

Étoiles
et point astro

VOILES
&
voiliers HORS-SÉRIE

PRIX : 35 FRANCS
Belgique : 263 FB
Suisse : 11 FS
Hors-série n° 10

ÉTOILES et POINT ASTRO

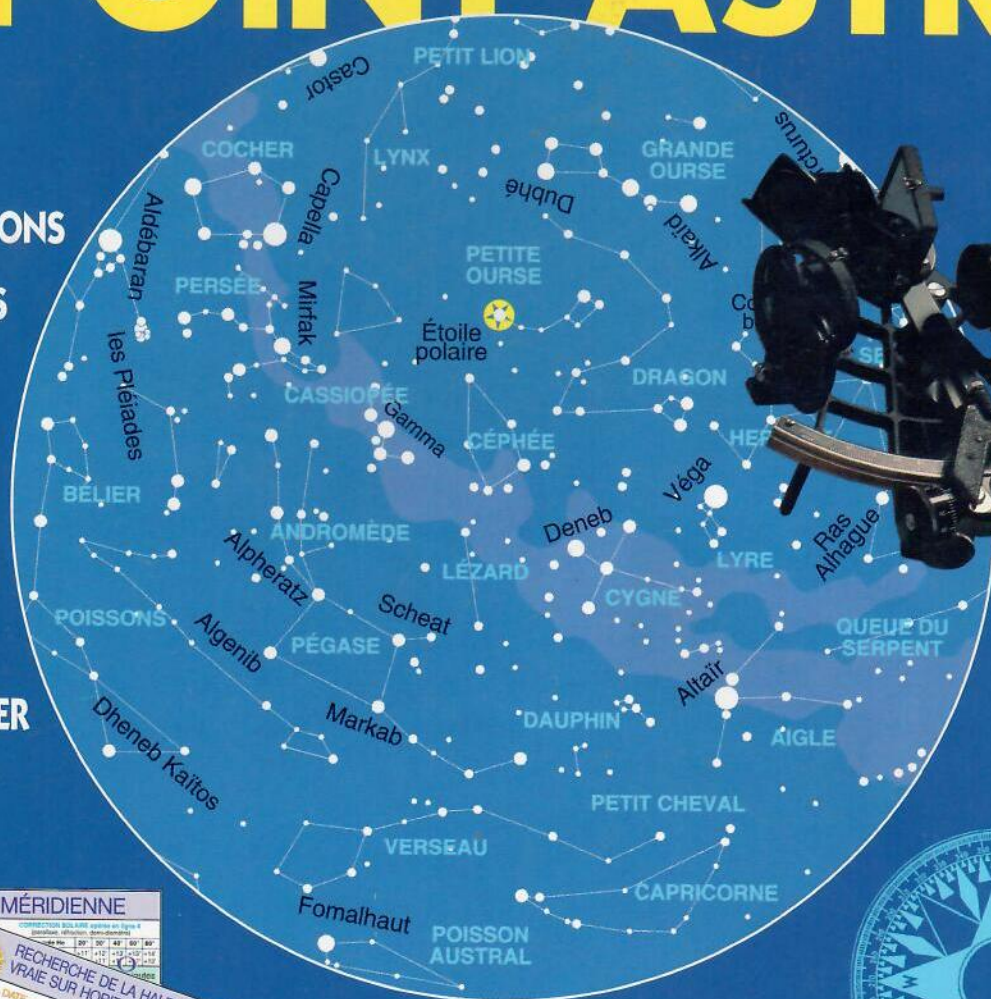
■ ÉTOILES ET
CONSTELLATIONS

■ LES CARTES
DU CIEL
DE L'ANNÉE

■ SE SERVIR
DU SEXTANT

■ FAIRE
LE POINT

■ S'ENTRAÎNER
AU SEXTANT
CHEZ SOI



LATTITUDE A LA MÉRIDIENNE	
DATE	HEURE
18 Juin 96	12 h 0'
1	HAUTEUR OBSERVÉE
2	HAUTEUR INSTRUMENT
3	HAUTEUR CORRIGÉE
4	CORRECTION
5	HAUTEUR VRAIE
6	HAUTEUR CORRIGÉE
7	HAUTEUR VRAIE
8	HAUTEUR VRAIE
9	HAUTEUR VRAIE
10	LATTITUDE

RECHERCHE DE LA HAUTEUR VRAIE SUR HORIZON ARTIFICIEL	
DATE DE LA VUE	HEURE UT
1	HAUTEUR OBSERVÉE
2	HAUTEUR INSTRUMENT
3	HAUTEUR CORRIGÉE
4	CORRECTION
5	HAUTEUR VRAIE
6	HAUTEUR CORRIGÉE
7	HAUTEUR VRAIE
8	HAUTEUR VRAIE
9	HAUTEUR VRAIE
10	LATTITUDE



PAR ALAIN GRÉ

RECOMMANDÉ PAR LA FÉDÉRATION FRANÇAISE DE VOILE

T 4698 - 10 H - 35,00 F-RD

VOILES & VOILIERS

21 rue du Faubourg Saint-Antoine
75550 Paris Cedex 11.
Tél. : (1) 40.02.62.62.
Rédaction : (1) 40.02.62.47.
Publicité : (1) 40.02.63.59.
Télécopie : (1) 40.02.63.70.
Ventes et réassorts :
SIP M. Ribaux, (1) 47.80.00.22.

Voiles et Voiliers est édité par
SERNAS SARL,
capital 2 650 000 F
Associés :
SPER : 50 %, SOFIOUEST : 50 %.
Gérant : Charles de Fréminville.
**Directeur de la publication
responsable de la rédaction :**
Charles de Fréminville.
Directeur délégué :
Pierre Lavialle.
Secrétaire générale :
Véronique Péreault.
Directeur de la rédaction :
Daniel Allisy.

RÉDACTION
Rédacteur en chef : François Salle.
**Secrétaire générale de la rédaction
et maquettes PAO :** Catherine Churg.
Maquette : Anne Jamati.
Rédaction : Alain Grée,
Monique Farge, Pierre Eeckman.
Photos : Alain Grée, Planète Pixels,
Digital Stock, Corel, NASA, NOAA,
JPL, Sea & See.

