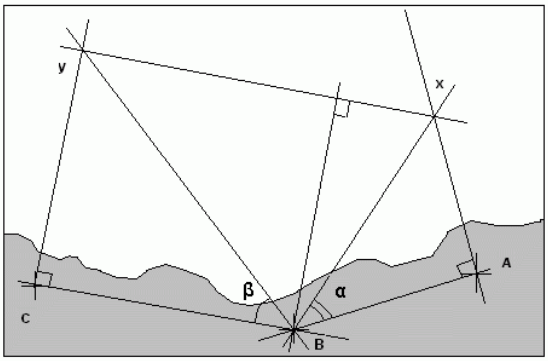
Vous déterminez ainsi les points x et y.



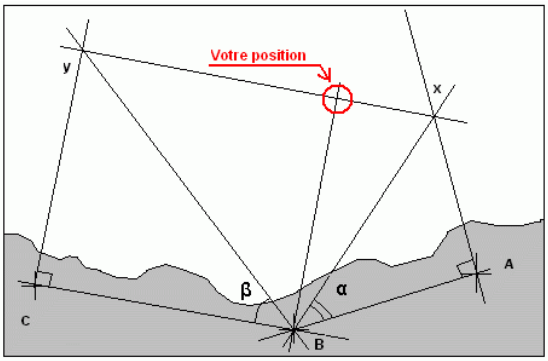
Etape 5 :
Tracez la droite passant par x et y.



Etape 6 :
Tracez la droite perpendiculaire à xy passant par B.



Etape 7 :
Le point ainsi déterminé est votre position.



Ce document est téléchargeable sur :www.ressources.profmarine.fr ou https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Travail préparatoire au TP :

- Revoir le cours sur le sextant et les droites de hauteur.
- Revoir le positionnement par arcs capables.
-

Atelier 1 : Régler le sextant



1. Effectuer la rectification du sextant.
2. Effectuer la collimation du sextant sur un amer éloigné (cheminée EDF ou pylônes du pont de Normandie).
3. Effectuer la collimation par le Soleil.
4. Déterminer l'erreur de l'observateur par cette méthode.

Atelier 2 : Utiliser le sextant en navigation côtière (option)

Nota : L'objectif de cet atelier est de vous familiariser à l'utilisation du sextant (dans la pratique, on préférera faire les relevés d'angles avec l'alidade des compas).

1. Relever deux ou trois angles entre les amers de votre choix.
   (avillon de la mairie, pylônes du pont de Normandie, église St Joseph, église St Denis, cheminées EDF...).
2. Déterminer votre position par arc capable.

Atelier 3 : Utiliser du sextant en navigation hauturière



1.Relever la hauteur sextant du soleil et l'heure de ce relevé.

2.Déterminer la hauteur vraie à partir de la hauteur sextant.

3.Déterminer la hauteur calculée du Soleil donnée par les éphémérides pour l'heure du relevé.

Ce document est téléchargeable sur : ressources.profmarine.fr / https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Recommandation :

1) Revoir votre cours sur ce sujet.
2) Noter dans votre carnet du marin les éléments qui vous sont nécessaires pour réaliser ces exercices AVANT de commencer les exercices.
3) Connaître les notations et abréviations anglo saxonnes

Matériel nécessaire : Nautical Almanac 1981 et calculatrice

Atelier 1 : Miscallenous

Exerice 1.1 Abbreviations

Explain the following abreviations :

- UL
- LL
- DR

Exercice 1.2 On/Off the arc and error versus correction

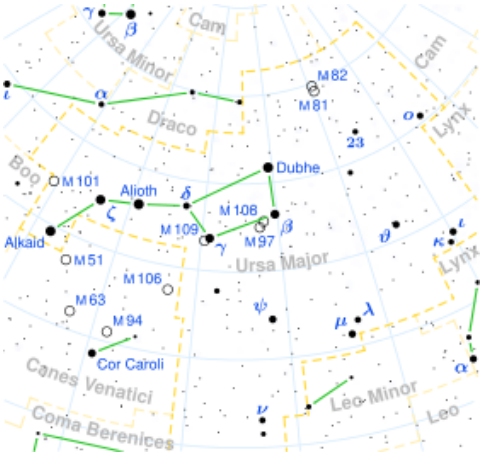
1) Choose the right answer(s) for each picture

	
(a)	(b)
☐ Index errror is on the arc	☐ Index errror is on the arc
☐ Index error is off the arc	☐ Index error is off the arc
☐ Index error is positive	☐ Index error is positive
☐ Index error is negative	☐ Index error is negative
☐ Index correction is positive	☐ Index correction is positive
☐ Index correction is negative	☐ Index correction is negative

2) Determine the relation between the index error (IE) and the index correction(IC) .

Atelier 2 : Altitude of Stars

Exercise 2.1 : Altitude of Dubhe



On 23th july 1981, the sextant altitude of Duhbe 50°20,2 was taken at 20h 53min 39s UT.
Your DR position was 40° 25’ N / 32° 40’W.
The index error is 2’ on the arc ; height of eye 9,7m meter; temperature 29°C pressure 1030 mb

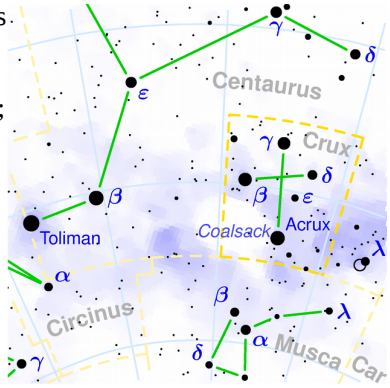
Find the true altitude of Duhbe.

Dubhe is also name Apha Ursae Majoris.
Dubhe is,despite being designated « alpha, the second-brightest star in the constellation of Ursa Major

Exercise 2.2 : Altitude of Acrux

On 12th october 1981, the sextant altitude of Acrux 64° 35,2′ was taken at 20h 53min 39s UT.
Your DR position was 40° 25' S / 32° 40'W.
The index error is 2' off the arc ; height of eye 6.0 meter; temperature 20°C and pressure 1030 hPa.

Is there a correction for the temperature/pressure ? Why ?
Find the true altitude of Acrux.



Acrux is the brighest star in the constellation Southern Crux

Atelier 3 : Altitude of the Sun

Exercice 3.1 *[050150]*

On 2 January 1981, you observe the lower limb of the Sun at a sextant altitude (hs) of 35°50.4'. The index error is 0.8' on the arc. The height of eye is 24 feet (7.3 meters). What is the observed altitude (Ho) ?

Exercice 3.2 (050168)

You observe the lower limb of the Sun at a sextant altitude (hs) of 45°49.7' on 13 November . The index error is 1.0' on the arc. The height of eye is 61 feet (18.6 meters). What is the observed altitude (Ho) ?

Atelier 4 : Altitude of planet

Exercice 4.1 *050173*

You observe the planet Jupiter at a sextant altitude (hs) of 66°27,6' on 26 May 1981. The index error is 5,2' on the arc. The height of eye is 52 feet. What is the observed altitude (Ho)?

Exercice 4.2 *050174*

During the evening twilight on 28 December 1981, the sextant alitude (hs) of the planet Venus was 29°43,2'. The height of eye was 40 feet.The index error was 2.0' on the arc. What is the observed altitude (Ho)?

Atelier 5 : Altitude of the Moon

Exercice 5.1 Altitude of the moon (LL)

At 18h 38min 11s UT, March 23, 1981, the navigator obtains a sight of the Moon's lower limb.
The azimuth is 043° and the altitude on the sextant is hs=32° 37,1'.
At 18h30, the dead reckoned position was 60° 12,6'N / 80° 49,8'E.
The height of eye is 68 feet, pression is 1030 hPa, temperature 20°C.
The index correction is +0.2'.
Determine ho.

Exercice 5.2 Altitude of the moon (UL)

At 02h 38min 11s UT, May 23, 1981, the navigator obtains a sight of the Moon's lower limb.
The bearing is 100° and the altitude on the sextant is hs = 18° 15,3'.
At 02h 30min, the dead reckoned position was 60° 12,6'S/ 80° 49,8'W
The height of eye is 15m, pression 1030 hPa, temperature 20°C.
The index error is 2' on the arc..
Determine ho.

Corrections partielles

Exercice 2.1 : ho = 50° 11,9'
Exercice 2.2 : ho = 64° 32,4'
Exercice 3.1 : ho = 35°59.7'
Exercice 3.2: ho = 45°56.4'
Exercice 4.1 : ho = 66°15,0'
Exercice 4.2 : ho=:29°34,1'
Exercice 5.1: ho = 32° 21,9'
Exercice 5.2: ho = 18° 42,6'

Ce document est téléchargeable sur :www.ressources.profmarine.fr ou sur https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Chapitre 6

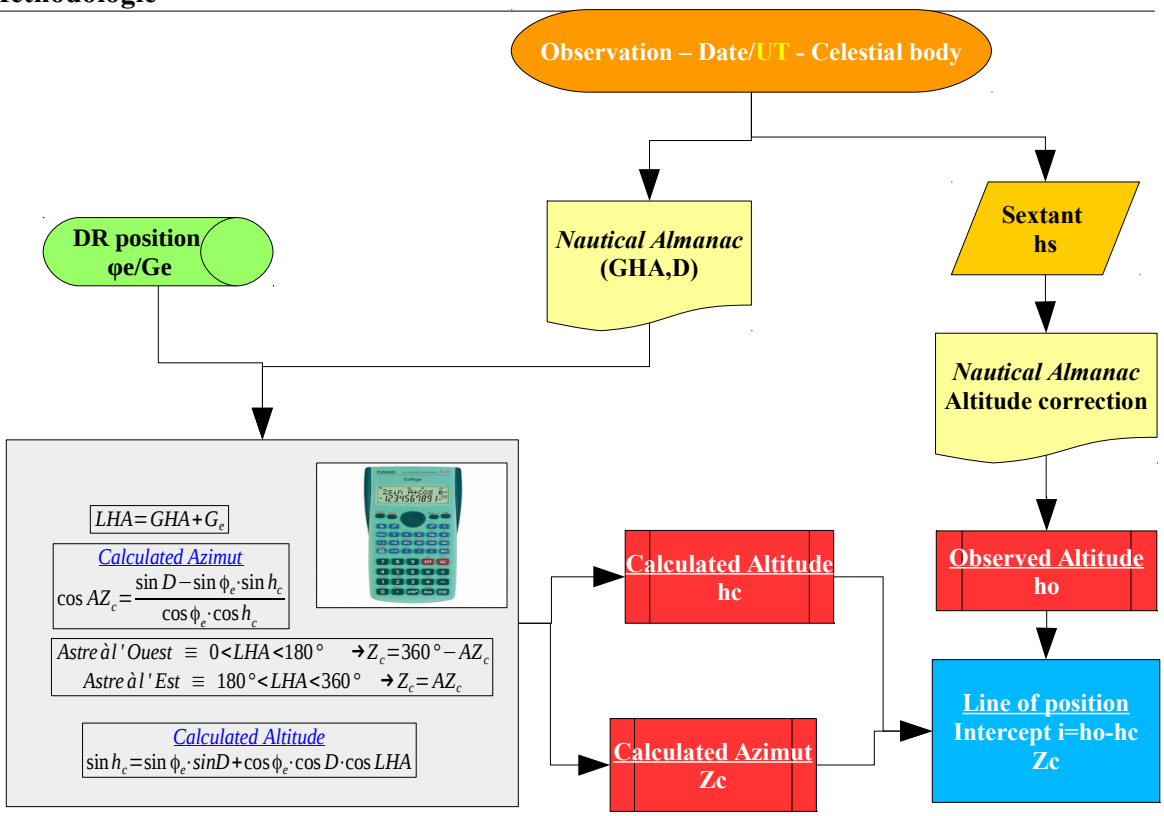
Droites de hauteur

Sommaire

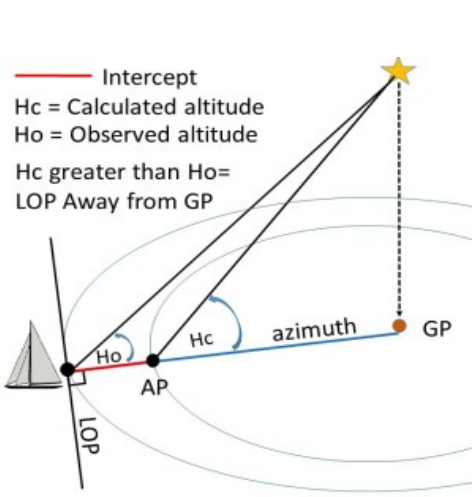
Éléments méthodologiques - Marcq St Hilaire **117**
EXERCICES : droites de hauteurs **129**
Extraits du Nautical almanac **133**
Universal Plotting sheet **137**

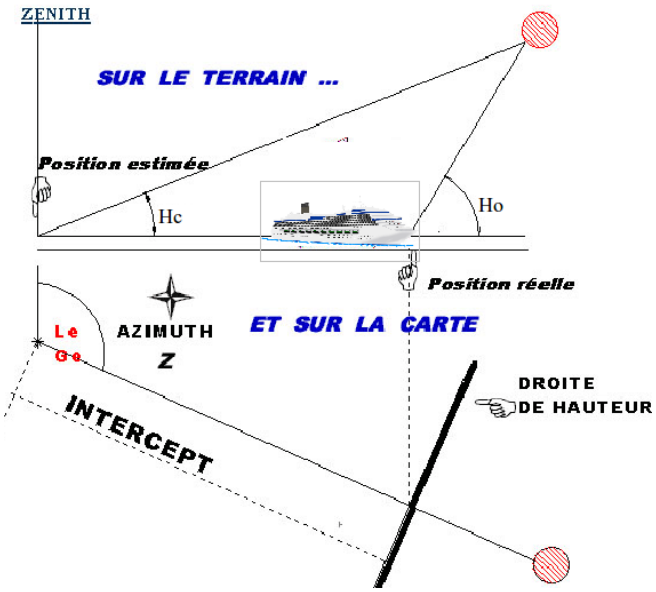
PRINCIPE DE LA DROITE DE HAUTEUR DE MARCQ ST HILAIRE

Méthodologie

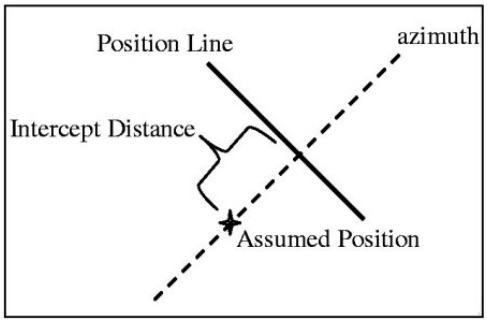


Droite de hauteur





Tracé de la droite de hauteur



L'intercept i=ho-hc peut être positif ou négatif :

- si positif, on trace la droite perpendiculaire à l'azimut de l'astre à une distance i VERS (TOWARDS) l'astre ;
- si négatif, on trace la droite perpendiculaire à l'azimut de l'astre à une distance i A L'OPPOSE (AWAY) de l'astre.

Exemple

On relève Dubhe à 22h13 et on détermine l'intercept et le relèvement suivant
I= +7,2M / Zc=322°

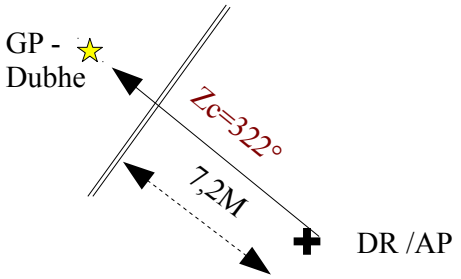


Illustration 2: Principe intercept

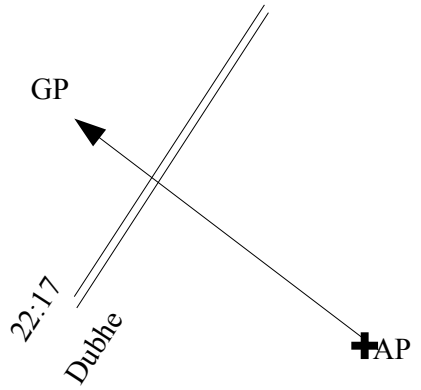


Illustration 1: Les notations et écritures des intercepts

Procédure

1. Déterminer la hauteur observer

- Mesurer la hauteur Hs d'un astre au dessus de l'horizon
- Noter l'heure d'observation
- Corriger la hauteur sextant pour obtenir la Ho via le Nautical Almanac

2. Calculer la hauteur calculée

- **Déterminer une position approchée AP (assumed position) ou une position estimée (DR) ;** cette position doit, si possible se trouver à moins de 50M de la position réelle (voire même 100M sans que cela n'introduise trop d'erreur).
- **Calculer la hauteur Hc and azimuth Zc** pour un observateur placé à la position définie ci dessus.

3. Calculer l'intercept : i= ho-hc

4. Sur le plotting sheet

- **Porter la position approchée (AP) ou la position estimée**
- Tracer une droite dans la direction de l'azimuth Zc
- Mesurer la distance de l'intercept le long de la ligne d'azimut
  - vers l'astre si Ho>Hc
  - à l'opposé de l'astre si Ho<Hc.
- Tracer une perpendiculaire à la ligne d'azimuth : cette droite est la ligne de position.

CANEVAS DE MERCATOR / PLOTTING SHEET

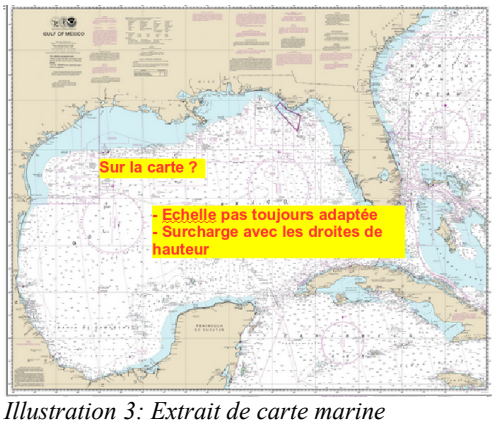


Illustration 3: Extrait de carte marine

Le point astronomique se détermine en portant les tracés sur un canevas de Mercator ou un plotting sheet ; d'une part parce que l'échelle de la carte n'est pas forcement adaptée et d'autre part parce que le tracé des droites de hauteur amène de la surcharge sur la carte.

On utilise donc des canevas de Mercator / plotting sheet pour garantir un schéma conforme (i.e. qui conserve les distances et permet de naviguer à cap constant).

Le canevas traditionnel (échelle locale)

On détermine une échelle de longitude arbitrairement et on crée une échelle locale pour la latitude moyenne désirée (latitude du point estimée).

On crée une échelle locale (fonction de cos φm) :

- elle est constante sur les longitudes ;
- elle est croissante sur les latitudes ; mais cette croissance est faible jusqu'à 60°.

On peut considérer pour un canevas destiné à l'estime ou à la navigation astronomique que l'échelle des latitudes reste constante localement (15-20M) et **négliger l'influence des latitudes croissantes.**

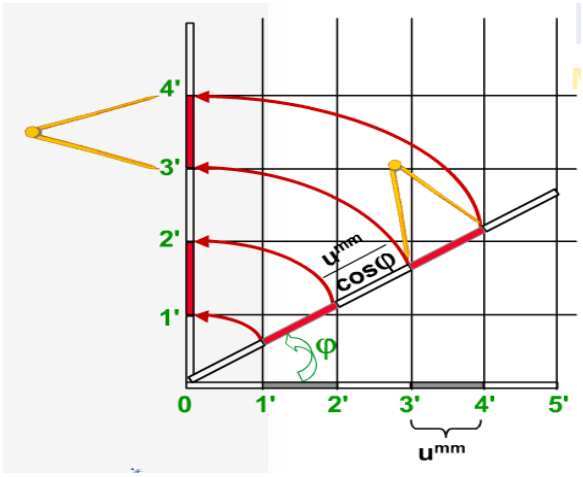


Illustration 4: Principe de construction d'un canevas de Mercator local

Universal Plotting sheet

Sur l'UPS l'échelle des latitudes est déjà définie ; un graphe permet de définir l'échelle des longitude
Ci après un exemple pour une latitude de 40°N

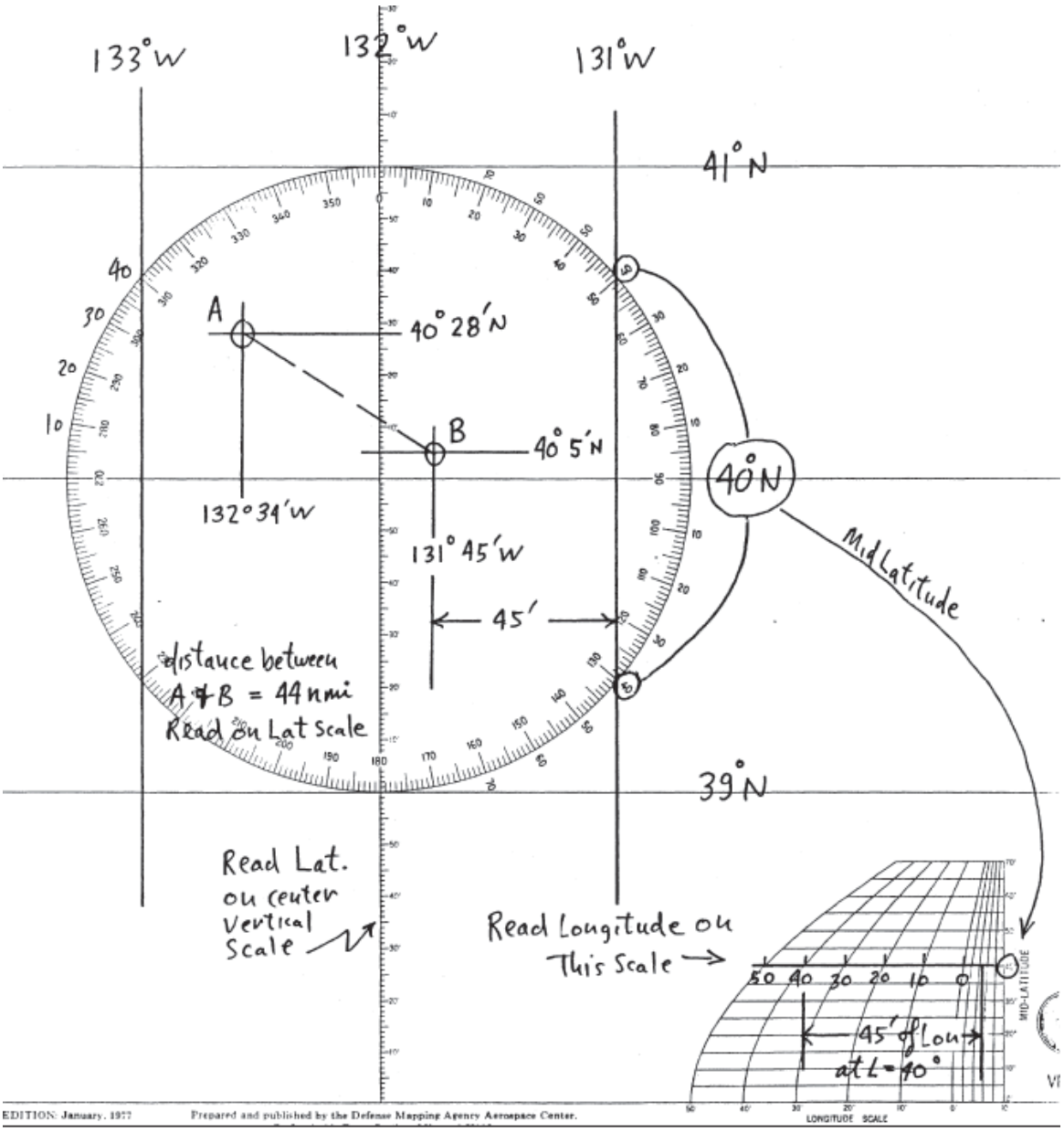


Illustration 5: Universal Plotting sheet (UPS)

EXEMPLE 1 – DROITE DE HAUTEUR D'UNE ÉTOILE

In the evening, 17th July 1981, at DR position 40° 25'N, 32° 40'W, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.
Observed Star Dubhe with sextant altitude 43° 32,0' and star Deneb with sextant altitude 38° 12,3' ; index error 2,3' on the arc ; height of eye 15 m.
Find intercepts and positions lines.