ADMINISTRATION-DIFFUSION
Assistante de direction :
Chantal Vitureau.
Secrétaire de promotion :
Isabelle Célérier.

PUBLICITÉ
Directeur de la publicité :
Alain Blatier.
Directeur de clientèle :
Patrice Lindet.
Assistante de direction :
Jacqueline Wyrskowski.

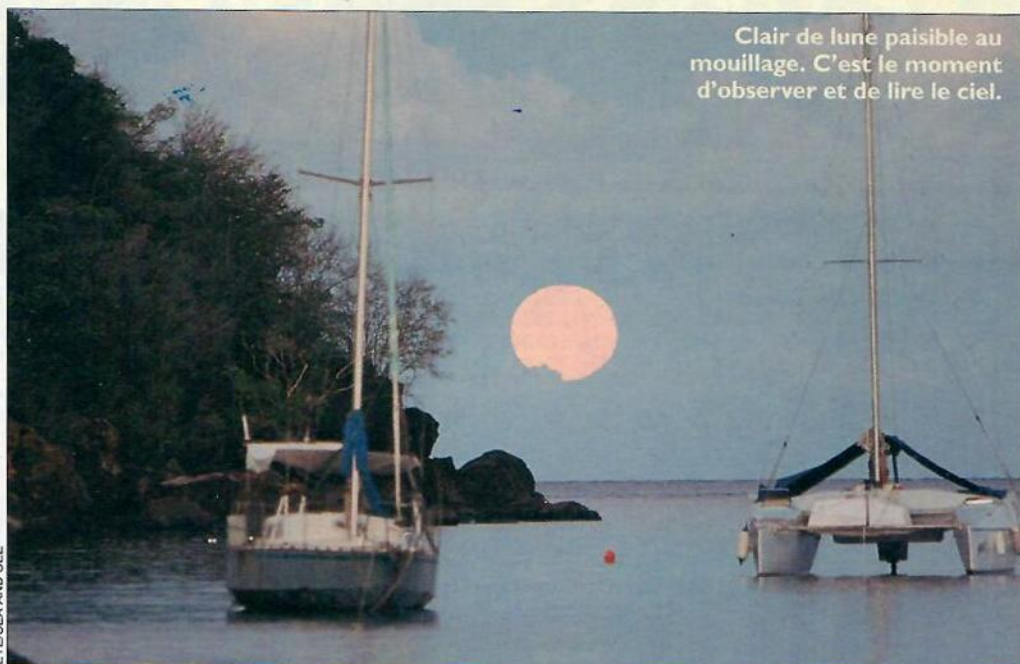
DÉPARTEMENT PAO
Réalisation technique :
Martine Jacotey.

Distribution :
SAEM, Transport-Presse, 5 place des
Marseillais, 94227 Charenton-le-Pont.
Photogravure : Compo Gallieni,
10 rue des Montibœufs, 75020 Paris.
Imprimerie : Didier-QUEBECOR SA.

Dépôt légal juillet 1996, n° 961836.
Commission paritaire n° 51559.
ISSN n° 1168-0555.

Toute reproduction, même partielle, des textes et illustrations est interdite sans accord préalable. La revue *Voiles et Voiliers* n'est pas responsable des textes, dessins, photos et illustrations qui lui sont envoyés sous la seule responsabilité de leurs auteurs. Les citations de marques et les adresses qui figurent dans les pages rédactionnelles sont données à titre d'information, sans aucun but publicitaire.
Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et aux organismes liés contractuellement avec *Voiles et Voiliers*, sans opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

ÉDITO



EV/SEA AND SEE

Clair de lune paisible au mouillage. C'est le moment d'observer et de lire le ciel.

A l'heure de la généralisation du GPS (Global Positioning System) comme moyen précis de positionnement, on peut s'interroger sur l'utilité du point astro. Pourtant, si le sextant fait partie de la liste du matériel obligatoire seulement en première catégorie de navigation, il n'en reste pas moins un magnifique objet dont nous avons voulu dévoiler ici tous les mystères. Grâce à une méthode très simplifiée, Alain Grée nous fait progresser pas à pas dans cet univers quasi mythique du point astro et de son instrument fétiche : le sextant. De jour avec le Soleil, comme de nuit avec la Lune ou les étoiles, l'ensemble des explications sont accompagnées d'exemples très concrets. À défaut de grande traversée, nous apprenons aussi à nous servir du sextant de notre balcon à l'aide de l'horizon artificiel. Et, en annexe, nous retrouvons l'ensemble des grilles de calculs vierges, cette fois, pour nous entraîner au point astro. Et puis, si résolument nous souhaitons laisser le sextant dans sa boîte, prenons alors le temps de regarder le ciel. D'y découvrir les grandes constellations et leurs étoiles phares qui guidèrent les premiers grands navigateurs. E.S.

SOMMAIRE

En couverture.
Le ciel visible sous nos latitudes au mois d'août. Quelques exemples de grilles de calculs du point astro. Un ciel de nuit imaginé par Alain Grée et quelques souvenirs tracés sur la carte de ses nombreuses traversées.

LES ÉTOILES	6
Les étoiles	8
Les constellations	12
Étoiles utilisables en navigation	14
Le ciel de l'année	16
Les clés du ciel	22
LE POINT ASTRO	26
L'astro pour quoi faire ?	28
De la méthode... ..	30
Comment s'utilise le point astro ?	32
Le sextant	34
Comment utiliser le sextant	36
Corriger la visée	38
Les documents utilisés	40
Latitude à la méridienne	44
Longitude à la méridienne	48
Droite de hauteur de Soleil	52
Droite de Lune	62
Droite et point d'étoiles	64
L'heure en mer	70
La visée sur l'horizon artificiel	74
L'Almanach nautique de Voiles et Voiliers	78

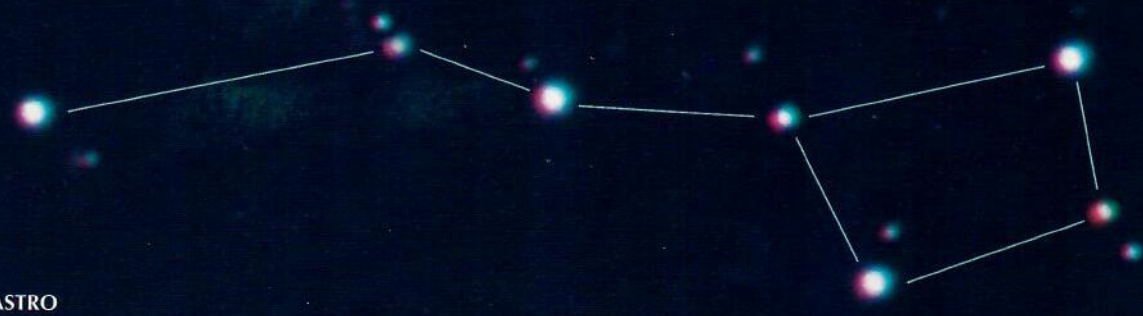
ANNEXE **80**

ÉTOILES
ET POINT ASTRO **3**



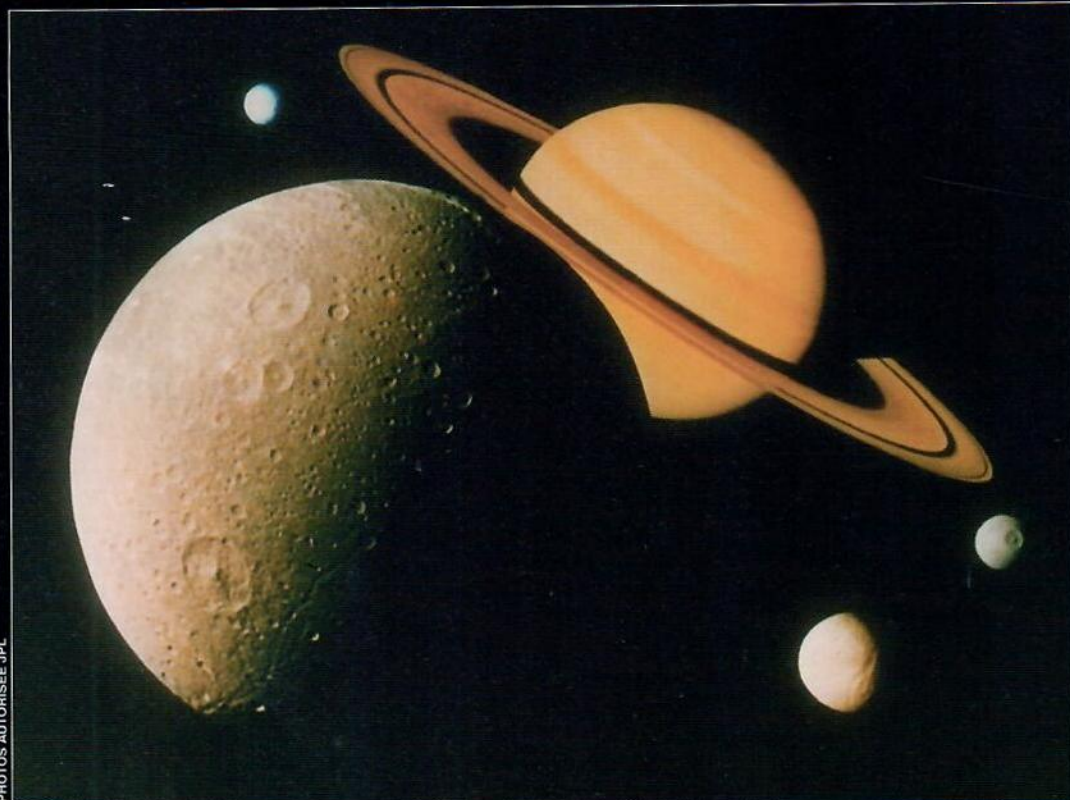
La Lune est toute proche. Mon regard me projette toujours vers l'avant, en direction des sept étoiles de la Grande Ourse. En zoomant, il m'entraîne en plein centre de la Voie lactée, traversant ses milliards de galaxies. Une spirale étincelante surgit face à mon champ de vision, énorme. Voici la galaxie Whirlpool, à quelque 16 millions d'années-lumière...

ILLUSTRATION ALAIN GRÉE AVEC AUTORISATION NOAO ET NASA



Les étoiles

*L*e bateau glisse de crête en crête. Il fait bon. J'ai pris le quart du milieu, le plus dur, celui qui s'étire de minuit à trois heures du matin. Pendant cette courte traversée de Saint-Barth aux îles Vierges, au portant sous pilote électrique, la veille se révèle pourtant agréable par ce temps clair balayé d'alizé. Autour des voiles, la nuit agite une poussière d'éclats scintillant comme les feux d'un arbre de Noël. Parmi les compagnes timides qui partagent cet espace de solitude volé à la course du temps, une étoile brille d'un éclat particulier, juste entre la pointe de l'artimon et le grand mât. Elle me fascine au point que l'idée me vient d'opérer sur elle une visée au sextant. Et de tracer une position sur la carte, histoire de m'arracher à une somnolence buissonnière provoquée par le roulis rythmique de la coque.



PHOTOS AUTORISÉES JPL

Les étoiles

Les étoiles sont regroupées au sein de galaxies, sortes de gigantesques disques animés de mouvements propres dans l'espace incommensurable de l'univers. La galaxie à laquelle appartient la Terre est la Voie lactée. Son diamètre est de 100 000 années-lumière environ, pour une épaisseur 30 fois moins importante. En dépit de cette taille impressionnante, la Voie lactée n'est pas seule dans l'univers : il existe plusieurs milliards d'autres galaxies, la plupart possédant des dimensions encore plus élevées.

I Quelle différence y a-t-il entre les étoiles et les planètes ? Les étoiles sont de gigantesques boules de gaz en désintégration qui émettent leur propre lumière, comme le Soleil. Les planètes, en revanche, sont constituées de matières solides et inertes. Elles n'émettent pas

une lumière propre, mais réfléchissent celle de l'étoile qui éclaire leur surface. Dans le système solaire, l'éclat des planètes résulte de l'éclairage du Soleil.