Define GMT

Chronometer Time	10h 21min 07s	
Chronometer Error	- 4min 09s	*Fast - / Slow +*
Time GMT [12h]	10h 16min 58s	
GMT	**22h 16min 58**s	*Time on 24h*

Intercept for Dubhe

Define LHA* et D* for Dubhe

GHAγ	265° 38,0'	*NA - à l'heure ronde =22h00*
+ΔGHAγ	4° 15,2	*Pour Δt= 156min 58s*
= GHAγ	269° 53,2'	*À l'heure précise =22h 15min 58s*
+ SHA*	194° 21,9'	*NA*
GHA*	104° 15,1'	*464°15,1' [360*
- Ge	- 32° 40,0'	
LHA*	**71°35,1'**	

D* = 61° 51, 4'N

Calculate hc

$$\sin h_c = \sin\phi_e \cdot sinD + \cos\phi_e \cdot \cos D \cdot \cos LHA$$
$$= \sin(40°25') \cdot \sin(61°51,4') + \cos(40°25') \cdot \cos(61°51,4') \cdot \cos(71°35,1')$$
$$= 0,685$$
$$\rightarrow h_c = 43°14,7'$$

Hc = 43° 14,7'

"

Calculate Zc

$$\cos AZ_c = \frac{\sin D - \sin\phi_e \cdot \sin h_c}{\cos\phi_e \cdot \cos h_c}$$
$$= \frac{\sin(61°51,4') - \sin(40°25') \cdot \sin(43°14,7')}{\cos(40°25') \cdot \cos(43°14,7')} \approx 0,78901$$
$$\rightarrow AZ_c \approx 38°'$$
$$LHA = 71°35,1' \rightarrow Z_c = 360° - AZ_c$$

Zc = 322°

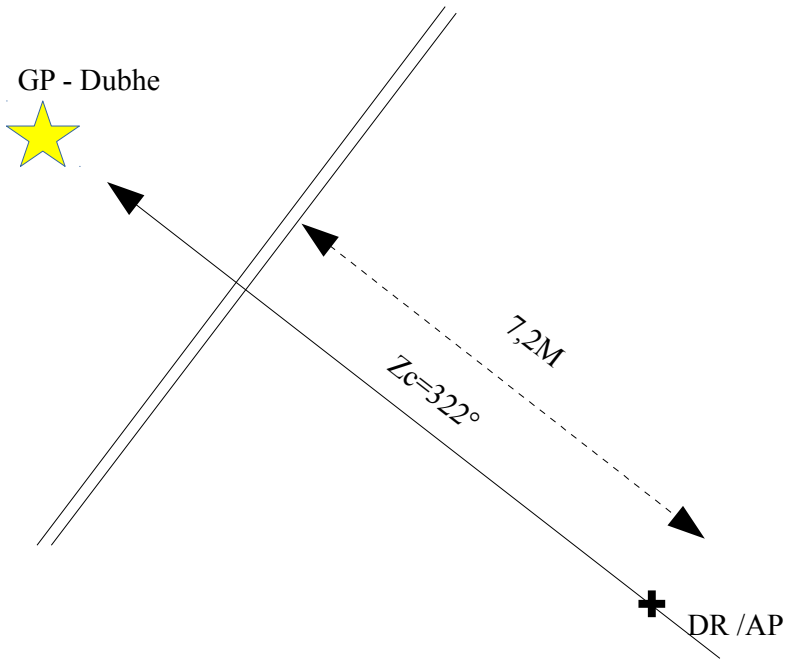
Calculate ho

hs	**43°32,0'**
+ IC	-2,3'
+ Dip	-6,8'
ha	**43° 22,9'**
+Alt. Main correction	-1,0'
-30' for upper limb (Moon)	
+U,L, correction for Moon	
+Additionnal correction for Venus	
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	
ho	**43°21,9'**

Calculate the intercept/LOP

ho	43°21,9	
- hc	- 43° 14,7'	
= i	+ 7,2'	**Zc= 322°**

Draw the LOP



Intercept for Deneb

Define LHA* et D* for Deneb

GHAγ		*NA - à l'heure ronde*
+ΔGHAγ		*Pour Δt*
= GHAγ		*À l'heure précise*
+ SHA*		*NA*
GHA*		
- Ge		
LHA*		

D* =

Calculate hc

"

Hc =

Calculate Zc

Zc = °

Calculate ho

hs	
+ IC	
+ Dip	
ha	
+Alt. Main correction	
-30' for upper limb (Moon)	
+U,L, correction for Moon	
+Additionnal correction for Venus	
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	
ho	

Calculate the intercept/LOP

ho	
- hc	
= i	

Zc=

Draw the LOP

EXEMPLE 2 - DROITE DE SOLEIL OU PLANETE

At 0900 LMT, 25th October 1981, DR position 43°15′ N, 38°25′ W, the chronometer shows 11h 40min 32s, chronometer error is 2m 20s slow.
Sextant altitude of the sun's lower limb is 24°02.3′ ; index error 1.5′ off the arc; height of eye 12 m.
Find intercept and position line :

Define GMT

LMT			Chronometer Time		
Ge			Chronometer Error		*Fast - / Slow +*
$GMT_{(DR)}$			Time (12h)		
			GMT(sight)		*Time on 24h*

Define LHA et D for Dubhe

GHA		*NA - à l'heure ronde =*
+ΔGHA		*Pour Δt=*
= GHA		*À l'heure précise =*
- Ge		
LHA		*À l'heure précise =*

D =

Calculate hc

$$\sin h_c = \sin \phi_e \cdot sinD + \cos \phi_e \cdot \cos D \cdot \cos LHA$$

"

Hc =

Calculate Zc

$$\cos AZ_c = \frac{\sin D - \sin \phi_e \cdot \sin h_c}{\cos \phi_e \cdot \cos h_c}$$

Zc =

Calculate ho

hs	
+ IC	
+ Dip	
ha	
+Alt. Main correction	
-30' for upper limb (Moon)	
+U,L, correction for Moon	
+Additionnal correction for Venus	
+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	
ho	

Calculate the intercept/LOP

ho		
- hc		
= i		**Zc=**

TRANSPORT DE DROITES DE HAUTEUR

Observations séparées d'une durée de 1h à 4h

C'est le cas des observations diurnes où l'on observe un même astre à différents moments de la journée.

1- Pour chaque observation, on utilise un point estimé **différent** (P1, P2, P3) pour les calculs et les tracés de chaque droite de positions aux instants t1, t2, t3.

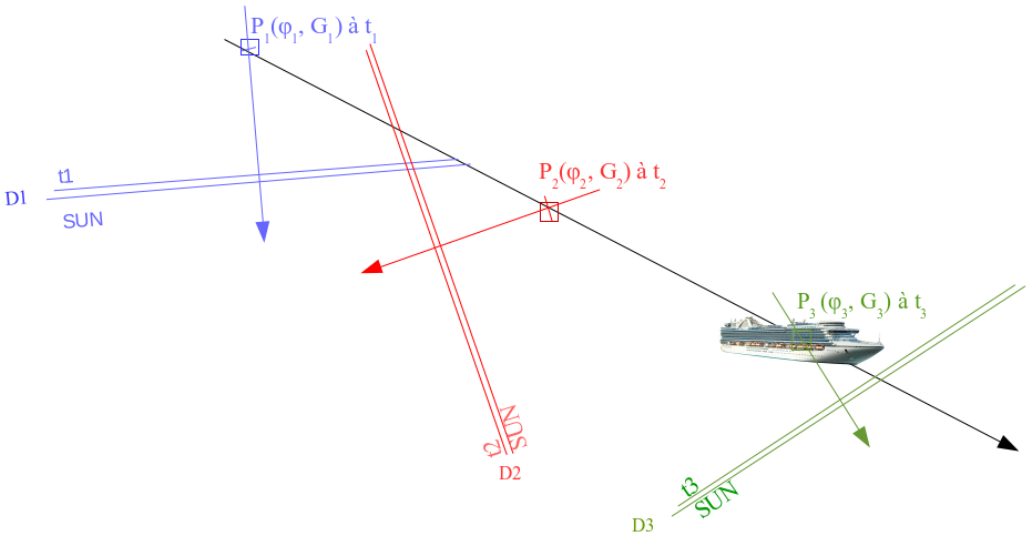


Illustration 6: Différentes droites de hauteur séparées par des durées importantes

2- Pour obtenir la position à l'instant t3, on transporte les droites obtenues à t1 et t2 suivant la Rf et la distance parcourue entre (t3,t2) et (t3, t1)

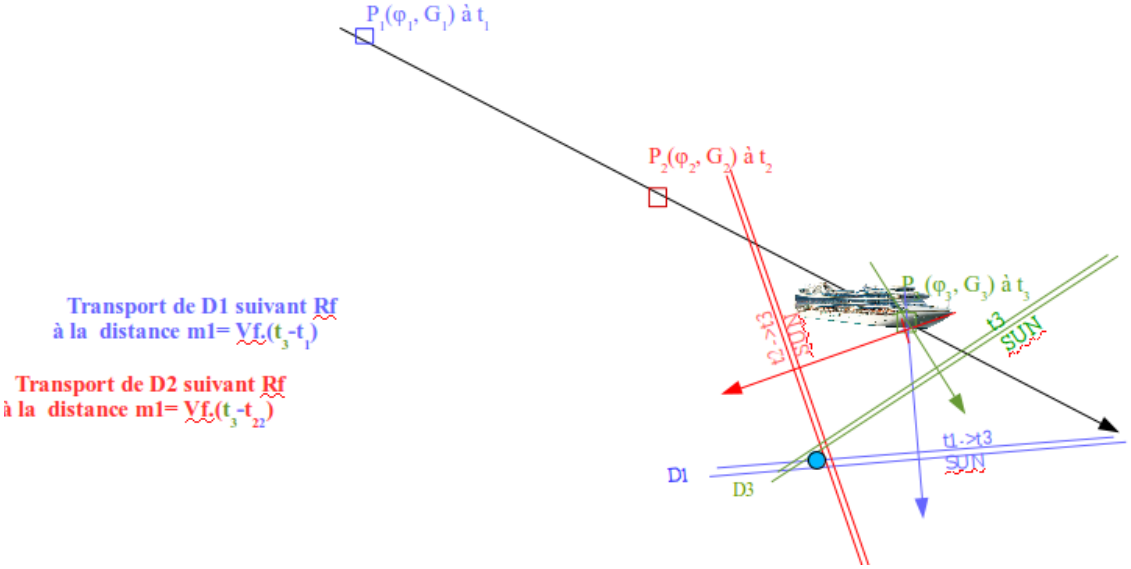
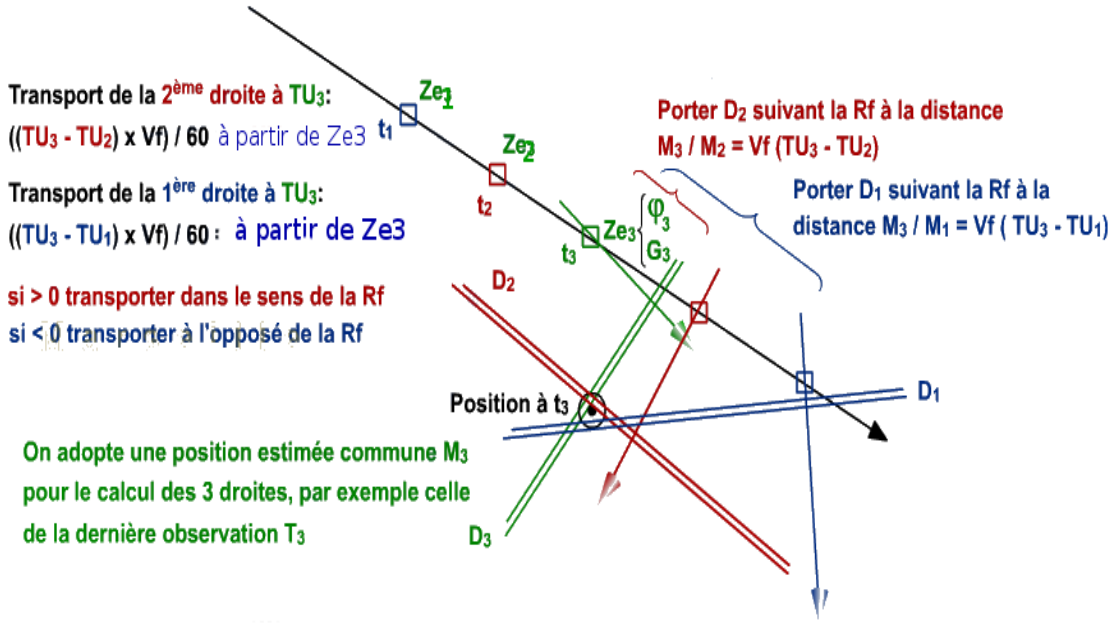


Illustration 7: Point par transport des droites de hauteur

Cas d'observations quasi simultanées

Il s'agit d'observations crépusculaires séparées de quelques minutes.

1-On utilise un p**oint estimé commun pour les calculs et les tracés** des droites de positions aux instants t1, t2, t3 ;
2 -On transporte de la distance parcourue dans le Δt dans le sens de la Rf.



Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr ou https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Pré-requis :
- Avoir revu son cours sur les droites de hauteur
- Avoir noter toutes les formules / procédures nécesaires dans son carnet du marin pour les exploiter sur les exercices

Conseils
- Lister vos erreurs (à noter dans le carnet du marin pour ne pas refaire le mêmes
- Faire attention à l'heure qui est donné. (UT, LMT, ZT)

Materiel nécessaire :
- Ephémérides 1981
- Calculatrice
- Plotting sheets
- Extraits des éphémérides 2024 et 2025

ATELIER 1 : CALCUL ET TRACÉ ELEMENTAIRES DE DROITES DE HAUTEUR

Exercice 1.1 - Drawing Line of position on plotting sheet

At 05h 13min your DR position is 19°20´N, 116°50´E., two observations of stars were taken as follows :
- Star 1 : Bearing 110° T, intercept 4´ away.
- Star 2 : Bearing 030° T, intercept 5´ toward.

Find the ship's position.

Exercice 1.2 – Sight seeing reduction/ LOP with stars

In the evening, 17th July 1981, at DR position 40° 25', 32° 40'W, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.
Observed Star Dubhe with sextant altitude 43° 32' and star Deneb with sextant altitude 38° 12,3' ; index error 2,3' on the arc ; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

Solution partiielle exercice 1,2 : pour Dubhe ho=43°21,9' / hc= 43° 14,7'/ i= 7,2M / Zc= 322°

Exercice 1.3 – Sight seeing reduction / LOP with the SUN

At 0900 LMT, 25th October 1981, DR position 43°15´N, 38°25´W, the chronometer shows 11h 40min 32s, chronometer error is 2m 20s slow.
Sextant altitude of the sun's lower limb is 24°02.3´; index error 1.5´ off the arc; height of eye 12 m.
Find intercept and position line.

ATELIER 2 : TRANSPORT DE DROITES

Exercice 2.1 : Canevas de Mercator & UPS *(AST-RF001)*

DR : 40° 05,0'N / 131°45,0'W
Two celestial observations of stars were taken simultaneous as follows:

- star 1 - Bearing 110° T, intercept 4 away.
- Star 2 Bearing 030° T, intercept 5 toward.

Plot the line of position and define the position

Exercice 2.2 : Sight reduction for stars *(AST-RF002)*

Un navire suit une route fond au 235° à la vitesse surface Vs = 14 nds,
le courant est nul.
A 07:38 ZT, φe = 45°44' N et Ge = 012° 00' W.
On a trouvé pour les observations de 3 étoiles :

- Alkaid ZT = 07h 32min 15s : Zc = 300° / Ho – Hc = 0,5'
- Arcturus ZT = 07h 38min 03s : Zc = 261° /Ho – Hc = 2,2'
- Schedar ZT = 07h 44min 07s : Zc = 041° / Ho – Hc = -3.7

Tracer le point d'étoiles pour 07h38 min ZT

Exercice 2.3 : Sigh reduction and running fix for the Sun *(AST-RF003)*

At 0900 zone time, on 23 September 1981, your DR position is LAT 28°48.0'N, LONG 153°11.5'W.
You are steering course over ground 257°T at a speed of 18.0 knots.
You observed 3 following morning sun lines (lower limb).

Zone Time	**Sextant Altitude**
09h 15min 14s	39° 50,4'
09h 50min 04s	46° 11,2'
10h 20min 17s	51° 09,8'

The height of the eye is about 10,5 m.
The index error (IE) is -2,1'

Determine the latitude and longitude of your 10 h 20min running fix.

Exercice 2.4 : Sight reduction & running fix for stars *(AST-RF004)*

On May 16th 1981, the navigator takes and records the following sights :

	Sextant altitude Hs	**Observation Time (ZT)**	**Estimated position**
Kochab	47°19,1'	20h 07min 43s	39° 05,1' N, 157° 08,0' W
Spica	32°34,8'	20h 11min 26s	39° 06,3 N, 157° 10,0' W

Height of eye is 48 feet and index correction (IC) is +2,1'

Determine the position at 20h 11min ZT

ATELIER 3 : PROBLÈMES DIVERS

Pour cet atelier, vous trouverez les données quotidiennes soit après cette fiche en pièces jointes soit en ligne ;

- http://www.tecepe.com.br/scripts/AlmanacPagesISAPI.dll/
- http://www.nauticalalmanac.net/pdf/almanac2025.pdf

Exercice 3.1 Sight reduction Sun/Sun *(S2)*

On June 30 th 2025, you are sailing in Mediterranean Sea.
You are steering course over ground 120°T at a speed of 10 knots
Your sextant have an index correction 1,4' on the arc.
You make the following sight at the eight of 9,5m

Time sight (UT)	Hs	Position	
09h 59 min 05s	62° 37,5'	40° 01' N	05° 43' E
11h 58min 31s	72° 43,2'	39° 51' N	06° 05,5' E

a) Plot the first line of position at 09h 59 min UT.
b) Plot the second line of position at 11h 58min UT.
c) Make a fix at 11h 59 min UT.