2 Combien d'étoiles composent notre galaxie ? Notre galaxie, la Voie lactée, abrite plus de 120 milliards d'étoiles, parmi lesquelles seulement 5 millions sont décelables par les télescopes des plus grands observatoires. Et à l'œil nu ? On peut en apercevoir 5 000 par ciel clair pour l'ensemble de la sphère céleste, ce qui en laisse environ 2 500 au-dessus de l'horizon dans chaque hémisphère. C'est plus qu'il n'en faut pour occuper un quart de nuit par petit temps...

3 Comment se mesure l'éloignement d'un astre ? Les distances astrales sont trop importantes pour que l'on



Deuxième planète du système solaire par la taille après Jupiter, Saturne possède 21 satellites. Mais elle est surtout célèbre par ses spectaculaires anneaux composés d'une infinité de petits blocs de glace et de poussières. Ils sont parfaitement visibles par temps clair avec une simple lunette astronomique.

puisse utiliser le kilomètre pour les mesurer. Aussi les astronomes font-ils appel à la vitesse que met leur image pour parvenir jusqu'à nous. Chacun sait que la lumière parcourt 300 000 kilomètres en une seconde. Partant de ce paramètre, voici les différentes unités de temps dont se servent

les scientifiques selon les astres considérés :

- la seconde pour la Lune,
- la minute pour le Soleil et les planètes proches,
- l'heure pour les planètes éloignées,
- l'année pour les étoiles isolées,
- le millier d'années pour les amas d'étoiles,
- le million d'années pour les nébuleuses.

4 Que représente une année-lumière ? Il s'agit de la distance parcourue par la lumière en un an. Une année-lumière équivaut donc à 300 000 kilomètres multipliés par le nombre de secondes contenues dans une année. Inutile de chercher un crayon ou une calculatrice : cela fait 10 000 milliards de kilomètres. Une brouille ! La preuve, c'est que les astronomes, gênés par la petitesse de l'année-lumière, ont inventé le parsec pour définir l'éloignement des galaxies les plus lointaines (un parsec = 3,3 années-lumière).

5 À quelle distance se trouve le Soleil ? Le Soleil est l'étoile la plus proche de la Terre. Situé à 150 millions de kilomètres de notre globe, il n'est qu'une étoile de taille moyenne à l'intérieur de notre galaxie, la Voie lactée. Sa lumière met environ huit minutes pour parvenir jusqu'à nous. La chaleur qui l'accompagne ne donne qu'une modeste idée de la température de 6 000 degrés qui règne à sa surface...

6 Et les autres étoiles proches ? Proxima, l'étoile la plus voisine du Soleil, est à 4,2 années-lumière, Arcturus à 37 années-lumière et Rigel à 1 400 années-lumière. Cela signifie que la lumière reçue de cette étoile a été émise il y a 1 400 ans. Si elle disparaissait aujourd'hui, il faudrait que s'écoulent autant d'années avant que son image cesse de briller dans le ciel...

Un exemple concret permet



PHOTOS AUTORISÉES NOAO

À gauche : la galaxie d'Andromède, assez semblable à la Voie lactée, possède quelque 200 milliards d'étoiles. Visible à l'œil nu, elle est la galaxie la plus proche de nous.

Au centre : vue de la comète de Halley prise lors de son passage à proximité de la Terre en 1986.

À droite : l'amas d'étoiles et de corps célestes de la galaxie Sombrero, à 65 millions d'années-lumière, laisse apparaître un curieux contour rappelant un vaisseau de l'espace échappé d'un film.

d'avoir une idée des colossales distances qui séparent les astres : imaginons la Terre grande comme un grain de raisin. En comparaison, le Soleil aurait la taille d'un petit melon et se trouverait à 10 mètres de notre planète. Et la plus proche étoile ? À 3 000 kilomètres de distance en observant la même échelle !

7 Que représente la magnitude apparente d'une étoile ?

L'éclat des étoiles se mesure en « magnitudes ». Les plus brillantes ont une magnitude inférieure à zéro, les moins lumineuses possédant des valeurs dépassant zéro. Au-dessus de la magnitude 6, les étoiles ne sont en principe plus visibles à l'œil nu. Seules deux étoiles ont des magnitudes négatives : Sirius en hémisphère Nord (magnitude - 1,46) et Canopus en hémisphère Sud (magnitude - 0,9). Viennent

ensuite (au-dessus de la magnitude 0) : Véga, Capella, Arcturus, Rigel et Procyon, toutes situées dans notre hémisphère céleste (voir tableau).

Mais il s'agit de la magnitude apparente. Autrement dit, de la luminosité de l'étoile telle qu'elle nous apparaît depuis notre planète. L'éclat réel de l'astre correspond à sa magnitude absolue, généralement très éloignée de l'éclat visible pour l'observateur terrestre (magnitude apparente).

8 Et la magnitude absolue ?

Éloignez-vous de votre voiture, la nuit, et enflammez une allumette. À 50 centimètres de vos yeux, la flamme de l'allumette sera plus lumineuse que les phares de votre véhicule laissés allumés à 200 mètres de vous. L'allumette aura une magnitude apparente supérieure à celle des phares, mais une magnitude absolue inférieure.

C'est ainsi que lorsque brillent Sirius et Rigel en plein hiver, la première paraît plus éclatante que la seconde (magnitudes apparentes - 1,46 et + 0,12). Rigel est pourtant intrinsèquement plus lumineuse puisqu'elle possède une magnitude absolue de - 8,1, contre + 1,4 pour Sirius. Pourquoi ? Parce que Sirius se trouve à 9 années-lumière de la Terre, alors que Rigel est à 1 400 années-lumière, soit environ 150 fois plus éloignée. Sa luminosité réelle est en fait 145 000 fois plus forte que celle du Soleil, contre 23 fois seulement pour Sirius. Mais avec la distance, son éclat diminue, à l'avantage de sa rivale...