Solution partiielle exercice 3.1 : 39° 43,7'N / 006°10,2'E

Exercice 3.2 – Sight reduction Sun/Sun – Read Sea *(S7)*

On June 30th 2025, you are sailing in Mediterranean Sea.
You are steering course over ground 152°T at a speed of 10 knots
Your dead reckoned position is 20° 02,0' N / 38° 45,0' E at 08 h 35min UT
Your sextant have an index correction 1' on the arc.
You make the following sight at the eight of 6 m

Time sight (UT)	Hs	Position	
08h 35min 35s	76° 59,8'	20° 02,0' N	38° 45,0' E
09h 35min.30s	86° 6,5'	19° 53,0' N	38° 50,0 E

Make a fix at 09h 35min UT

Solution partielle exercice 3.2 : 19° 49,2'N / 38° 46,8'E

Exercice 3.3 Sight reduction Stars and Planets *(ST-P1)*

On June 28th 2024, you are sailing in Indian Ocean.
You are steering course over ground 208°T at a speed of 16,0 knots.
Your dead reckoned position is 10° 00,0' S / 44° 36,0' E at 02 h 40min UT.
Your sextant have an index correction 1,2’ on the arc.
The watch correction is +5s
You make the following sight at the eight of 15 m

	Watch time	**Hs**
Achernar	02h 40min 10s	39° 45,0'
Enif	02h 43min 02s	49° 16,7'
Mars	02h 47min 10s	44° 21,9'

Make a fix at 02.40 U.T. / 05.40 Local Time

Solution partielle exercice 3.3 :10° 02,7' S / 44° 39,4' E

Exercice 3.4 Sight reduction stars *(ST7)*

On June 28th 2024, you are sailing in North Altantic Ocean.
You are steering course over ground 143°T at a speed of 13,0 knots.
Your dead reckoned position is 50° 3,0' N / 009° 02,2' W at 03 h 25min UT.
Your sextant have an index correction 1,5’ off the arc.
The watch correction is -4 s.
You make the following sight at the eight of 24 m

	Watch time	**Hs**
Capella	03h 20min 08s	18° 45,'
Alpheratz	03h 22min 12s	51° 6,'
Altair	03h 25min 04s	45° 23,4'
Vega	03h 27min 15s	59° 47,7'
Kochab	03h 30min.24s	45° 46,8'

Make a fix at 03.25 U.T. / 03.25 Local Time

Solution partielle exercice 3.4: 50° 09,7' N / 008° 55,7' W

Ce document est téléchargeable sur :www.ressources.profmarine.fr ou https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphiqueb)

	Aries	Venus		Mars		Jupiter		Saturn	
Fri	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	254°39.7	226°05.3	9°10.5	108°07.6	14°54.1	165°36.9	23°15.9	253°04.8	-1°38.0
1	269°42.1	241°05.3	9°11.3	123°08.7	14°53.6	180°38.8	23°15.9	268°07.2	-1°37.9
2	284°44.6	256°05.4	9°12.1	138°09.9	14°53.2	195°40.6	23°15.9	283°09.5	-1°37.9
3	299°47.0	271°05.5	9°12.8	153°11.1	14°52.7	210°42.5	23°15.9	298°11.8	-1°37.8
4	314°49.5	286°05.6	9°13.6	168°12.2	14°52.2	225°44.3	23°15.9	313°14.1	-1°37.8
5	329°52.0	301°05.7	9°14.4	183°13.4	14°51.7	240°46.2	23°16.0	328°16.5	-1°37.7
6	344°54.4	316°05.7	9°15.2	198°14.5	14°51.2	255°48.0	23°16.0	343°18.8	-1°37.7
7	359°56.9	331°05.8	9°15.9	213°15.7	14°50.7	270°49.9	23°16.0	358°21.1	-1°37.6
8	14°59.4	346°05.9	9°16.7	228°16.8	14°50.2	285°51.7	23°16.0	13°23.4	-1°37.6
9	30°01.8	1°06.0	9°17.5	243°18.0	14°49.8	300°53.6	23°16.0	28°25.8	-1°37.5
10	45°04.3	16°06.0	9°18.3	258°19.1	14°49.3	315°55.4	23°16.0	43°28.1	-1°37.5
11	60°06.8	31°06.1	9°19.0	273°20.3	14°48.8	330°57.3	23°16.0	58°30.4	-1°37.5
12	75°09.2	46°06.2	9°19.8	288°21.5	14°48.3	345°59.1	23°16.0	73°32.7	-1°37.4
13	90°11.7	61°06.3	9°20.6	303°22.6	14°47.8	1°01.0	23°16.0	88°35.1	-1°37.4
14	105°14.2	76°06.3	9°21.4	318°23.8	14°47.3	16°02.8	23°16.0	103°37.4	-1°37.3
15	120°16.6	91°06.4	9°22.1	333°24.9	14°46.8	31°04.7	23°16.0	118°39.7	-1°37.3
16	135°19.1	106°06.5	9°22.9	348°26.1	14°46.3	46°06.5	23°16.0	133°42.0	-1°37.2
17	150°21.5	121°06.5	9°23.7	3°27.2	14°45.9	61°08.4	23°16.0	148°44.4	-1°37.2
18	165°24.0	136°06.6	9°24.5	18°28.4	14°45.4	76°10.2	23°16.1	163°46.7	-1°37.1
19	180°26.5	151°06.7	9°25.2	33°29.5	14°44.9	91°12.1	23°16.1	178°49.0	-1°37.1
20	195°28.9	166°06.8	9°26.0	48°30.7	14°44.4	106°13.9	23°16.1	193°51.3	-1°37.0
21	210°31.4	181°06.8	9°26.8	63°31.8	14°43.9	121°15.8	23°16.1	208°53.7	-1°37.0
22	225°33.9	196°06.9	9°27.6	78°33.0	14°43.4	136°17.6	23°16.1	223°56.0	-1°36.9
23	240°36.3	211°07.0	9°28.3	93°34.2	14°42.9	151°19.5	23°16.1	238°58.3	-1°36.9
Mer.pass.:	7:00:	v0.1	d0.8	m-4.2	v1.2	d-0.5	m1.3	v1.9	d0.0 m-1.8	v2.3	d0.0 m1.1

Sat	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	255°38.8	226°07.0	9°29.1	108°35.3	14°42.4	166°21.3	23°16.1	254°00.7	-1°36.8
1	270°41.3	241°07.1	9°29.9	123°36.5	14°41.9	181°23.2	23°16.1	269°03.0	-1°36.8
2	285°43.7	256°07.1	9°30.7	138°37.6	14°41.5	196°25.0	23°16.1	284°05.3	-1°36.7
3	300°46.2	271°07.2	9°31.4	153°38.8	14°41.0	211°26.9	23°16.1	299°07.6	-1°36.7
4	315°48.6	286°07.3	9°32.2	168°39.9	14°40.5	226°28.7	23°16.1	314°10.0	-1°36.6
5	330°51.1	301°07.3	9°33.0	183°41.1	14°40.0	241°30.6	23°16.1	329°12.3	-1°36.6
6	345°53.6	316°07.4	9°33.8	198°42.2	14°39.5	256°32.4	23°16.1	344°14.6	-1°36.5
7	0°56.0	331°07.5	9°34.5	213°43.4	14°39.0	271°34.3	23°16.1	359°17.0	-1°36.5
8	15°58.5	346°07.5	9°35.3	228°44.5	14°38.5	286°36.1	23°16.2	14°19.3	-1°36.4
9	31°01.0	1°07.6	9°36.1	243°45.7	14°38.0	301°38.0	23°16.2	29°21.6	-1°36.4
10	46°03.4	16°07.6	9°36.9	258°46.8	14°37.5	316°39.8	23°16.2	44°23.9	-1°36.3
11	61°05.9	31°07.7	9°37.7	273°48.0	14°37.0	331°41.7	23°16.2	59°26.3	-1°36.3
12	76°08.4	46°07.8	9°38.4	288°49.2	14°36.5	346°43.5	23°16.2	74°28.6	-1°36.2
13	91°10.8	61°07.8	9°39.2	303°50.3	14°36.1	1°45.4	23°16.2	89°30.9	-1°36.2
14	106°13.3	76°07.9	9°40.0	318°51.5	14°35.6	16°47.2	23°16.2	104°33.3	-1°36.2
15	121°15.8	91°07.9	9°40.8	333°52.6	14°35.1	31°49.1	23°16.2	119°35.6	-1°36.1
16	136°18.2	106°08.0	9°41.5	348°53.8	14°34.6	46°50.9	23°16.2	134°37.9	-1°36.1
17	151°20.7	121°08.0	9°42.3	3°54.9	14°34.1	61°52.7	23°16.2	149°40.2	-1°36.0
18	166°23.1	136°08.1	9°43.1	18°56.1	14°33.6	76°54.6	23°16.2	164°42.6	-1°36.0
19	181°25.6	151°08.1	9°43.9	33°57.2	14°33.1	91°56.4	23°16.2	179°44.9	-1°35.9
20	196°28.1	166°08.2	9°44.7	48°58.4	14°32.6	106°58.3	23°16.2	194°47.2	-1°35.9
21	211°30.5	181°08.2	9°45.4	63°59.5	14°32.1	122°00.1	23°16.2	209°49.6	-1°35.8
22	226°33.0	196°08.3	9°46.2	79°00.7	14°31.6	137°02.0	23°16.2	224°51.9	-1°35.8
23	241°35.5	211°08.3	9°47.0	94°01.8	14°31.1	152°03.8	23°16.2	239°54.2	-1°35.7
Mer.pass.:	6:56:	v0.1	d0.8	m-4.2	v1.2	d-0.5	m1.3	v1.8	d0.0 m-1.8	v2.3	d0.0 m1.1

Sun	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	256°37.9	226°08.4	9°47.8	109°03.0	14°30.6	167°05.7	23°16.3	254°56.5	-1°35.7
1	271°40.4	241°08.4	9°48.6	124°04.1	14°30.1	182°07.5	23°16.3	269°58.9	-1°35.6
2	286°42.9	256°08.5	9°49.3	139°05.3	14°29.7	197°09.4	23°16.3	285°01.2	-1°35.6
3	301°45.3	271°08.5	9°50.1	154°06.4	14°29.2	212°11.2	23°16.3	300°03.5	-1°35.5
4	316°47.8	286°08.6	9°50.9	169°07.6	14°28.7	227°13.1	23°16.3	315°05.9	-1°35.5
5	331°50.3	301°08.6	9°51.7	184°08.7	14°28.2	242°14.9	23°16.3	330°08.2	-1°35.5
6	346°52.7	316°08.7	9°52.5	199°09.9	14°27.7	257°16.8	23°16.3	345°10.5	-1°35.4
7	1°55.2	331°08.7	9°53.2	214°11.0	14°27.2	272°18.6	23°16.3	0°12.9	-1°35.4
8	16°57.6	346°08.8	9°54.0	229°12.2	14°26.7	287°20.5	23°16.3	15°15.2	-1°35.3
9	32°00.1	1°08.8	9°54.8	244°13.3	14°26.2	302°22.3	23°16.3	30°17.5	-1°35.3
10	47°02.6	16°08.8	9°55.6	259°14.5	14°25.7	317°24.2	23°16.3	45°19.9	-1°35.2
11	62°05.0	31°08.9	9°56.4	274°15.7	14°25.2	332°26.0	23°16.3	60°22.2	-1°35.2
12	77°07.5	46°08.9	9°57.1	289°16.8	14°24.7	347°27.9	23°16.3	75°24.5	-1°35.1
13	92°10.0	61°09.0	9°57.9	304°18.0	14°24.2	2°29.7	23°16.3	90°26.9	-1°35.1
14	107°12.4	76°09.0	9°58.7	319°19.1	14°23.7	17°31.6	23°16.3	105°29.2	-1°35.0
15	122°14.9	91°09.1	9°59.5	334°20.3	14°23.2	32°33.4	23°16.3	120°31.5	-1°35.0
16	137°17.4	106°09.1	10°00.3	349°21.4	14°22.7	47°35.3	23°16.3	135°33.9	-1°34.9
17	152°19.8	121°09.1	10°01.0	4°22.6	14°22.2	62°37.1	23°16.3	150°36.2	-1°34.9
18	167°22.3	136°09.2	10°01.8	19°23.7	14°21.7	77°39.0	23°16.4	165°38.5	-1°34.9
19	182°24.7	151°09.2	10°02.6	34°24.9	14°21.2	92°40.8	23°16.4	180°40.9	-1°34.8
20	197°27.2	166°09.2	10°03.4	49°26.0	14°20.7	107°42.7	23°16.4	195°43.2	-1°34.8
21	212°29.7	181°09.3	10°04.2	64°27.2	14°20.2	122°44.5	23°16.4	210°45.5	-1°34.7
22	227°32.1	196°09.3	10°04.9	79°28.3	14°19.8	137°46.3	23°16.4	225°47.9	-1°34.7
23	242°34.6	211°09.3	10°05.7	94°29.5	14°19.3	152°48.2	23°16.4	240°50.2	-1°34.6
Mer.pass.:	6:52:	v0.0	d0.8	m-4.2	v1.2	d-0.5	m1.3	v1.8	d0.0 m-1.8	v2.3	d0.0 m1.1

Stars	SHA	Dec
Alpheratz	357°34.6	29°13.7
Ankaa	353°07.0	-42°09.9
Schedar	349°30.9	56°40.3
Diphda	348°47.0	-17°50.7
Achernar	335°20.3	-57°06.2
Hamal	327°51.1	23°34.9
Polaris	314°19.1	89°22.1
Akamar	315°11.9	-40°12.0
Menkar	314°06.1	4°11.4
Mirfak	308°28.3	49°57.0
Aldebaran	290°39.6	16°33.6
Rigel	281°03.9	-8°10.3
Capella	280°21.9	46°01.5
Bellatrix	278°22.9	6°22.4
Elnath	278°01.8	28°37.7
Alnilam	275°37.7	-1°11.2
Betelgeuse	270°52.1	7°24.7
Canopus	263°52.8	-52°42.6
Sirius	258°26.2	-16°44.9
Adara	255°05.9	-29°00.5
Procyon	244°50.7	5°09.7
Pollux	243°17.1	27°58.0
Avior	234°15.1	-59°35.6
Suhail	222°46.3	-43°32.3
Miaplacidus	221°38.7	-69°49.5
Alphard	217°47.6	-8°46.2
Regulus	207°34.1	11°50.6
Dubhe	193°40.6	61°37.1
Denebola	182°24.5	14°25.8
Gienah	175°43.1	-17°41.1
Acrux	172°59.5	-63°14.7
Gacrux	171°51.1	-57°15.6
Alioth	166°12.4	55°49.5
Spica	158°21.8	-11°17.7
Alcaid	152°51.4	49°11.3
Hadar	148°35.1	-60°30.0
Menkent	147°57.0	-36°29.9
Arcturus	145°47.2	19°03.3
Rigil Kent.	139°39.3	-60°56.6
Zubenelg.	136°55.4	-16°08.9
Kochab	137°18.7	74°03.2
Alphecca	126°03.1	26°37.8
Antares	112°15.1	-26°29.4
Atria	107°08.4	-69°04.4
Sabik	102°02.0	-15°45.4
Shaula	96°09.5	-37°07.3
Rasalhague	95°57.9	12°32.4
Etamin	90°41.5	51°29.0
Kaus Aust.	83°31.7	-34°22.3
Vega	80°32.6	38°48.2
Nunki	75°47.0	-26°15.9
Altair	61°59.5	8°56.0
Peacock	53°04.8	-56°39.0
Deneb	49°25.3	45°22.0
Enif	33°38.4	9°59.4
Alnair	27°32.4	-46°50.0
Fomalhaut	15°14.2	-29°29.1
Scheat	13°44.9	28°13.0
Markab	13°29.6	15°20.4

2025/6/6	SHA	Mer.pass
Venus	331°25.6	08:56
Mars	213°27.9	16:46
Jupiter	270°57.3	12:56
Saturn	358°25.2	07:07

2025/6/7	SHA	Mer.pass
Venus	330°28.2	08:55
Mars	212°56.5	16:44
Jupiter	270°42.5	12:53
Saturn	358°21.9	07:03

2025/6/8	SHA	Mer.pass
Venus	329°30.5	08:55
Mars	212°25.1	16:43
Jupiter	270°27.8	12:50
Saturn	358°18.6	06:59

Horizontal paralax	
Venus:	0.2
Mars:	0.1

h	Sun		Moon				
Fri	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	180°20.2	22°39.4	59°44.3	16.8	-8°31.1	-13.6	54.2
1	195°20.1	22°39.6	74°20.1	16.8	-8°44.6	-13.5	54.2
2	210°20.0	22°39.9	88°55.9	16.8	-8°58.2	-13.5	54.2
3	225°19.9	22°40.1	103°31.7	16.7	-9°11.6	-13.5	54.2
4	240°19.8	22°40.4	118°07.4	16.7	-9°25.1	-13.4	54.2
5	255°19.7	22°40.6	132°43.1	16.7	-9°38.5	-13.4	54.2
6	270°19.6	22°40.9	147°18.8	16.7	-9°51.9	-13.4	54.2
7	285°19.4	22°41.1	161°54.4	16.6	-10°05.2	-13.3	54.2
8	300°19.3	22°41.4	176°30.0	16.6	-10°18.5	-13.3	54.1
9	315°19.2	22°41.6	191°05.6	16.6	-10°31.8	-13.2	54.1
10	330°19.1	22°41.9	205°41.1	16.5	-10°45.0	-13.2	54.1
11	345°19.0	22°42.1	220°16.6	16.5	-10°58.2	-13.2	54.1
12	0°18.9	22°42.4	234°52.1	16.4	-11°11.3	-13.1	54.1
13	15°18.8	22°42.6	249°27.5	16.4	-11°24.4	-13.1	54.1
14	30°18.6	22°42.9	264°02.9	16.4	-11°37.5	-13.0	54.1
15	45°18.5	22°43.1	278°38.2	16.3	-11°50.5	-13.0	54.1
16	60°18.4	22°43.4	293°13.5	16.3	-12°03.4	-12.9	54.1
17	75°18.3	22°43.6	307°48.8	16.2	-12°16.3	-12.9	54.1
18	90°18.2	22°43.9	322°24.0	16.2	-12°29.2	-12.8	54.1
19	105°18.1	22°44.1	336°59.2	16.2	-12°42.0	-12.8	54.1
20	120°17.9	22°44.4	351°34.3	16.1	-12°54.8	-12.8	54.1
21	135°17.8	22°44.6	6°09.4	16.1	-13°07.6	-12.7	54.1
22	150°17.7	22°44.8	20°44.5	16.0	-13°20.2	-12.7	54.1
23	165°17.6	22°45.1	35°19.5	16.0	-13°32.9	-12.6	54.1
	SD.=15.8	d=0.3			S.D.=14.8		

Sat	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	180°17.5	22°45.3	49°54.4	15.9	-13°45.4	-12.6	54.1
1	195°17.4	22°45.6	64°29.3	15.9	-13°58.0	-12.5	54.1
2	210°17.3	22°45.8	79°04.1	15.8	-14°10.5	-12.5	54.1
3	225°17.1	22°46.0	93°38.9	15.8	-14°22.9	-12.4	54.1
4	240°17.0	22°46.3	108°13.7	15.7	-14°35.3	-12.3	54.1
5	255°16.9	22°46.5	122°48.4	15.7	-14°47.6	-12.3	54.1
6	270°16.8	22°46.8	137°23.0	15.6	-14°59.8	-12.2	54.1
7	285°16.7	22°47.0	151°57.6	15.6	-15°12.0	-12.2	54.1
8	300°16.5	22°47.2	166°32.1	15.5	-15°24.2	-12.1	54.1
9	315°16.4	22°47.5	181°06.6	15.4	-15°36.3	-12.1	54.1
10	330°16.3	22°47.7	195°41.0	15.4	-15°48.3	-12.0	54.1
11	345°16.2	22°47.9	210°15.4	15.3	-16°00.3	-11.9	54.1
12	0°16.1	22°48.2	224°49.7	15.3	-16°12.2	-11.9	54.1
13	15°16.0	22°48.4	239°23.9	15.2	-16°24.0	-11.8	54.1
14	30°15.8	22°48.6	253°58.1	15.1	-16°35.8	-11.8	54.1
15	45°15.7	22°48.9	268°32.2	15.1	-16°47.6	-11.7	54.1
16	60°15.6	22°49.1	283°06.2	15.0	-16°59.2	-11.6	54.1
17	75°15.5	22°49.3	297°40.2	15.0	-17°10.8	-11.6	54.1
18	90°15.4	22°49.5	312°14.2	14.9	-17°22.3	-11.5	54.1
19	105°15.3	22°49.8	326°48.0	14.8	-17°33.8	-11.4	54.1
20	120°15.1	22°50.0	341°21.8	14.8	-17°45.2	-11.4	54.1
21	135°15.0	22°50.2	355°55.6	14.7	-17°56.5	-11.3	54.1
22	150°14.9	22°50.4	10°29.2	14.6	-18°07.8	-11.2	54.1
23	165°14.8	22°50.7	25°02.8	14.6	-18°19.0	-11.2	54.1
	SD.=15.8	d=0.2			S.D.=14.8		

Sun	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	180°14.7	22°50.9	39°36.4	14.5	-18°30.1	-11.1	54.1
1	195°14.5	22°51.1	54°09.8	14.4	-18°41.2	-11.0	54.1
2	210°14.4	22°51.3	68°43.2	14.4	-18°52.1	-10.9	54.1
3	225°14.3	22°51.6	83°16.6	14.3	-19°03.1	-10.9	54.1
4	240°14.2	22°51.8	97°49.8	14.2	-19°13.9	-10.8	54.1
5	255°14.1	22°52.0	112°23.0	14.2	-19°24.6	-10.7	54.1
6	270°13.9	22°52.2	126°56.1	14.1	-19°35.3	-10.6	54.1
7	285°13.8	22°52.4	141°29.2	14.0	-19°45.9	-10.6	54.1
8	300°13.7	22°52.7	156°02.2	13.9	-19°56.4	-10.5	54.1
9	315°13.6	22°52.9	170°35.1	13.9	-20°06.9	-10.4	54.1
10	330°13.5	22°53.1	185°07.9	13.8	-20°17.2	-10.3	54.1
11	345°13.3	22°53.3	199°40.6	13.7	-20°27.5	-10.2	54.1
12	0°13.2	22°53.5	214°13.3	13.6	-20°37.7	-10.2	54.1
13	15°13.1	22°53.7	228°45.9	13.6	-20°47.8	-10.1	54.1
14	30°13.0	22°54.0	243°18.5	13.5	-20°57.9	-10.0	54.1
15	45°12.9	22°54.2	257°50.9	13.4	-21°07.8	-9.9	54.2
16	60°12.7	22°54.4	272°23.3	13.3	-21°17.7	-9.8	54.2
17	75°12.6	22°54.6	286°55.6	13.3	-21°27.5	-9.7	54.2
18	90°12.5	22°54.8	301°27.8	13.2	-21°37.1	-9.6	54.2
19	105°12.4	22°55.0	315°60.0	13.1	-21°46.7	-9.6	54.2
20	120°12.2	22°55.2	330°32.0	13.0	-21°56.3	-9.5	54.2
21	135°12.1	22°55.4	345°04.0	13.0	-22°05.7	-9.4	54.2
22	150°12.0	22°55.6	359°36.0	12.9	-22°15.0	-9.3	54.2
23	165°11.9	22°55.9	14°07.8	12.8	-22°24.2	-9.2	54.2
	SD.=15.8	d=0.2			S.D.=14.8		

	Twilight				Twilight	
Lat.	Naut.	Civil	Sunrise	Sunset	Civil	Naut.
72	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-
70	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-
68	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-
66	-:-	-:-	00:44	23:19	-:-	-:-
64	-:-	-:-	01:44	22:15	-:-	-:-
62	-:-	-:-	02:17	21:42	-:-	-:-
60	-:-	01:09	02:42	21:17	22:51	-:-
58	-:-	01:50	03:01	20:58	22:10	-:-
56	-:-	02:17	03:17	20:42	21:42	-:-
54	01:03	02:37	03:30	20:28	21:21	22:57
52	01:41	02:54	03:42	20:16	21:04	22:19
50	02:06	03:09	03:52	20:06	20:50	21:53
45	02:48	03:37	04:14	19:44	20:21	21:10
40	03:18	03:59	04:31	19:27	19:59	20:40
35	03:40	04:16	04:46	19:12	19:42	20:18
30	03:58	04:31	04:58	18:60	19:27	19:60
20	04:26	04:55	05:20	18:38	19:03	19:32
10	04:48	05:15	05:38	18:20	18:43	19:10
0	05:07	05:33	05:55	18:03	18:25	18:51
-10	05:23	05:49	06:12	17:46	18:08	18:35
-20	05:39	06:06	06:30	17:28	17:52	18:19
-30	05:55	06:25	06:51	17:07	17:33	18:03
-35	06:03	06:35	07:03	16:55	17:23	17:55
-40	06:12	06:46	07:16	16:41	17:12	17:46
-45	06:22	06:59	07:33	16:25	16:59	17:36
-50	06:33	07:15	07:53	16:05	16:43	17:24
-52	06:38	07:22	08:02	15:55	16:36	17:19
-54	06:44	07:30	08:13	15:45	16:28	17:14
-56	06:50	07:38	08:25	15:33	16:19	17:08
-58	06:56	07:48	08:39	15:19	16:10	17:02
-60	07:03	07:59	08:55	15:02	15:58	16:54