9 Les étoiles ont-elles des couleurs différentes ?

La couleur des étoiles varie en fonction de leur température, les plus chaudes tirant sur le blanc ou le bleu, les plus froides sur le jaune ou le rouge. Pour un observateur terrestre, les

Une traversée du Pacifique sans instruments de navigation

S'inspirant des méthodes de navigation mises en pratiques par les Polynésiens d'autrefois, David Lewis effectue en 1965 la traversée de Tahiti à la Nouvelle-Zélande sans sextant, chronomètre et cartes marines à bord de son catamaran *Rehu Moana*. « Les méthodes polynésiennes dont nous allons nous servir sont classées en trois grandes catégories :

« 1/ Trouver et conserver la direction sans utiliser de compas : il me faudra pour cela me guider sur les étoiles à leur lever et à leur coucher, sur la position du Soleil et sur l'angle que feront les vagues et le vent avec la direction du bateau.

« 2/ Trouver ce qui correspond à la latitude grâce aux astres zénithaux : les étoiles suivent un chemin immuable d'est en ouest. Elles passent toujours au-dessus du même lieu terrestre, mais 4 minutes plus tôt chaque nuit (...).

« 3/ Trouver la terre lorsqu'elle se trouve sous l'horizon : pour cela, la nature donne toutes sortes d'indications à ceux qui savent les utiliser : la direction du vol des oiseaux de mer dormant toujours à terre, les nuages qui se forment au-dessus de la terre, la réfraction de la houle par les îles et les récifs, la végétation maritime et les poissons (...).

« Avant de partir, tous les instruments de navigation, y compris nos montres et le reste des cartes, seront confiés à la surveillance de Priscilla. Nous n'utiliserons que les méthodes antiques pour diriger le *Rehu Moana*, mais Priscilla se servira du sextant pour tracer la route suivie. Elle portera ses résultats sur les cartes et ne nous en dira rien. Ses observations ont deux buts : nous permettre de comparer une fois le voyage terminé nos positions réelles avec le résultat de nos positions, et nous fournir un avertissement si nous dépassons l'objectif ou si nous entrons dans une zone dangereuse. En effet, nous n'avons pas du tout l'intention de prendre de risques. »

Les planètes du système solaire

Planète	Distance du soleil en km	Diamètre en km	Nombre de satellites	Volume comparé à la Terre	Révolution autour du Soleil	Vitesse autour du Soleil en km
Mercuré	58 millions	4 900	0	17 fois plus petite	88 jours	173 000
Vénus	108 millions	12 400	0	un peu plus petite	228 jours	126 000
Terre	150 millions	12 600	1	—	1 an	107 000
Mars	228 millions	6 700	12	7 fois plus petite	2 ans	86 000
Jupiter	778 millions	143 000	12	1318 fois plus grosse	12 ans	47 000
Saturne	1426 millions	120 000	10	736 fois plus grosse	29 ans	35 000
Uranus	3000 millions	51 000	5	64 fois plus grosse	84 ans	25 000
Neptune	4500 millions	45 000	2	60 fois plus grosse	164 ans	19 000
Pluton	5900 millions	5 700	0	14 fois plus petite	247 ans	16 000



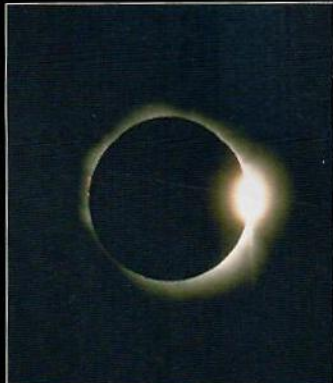
PHOTOS DIGITAL STOCK



1 UNE ÉCLIPSE DE SOLEIL
La silhouette de la Lune apparaît sur le disque solaire. L'éclipse a commencé.



2 OCCULTATION DÉBUT
La Lune s'interpose peu à peu entre la Terre et le Soleil.



3 OCCULTATION SUITE
Le Soleil disparaît presque entièrement derrière la Lune.



4 OCCULTATION TOTALE
La Lune masque le Soleil. La progression a duré trois minutes.

► étoiles paraissent généralement blanches. Pourtant, certaines se teintent d'une nuance colorée : Capella, Pollux, la Polaire ont un aspect légèrement jaune. Aldebaran, Antares et Bételgeuse se parent d'un voile rougeâtre, Rigel et Régulus d'un soupçon de bleu. Cette coloration apparente facilite parfois leur identification. À noter qu'à leur approche de l'horizon, toutes les étoiles se colorent de rouge à mesure que s'épaissit la couche atmosphérique traversée.

10 Pourquoi les étoiles scintillent-elles ? Le scintillement des étoiles est dû aux altérations optiques que subit leur lumière en franchissant les différentes couches de l'atmosphère terrestre. Plus une étoile est basse sur l'horizon, plus la couche atmosphérique traversée est épaisse, et plus est important le scintillement de l'astre. Il faut également noter que les variations d'éclat diminuent par temps calme et augmentent avec l'élévation de l'humidité.

11 Les planètes scintillent-elles aussi ? Non. Contrairement aux étoiles, les planètes du système solaire ne scintillent pas. Cette nuance est importante, puisqu'elle permet à l'observateur de les différencier plus aisément. Seules cinq planètes sont visibles à l'œil nu : Jupiter, Saturne, Mars, Vénus et Mer-

cure. Mais pas toutes à la fois ! Pour savoir lesquelles sont présentes au moment où l'on scrute le ciel, chacun peut consulter l'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers*. Tous les mois.

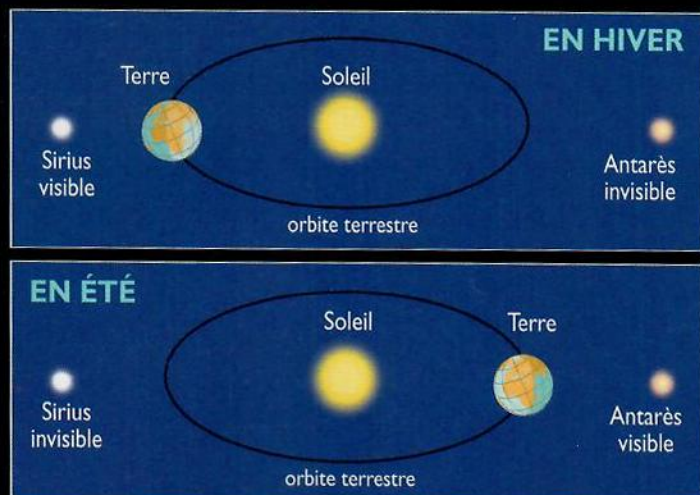
12 L'étoile Polaire indique-t-elle le nord en toutes saisons ? Tout le monde le sait, l'étoile Polaire nous indique approximativement la direction du nord, à un degré près. Cette information est valable quelle que soit la saison. Si le ciel n'est pas couvert, bien entendu... L'étoile Polaire matérialise également l'axe de rotation de la sphère céleste. Ce qui signifie que pour un observateur terrestre, entre l'instant de leur lever et de leur coucher, les étoiles traversent le ciel en tournant autour de la Polaire.

13 Pourquoi certaines étoiles disparaissent en hiver ? Certaines constellations proches de l'étoile Polaire restent visibles toute l'année depuis nos latitudes. C'est le cas de la Petite Ourse et de la Grande Ourse. Mais d'autres, comme Orion (la plus belle de toutes nos compagnes hauturières), ne nous rendent visite qu'en hiver, tandis que la Lyre (avec Véga) ou le Cygne (avec Deneb) disparaissent de nos cieux pour migrer à cette saison vers les douceurs de l'hémisphère Sud. Pourquoi ? Parce que la Terre, en tour-

nant autour du Soleil en une année, nous montre un paysage céleste différent au fil des saisons (voir dessin). Telle étoile visible la nuit en été ne peut ainsi être aperçue l'hiver parce qu'elle se situe dans la direction du Soleil. Et inversement.

14 Combien d'étoiles peut-on observer à l'œil nu ? Par une nuit sans Lune, avec une atmosphère limpide, il est possible de distinguer quelque 2 500 étoiles sans l'aide du moindre instrument d'optique. Ce qui est à la fois beaucoup

pour seulement deux yeux, et bien peu en regard des 120 milliards d'étoiles qui composent la Voie lactée (la galaxie à laquelle nous appartenons, elle-même perdue au sein de l'univers parmi plusieurs milliards d'autres galaxies). Certaines grandes étoiles restent apparentes toute la nuit pendant la belle saison. C'est le cas de l'étoile Polaire, Véga, Altair ou Deneb. Les autres se lèvent à l'est, traversent le ciel à des altitudes variables, puis disparaissent à l'ouest avant le lever du jour. La Grande Ourse n'est guère très haute au-



La ronde des étoiles. Depuis la Terre, les étoiles ne sont visibles que pendant la nuit. En raison de la rotation annuelle de notre planète autour du Soleil, certaines, comme Antares, disparaissent de notre vue en hiver. Simplement parce qu'elles se situent dans une direction qui ne nous permet pas de les distinguer (le Soleil nous aveugle). Sirius, placée du côté opposé au Soleil, est en revanche parfaitement visible. Durant la saison d'été, les positions s'inversent, nous dévoilant une autre portion du ciel nocturne.

dessus de la mer en été. On la trouve en direction du sud, entre la Polaire et l'horizon.

15 La pleine lune est-elle plus favorable à l'observation des étoiles ?

Bien au contraire, la période de la pleine lune est peu favorable à l'observation des étoiles, la clarté de notre satellite naturel gênant la visibilité nocturne.

En revanche, un ciel clair durant la nouvelle lune permet une grande clarté d'observation. Mais attention à l'éblouissement. Les yeux de l'observateur ont besoin d'un temps d'accoutumance pour adapter l'ouverture de leur diaphragme à l'obscurité nocturne. Une vingtaine de minutes est généralement nécessaire à la pupille avant de pouvoir distinguer efficacement les détails du paysage céleste à l'œil nu.

Il est donc important de se placer à un endroit dépourvu d'éclairage électrique extérieur proche.

Si vous utilisez une carte du ciel pour identifier les constellations, veillez à utiliser une lampe de faible intensité, équipée d'un écran rouge. Les effets d'éblouissement s'en trouveront réduits.



PHOTO AUTORISÉE JPL

La Lune, prête à orchestrer le rythme de nos marées ? Pas du tout : il s'agit de l'un des quatre plus importants satellites naturels de Jupiter, qui répond au joli nom de Ganymède. Le reste de la famille est tout aussi attachant, avec Io, Europe et Callisto.

16 Étoile filante ou satellite artificiel ?

Ne confondez pas. L'étoile filante est la trace lumineuse laissée par un astéroïde se décomposant à son entrée dans l'atmosphère terrestre. Son image n'apparaît que durant quelques fractions de seconde, alors que l'éclat du satellite artificiel se maintient pendant toute sa trajectoire d'un point de l'horizon à l'autre. Du moins tant que le Soleil éclai-

re. Savez-vous que près de 5 000 satellites artificiels répertoriés se promènent à quelques dizaines de milliers de kilomètres au-dessus de nos têtes ? Leurs origines sont diverses : satellites d'observation ou de télécommunication, étages de fusées porteuses, stations spatiales ou débris abandonnés. Plusieurs dizaines de ces engins lancés par l'homme sont décelables sans instrument. En observant avec attention, il est courant d'en apercevoir quatre ou cinq durant une période de dix minutes.



PHOTO AUTORISÉE JPL

Météore se désintégrant lors de son entrée dans l'atmosphère, en créant le phénomène optique appelé « étoile filante ».

Une traversée du Pacifique sans instruments de navigation (suite)

« Pour ce voyage, mon estimation de la distance parcourue a été assez juste. Je l'ai évaluée à 1 690 milles entre Rarotonga et la dernière position à midi avant d'apercevoir la terre, ce qui donne une surestimation de 77 milles. Certains jours j'ai toutefois fait jusqu'à 40 milles d'erreur. J'avais pensé que ces écarts s'accumuleraient obligatoirement lors d'un long voyage, mais nos surestimations et nos sous-estimations se sont peu à peu équilibrées (...).

« Les importantes déviations par rapport au cap sont souvent difficiles à justifier. Nous avons eu six cas de déviations atteignant 20 à 35 degrés. En deux occasions, il s'est agi de journées couvertes (...). Deux autres fois, le vent était très léger et peut-être des courants traversiers ont-ils eu une action disproportionnée.