	Moonrise			Moonset		
Lat.	Fri	Sat	Sun	Fri	Sat	Sun
72	17:20	-:-	-:-	00:10	-:-	-:-
70	16:57	19:19	-:-	00:22	22:56	-:-
68	16:39	18:39	-:-	00:33	00:10	-:-
66	16:24	18:12	20:21	00:41	00:26	00:05
64	16:13	17:51	19:41	00:48	00:39	00:27
62	16:03	17:35	19:13	00:55	00:50	00:44
60	15:54	17:21	18:52	01:00	00:59	00:59
58	15:47	17:09	18:34	01:05	01:08	01:11
56	15:41	16:59	18:20	01:09	01:15	01:22
54	15:35	16:50	18:08	01:13	01:21	01:32
52	15:30	16:42	17:57	01:17	01:27	01:40
50	15:25	16:35	17:47	01:20	01:33	01:48
45	15:15	16:20	17:27	01:27	01:44	02:05
40	15:07	16:08	17:10	01:33	01:54	02:18
35	14:60	15:57	16:57	01:38	02:03	02:30
30	14:53	15:48	16:45	01:43	02:10	02:40
20	14:43	15:33	16:24	01:51	02:23	02:58
10	14:33	15:19	16:07	01:57	02:34	03:13
0	14:25	15:06	15:51	02:04	02:45	03:27
-10	14:16	14:54	15:34	02:11	02:55	03:42
-20	14:07	14:41	15:17	02:18	03:07	03:57
-30	13:57	14:25	14:57	02:26	03:20	04:15
-35	13:51	14:17	14:46	02:30	03:27	04:26
-40	13:44	14:07	14:33	02:36	03:36	04:38
-45	13:37	13:55	14:18	02:42	03:46	04:52
-50	13:27	13:41	13:59	02:49	03:59	05:10
-52	13:23	13:35	13:50	02:53	04:05	05:18
-54	13:18	13:28	13:40	02:57	04:11	05:27
-56	13:13	13:20	13:29	03:01	04:18	05:38
-58	13:08	13:11	13:16	03:06	04:26	05:50
-60	13:01	13:01	13:01	03:11	04:35	06:04

	Sun			Moon	
Day	Eqn.of Time		Mer.	Mer.Pass.		Age
	00h	12h	Pass	Upper	Lower	
6	01:21	01:16	11:58	20:34	08:14	10(80%)
7	01:10	01:04	11:58	21:16	08:55	11(87%)
8	00:59	00:53	11:59	22:01	09:38	12(93%)

	Aries	Venus		Mars		Jupiter		Saturn	
Mon	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	278°19.0	225°05.7	16°25.8	119°01.8	9°49.5	183°19.4	23°13.7	275°47.3	-1°20.2
1	293°21.5	240°05.4	16°26.5	134°02.9	9°48.9	198°21.2	23°13.7	290°49.7	-1°20.2
2	308°23.9	255°05.1	16°27.2	149°04.0	9°48.3	213°23.1	23°13.6	305°52.1	-1°20.1
3	323°26.4	270°04.8	16°27.9	164°05.1	9°47.8	228°24.9	23°13.6	320°54.5	-1°20.1
4	338°28.9	285°04.5	16°28.5	179°06.2	9°47.2	243°26.8	23°13.6	335°56.9	-1°20.1
5	353°31.3	300°04.3	16°29.2	194°07.3	9°46.6	258°28.6	23°13.6	350°59.3	-1°20.1
6	8°33.8	315°04.0	16°29.9	209°08.5	9°46.1	273°30.4	23°13.6	6°01.7	-1°20.1
7	23°36.3	330°03.7	16°30.6	224°09.6	9°45.5	288°32.3	23°13.6	21°04.1	-1°20.1
8	38°38.7	345°03.4	16°31.3	239°10.7	9°44.9	303°34.1	23°13.5	36°06.6	-1°20.1
9	53°41.2	0°03.1	16°31.9	254°11.8	9°44.4	318°36.0	23°13.5	51°09.0	-1°20.1
10	68°43.7	15°02.8	16°32.6	269°12.9	9°43.8	333°37.8	23°13.5	66°11.4	-1°20.1
11	83°46.1	30°02.5	16°33.3	284°14.0	9°43.2	348°39.7	23°13.5	81°13.8	-1°20.0
12	98°48.6	45°02.2	16°34.0	299°15.2	9°42.6	3°41.5	23°13.5	96°16.2	-1°20.0
13	113°51.0	60°02.0	16°34.6	314°16.3	9°42.1	18°43.4	23°13.5	111°18.6	-1°20.0
14	128°53.5	75°01.7	16°35.3	329°17.4	9°41.5	33°45.2	23°13.5	126°21.0	-1°20.0
15	143°56.0	90°01.4	16°36.0	344°18.5	9°40.9	48°47.0	23°13.4	141°23.4	-1°20.0
16	158°58.4	105°01.1	16°36.7	359°19.6	9°40.4	63°48.9	23°13.4	156°25.8	-1°20.0
17	174°00.9	120°00.8	16°37.3	14°20.7	9°39.8	78°50.7	23°13.4	171°28.3	-1°20.0
18	189°03.4	135°00.5	16°38.0	29°21.9	9°39.2	93°52.6	23°13.4	186°30.7	-1°20.0
19	204°05.8	150°00.2	16°38.7	44°23.0	9°38.7	108°54.4	23°13.4	201°33.1	-1°20.0
20	219°08.3	164°59.9	16°39.4	59°24.1	9°38.1	123°56.3	23°13.4	216°35.5	-1°19.9
21	234°10.8	179°59.6	16°40.0	74°25.2	9°37.5	138°58.1	23°13.3	231°37.9	-1°19.9
22	249°13.2	194°59.3	16°40.7	89°26.3	9°36.9	153°60.0	23°13.3	246°40.3	-1°19.9
23	264°15.7	209°59.0	16°41.4	104°27.4	9°36.4	169°01.8	23°13.3	261°42.7	-1°19.9
Mer.pass.:	5:25:	v-0.3 d0.7	m-4.0	v1.1 d-0.6	m1.5	v1.8 d-0.0	m-1.8	v2.4 d0.0	m1.0

Tue	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	279°18.1	224°58.7	16°42.1	119°28.5	9°35.8	184°03.6	23°13.3	276°45.1	-1°19.9
1	294°20.6	239°58.4	16°42.7	134°29.7	9°35.2	199°05.5	23°13.3	291°47.6	-1°19.9
2	309°23.1	254°58.1	16°43.4	149°30.8	9°34.7	214°07.3	23°13.3	306°50.0	-1°19.9
3	324°25.5	269°57.8	16°44.1	164°31.9	9°34.1	229°09.2	23°13.2	321°52.4	-1°19.9
4	339°28.0	284°57.5	16°44.7	179°33.0	9°33.5	244°11.0	23°13.2	336°54.8	-1°19.9
5	354°30.5	299°57.2	16°45.4	194°34.1	9°32.9	259°12.9	23°13.2	351°57.2	-1°19.9
6	9°32.9	314°56.9	16°46.1	209°35.2	9°32.4	274°14.7	23°13.2	6°59.6	-1°19.9
7	24°35.4	329°56.6	16°46.7	224°36.4	9°31.8	289°16.6	23°13.2	22°02.0	-1°19.8
8	39°37.9	344°56.3	16°47.4	239°37.5	9°31.2	304°18.4	23°13.1	37°04.5	-1°19.8
9	54°40.3	359°56.0	16°48.1	254°38.6	9°30.6	319°20.2	23°13.1	52°06.9	-1°19.8
10	69°42.8	14°55.7	16°48.7	269°39.7	9°30.1	334°22.1	23°13.1	67°09.3	-1°19.8
11	84°45.3	29°55.4	16°49.4	284°40.8	9°29.5	349°23.9	23°13.1	82°11.7	-1°19.8
12	99°47.7	44°55.1	16°50.1	299°41.9	9°28.9	4°25.8	23°13.1	97°14.1	-1°19.8
13	114°50.2	59°54.8	16°50.7	314°43.0	9°28.3	19°27.6	23°13.1	112°16.5	-1°19.8
14	129°52.6	74°54.5	16°51.4	329°44.2	9°27.8	34°29.5	23°13.0	127°18.9	-1°19.8
15	144°55.1	89°54.2	16°52.1	344°45.3	9°27.2	49°31.3	23°13.0	142°21.4	-1°19.8
16	159°57.6	104°53.9	16°52.7	359°46.4	9°26.6	64°33.2	23°13.0	157°23.8	-1°19.8
17	175°00.0	119°53.6	16°53.4	14°47.5	9°26.1	79°35.0	23°13.0	172°26.2	-1°19.8
18	190°02.5	134°53.3	16°54.0	29°48.6	9°25.5	94°36.8	23°13.0	187°28.6	-1°19.7
19	205°05.0	149°53.0	16°54.7	44°49.7	9°24.9	109°38.7	23°13.0	202°31.0	-1°19.7
20	220°07.4	164°52.7	16°55.4	59°50.8	9°24.3	124°40.5	23°12.9	217°33.4	-1°19.7
21	235°09.9	179°52.4	16°56.0	74°52.0	9°23.8	139°42.4	23°12.9	232°35.9	-1°19.7
22	250°12.4	194°52.1	16°56.7	89°53.1	9°23.2	154°44.2	23°12.9	247°38.3	-1°19.7
23	265°14.8	209°51.8	16°57.3	104°54.2	9°22.6	169°46.1	23°12.9	262°40.7	-1°19.7
Mer.pass.:	5:21:	v-0.3 d0.7	m-4.0	v1.1 d-0.6	m1.5	v1.8 d-0.0	m-1.8	v2.4 d0.0	m1.0

Wed	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	280°17.3	224°51.5	16°58.0	119°55.3	9°22.0	184°47.9	23°12.9	277°43.1	-1°19.7
1	295°19.8	239°51.1	16°58.7	134°56.4	9°21.5	199°49.8	23°12.9	292°45.5	-1°19.7
2	310°22.2	254°50.8	16°59.3	149°57.5	9°20.9	214°51.6	23°12.8	307°47.9	-1°19.7
3	325°24.7	269°50.5	16°60.0	164°58.6	9°20.3	229°53.5	23°12.8	322°50.4	-1°19.7
4	340°27.1	284°50.2	17°00.6	179°59.8	9°19.7	244°55.3	23°12.8	337°52.8	-1°19.7
5	355°29.6	299°49.9	17°01.3	195°00.9	9°19.2	259°57.1	23°12.8	352°55.2	-1°19.7
6	10°32.1	314°49.6	17°02.0	210°02.0	9°18.6	274°59.0	23°12.8	7°57.6	-1°19.6
7	25°34.5	329°49.3	17°02.6	225°03.1	9°18.0	290°00.8	23°12.7	23°00.0	-1°19.6
8	40°37.0	344°48.9	17°03.3	240°04.2	9°17.4	305°02.7	23°12.7	38°02.4	-1°19.6
9	55°39.5	359°48.6	17°03.9	255°05.3	9°16.9	320°04.5	23°12.7	53°04.9	-1°19.6
10	70°41.9	14°48.3	17°04.6	270°06.4	9°16.3	335°06.4	23°12.7	68°07.3	-1°19.6
11	85°44.4	29°48.0	17°05.2	285°07.6	9°15.7	350°08.2	23°12.7	83°09.7	-1°19.6
12	100°46.9	44°47.7	17°05.9	300°08.7	9°15.1	5°10.1	23°12.7	98°12.1	-1°19.6
13	115°49.3	59°47.4	17°06.5	315°09.8	9°14.5	20°11.9	23°12.6	113°14.5	-1°19.6
14	130°51.8	74°47.0	17°07.2	330°10.9	9°14.0	35°13.8	23°12.6	128°17.0	-1°19.6
15	145°54.2	89°46.7	17°07.8	345°12.0	9°13.4	50°15.6	23°12.6	143°19.4	-1°19.6
16	160°56.7	104°46.4	17°08.5	0°13.1	9°12.8	65°17.4	23°12.6	158°21.8	-1°19.6
17	175°59.2	119°46.1	17°09.1	15°14.2	9°12.2	80°19.3	23°12.6	173°24.2	-1°19.6
18	191°01.6	134°45.8	17°09.8	30°15.3	9°11.7	95°21.1	23°12.5	188°26.6	-1°19.6
19	206°04.1	149°45.4	17°10.4	45°16.5	9°11.1	110°23.0	23°12.5	203°29.0	-1°19.6
20	221°06.6	164°45.1	17°11.1	60°17.6	9°10.5	125°24.8	23°12.5	218°31.5	-1°19.5
21	236°09.0	179°44.8	17°11.7	75°18.7	9°09.9	140°26.7	23°12.5	233°33.9	-1°19.5
22	251°11.5	194°44.5	17°12.4	90°19.8	9°09.4	155°28.5	23°12.5	248°36.3	-1°19.5
23	266°14.0	209°44.2	17°13.0	105°20.9	9°08.8	170°30.4	23°12.5	263°38.7	-1°19.5
Mer.pass.:	5:17:	v-0.3 d0.7	m-4.0	v1.1 d-0.6	m1.5	v1.8 d-0.0	m-1.8	v2.4 d0.0	m1.0

Stars	SHA	Dec
Alpheratz	357°34.3	29°13.8
Ankaa	353°06.7	-42°09.8
Schedar	349°30.6	56°40.4
Diphda	348°46.8	-17°50.7
Achernar	335°20.1	-57°06.1
Hamal	327°50.9	23°34.9
Polaris	314°09.2	89°22.0
Akamar	315°11.7	-40°11.9
Menkar	314°05.9	4°11.4
Mirfak	308°28.0	49°56.9
Aldebaran	290°39.5	16°33.6
Rigel	281°03.8	-8°10.3
Capella	280°21.8	46°01.4
Bellatrix	278°22.8	6°22.4
Elnath	278°01.7	28°37.7
Alnilam	275°37.7	-1°11.1
Betelgeuse	270°52.0	7°24.7
Canopus	263°52.8	-52°42.5
Sirius	258°26.2	-16°44.8
Adara	255°05.9	-29°00.4
Procyon	244°50.7	5°09.8
Pollux	243°17.1	27°57.9
Avior	234°15.2	-59°35.5
Suhail	222°46.4	-43°32.2
Miaplacidus	221°39.0	-69°49.5
Alphard	217°47.6	-8°46.2
Regulus	207°34.2	11°50.6
Dubhe	193°40.7	61°37.1
Denebola	182°24.5	14°25.9
Gienah	175°43.2	-17°41.1
Acrux	172°59.7	-63°14.7
Gacrux	171°51.2	-57°15.7
Alioth	166°12.6	55°49.5
Spica	158°21.8	-11°17.7
Alcaid	152°51.5	49°11.4
Hadar	148°35.2	-60°30.0
Menkent	147°57.0	-36°29.9
Arcturus	145°47.2	19°03.4
Rigil Kent.	139°39.4	-60°56.7
Zubenelg.	136°55.4	-16°08.9
Kochab	137°19.1	74°03.2
Alphecca	126°03.1	26°37.8
Antares	112°15.0	-26°29.4
Atria	107°08.3	-69°04.5
Sabik	102°02.0	-15°45.4
Shaula	96°09.4	-37°07.4
Rasalhague	95°57.9	12°32.5
Etamin	90°41.4	51°29.1
Kaus Aust.	83°31.5	-34°22.3
Vega	80°32.5	38°48.4
Nunki	75°46.9	-26°15.9
Altair	61°59.3	8°56.1
Peacock	53°04.5	-56°39.0
Deneb	49°25.1	45°22.1
Enif	33°38.2	9°59.5
Alnair	27°32.1	-46°50.0
Fomalhaut	15°14.0	-29°29.0
Scheat	13°44.7	28°13.1
Markab	13°29.4	15°20.5

2025/6/3	SHA	Mer.pass
Venus	306°46.7	08:60
Mars	200°42.7	16:03
Jupiter	265°00.4	11:45
Saturn	357°28.3	05:36

2025/7/1	SHA	Mer.pass
Venus	305°40.6	09:00
Mars	200°10.4	16:01
Jupiter	264°45.5	11:42
Saturn	357°27.0	05:32

2025/7/2	SHA	Mer.pass
Venus	304°34.2	09:01
Mars	199°38.0	15:59
Jupiter	264°30.6	11:39
Saturn	357°25.8	05:28

Horizontal paralax	
Venus:	0.2
Mars:	0.1

h	Sun		Moon				
Mon	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	179°05.1	23°10.0	119°31.5	14.4	10°16.8	-14.3	56.3
1	194°05.0	23°09.9	134°04.9	14.5	10°02.5	-14.4	56.3
2	209°04.9	23°09.7	148°38.5	14.6	9°48.1	-14.4	56.2
3	224°04.8	23°09.6	163°12.1	14.7	9°33.7	-14.4	56.2
4	239°04.6	23°09.4	177°45.8	14.7	9°19.3	-14.4	56.2
5	254°04.5	23°09.2	192°19.6	14.8	9°04.8	-14.5	56.1
6	269°04.4	23°09.1	206°53.5	14.9	8°50.3	-14.5	56.1
7	284°04.3	23°08.9	221°27.4	15.0	8°35.8	-14.5	56.1
8	299°04.1	23°08.8	236°01.4	15.0	8°21.3	-14.5	56.0
9	314°04.0	23°08.6	250°35.4	15.1	8°06.8	-14.5	56.0
10	329°03.9	23°08.5	265°09.6	15.2	7°52.3	-14.5	56.0
11	344°03.8	23°08.3	279°43.8	15.2	7°37.7	-14.6	56.0
12	359°03.7	23°08.1	294°18.0	15.3	7°23.2	-14.6	55.9
13	14°03.5	23°08.0	308°52.4	15.4	7°08.6	-14.6	55.9
14	29°03.4	23°07.8	323°26.7	15.4	6°54.0	-14.6	55.9
15	44°03.3	23°07.7	338°01.2	15.5	6°39.4	-14.6	55.8
16	59°03.2	23°07.5	352°35.7	15.5	6°24.8	-14.6	55.8
17	74°03.0	23°07.3	7°10.2	15.6	6°10.1	-14.6	55.8
18	89°02.9	23°07.2	21°44.9	15.6	5°55.5	-14.6	55.7
19	104°02.8	23°07.0	36°19.5	15.7	5°40.9	-14.6	55.7
20	119°02.7	23°06.8	50°54.3	15.8	5°26.2	-14.6	55.7
21	134°02.6	23°06.7	65°29.0	15.8	5°11.6	-14.7	55.7
22	149°02.4	23°06.5	80°03.9	15.9	4°56.9	-14.7	55.6
23	164°02.3	23°06.3	94°38.7	15.9	4°42.2	-14.7	55.6
	SD.=15.7	d=-0.2		S.D.=15.4			

Tue	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	179°02.2	23°06.2	109°13.7	16.0	4°27.6	-14.7	55.6
1	194°02.1	23°06.0	123°48.7	16.0	4°12.9	-14.7	55.5
2	209°01.9	23°05.8	138°23.7	16.0	3°58.3	-14.7	55.5
3	224°01.8	23°05.7	152°58.7	16.1	3°43.6	-14.7	55.5
4	239°01.7	23°05.5	167°33.8	16.1	3°28.9	-14.7	55.5
5	254°01.6	23°05.3	182°09.0	16.2	3°14.3	-14.7	55.4
6	269°01.5	23°05.1	196°44.2	16.2	2°59.6	-14.7	55.4
7	284°01.3	23°05.0	211°19.4	16.2	2°44.9	-14.7	55.4
8	299°01.2	23°04.8	225°54.7	16.3	2°30.3	-14.7	55.4
9	314°01.1	23°04.6	240°30.0	16.3	2°15.6	-14.6	55.3
10	329°01.0	23°04.4	255°05.3	16.4	2°01.0	-14.6	55.3
11	344°00.9	23°04.3	269°40.7	16.4	1°46.4	-14.6	55.3
12	359°00.7	23°04.1	284°16.1	16.4	1°31.7	-14.6	55.3
13	14°00.6	23°03.9	298°51.5	16.5	1°17.1	-14.6	55.2
14	29°00.5	23°03.7	313°27.0	16.5	1°02.5	-14.6	55.2
15	44°00.4	23°03.5	328°02.5	16.5	0°47.9	-14.6	55.2
16	59°00.3	23°03.4	342°38.0	16.5	0°33.3	-14.6	55.2
17	74°00.1	23°03.2	357°13.6	16.6	0°18.7	-14.6	55.1
18	89°00.0	23°03.0	11°49.1	16.6	0°04.1	-14.6	55.1
19	103°59.9	23°02.8	26°24.7	16.6	-0°10.4	-14.6	55.1
20	118°59.8	23°02.6	41°00.4	16.6	-0°25.0	-14.5	55.1
21	133°59.7	23°02.5	55°36.0	16.7	-0°39.5	-14.5	55.1
22	148°59.5	23°02.3	70°11.7	16.7	-0°54.0	-14.5	55.0
23	163°59.4	23°02.1	84°47.3	16.7	-1°08.5	-14.5	55.0
	SD.=15.7	d=-0.2		S.D.=15.2			

Wed	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	178°59.3	23°01.9	99°23.0	16.7	-1°23.0	-14.5	55.0
1	193°59.2	23°01.7	113°58.8	16.7	-1°37.5	-14.5	55.0
2	208°59.1	23°01.5	128°34.5	16.7	-1°52.0	-14.4	54.9
3	223°58.9	23°01.3	143°10.2	16.7	-2°06.4	-14.4	54.9
4	238°58.8	23°01.2	157°46.0	16.8	-2°20.8	-14.4	54.9
5	253°58.7	23°01.0	172°21.7	16.8	-2°35.2	-14.4	54.9
6	268°58.6	23°00.8	186°57.5	16.8	-2°49.6	-14.4	54.9
7	283°58.5	23°00.6	201°33.3	16.8	-3°03.9	-14.3	54.8
8	298°58.4	23°00.4	216°09.1	16.8	-3°18.3	-14.3	54.8
9	313°58.2	23°00.2	230°44.9	16.8	-3°32.6	-14.3	54.8
10	328°58.1	23°00.0	245°20.7	16.8	-3°46.9	-14.3	54.8
11	343°58.0	22°59.8	259°56.5	16.8	-4°01.1	-14.3	54.8
12	358°57.9	22°59.6	274°32.3	16.8	-4°15.4	-14.2	54.8
13	13°57.8	22°59.4	289°08.1	16.8	-4°29.6	-14.2	54.7
14	28°57.7	22°59.2	303°43.9	16.8	-4°43.8	-14.2	54.7
15	43°57.5	22°59.0	318°19.7	16.8	-4°58.0	-14.2	54.7
16	58°57.4	22°58.8	332°55.5	16.8	-5°12.1	-14.1	54.7
17	73°57.3	22°58.6	347°31.3	16.8	-5°26.2	-14.1	54.7
18	88°57.2	22°58.4	2°07.1	16.8	-5°40.3	-14.1	54.6
19	103°57.1	22°58.2	16°42.9	16.8	-5°54.4	-14.0	54.6
20	118°57.0	22°58.0	31°18.7	16.8	-6°08.4	-14.0	54.6
21	133°56.8	22°57.8	45°54.5	16.8	-6°22.4	-14.0	54.6
22	148°56.7	22°57.6	60°30.3	16.8	-6°36.3	-13.9	54.6
23	163°56.6	22°57.4	75°06.0	16.8	-6°50.3	-13.9	54.6
	SD.=15.7	d=-0.2		S.D.=15.0			

	Twilight			Twilight		
Lat.	Naut.	Civil	Sunrise	Sunset	Civil	Naut.
72	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-
70	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-
68	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-	-:-
66	-:-	-:-	00:23	23:38	-:-	-:-
64	-:-	-:-	01:42	22:25	-:-	-:-
62	-:-	-:-	02:17	21:50	-:-	-:-
60	-:-	01:04	02:42	21:25	23:02	-:-
58	-:-	01:49	03:02	21:05	22:18	-:-
56	-:-	02:17	03:19	20:49	21:50	-:-
54	00:59	02:39	03:32	20:35	21:29	23:07
52	01:40	02:56	03:45	20:23	21:11	22:27
50	02:07	03:11	03:55	20:12	20:57	22:00
45	02:51	03:40	04:17	19:50	20:27	21:17
40	03:21	04:02	04:35	19:33	20:05	20:47
35	03:44	04:20	04:50	19:18	19:48	20:24
30	04:02	04:35	05:03	19:05	19:33	20:06
20	04:31	04:60	05:24	18:44	19:08	19:37
10	04:53	05:20	05:43	18:25	18:48	19:15
0	05:12	05:38	06:00	18:08	18:30	18:56
-10	05:28	05:55	06:17	17:50	18:13	18:40
-20	05:44	06:12	06:36	17:32	17:56	18:24
-30	06:01	06:30	06:57	17:11	17:38	18:07
-35	06:09	06:41	07:09	16:59	17:27	17:59
-40	06:18	06:52	07:23	16:45	17:16	17:50
-45	06:28	07:06	07:39	16:29	17:03	17:40
-50	06:40	07:21	07:60	16:08	16:47	17:28
-52	06:45	07:29	08:09	15:59	16:40	17:23
-54	06:51	07:37	08:20	15:48	16:32	17:18
-56	06:57	07:45	08:32	15:36	16:23	17:12
-58	07:03	07:55	08:47	15:21	16:13	17:05
-60	07:10	08:07	09:04	15:04	16:01	16:58

	Moonrise			Moonset		
Lat.	Mon	Tue	Wed	Mon	Tue	Wed
72	08:33	10:39	12:39	00:15	23:05	22:32
70	08:46	10:42	12:32	23:32	23:07	22:42
68	08:56	10:44	12:27	23:27	23:08	22:50
66	09:04	10:45	12:23	23:23	23:10	22:56
64	09:11	10:47	12:19	23:19	23:11	23:02
62	09:17	10:48	12:16	23:16	23:11	23:07
60	09:23	10:49	12:13	23:13	23:12	23:11
58	09:27	10:50	12:10	23:11	23:13	23:15
56	09:31	10:51	12:08	23:09	23:13	23:18
54	09:35	10:52	12:06	23:07	23:14	23:21
52	09:38	10:53	12:05	23:05	23:14	23:24
50	09:41	10:53	12:03	23:03	23:15	23:26
45	09:48	10:55	11:59	22:60	23:16	23:32
40	09:53	10:56	11:57	22:57	23:17	23:37
35	09:58	10:57	11:54	22:54	23:17	23:41
30	10:02	10:58	11:52	22:52	23:18	23:44
20	10:09	10:59	11:48	22:48	23:19	23:50
10	10:15	11:00	11:45	22:44	23:20	23:56
0	10:20	11:02	11:42	22:40	23:21	-:-
-10	10:26	11:03	11:39	22:37	23:22	-:-
-20	10:32	11:04	11:36	22:33	23:23	-:-
-30	10:39	11:06	11:32	22:29	23:24	-:-
-35	10:43	11:07	11:30	22:26	23:24	-:-
-40	10:47	11:08	11:28	22:23	23:25	-:-
-45	10:52	11:09	11:25	22:20	23:26	-:-
-50	10:59	11:10	11:22	22:16	23:27	-:-
-52	11:01	11:11	11:20	22:14	23:27	-:-
-54	11:04	11:12	11:19	22:12	23:28	-:-
-56	11:08	11:13	11:17	22:10	23:28	-:-
-58	11:11	11:13	11:15	22:07	23:29	-:-
-60	11:16	11:14	11:13	22:05	23:30	-:-

	Sun			Moon		
Day	Eqn.of Time		Mer.	Mer.Pass.		Age
	00^h	12^h	Pass	Upper	Lower	
30	03:39	03:45	12:03	16:30	04:09	5(28%)
1	03:51	03:57	12:03	17:11	04:51	6(37%)
2	04:03	04:08	12:04	17:51	05:31	7(47%)

	Aries	Venus		Mars		Jupiter		Saturn	
Wed	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	253°54.7	180°15.8	22°32.5	228°33.2	9°17.1	193°29.5	19°55.9	263°21.6	-6°06.4
1	268°57.2	195°15.0	22°33.0	243°33.9	9°17.8	208°31.4	19°56.0	278°23.9	-6°06.4
2	283°59.7	210°14.1	22°33.4	258°34.6	9°18.5	223°33.2	19°56.1	293°26.3	-6°06.4
3	299°02.1	225°13.3	22°33.8	273°35.3	9°19.2	238°35.1	19°56.2	308°28.7	-6°06.4
4	314°04.6	240°12.5	22°34.3	288°36.0	9°19.9	253°36.9	19°56.3	323°31.0	-6°06.3
5	329°07.1	255°11.7	22°34.7	303°36.7	9°20.6	268°38.8	19°56.5	338°33.4	-6°06.3
6	344°09.5	270°10.8	22°35.2	318°37.4	9°21.2	283°40.7	19°56.6	353°35.8	-6°06.3
7	359°12.0	285°10.0	22°35.6	333°38.1	9°21.9	298°42.5	19°56.7	8°38.1	-6°06.2
8	14°14.5	300°09.2	22°36.0	348°38.9	9°22.6	313°44.4	19°56.8	23°40.5	-6°06.2
9	29°16.9	315°08.3	22°36.5	3°39.6	9°23.3	328°46.2	19°56.9	38°42.9	-6°06.2
10	44°19.4	330°07.5	22°36.9	18°40.3	9°24.0	343°48.1	19°57.0	53°45.2	-6°06.1
11	59°21.9	345°06.7	22°37.3	33°41.0	9°24.7	358°50.0	19°57.2	68°47.6	-6°06.1
12	74°24.3	0°05.8	22°37.8	48°41.7	9°25.3	13°51.8	19°57.3	83°50.0	-6°06.1
13	89°26.8	15°05.0	22°38.2	63°42.4	9°26.0	28°53.7	19°57.4	98°52.3	-6°06.1
14	104°29.2	30°04.2	22°38.6	78°43.1	9°26.7	43°55.5	19°57.5	113°54.7	-6°06.0
15	119°31.7	45°03.3	22°39.0	93°43.8	9°27.4	58°57.4	19°57.6	128°57.1	-6°06.0
16	134°34.2	60°02.5	22°39.5	108°44.5	9°28.1	73°59.2	19°57.7	143°59.5	-6°06.0
17	149°36.6	75°01.6	22°39.9	123°45.2	9°28.8	89°01.1	19°57.9	159°01.8	-6°05.9
18	164°39.1	90°00.8	22°40.3	138°45.9	9°29.4	104°03.0	19°58.0	174°04.2	-6°05.9
19	179°41.6	104°60.0	22°40.7	153°46.6	9°30.1	119°04.8	19°58.1	189°06.6	-6°05.9
20	194°44.0	119°59.1	22°41.2	168°47.3	9°30.8	134°06.7	19°58.2	204°08.9	-6°05.8
21	209°46.5	134°58.3	22°41.6	183°48.0	9°31.5	149°08.5	19°58.3	219°11.3	-6°05.8
22	224°49.0	149°57.5	22°42.0	198°48.7	9°32.2	164°10.4	19°58.4	234°13.7	-6°05.8
23	239°51.4	164°56.6	22°42.4	213°49.4	9°32.8	179°12.3	19°58.5	249°16.0	-6°05.8
Mer.pass.:	7:03:	v-0.8	d0.4	m-3.8	v0.7	d0.7	m1.0	v1.9	d0.1 m-1.8	v2.4	d0.0 m1.2

Thu	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	254°53.9	179°55.8	22°42.8	228°50.1	9°33.5	194°14.1	19°58.7	264°18.4	-6°05.7
1	269°56.4	194°55.0	22°43.2	243°50.8	9°34.2	209°16.0	19°58.8	279°20.8	-6°05.7
2	284°58.8	209°54.1	22°43.7	258°51.5	9°34.9	224°17.8	19°58.9	294°23.2	-6°05.7
3	300°01.3	224°53.3	22°44.1	273°52.2	9°35.6	239°19.7	19°59.0	309°25.5	-6°05.6
4	315°03.7	239°52.4	22°44.5	288°52.9	9°36.2	254°21.5	19°59.1	324°27.9	-6°05.6
5	330°06.2	254°51.6	22°44.9	303°53.6	9°36.9	269°23.4	19°59.2	339°30.3	-6°05.6
6	345°08.7	269°50.8	22°45.3	318°54.3	9°37.6	284°25.3	19°59.4	354°32.6	-6°05.6
7	0°11.1	284°49.9	22°45.7	333°55.0	9°38.3	299°27.1	19°59.5	9°35.0	-6°05.5
8	15°13.6	299°49.1	22°46.1	348°55.7	9°39.0	314°29.0	19°59.6	24°37.4	-6°05.5
9	30°16.1	314°48.2	22°46.5	3°56.4	9°39.6	329°30.8	19°59.7	39°39.8	-6°05.5
10	45°18.5	329°47.4	22°46.9	18°57.1	9°40.3	344°32.7	19°59.8	54°42.1	-6°05.4
11	60°21.0	344°46.6	22°47.3	33°57.8	9°41.0	359°34.6	19°59.9	69°44.5	-6°05.4
12	75°23.5	359°45.7	22°47.7	48°58.5	9°41.7	14°36.4	20°00.0	84°46.9	-6°05.4
13	90°25.9	14°44.9	22°48.1	63°59.2	9°42.4	29°38.3	20°00.2	99°49.2	-6°05.4
14	105°28.4	29°44.0	22°48.5	78°59.9	9°43.0	44°40.1	20°00.3	114°51.6	-6°05.3
15	120°30.9	44°43.2	22°48.9	94°00.6	9°43.7	59°42.0	20°00.4	129°54.0	-6°05.3
16	135°33.3	59°42.3	22°49.3	109°01.3	9°44.4	74°43.9	20°00.5	144°56.4	-6°05.3
17	150°35.8	74°41.5	22°49.7	124°02.0	9°45.1	89°45.7	20°00.6	159°58.7	-6°05.3
18	165°38.2	89°40.7	22°50.1	139°02.7	9°45.7	104°47.6	20°00.7	175°01.1	-6°05.2
19	180°40.7	104°39.8	22°50.5	154°03.4	9°46.4	119°49.4	20°00.8	190°03.5	-6°05.2
20	195°43.2	119°39.0	22°50.9	169°04.2	9°47.1	134°51.3	20°01.0	205°05.8	-6°05.2
21	210°45.6	134°38.1	22°51.3	184°04.9	9°47.8	149°53.1	20°01.1	220°08.2	-6°05.1
22	225°48.1	149°37.3	22°51.7	199°05.6	9°48.5	164°55.0	20°01.2	235°10.6	-6°05.1
23	240°50.6	164°36.4	22°52.1	214°06.3	9°49.1	179°56.9	20°01.3	250°13.0	-6°05.1
Mer.pass.:	6:59:	v-0.8	d0.4	m-3.8	v0.7	d0.7	m1.0	v1.9	d0.1 m-1.8	v2.4	d0.0 m1.1

Fri	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
0	255°53.0	179°35.6	22°52.5	229°07.0	9°49.8	194°58.7	20°01.4	265°15.3	-6°05.1
1	270°55.5	194°34.7	22°52.9	244°07.7	9°50.5	210°00.6	20°01.5	280°17.7	-6°05.0
2	285°58.0	209°33.9	22°53.2	259°08.4	9°51.2	225°02.4	20°01.6	295°20.1	-6°05.0
3	301°00.4	224°33.0	22°53.6	274°09.1	9°51.8	240°04.3	20°01.8	310°22.5	-6°05.0
4	316°02.9	239°32.2	22°54.0	289°09.8	9°52.5	255°06.2	20°01.9	325°24.8	-6°05.0
5	331°05.4	254°31.3	22°54.4	304°10.5	9°53.2	270°08.0	20°02.0	340°27.2	-6°04.9
6	346°07.8	269°30.5	22°54.8	319°11.2	9°53.9	285°09.9	20°02.1	355°29.6	-6°04.9
7	1°10.3	284°29.7	22°55.2	334°11.9	9°54.5	300°11.7	20°02.2	10°32.0	-6°04.9
8	16°12.7	299°28.8	22°55.5	349°12.6	9°55.2	315°13.6	20°02.3	25°34.3	-6°04.8
9	31°15.2	314°28.0	22°55.9	4°13.3	9°55.9	330°15.5	20°02.4	40°36.7	-6°04.8
10	46°17.7	329°27.1	22°56.3	19°14.0	9°56.6	345°17.3	20°02.6	55°39.1	-6°04.8
11	61°20.1	344°26.3	22°56.7	34°14.7	9°57.2	0°19.2	20°02.7	70°41.5	-6°04.8
12	76°22.6	359°25.4	22°57.1	49°15.4	9°57.9	15°21.0	20°02.8	85°43.8	-6°04.7
13	91°25.1	14°24.6	22°57.4	64°16.1	9°58.6	30°22.9	20°02.9	100°46.2	-6°04.7
14	106°27.5	29°23.7	22°57.8	79°16.8	9°59.3	45°24.8	20°03.0	115°48.6	-6°04.7
15	121°30.0	44°22.9	22°58.2	94°17.5	9°59.9	60°26.6	20°03.1	130°51.0	-6°04.7
16	136°32.5	59°22.0	22°58.5	109°18.2	10°00.6	75°28.5	20°03.2	145°53.3	-6°04.6
17	151°34.9	74°21.2	22°58.9	124°18.9	10°01.3	90°30.3	20°03.4	160°55.7	-6°04.6
18	166°37.4	89°20.3	22°59.3	139°19.6	10°01.9	105°32.2	20°03.5	175°58.1	-6°04.6
19	181°39.9	104°19.5	22°59.6	154°20.3	10°02.6	120°34.1	20°03.6	191°00.5	-6°04.6
20	196°42.3	119°18.6	23°00.0	169°21.0	10°03.3	135°35.9	20°03.7	206°02.9	-6°04.5
21	211°44.8	134°17.8	23°00.4	184°21.7	10°04.0	150°37.8	20°03.8	221°05.2	-6°04.5
22	226°47.2	149°16.9	23°00.7	199°22.4	10°04.6	165°39.6	20°03.9	236°07.6	-6°04.5
23	241°49.7	164°16.0	23°01.1	214°23.1	10°05.3	180°41.5	20°04.0	251°10.0	-6°04.5
Mer.pass.:	6:55:	v-0.8	d0.4	m-3.8	v0.7	d0.7	m1.0	v1.9	d0.1 m-1.8	v2.4	d0.0 m1.1

Stars	SHA	Dec
Alpheratz	357°35.4	29°13.3
Ankaa	353°07.8	-42°10.2
Schedar	349°31.9	56°40.0
Diphda	348°47.8	-17°51.1
Achernar	335°21.0	-57°06.6
Hamal	327°52.1	23°34.6
Polaris	314°43.9	89°21.8
Akamar	315°12.5	-40°12.3
Menkar	314°07.0	4°11.1
Mirfak	308°29.5	49°56.7
Aldebaran	290°40.6	16°33.5
Rigel	281°04.7	-8°10.4
Capella	280°23.2	46°01.4
Bellatrix	278°23.8	6°22.3
Elnath	278°02.9	28°37.7
Alnilam	275°38.6	-1°11.2
Betelgeuse	270°53.0	7°24.7
Canopus	263°53.2	-52°42.6
Sirius	258°26.9	-16°44.8
Adara	255°06.6	-29°00.4
Procyon	244°51.5	5°09.9
Pollux	243°18.1	27°58.1
Avior	234°15.4	-59°35.4
Suhail	222°46.9	-43°32.0
Miaplacidus	221°38.9	-69°49.3
Alphard	217°48.4	-8°45.9
Regulus	207°35.0	11°50.9
Dubhe	193°41.6	61°37.5
Denebola	182°25.3	14°26.2
Gienah	175°44.0	-17°40.8
Acrux	173°00.4	-63°14.3
Gacrux	171°52.0	-57°15.3
Alioth	166°13.2	55°49.9
Spica	158°22.6	-11°17.4
Alcaid	152°52.0	49°11.7
Hadar	148°36.3	-60°29.6
Menkent	147°57.9	-36°29.6
Arcturus	145°48.0	19°03.6
Rigil Kent.	139°40.5	-60°56.3
Zubenelg.	136°56.3	-16°08.7
Kochab	137°18.7	74°03.4
Alphecca	126°03.8	26°38.0
Antares	112°16.1	-26°29.2
Atria	107°10.2	-69°04.3
Sabik	102°03.0	-15°45.3
Shaula	96°10.6	-37°07.3
Rasalhague	95°58.7	12°32.5
Etamin	90°41.9	51°29.0
Kaus Aust.	83°32.8	-34°22.3
Vega	80°33.2	38°48.2
Nunki	75°48.1	-26°15.9
Altair	62°00.3	8°55.8
Peacock	53°06.1	-56°39.2
Deneb	49°25.9	45°21.8
Enif	33°39.2	9°59.1
Alnair	27°33.4	-46°50.3
Fomalhaut	15°15.1	-29°29.4
Scheat	13°45.7	28°12.7
Markab	13°30.4	15°20.0

2024/6/5	SHA	Mer.pass
Venus	286°21.1	11:60
Mars	334°38.5	08:45
Jupiter	299°34.8	11:05
Saturn	9°26.8	06:26

2024/6/6	SHA	Mer.pass
Venus	285°01.9	12:01
Mars	333°56.2	08:44
Jupiter	299°20.2	11:02
Saturn	9°24.5	06:22

2024/6/7	SHA	Mer.pass
Venus	283°42.6	12:02
Mars	333°13.9	08:43
Jupiter	299°05.7	10:59
Saturn	9°22.3	06:18

Horizontal paralax	
Venus:	0.1
Mars:	0.1

h	Sun		Moon				
Wed	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	180°22.3	22°34.6	202°11.4	7.2	22°14.4	11.0	59.0
1	195°22.2	22°34.8	216°37.5	7.1	22°25.3	10.9	59.0
2	210°22.1	22°35.1	231°03.6	7.0	22°36.1	10.7	59.0
3	225°22.0	22°35.4	245°29.5	6.9	22°46.7	10.6	59.0
4	240°21.8	22°35.6	259°55.4	6.9	22°57.2	10.4	59.0
5	255°21.7	22°35.9	274°21.3	6.8	23°07.6	10.3	58.9
6	270°21.6	22°36.2	288°47.0	6.7	23°17.8	10.1	58.9
7	285°21.5	22°36.4	303°12.7	6.6	23°27.8	10.0	58.9
8	300°21.4	22°36.7	317°38.3	6.6	23°37.7	9.8	58.9
9	315°21.3	22°37.0	332°03.9	6.5	23°47.5	9.7	58.9
10	330°21.2	22°37.2	346°29.3	6.4	23°57.1	9.5	58.9
11	345°21.1	22°37.5	0°54.7	6.4	24°06.5	9.4	58.8
12	0°20.9	22°37.8	15°20.1	6.3	24°15.8	9.2	58.8
13	15°20.8	22°38.0	29°45.3	6.2	24°24.9	9.1	58.8
14	30°20.7	22°38.3	44°10.5	6.2	24°33.9	8.9	58.8
15	45°20.6	22°38.5	58°35.7	6.1	24°42.7	8.7	58.8
16	60°20.5	22°38.8	73°00.8	6.0	24°51.3	8.6	58.7
17	75°20.4	22°39.1	87°25.8	6.0	24°59.8	8.4	58.7
18	90°20.3	22°39.3	101°50.7	5.9	25°08.2	8.2	58.7
19	105°20.1	22°39.6	116°15.6	5.9	25°16.3	8.1	58.7
20	120°20.0	22°39.8	130°40.5	5.8	25°24.3	7.9	58.6
21	135°19.9	22°40.1	145°05.3	5.8	25°32.2	7.7	58.6
22	150°19.8	22°40.3	159°30.0	5.7	25°39.8	7.6	58.6
23	165°19.7	22°40.6	173°54.7	5.7	25°47.3	7.4	58.6
	SD.=15.8	d=0.3			S.D.=16.1		