« Les résultats de nos observations d'étoiles au zénith nous paient largement du mal que nous nous sommes donné. Il y a deux résultats que j'ai écartés aussitôt, ou après un jour ou deux : celui du 25 novembre, qui n'est pas en accord avec les autres, et celui du 9 décembre. En effet, pour ce dernier problème, l'étoile, momentanément dissimulée par un nuage, avait déjà dépassé son zénith à l'instant de l'observation. L'erreur régulière d'un demi-degré à un degré vers le sud qui entache les quatre premières observations est due sans doute à ce que je n'ai pas suffisamment tenu compte du roulis et de la gîte du catamaran.

« Les six dernières observations, sans compter le jour du nuage, accusent une erreur moyenne de douze minutes (douze milles). Il vaut la peine de noter que le premier des bons résultats les 2 et 3 décembre (erreur également de douze milles) avait été considéré sur le moment comme précis et digne de confiance. »

D'après « Les Filles du vent », par David Lewis (Éditions Maritimes et d'Outre-mer).

Les étoiles les plus brillantes de l'hémisphère Nord

Étoile	Constellation	Distance en années-lumière	Magnitude apparente	Magnitude absolue	Luminosité (x Soleil)	Couleur apparente
Sirius	Grand Chien	9	-1,46	+1,4	23 fois	blanc
Arcturus	Bouvier	34	-0,04	+0,2	70 fois	jaune orangé
Véga	Lyre	25	+0,03	+0,6	48 fois	blanc
Capella	Cocher	41	+0,08	-0,4	120 fois	jaune
Rigel	Orion	1400	+0,12	-8,1	145 000 fois	blanc bleu
Procyon	Petit chien	11	+0,38	+2,7	7 fois	jaune blanc
Bételgeuse	Orion	1 400	+0,5	-7,2	63 100 fois	rouge orangé
Altaïr	Aigle	16	+0,77	+2,3	10 fois	blanc
Aldébaran	Taureau	60	+0,85	-0,3	110 fois	orange
Antarès	Scorpion	522	+0,9	-5,2	10 000 fois	rouge orangé
Spica	Vierge	220	+1,00	-3,2	1 600 fois	bleu
Pollux	Gémeaux	35	+1,14	+0,7	40 fois	jaune orangé
Deneb	Cygne	1 500	+1,25	-7,2	63 000 fois	blanc
Régulus	Lion	69	+1,35	-0,3	110 fois	blanc bleu
Castor	Gémeaux	49	+1,94	+1,2	27 fois	blanc
Alioth	Grand Ourse	65	+1,8	+0,3	63 fois	blanc
Bellatrix	Orion	1 400	+1,64	-3,9	3 000 fois	bleu
Elnath	Taureau	140	+1,65	-1,5	330 fois	blanc bleu
Mirfak	Persée	630	+1,79	-5,1	9 200 fois	jaune blanc
Alkaïd	Grande Ourse	140	+1,86	-1,3	250 fois	bleu
Dubhé	Grande Ourse	100	+1,79	-0,8	175 fois	jaune orangé



Les constellations



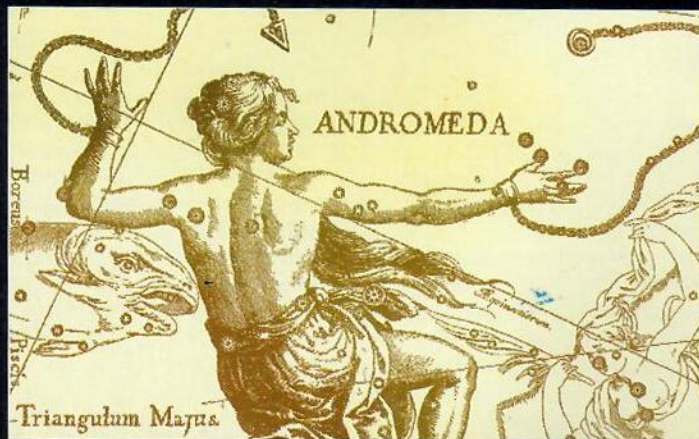
Voici un ciel que nous ne risquons jamais de rencontrer au cours de nos vagabondages nautiques. Il représente une vue rapprochée de l'intérieur du Grand Nuage de Magellan, au centre duquel resplendit la célèbre nébuleuse de la Tarantule. Pourquoi Magellan ? Parce que c'est le navigateur portugais qui en fit la découverte en 1519, lors de son voyage autour du monde.

Pour permettre d'identifier plus facilement les milliers d'astres que l'on aperçoit par nuit claire, les astronomes ont réuni certaines étoiles en un dessin caractéristique appelé constellation. La plus connue est la Grande Ourse. Elle groupe sept étoiles formant une figure qui ressemble à un chariot tiré par un attelage (les Chinois la compare au profil d'une casserole). La Grande Ourse est aussi la plus reconnaissable de toutes les constellations de notre hémisphère céleste. Aussi est-il commode de l'utiliser pour découvrir les étoiles voisines. La Polaire en premier lieu, puis Arcturus, Véga, Capella, Altair et quelques autres. Avec, en prime, une escapade vers la constellation de Cassiopee.

1 Quelle est l'origine de leur nom ?

La plupart des constellations que l'on distingue en hémisphère Nord ont été recensées à Alexandrie, en Égypte, par l'astronome Ptolémée au II^e

siècle après Jésus Christ. Elles reçurent des noms de héros grecs de l'Antiquité ou d'éléments issus des légendes de l'époque : Persée, Andromède, Hercule, le Lion, le Dragon, la Baleine, etc. Ces appellations trouvent leur origine dans les figures abstraites qu'elles paraissent représenter dans le ciel en joignant les différentes étoiles qui les composent. L'imagination aidant, les artistes ont brodé autour de ces figures géométriques pour leur



Représentation d'Andromède au XIX^e siècle.

donner des apparences plus en rapport avec leur nom de baptême. Ours, poissons, aigles et autres mythes homériques illustrent ainsi abondamment les manuels d'astronomie des siècles passés.