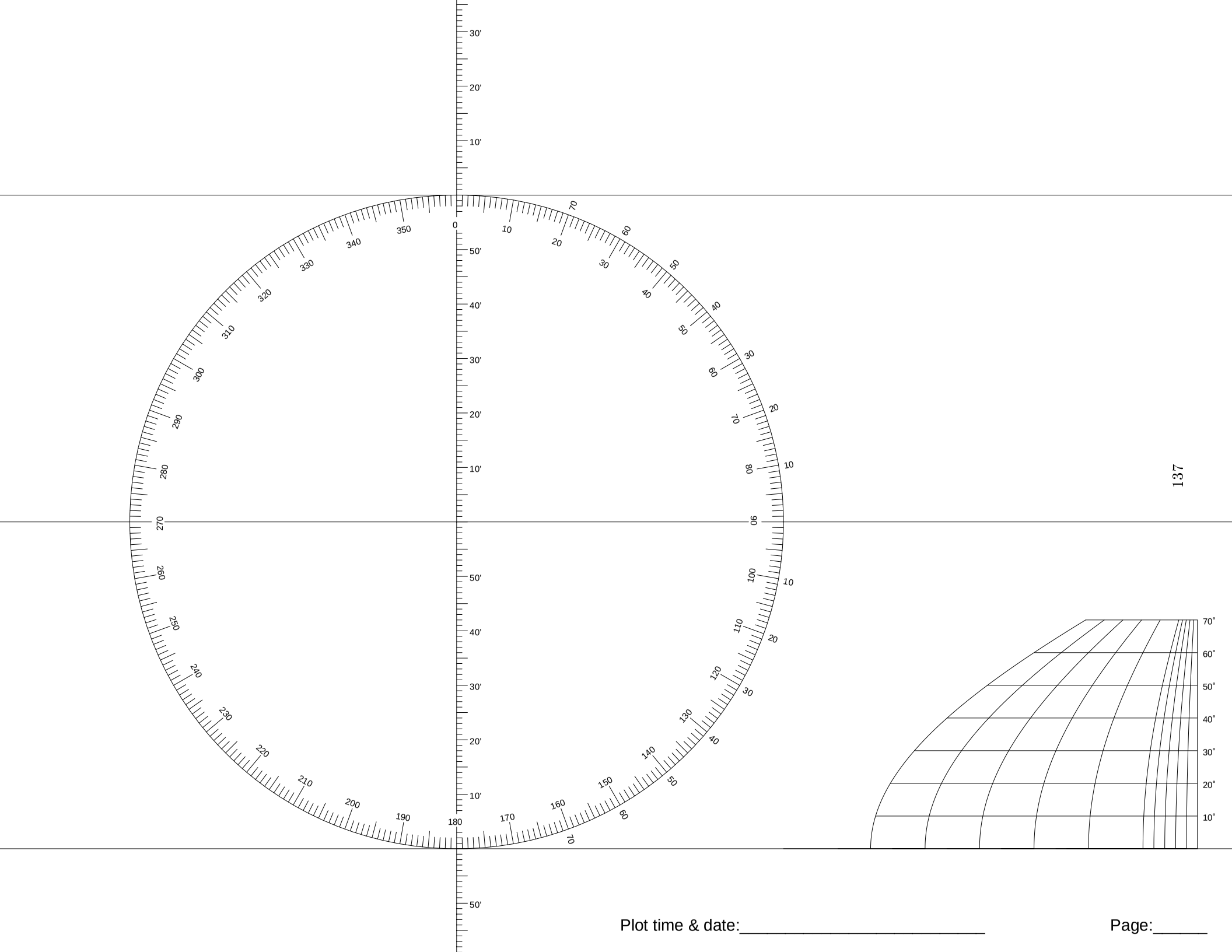
Thu	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	180°19.6	22°40.8	188°19.3	5.6	25°54.7	7.2	58.6
1	195°19.4	22°41.1	202°43.9	5.6	26°01.8	7.1	58.5
2	210°19.3	22°41.4	217°08.4	5.5	26°08.8	6.9	58.5
3	225°19.2	22°41.6	231°32.9	5.5	26°15.6	6.7	58.5
4	240°19.1	22°41.9	245°57.4	5.4	26°22.3	6.6	58.5
5	255°19.0	22°42.1	260°21.8	5.4	26°28.7	6.4	58.4
6	270°18.9	22°42.4	274°46.1	5.3	26°35.0	6.2	58.4
7	285°18.7	22°42.6	289°10.4	5.3	26°41.2	6.0	58.4
8	300°18.6	22°42.9	303°34.7	5.3	26°47.1	5.9	58.4
9	315°18.5	22°43.1	317°59.0	5.2	26°52.9	5.7	58.3
10	330°18.4	22°43.3	332°23.2	5.2	26°58.5	5.5	58.3
11	345°18.3	22°43.6	346°47.4	5.2	27°03.9	5.3	58.3
12	0°18.2	22°43.8	1°11.6	5.1	27°09.1	5.2	58.3
13	15°18.0	22°44.1	15°35.7	5.1	27°14.2	5.0	58.2
14	30°17.9	22°44.3	29°59.8	5.1	27°19.1	4.8	58.2
15	45°17.8	22°44.6	44°23.9	5.1	27°23.8	4.6	58.2
16	60°17.7	22°44.8	58°48.0	5.1	27°28.3	4.4	58.2
17	75°17.6	22°45.1	73°12.0	5.0	27°32.7	4.3	58.1
18	90°17.5	22°45.3	87°36.0	5.0	27°36.8	4.1	58.1
19	105°17.3	22°45.5	102°00.1	5.0	27°40.8	3.9	58.1
20	120°17.2	22°45.8	116°24.1	5.0	27°44.6	3.7	58.1
21	135°17.1	22°46.0	130°48.1	5.0	27°48.3	3.5	58.0
22	150°17.0	22°46.3	145°12.1	5.0	27°51.7	3.4	58.0
23	165°16.9	22°46.5	159°36.1	5.0	27°55.0	3.2	58.0
	SD.=15.8	d=0.3			S.D.=16.0		

Fri	GHA	Dec	GHA	ν	Dec	d	HP
0	180°16.7	22°46.7	174°00.1	5.0	27°58.0	3.0	58.0
1	195°16.6	22°47.0	188°24.1	5.0	28°00.9	2.8	57.9
2	210°16.5	22°47.2	202°48.0	5.0	28°03.7	2.6	57.9
3	225°16.4	22°47.4	217°12.0	5.0	28°06.2	2.4	57.9
4	240°16.3	22°47.7	231°36.1	5.0	28°08.5	2.3	57.9
5	255°16.2	22°47.9	246°00.1	5.0	28°10.7	2.1	57.8
6	270°16.0	22°48.1	260°24.1	5.0	28°12.7	1.9	57.8
7	285°15.9	22°48.4	274°48.1	5.1	28°14.5	1.7	57.8
8	300°15.8	22°48.6	289°12.2	5.1	28°16.1	1.5	57.7
9	315°15.7	22°48.8	303°36.3	5.1	28°17.6	1.4	57.7
10	330°15.6	22°49.1	318°00.4	5.1	28°18.9	1.2	57.7
11	345°15.4	22°49.3	332°24.5	5.1	28°19.9	1.0	57.7
12	0°15.3	22°49.5	346°48.7	5.2	28°20.8	0.8	57.6
13	15°15.2	22°49.7	1°12.8	5.2	28°21.6	0.6	57.6
14	30°15.1	22°50.0	15°37.1	5.2	28°22.1	0.5	57.6
15	45°15.0	22°50.2	30°01.3	5.3	28°22.5	0.3	57.5
16	60°14.8	22°50.4	44°25.6	5.3	28°22.7	0.1	57.5
17	75°14.7	22°50.6	58°49.9	5.3	28°22.7	-0.1	57.5
18	90°14.6	22°50.9	73°14.3	5.4	28°22.5	-0.3	57.5
19	105°14.5	22°51.1	87°38.7	5.4	28°22.2	-0.4	57.4
20	120°14.4	22°51.3	102°03.1	5.5	28°21.7	-0.6	57.4
21	135°14.2	22°51.5	116°27.6	5.5	28°21.0	-0.8	57.4
22	150°14.1	22°51.8	130°52.2	5.6	28°20.1	-1.0	57.3
23	165°14.0	22°52.0	145°16.7	5.6	28°19.1	-1.1	57.3
	SD.=15.8	d=0.2			S.D.=15.8		

	Twilight				Twilight	
Lat.	Naut.	Civil	Sunrise	Sunset	Civil	Naut.
72	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–
70	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–
68	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–
66	–:–	–:–	00:48	23:15	–:–	–:–
64	–:–	–:–	01:46	22:14	–:–	–:–
62	–:–	–:–	02:19	21:40	–:–	–:–
60	–:–	01:11	02:42	21:16	22:49	–:–
58	–:–	01:51	03:01	20:57	22:08	–:–
56	–:–	02:17	03:17	20:41	21:41	–:–
54	01:05	02:38	03:31	20:28	21:20	22:55
52	01:42	02:55	03:42	20:16	21:03	22:17
50	02:06	03:09	03:53	20:05	20:49	21:52
45	02:49	03:37	04:14	19:44	20:21	21:09
40	03:18	03:59	04:32	19:26	19:59	20:40
35	03:40	04:17	04:46	19:12	19:41	20:18
30	03:58	04:31	04:59	18:59	19:26	19:60
20	04:26	04:55	05:20	18:38	19:02	19:31
10	04:48	05:15	05:38	18:19	18:42	19:09
0	05:07	05:33	05:55	18:02	18:25	18:51
-10	05:23	05:49	06:12	17:46	18:08	18:34
-20	05:39	06:06	06:30	17:28	17:51	18:19
-30	05:54	06:24	06:50	17:07	17:33	18:03
-35	06:03	06:34	07:02	16:55	17:23	17:55
-40	06:12	06:46	07:16	16:41	17:12	17:46
-45	06:22	06:59	07:32	16:25	16:59	17:36
-50	06:33	07:14	07:52	16:05	16:43	17:25
-52	06:38	07:21	08:02	15:56	16:36	17:20
-54	06:43	07:29	08:12	15:45	16:28	17:14
-56	06:49	07:38	08:24	15:33	16:20	17:08
-58	06:55	07:47	08:38	15:19	16:10	17:02
-60	07:02	07:58	08:55	15:03	15:59	16:55

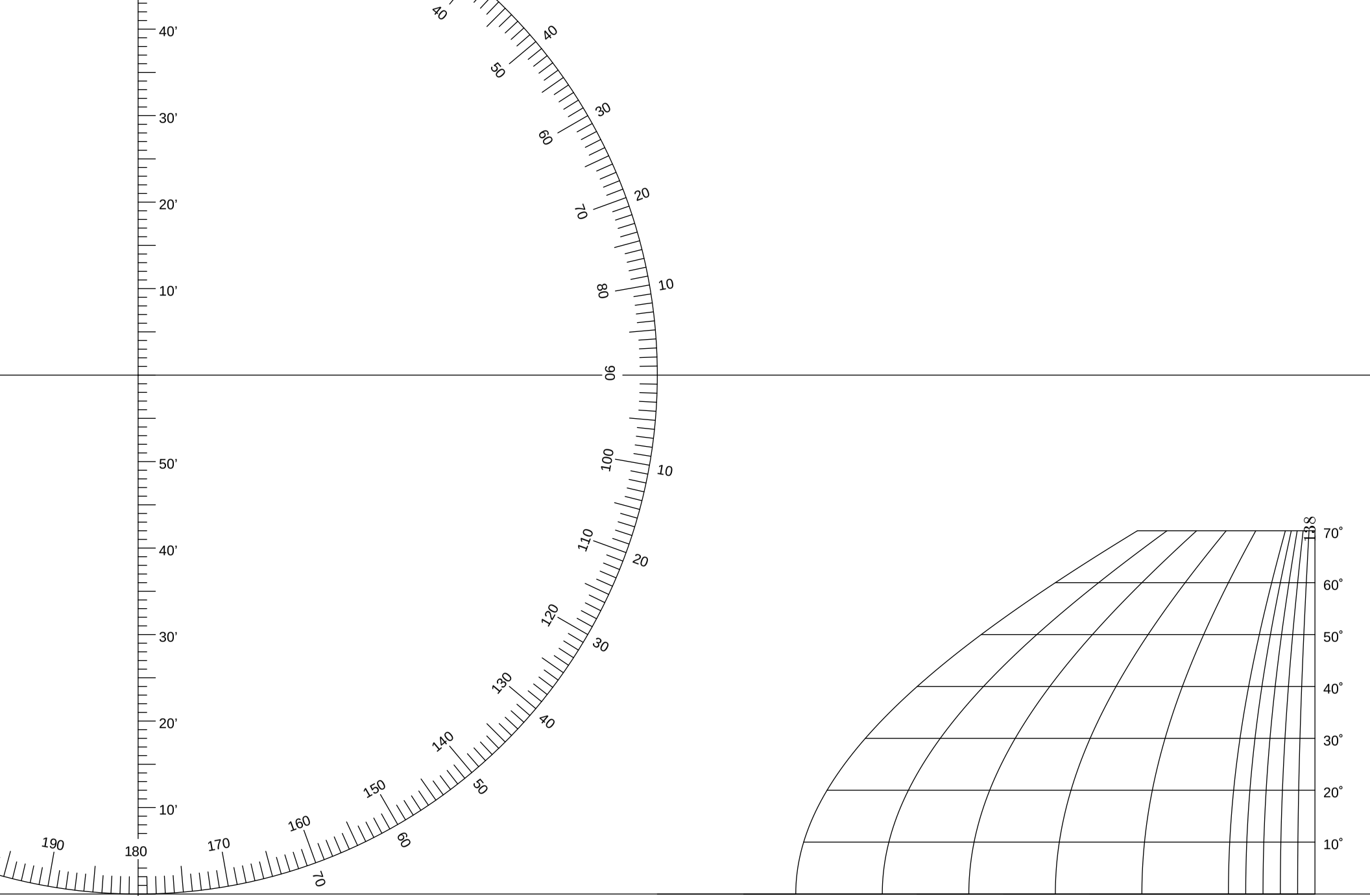
	Moonrise			Moonset		
Lat.	Wed	Thu	Fri	Wed	Thu	Fri
72	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–
70	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–
68	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–
66	00:08	–:–	–:–	–:–	–:–	–:–
64	00:45	–:–	–:–	22:41	–:–	–:–
62	01:12	01:06	00:50	21:35	23:57	–:–
60	01:33	01:41	02:02	21:01	22:44	23:53
58	01:50	02:06	02:38	20:36	22:09	23:16
56	02:05	02:27	03:04	20:16	21:43	22:49
54	02:17	02:44	03:24	19:59	21:23	22:28
52	02:29	02:58	03:41	19:45	21:06	22:10
50	02:39	03:11	03:56	19:33	20:51	21:55
45	02:60	03:38	04:26	19:07	20:21	21:25
40	03:17	03:59	04:50	18:47	19:58	21:01
35	03:31	04:16	05:09	18:30	19:39	20:41
30	03:44	04:31	05:26	18:15	19:23	20:25
20	04:06	04:57	05:54	17:51	18:55	19:56
10	04:25	05:20	06:18	17:30	18:31	19:32
0	04:43	05:41	06:41	17:10	18:09	19:09
-10	05:01	06:02	07:03	16:50	17:47	18:46
-20	05:20	06:25	07:28	16:29	17:24	18:22
-30	05:42	06:51	07:56	16:05	16:56	17:53
-35	05:56	07:07	08:13	15:51	16:40	17:36
-40	06:11	07:25	08:33	15:35	16:21	17:17
-45	06:29	07:47	08:57	15:15	15:58	16:53
-50	06:52	08:16	09:28	14:51	15:29	16:22
-52	07:04	08:30	09:43	14:40	15:15	16:06
-54	07:16	08:46	10:01	14:26	14:59	15:48
-56	07:31	09:05	10:23	14:11	14:39	15:26
-58	07:48	09:29	10:51	13:53	14:15	14:58
-60	08:09	10:00	11:31	13:32	13:43	14:18

	Sun			Moon		
Day	Eqn.of Time		Mer.	Mer.Pass.		Age
	00^h	12^h	Pass	Upper	Lower	
5	01:29	01:24	11:58	10:56	23:25	28(1%)
6	01:18	01:13	11:58	11:55	00:24	29(0%)
7	01:07	01:01	11:58	12:54	00:24	1(1%)

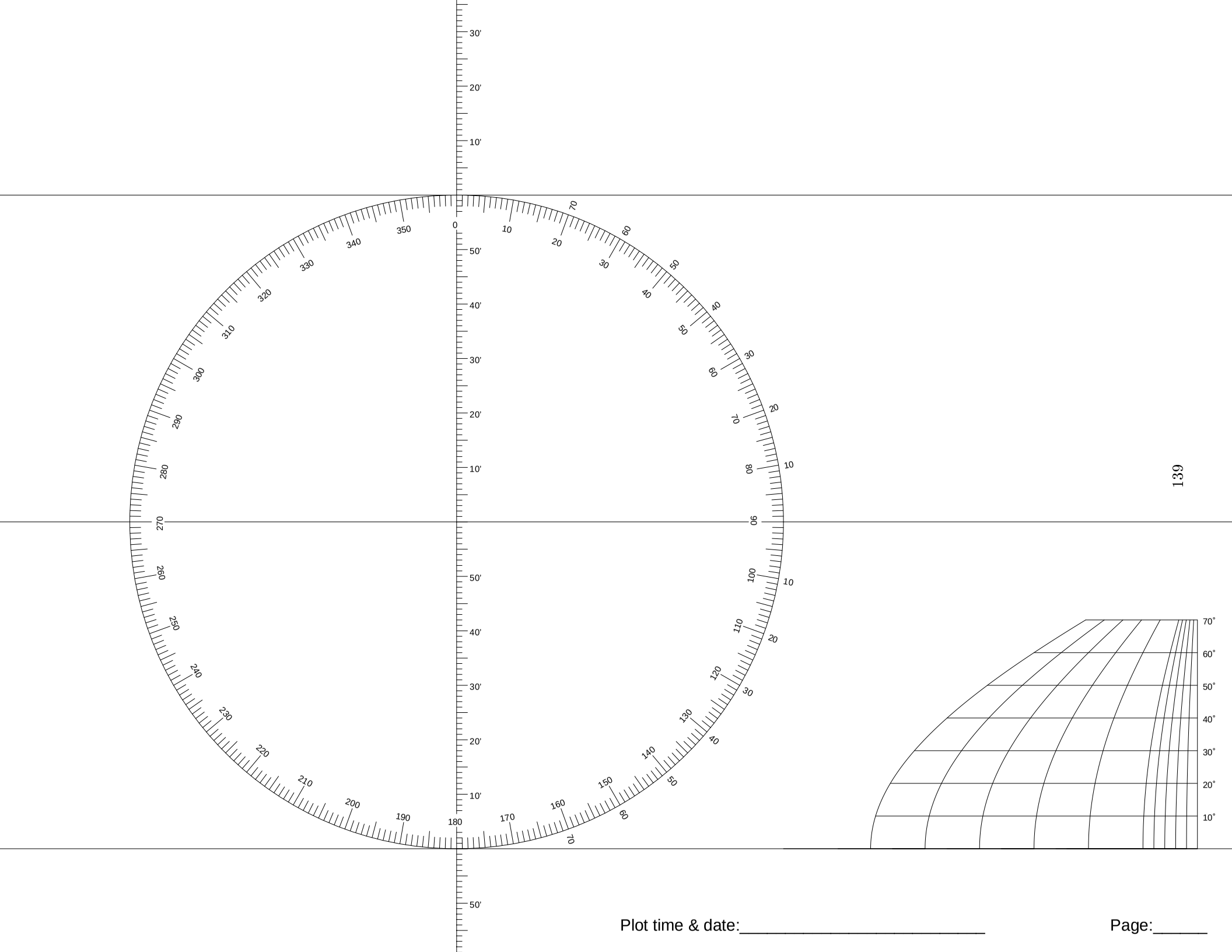


Plot time & date:_____

Page:_____

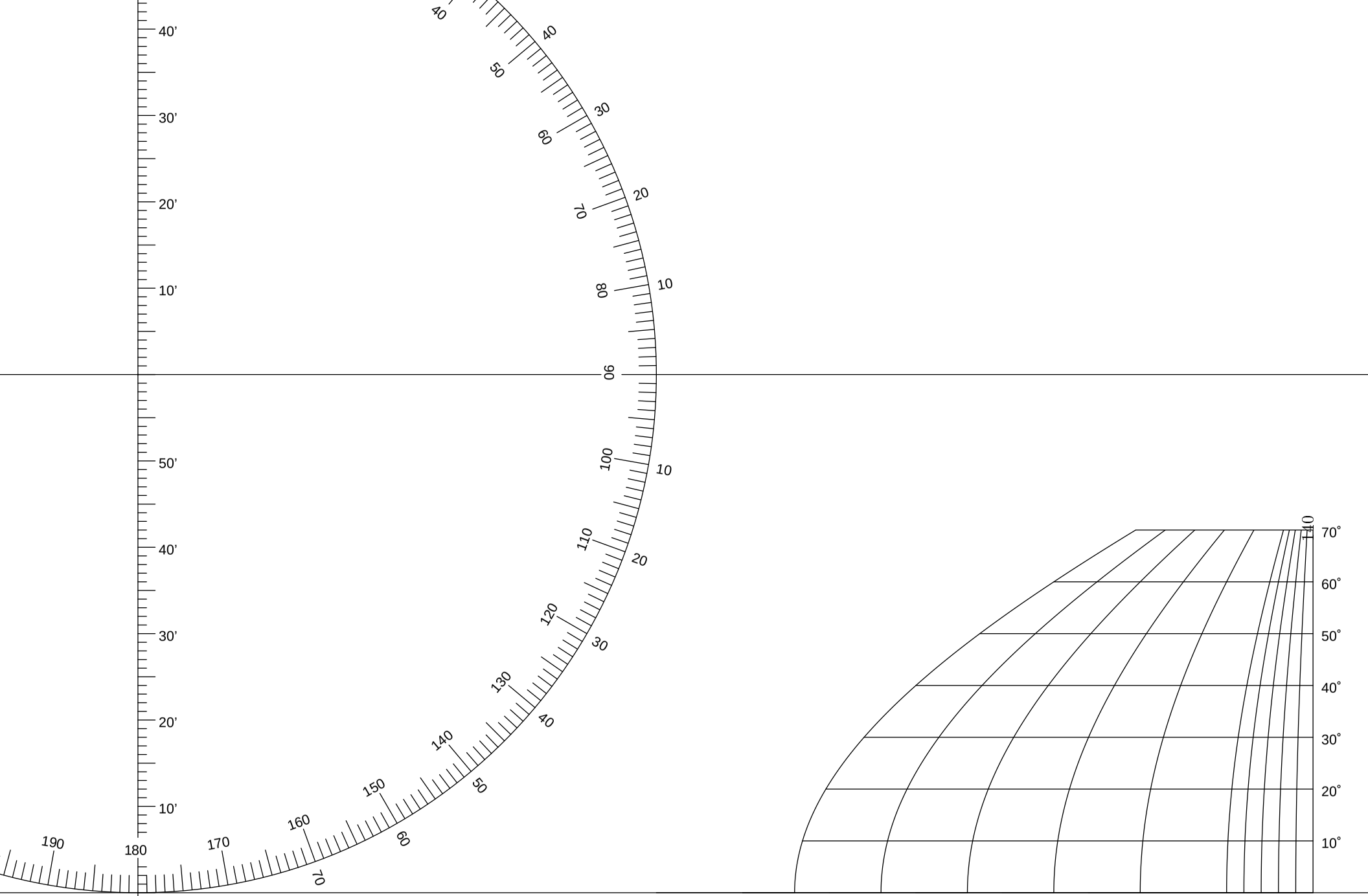


Plot time & date:_____ Page:_____

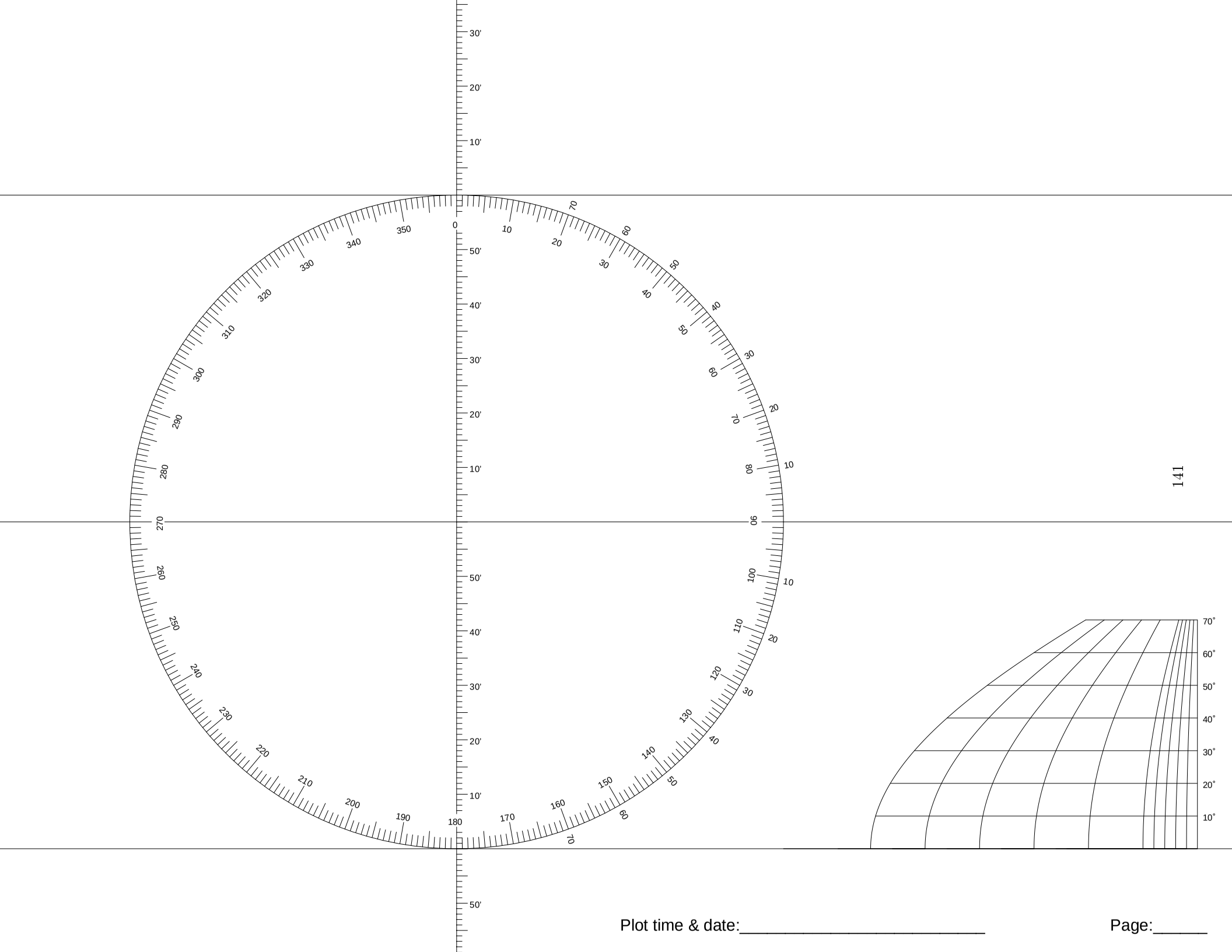


Plot time & date:_____

Page:_____

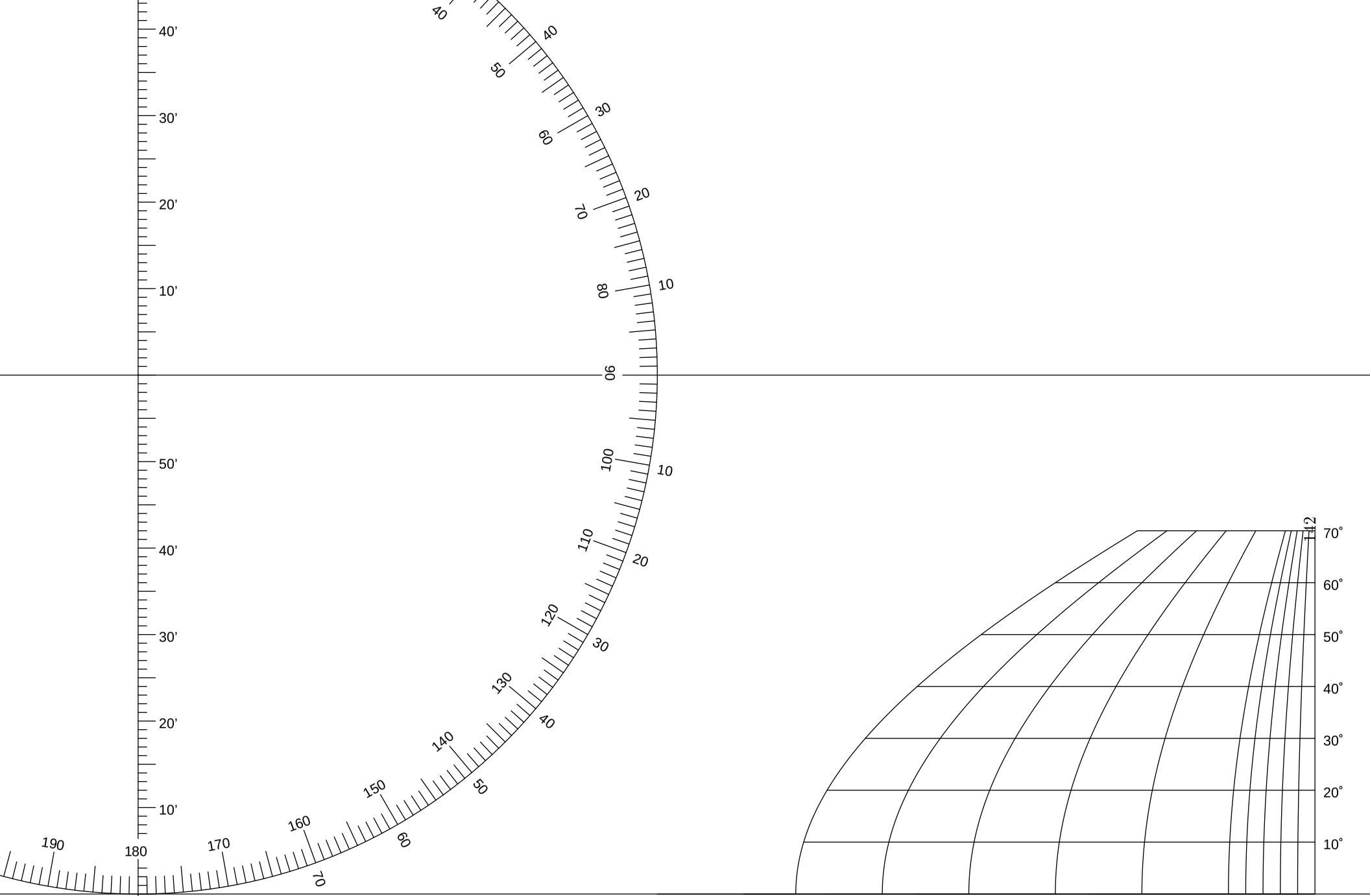


Plot time & date:_____ Page:_____



Plot time & date:_____

Page:_____



Plot time & date:_____ Page:_____

Chapitre 7

Latitude par la polaire et variation du compas

Sommaire

Principe - Latitude et variation par la polaire **145**
Principe - variation du compas par la hauteur et par l'heure **149**
EXERCICES - variation du compas et latitude par la polaire **153**

ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES

Formule utilisée

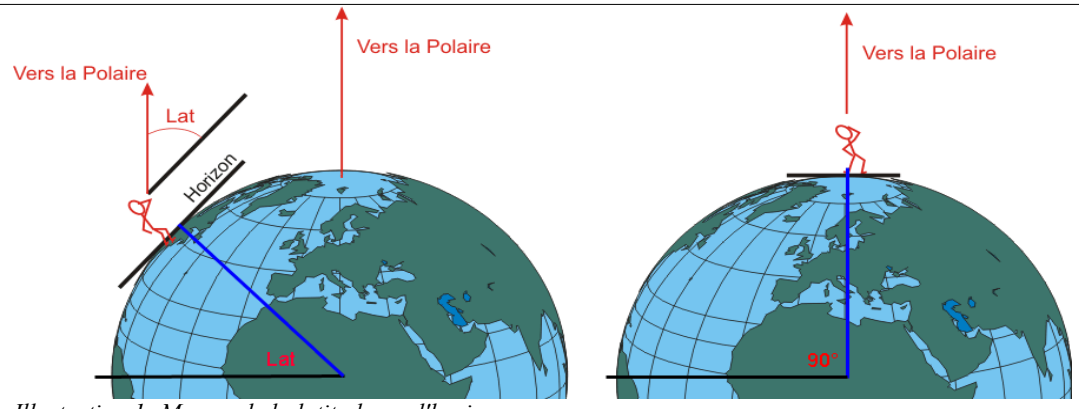


Illustration 1: Mesure de la latitude sur l'horizon

$$\phi \simeq Hv\,[corrections] \Longrightarrow \boxed{\phi = Ho + a_0 + a_1 + a_2 - 1°}$$

Les corrections a_0, a_1 et a_2 sont lues dans le Nautical Almanac en fonction de LHAγ, de la latitude et du mois d'observation.

Méthode latitude par la polaire

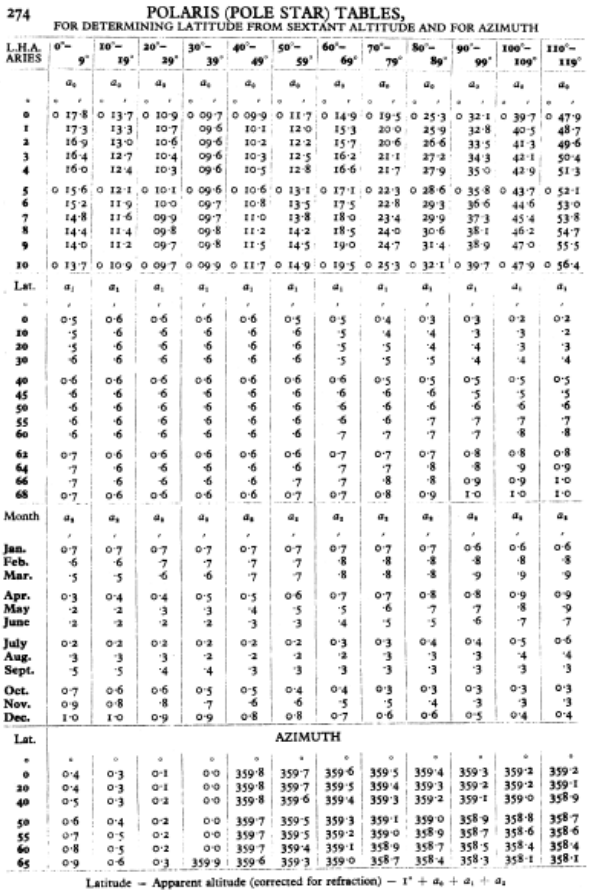
Pour déterminer la latitude par la polaire :

1- **Déterminer GHAγ, puis LHAγ**
2- **Déterminer Ho à partir de Hs**
3- **Déterminer a_0, a_1 et a_2** avec la table de la polaire
   - *pour a_0, il est nécessaire d'interpoler*
   - *Pour a_1 et a_2 ne pas interpoler*
4- **Appliquer la formule** :

$$\boxed{\phi = Ho + a_0 + a_1 + a_2 - 1°}$$

Méthode variation par la polaire

1- Déterminer GHAγ, puis LHAγ
2- Déterminer le relèvement de la polaire dans la table de la polaire (donné par la table Azimuth)
4- Déterminer la variation : W_g= Zv- Zg
ou Zg est le relèvement de la polaire réalisé au gyrocompas



274 POLARIS (POLE STAR) TABLES,
FOR DETERMINING LATITUDE FROM SEXTANT ALTITUDE AND FOR AZIMUTH

L.H.A. ARIES	0°–9°	10°–19°	20°–29°	30°–39°	40°–49°	50°–59°	60°–69°	70°–79°	80°–89°	90°–99°	100°–109°	110°–119°
	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0
°	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
0	0 17·8	0 13·7	0 10·9	0 09·7	0 09·9	0 11·7	0 14·9	0 19·5	0 25·3	0 32·1	0 39·7	0 47·9
1	17·3	13·3	10·7	09·6	10·1	12·0	15·3	20·0	25·9	32·8	40·5	48·7
2	16·9	13·0	10·6	09·6	10·2	12·2	15·7	20·6	26·6	33·5	41·3	49·6
3	16·4	12·7	10·4	09·6	10·3	12·5	16·2	21·1	27·2	34·3	42·1	50·4
4	16·0	12·4	10·3	09·6	10·5	12·8	16·6	21·7	27·9	35·0	42·9	51·3
5	0 15·6	0 12·1	0 10·1	0 09·6	0 10·6	0 13·1	0 17·1	0 22·3	0 28·6	0 35·8	0 43·7	0 52·1
6	15·2	11·9	10·0	09·7	10·8	13·5	17·5	22·8	29·3	36·6	44·6	53·0
7	14·8	11·6	09·9	09·7	11·0	13·8	18·0	23·4	29·9	37·3	45·4	53·8
8	14·4	11·4	09·8	09·8	11·2	14·2	18·5	24·0	30·6	38·1	46·2	54·7
9	14·0	11·2	09·7	09·8	11·5	14·5	19·0	24·7	31·4	38·9	47·0	55·5
10	0 13·7	0 10·9	0 09·7	0 09·9	0 11·7	0 14·9	0 19·5	0 25·3	0 32·1	0 39·7	0 47·9	0 56·4
Lat.	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
0	0·5	0·6	0·6	0·6	0·6	0·5	0·5	0·4	0·3	0·3	0·2	0·2
10	·5	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·4	·4	·3	·3	·2
20	·5	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·5	·4	·4	·3	·3
30	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·5	·5	·4	·4	·4
40	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5
45	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·5	·5	·5	·5
50	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6
55	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·7	·7	·7
60	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·7	·7	·8	·8
62	0·7	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·7	0·7	0·7	0·8	0·8	0·8
64	·7	·6	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·8	·8	·9	0·9
66	·7	·6	·6	·6	·6	·7	·7	·8	·8	0·9	0·9	1·0
68	0·7	0·6	0·6	0·6	0·6	0·7	0·7	0·8	0·9	1·0	1·0	1·0
Month	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
Jan.	0·7	0·7	0·7	0·7	0·7	0·7	0·7	0·7	0·7	0·6	0·6	0·6
Feb.	·6	·6	·7	·7	·7	·7	·8	·8	·8	·8	·8	·8
Mar.	·5	·5	·6	·6	·7	·7	·8	·8	·8	·9	·9	·9
Apr.	0·3	0·4	0·4	0·5	0·5	0·6	0·7	0·7	0·8	0·8	0·9	0·9
May	·2	·2	·3	·3	·4	·5	·5	·6	·7	·7	·8	·9
June	·2	·2	·2	·2	·3	·3	·4	·5	·5	·6	·7	·7
July	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·3	0·3	0·4	0·4	0·5	0·6
Aug.	·3	·3	·3	·2	·2	·2	·2	·3	·3	·3	·4	·4
Sept.	·5	·5	·4	·4	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·3
Oct.	0·7	0·6	0·6	0·5	0·5	0·4	0·4	0·3	0·3	0·3	0·3	0·3
Nov.	0·9	0·8	·8	·7	·6	·6	·5	·4	·3	·3	·3	·3
Dec.	1·0	1·0	0·9	0·9	0·8	0·8	0·7	0·6	0·6	0·5	0·4	0·4

Lat.	AZIMUTH											
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0	0·4	0·3	0·1	0·0	359·8	359·7	359·6	359·5	359·4	359·3	359·2	359·2
20	0·4	0·3	0·1	0·0	359·8	359·7	359·5	359·4	359·3	359·2	359·2	359·1
40	0·5	0·3	0·2	0·0	359·8	359·6	359·4	359·3	359·2	359·1	359·0	358·9
50	0·6	0·4	0·2	0·0	359·7	359·5	359·3	359·1	359·0	358·9	358·8	358·7
55	0·7	0·5	0·2	0·0	359·7	359·5	359·2	359·0	358·9	358·7	358·6	358·6
60	0·8	0·5	0·2	0·0	359·7	359·4	359·1	358·9	358·7	358·5	358·4	358·4
65	0·9	0·6	0·3	359·9	359·6	359·3	359·0	358·7	358·4	358·3	358·1	358·1

Latitude = Apparent altitude (corrected for refraction) − 1° + a_0 + a_1 + a_2

Illustration 2: Exemple de table de la polaire

APPLICATION

On 15th April 1981 at 08h 58min UT, DR position was 46° 30'N, 046° 15'W Polaris was bearing 002° with sextant altitude 46° 30,4'.
The index error is 2,0' on the arc, the height of eye 15m.
Find latitude of observer and compass error

Define GHAγ et LHA

GHAγ	323° 23,6'	*Lu dans le NA - à l'heure ronde =08h00*
+ΔGHAγ	14° 32,4'	*Pour Δt= 58 min*
= GHAγ	337° 86,0'	*À l'heure précise = 08h 58min*
- Ge	- 46° 15,0'	
LHAγ	**291° 41,0'**	

Calculate ho

hs	**46°30,4'**
+ IC	-2,0'
+ Dip	-6,8'
ha	**46° 21,6'**
+Alt. Main correction	-0,9'
ho	**46° 20,7**

Define a_0, a1, a2

LHAγ =291° 41,0' = 290° +1° +41,0' (cf. 1er calcul)

a_0 =	1° 09,7'	*Pour LHAγ =291°*
		a_0 trouvé à l'intersection de la colonne LHAγ 290°-299° et de la ligne 1°
a_0 =	1° 08,8	*Pour LHAγ =292°*
		a_0 trouvé à l'intersection de la colonne LHAγ 290°-299° et de la ligne 2°
a_0 =	1° 09,1'	*Pour LHAγ =291°41,0' en interpolant à vue entre 291 et 292°*

a_1 =	0,5'	*à l'intersection de la colonne LHAγ 290°-299° et de la ligne latitude 45°*
a_2 =	0,4'	*à l'intersection de a colonne LHAγ 290°-299° et de la ligne April*

Calculate the latitude

ho	**46° 20,6'**	
+ a_0	**1° 09,1'**	
+ a_1	**0,5'**	
+ a_2	**0,4'**	
-1°	**-1°**	
Latitude	**46° 30,0'**	**N**

276

POLARIS (POLE STAR) TABLES,

FOR DETERMINING LATITUDE FROM SEXTANT ALTITUDE AND FOR AZIMUTH

L.H.A. ARIES	240°– 249°	250°– 259°	260°– 269°	270°– 279°	280°– 289°	290°– 299°	300°– 309°	310°– 319°	320°– 329°	330°– 339°	340°– 349°	350°– 359°
	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0	a_0
°	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
0	1 42·8	1 38·4	1 32·8	1 26·1	1 18·6	1 10·5	1 02·1	0 53·5	0 45·0	0 37·0	0 29·7	0 23·2
1	42·5	37·9	32·1	25·4	17·8	09·7	01·2	52·6	44·2	36·3	29·0	22·6
2	42·1	37·4	31·5	24·7	17·0	08·8	1 00·3	51·8	43·4	35·5	28·3	22·0
3	41·6	36·8	30·9	23·9	16·2	08·0	0 59·5	50·9	42·6	34·7	27·6	21·5
4	41·2	36·3	30·2	23·2	15·4	07·2	58·6	50·1	41·8	34·0	27·0	20·9
5	1 40·8	1 35·7	1 29·6	1 22·5	1 14·6	1 06·3	0 57·8	0 49·2	0 41·0	0 33·3	0 26·3	0 20·4
6	40·3	35·2	28·9	21·7	13·8	05·5	56·9	48·4	40·2	32·5	25·7	19·8
7	39·9	34·6	28·2	20·9	13·0	04·6	56·0	47·5	39·4	31·8	25·0	19·3
8	39·4	34·0	27·5	20·2	12·2	03·8	55·2	46·7	38·6	31·1	24·4	18·8
9	38·9	33·4	26·8	19·4	11·3	02·9	54·3	45·9	37·8	30·4	23·8	18·3
10	1 38·4	1 32·8	1 26·1	1 18·6	1 10·5	1 02·1	0 53·5	0 45·0	0 37·0	0 29·7	0 23·2	0 17·8
Lat.	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
0	0·5	0·4	0·3	0·3	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·3	0·4	0·4
10	·5	·4	·4	·3	·3	·2	·2	·3	·3	·3	·4	·5
20	·5	·5	·4	·4	·3	·3	·3	·3	·3	·4	·4	·5
30	·5	·5	·5	·4	·4	·4	·4	·4	·4	·4	·5	·5
40	0·6	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·5	0·6
45	·6	·6	·6	·5	·5	·5	·5	·5	·5	·6	·6	·6
50	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6	·6
55	·6	·6	·7	·7	·7	·7	·7	·7	·7	·7	·6	·6
60	·7	·7	·7	·7	·8	·8	·8	·8	·8	·7	·7	·7
62	0·7	0·7	0·7	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·7	0·7
64	·7	·7	·8	·8	·9	0·9	0·9	0·9	·9	·8	·8	·7
66	·7	·8	·8	0·9	0·9	1·0	1·0	1·0	0·9	·9	·8	·7
68	0·7	0·8	0·9	1·0	1·0	1·0	1·1	1·0	1·0	0·9	0·9	0·8
Month	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
Jan.	0·5	0·5	0·5	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·6	0·7	0·7
Feb.	·4	·4	·4	·4	·4	·4	·4	·5	·5	·5	·5	·6
Mar.	·4	·4	·4	·3	·3	·3	·3	·3	·3	·4	·4	·4
Apr.	0·5	0·5	0·4	0·4	0·3	0·3	0·3	0·2	0·2	0·2	0·3	0·3
May	·7	·6	·5	·5	·4	·3	·3	·2	·2	·2	·2	·2
June	·8	·7	·7	·6	·5	·5	·4	·3	·3	·2	·2	·2
July	0·9	0·9	0·8	0·8	0·7	0·6	0·5	0·5	0·4	0·3	0·3	0·3
Aug.	1·0	·9	·9	·9	·8	·8	·7	·6	·6	·5	·5	·4
Sept.	0·9	·9	·9	·9	·9	·9	·8	·8	·7	·7	·6	·6
Oct.	0·8	0·9	0·9	0·9	0·9	0·9	0·9	0·9	0·9	0·9	0·8	0·8
Nov.	·7	·7	·8	·9	·9	·9	1·0	1·0	1·0	1·0	0·9	0·9
Dec.	0·5	0·6	0·6	0·7	0·8	0·8	0·9	0·9	1·0	1·0	1·0	1·0
Lat.						AZIMUTH						
°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
0	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·8	0·8	0·8	0·8	0·7	0·6	0·5
20	0·5	0·6	0·7	0·8	0·8	0·9	0·9	0·9	0·8	0·7	0·7	0·5
40	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0	1·1	1·1	1·1	1·0	0·9	0·8	0·7
50	0·7	0·8	1·0	1·1	1·2	1·3	1·3	1·3	1·2	1·1	1·0	0·8
55	0·7	0·9	1·1	1·2	1·3	1·4	1·4	1·4	1·3	1·2	1·1	0·9
60	0·8	1·1	1·3	1·4	1·5	1·6	1·6	1·6	1·5	1·4	1·2	1·0
65	1·0	1·3	1·5	1·7	1·8	1·9	1·9	1·9	1·8	1·7	1·5	1·2

Illustration 3: Table de la polaire 1981 (exemple n°1)

Define the Azimut

Dans la table de la polaire

Z = 1,1° pour la latitude 40° N

A = 1,3 ° pour la latitude 50° N

d'où Z = 1,2° pour la latitude 46°N par interpolation

Az	**1,2°**
- Compass bearing	**- 2°**
= Compass error	**-0,8° # 1° W**

Ce document est téléchargeable sur : www.ressources.profmarine.fr / https://vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

LE TRIANGLE DE POSITION

Rappels de trigonométrie sphérique

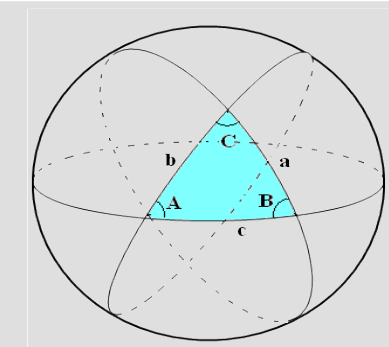


Illustration 1: Triangle sphérique

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A \quad (1)$$

$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a \quad (2)$$

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} \quad (3)$$

$$\sin(90 - x) = \cos x \quad (4)$$

$$\cos(90 - x) = \sin x \quad (5)$$

$$\cos b \cdot \cos C = \frac{\sin C}{\tan A} - \frac{\sin b}{\tan a} \quad (6)$$

AZIMUT PAR LA HAUTEUR

Principe de l'azimut par la hauteur

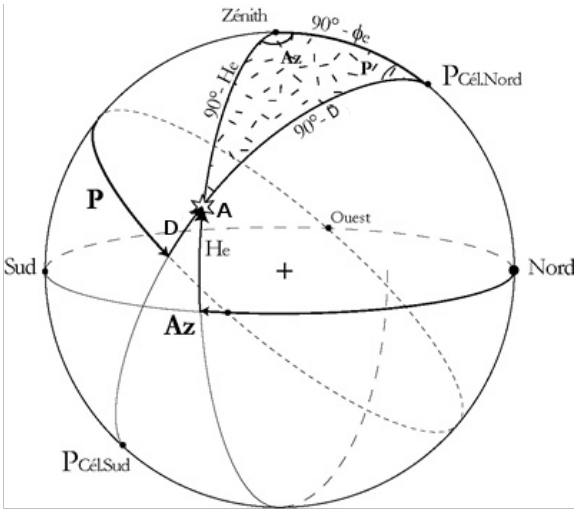


Illustration 2 : Triangle de position

Soit PZA, le triangle de position formé par

- P : Pôle céleste
- Z : Zénith du lieu
- A : Astre observé

Données : φ_e, D et H_o

$$\cos Az_e = \frac{\sin D - \sin H_o \cdot \sin \varphi_e}{\cos H_o \cdot \cos \varphi_e}$$

- Ho = observed altitude
- D = déclinaison
- φe = latitude
- Aze=Azimut de l'astre



Attention :
D et φ_e sont :

- **positifs si Nord,**
- **négatifs si Sud**

Lien entre Z_e et Az_e

- **Z_e= Az_e si l'astre est l'Est**
- **Z_e = 360 - Aze si l'astre est W**

DÉMONSTRATION

On applique la formule (1) au triangle PZA, puis les formules (4) et (5), on obtient

$$\cos(90 - D) = \cos(90 - H_o) \cdot \cos(90 - \varphi_e) + \sin(90 - H_o) \cdot \sin(90 - \varphi_e) \cdot \cos(Az_e)$$

$$<=> \sin D = \sin H_o \cdot \sin \varphi_e + \cos H_o \cdot \cos \varphi_e \cdot \cos AZ_e$$

$$<=> \cos Az_e = \frac{\sin D - \sin H_o \cdot \sin \varphi_e}{\cos H_o \cdot \cos \varphi_e}$$

Remarques :



- ***Bien comprendre, c'est être capable de dessiner le triangle de position sur la sphère céleste et de retrouver la formule de l'azimut par la hauteur à partir des formules de trigonométrie sphérique.***
- *La déclinaison est noté D chez les marins ou δ chez les astronomes*

Variation au lever et au coucher du Soleil

On ne peut observer le coucher vrai du Soleil ; on observe uniquement **le coucher apparent** (problème de réfraction et d'horizon apparent différent de l'horizon vrai en fonction de la hauteur d'observation).

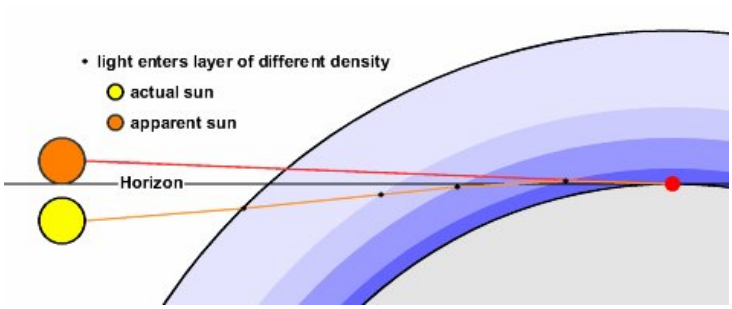
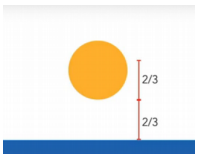
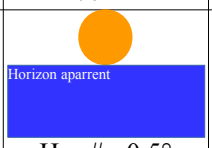
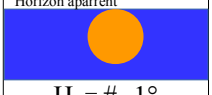


Illustration 3: Réfraction du soleil

Application pratique

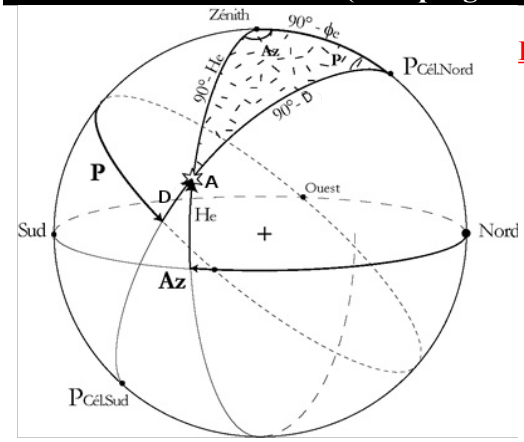
Données : Zc (mesuré au compas), Ho (cf. tableau ci après), φe

Au lever /coucher **vrai** du Soleil <=> le bord inférieur du Soleil est au 2/3 de son diamètre au dessus de l'horizon. ***(on détermine le diamètre du jour dans le NA)***	 $H_{o\,\Theta} = 0°$	$\cos Az_e = \frac{\sin D}{\cos \varphi_e}$ Par simplification
Au lever /coucher **apparent** du bord inférieur du Soleil	 $H_{o\,\Omega} \# - 0{,}5°$	$\cos Az_e = \frac{\sin D - \sin H_o \cdot \sin \varphi_e}{\cos H_o \cdot \cos \varphi_e}$
Au lever /coucher **apparent** du bord supérieur du Soleil	 $H_{o\,\bar{\Omega}} \# -1°$	

On considère que $\phi_e \approx \phi_v$ donc $Az_e \approx Az_v$

$$Z_v \approx Az_e \,(au\ lever / astre\ à\ l'Est)$$
$$Z_v \approx 360 - Az_e \,(au\ coucher / astre\ à\ l'ouest)$$

AZIMUT PAR L'HEURE (hors programme)



Données :

- **Pe : angle au pôle estimé à l'heure UT**
- **φe : latitude estimée**
- **D : déclinaison de l'astre à l'heure UT**

$$\tan Az_e = \frac{\sin Pe}{\tan D \cdot \cos \phi_e - cosP_e \cdot \sin \varphi_e}$$



L'angle au pôle Pe :

- Pe = LHA_a si 000° < LHA_a< 180° <=> astre à l'Ouest
- Pe = 360° - LHA_a si 180° < LHA_a< 360° <=> astre à l'Est

L'angle au zenith calculé

- Aze est compris entre 0° et 180° ; donc si la valeur trouvée est négative, **faire modulo 180°.**

Le relèvement vrai :

- Zv # Aze si astre à l'Est
- Zv # 360° - Aze si astre à l'Ouest



- ***Bien comprendre, c'est être capable de dessiner le triangle de position sur la sphère céleste et de représenter Pe, LHA_a, Aze et Z***

Ce document est téléchargeable sur :www.ressources.profmarine.fr ou https://www.vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Documents nécesssaire :

- Nautical Almanac 1981
- Calculatrice

Atelier 1 : Latitude et variation par la polaire

Exercice 1.1 Latitude & variation par la polaire

On 25 october 1981 at 03h 30 min 05s UT, in DR position 32° 22,9'N / 031° 20'E, Polaris was bearig 358,1° ; the sextant altitude was 32° 42,4' ; index error 1,6' on the arc ; height of eye 14 m. Find latitude, compass error and position line

Exercice 1.2 Latitude par la polaire

On 16 December 1981, your 1810 zone time DR position is LONG 129°46.5' W. At that time you observe Polaris with a sextant altitude (hs) of 23°56.8'. The chronometer time of the sight is 03h 12m 31s, and the chronometer error is 02m 16s fast. The index error is 2.5' off the arc, and the height of eye is 52.6 feet. What is your latitude by Polaris?

Exercice 1.3 Variation par la polaire

On 11 January 1981, your 0450 ZT position is LAT 38°42'N, LONG 14°16'W. You observe Polaris bearing 358.5°pgc. At the time of the observation the helmsman noted that he was heading 160°pgc and 173°psc. The variation is 9°W. What is the deviation for that heading?

Atelier 2 : Variation au lever/coucher d'un astre

Exercice 2,1 : Variation au coucher du Soleil (bord inf)

Le 28 août 1981 à la position estimée φ_E = 27°35' N et G_E = 151°42' W on a relevé le Soleil au moment du coucher apparent du bord supérieur et obtenu Zc=282,5°.
Déterminer la variation du compas.

Exercice 2.2 : Variation au lever du Soleil (bord sup)

Le 01 septembre 1981 à la position estimée φ_E = 47°13' N et G_E = 151°38' W on a relevé le Soleil au moment du lever apparent du bord supérieur et obtenu Zc= 077,5°.
Déterminer la déclinaison du Soleil pour l'instant du lever apparent.
Déterminer la variation du compas.

Exercice 2.3 : Variation au coucher vrai du Soleil

On 28 September 1981, in DR position LAT 27°16.7'S, LONG 113°27.2'W, you observe an amplitude of the Sun. The Sun's center is on the celestial horizon and bears 273°psc. The chronometer reads 01h 17m 26s and is 01m 49s slow. Variation in the area is 6°W.

1- Define what is the approximate observed Sun's altitude above the apparent horizon when the sun's center is a on celestial horizon.
2- What is the deviation of the standard magnetic compas s?

Note : be carefull variation has not the same meaning in french and in english

Réponses partielles :

- *Exercice 1.2 : 23°07.8'N*
- *Exercice 1.3 : 3°W*
- *Exercice 2.3 : W =0.4°E*

Ce document est téléchargeable sur :www.ressources.profmarine.fr ou www.nemo.profmarine.f
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Chapitre 8

Latitude par la méridienne

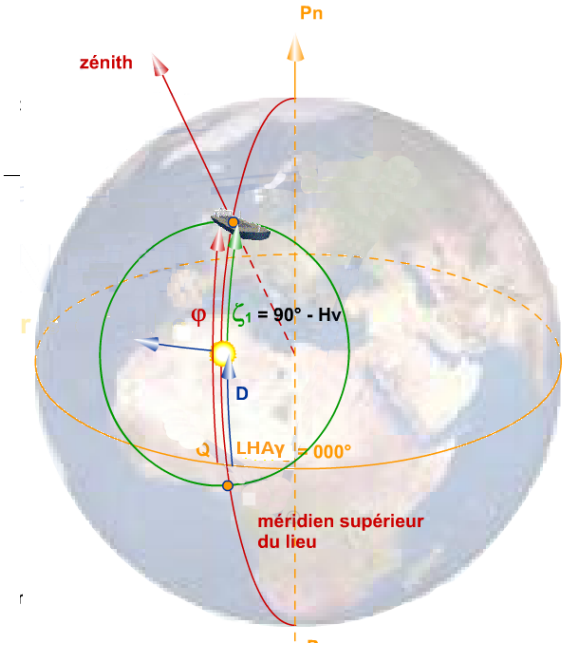
Sommaire

Principe - Latitude par la méridienne **157**
EXERCICES : Latitude par la méridienne **159**

FORMULE AU PASSAGE AU MERIDIEN SUPERIEUR

Définitions

La méridienne est l'instant où un astre passe exactement au-dessus du méridien de l'observateur.
Il atteint alors sa position la plus haute dans le ciel. On dit qu'il "culmine" (Ho est maximal).



Le Soleil passe à la méridienne vers midi local (LAN = Local Apparent noon).

Latitude à la méridienne

Le triangle de position se simplifie puisque le méridien de l'astre et de l'observateur se confondent.

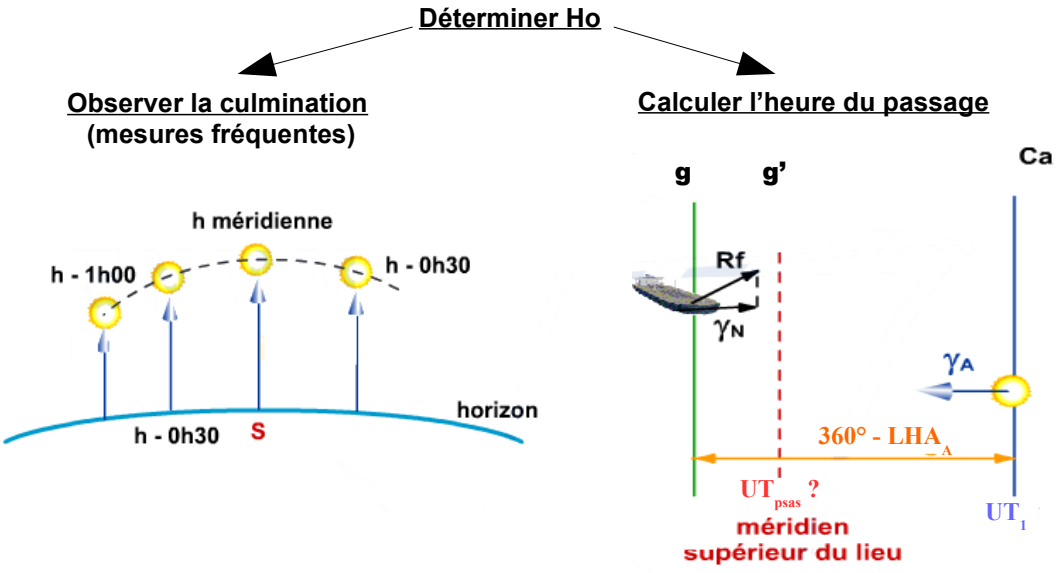
A la méridienne :

$$|\varphi| = (90 - h_o) \pm D$$

- Ajouter D si φ_e et D sont de même signe
- Retrancher D si φ_e et D sont de signe contraire.

Quand mesurer Ho ?

Pour déterminer Ho a la méridienne, deux solutions, soit observer la culmination en faisant des observations fréquentes, soit calculer l'heure de passage au méridien, l'heure à laquelle le Soleil et le navire seront sur le méme méridien g'.



Comment calculer l'heure du passage au méridien

Soient :

- UT1/ZT1 l'instant ou l'on connaît la position du navire,
- γ_A est la vitesse en longitude de l'astre
- γ_N est la vitesse en longitude du navire
- P l'angle au pôle
- l'heure de passage au méridien est défini par :

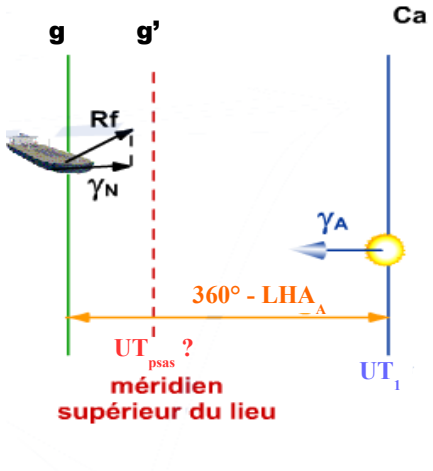
$$UT_{pass} = UT_1 + \frac{P}{\gamma} \quad \text{avec} \quad \gamma = \gamma_A - \gamma_N$$

$$ZT_{pass} = ZT_1 + \frac{P}{\gamma} \qquad \gamma_N = \frac{-V_f \cdot \sin R_f}{60 \cdot \cos \varphi_e}$$

$$\gamma_A = 15\,°/h(soleil)$$

$$P = LHA_A \; si \; LHA_A < 180\,°$$

$$P = 360\,° - LHA_A \; si \; LHA_A > 180\,°$$



MÉTHODOLOGIE DE RESOLUTION

Pour déterminer la latitude par la méridienne, il faut d'abord déterminer l'heure de passage au méridien.

1. **Déterminer l'heure UT_1 à laquelle on a défini la position**
   $UT_1 = ZT_1 + DZ$

2. **Calculer LHA_A à UT_1 et en déduire P**
   $LHA_A = GHA_A - G$
   $P = LHA_A \; si \; LHA_A < 180\,°$
   $P = 360\,° - LHA_A \; si \; LHA_A > 180\,°$

3. **Calculer γ_N et en déduire γ**
   $$\gamma_N = \frac{-V_f \cdot \sin R_f}{60 \cdot \cos \varphi_e} \qquad \gamma = \gamma_A - \gamma_N$$
   $$\gamma_A = 15\,°/h(soleil)$$

4. **Calculer UT_{pass}/ZT_{pass}**
   $$UT_{pass} = UT_1 + \frac{P}{\gamma}$$

5. **Mesurer la hauteur Ho à UT_{pass}**

6. **Calculer la latitude**
   $$|\varphi| = (90 - h_o) \pm D$$
   - Ajouter D si φ_e et D sont de même signe
   - Retrancher D si φ_e et D sont de signe contraire.

Ce document est téléchargeable sur :www.ressources.profmarine.fr ou https:/vega.supmaritime.fr
Licence : Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International hors crédit graphique

Exercice 1.1 (050246)

On 15 november your 0913 zone time fix gives you a position of 22° 30,0'N / 068°28,0'W.
Your vessel is on course 164°T, and your speed is 13,5 knots.
What is the time for the local apparent noon (LAN) ?
At the local apparent noon (LAN), the observed altitude (Ho) ot the Sun 's lower limb is 49° 46'.
What is the calculated latitude at LAN ?

Réponse partielle : LAN #11h 19min ZT / 21° 39,3' N

Exercice 1.2 (05190)

On 12 february , 0542ZT fix gives you a position of 26° 42,0'N / 060° 18,0'W.
Your vessel is on course 300°T, and your speed is 9,8 knots.
What is the time for the local apparent noon (LAN) ?
At the local apparent noon (LAN), the observed altitude (Ho) ot the Sun 's lower limb is 49° 10'.
What is the calculated latitude at LAN ?

Réponse partielle : LAN #12h 19 min ZT / 27°16,3' N

Exercice 1.3 (05045)

On 28 July, your 0800ZT fix gives you a posiition of 25° 16,0'N / 071° 19,0'W.
Your vessel is on course 026°T, and your speed is 17,5 knots.
What is the time for the local apparent noon (LAN) ?
At the local apparent noon (LAN), the observed altitude (Ho) ot the Sun 's lower limb is 82° 28,7'.
What is the calculated latitude at LAN ?

Réponse partielle : LAN# 11h 49min ZT / 26° 25,0'N

Proposition de correction

Cahier pratique de navigation – 2021/2022

Afin d'améliorer ce document, vous pouvez me faire part de vos propositions de correction et/ou d'amélioration.
Pour transmettre vos propositions, vous pouvez me retourner cette feuille ou me transmettre vos remarques directement par mail à aude.charbonnel@supmaritime.fr

D'avance merci pour votre contribution,

A. Charbonnel

Proposition de correction

Page	***Correction***

Propositions d'amélioration (idées diverses, compléments, etc.) :