Il fallut attendre les expéditions scientifiques du XVII^e siècle pour enrichir les cartes du ciel, vierges de tout corps céleste en hémisphère Sud. Les voyages de découvertes apportèrent alors leur moisson de constellations encore inconnues, peu à peu complétées de nouvelles venues à l'aide des télescopes terrestres installés plus récemment.

2 Combien existe-t-il de constellations ?

Depuis 1928, le terme « constellation » n'est plus limité au seul groupement d'étoiles les plus lumineuses qui servirent à leur création initiale. Chaque constellation étend désormais son champ d'application à l'ensemble des étoiles et galaxies comprises dans une portion de ciel déterminée. On en compte 88 au total pour l'ensemble de la voûte céleste.

3 Pourquoi les planètes ne figurent-elles pas sur les cartes du ciel ?

Contrairement aux étoiles, qui conservent une disposition immuable les unes par rapport aux autres, les planètes chan-



Les mentions cardinales accompagnant les cartes du ciel paraissent erronées à l'observateur non averti. Le nord y est généralement placé en bas et le sud en haut. De quoi se trouver passablement désorienté. En fait, ces cartes célestes sont dessinées pour être lues « à l'envers », comme s'il s'agissait d'un plafond peint. Il suffit de retourner la feuille face vers le sol pour que tout rentre dans l'ordre.

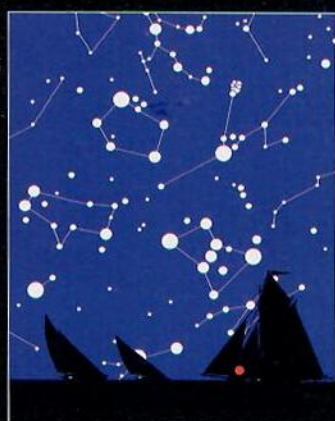
gent sans cesse de place sur la sphère céleste. Il est donc impossible de les faire figurer sur une carte permanente. Tenez-en compte au moment de l'observation, car leur présence peut perturber l'aspect du ciel stellaire.

- Vénus est douze fois plus brillante que Sirius, la plus lumineuse de toutes les étoiles. On peut l'apercevoir en début ou en fin de nuit, jamais au milieu.

- Jupiter est aussi brillante que Sirius, soit environ dix fois plus que Véga.

- Mars, très rougeâtre, peut être confondue avec les trois seules étoiles rouges de même éclat : Bételgeuse, Aldebaran et Antarès.

- Saturne brille d'un blanc terni, plombé. Ces quatre planètes sont les seules utilisées en navigation astronomique.



Sur l'image de gauche, le paysage nocturne est dominé par un fourmillement d'éclats anonymes. Au centre, quelques constellations joignant un groupe d'étoiles tracent des figures plus familières au-dessus de nos pommes de mâts. À droite, le nom des étoiles nous aide à déchiffrer la lecture de la voûte céleste.

Les 88 étoiles les plus brillantes

N°	Nom scientifique	Nom français	Visibilité	Situation	N°	Nom scientifique	Nom français	Visibilité	Situation
1	Andromeda	Andromède	Novembre	Hémisphère Nord	48	Ursa Minor	Petite Ourse	Juin-juillet	Hémisphère Nord
2	Aquarius	Verseau	Octobre	Sud écliptique	49	Vela	Voiles	Mars	Hémisphère Sud
3	Aquila	Aigle	Août	Équateur	50	Virgo	Vierge	Mai	Équateur
4	Ara	Autel	Juillet	Hémisphère Sud	51	Antlia	Machine pneumatique	Avril	Hémisphère Sud
5	Aries	Bélier	Décembre	Nord écliptique	52	Apus	Oiseau de Paradis	Juillet	Hémisphère Sud
6	Auriga	Cocher	Janvier	Hémisphère Nord	53	Caelum	Burin	Janvier	Hémisphère Sud
7	Bootes	Bouvier	Juin	Hémisphère Nord	54	Camelopardalis	Girafe	Janvier	Hémisphère Nord
8	Cancer	Cancer	Mars	Nord écliptique	55	Canes Venatici	Chiens de Chasse	Mai	Hémisphère Nord
9	Canis Major	Grand Chien	Février	Hémisphère Sud	56	Chamaeleon	Caméléon	Avril	Hémisphère Sud
10	Canis Minor	Petit Chien	Février	Équateur	57	Circinus	Compas	Juin	Hémisphère Sud
11	Capricornus	Capricorne	Septembre	Sud écliptique	58	Columba	Colombe	Janvier	Hémisphère Sud
12	Carina	Carène	Février-mars	Hémisphère Sud	59	Coma Berenices	Chevelure de Bérénice	Mai	Hémisphère Nord
13	Cassiopea	Cassiopée	Novembre	Hémisphère Nord	60	Crux	Croix du Sud	Mai	Hémisphère Sud
14	Centaurus	Centaure	Mai	Hémisphère Sud	61	Dorado	Dorade	Janvier	Hémisphère Sud
15	Cepheus	Céphée	Sept.-octobre	Hémisphère Nord	62	Fornax	Fourneau chimique	Décembre	Hémisphère Sud
16	Cetus	Baleine	Octobre-Novembre	Équateur	63	Grus	Grue	Octobre	Hémisphère Sud
17	Corona Australis	Couronne australe	Août	Hémisphère Sud	64	Horologium	Horloge	Déc.-janvier	Hémisphère Sud
18	Corona Borealis	Couronne boréale	Juin	Hémisphère Nord	65	Hydrus	Hydre mâle	Décembre	Hémisphère Sud
19	Corvus	Corbeau	Mai	Hémisphère Sud	66	Indus	Indien	Septembre	Hémisphère Sud
20	Crater	Coupe	Avril	Hémisphère Sud	67	Lacerta	Lézard	Octobre	Hémisphère Nord
21	Cygnus	Cygne	Septembre	Hémisphère Nord	68	Leo Minor	Petit Lion	Avril	Hémisphère Nord
22	Delphinus	Dauphin	Septembre	Hémisphère Nord	69	Lynx	Lynx	Février-mars	Hémisphère Nord
23	Draco	Dragon	Avril à août	Hémisphère Nord	70	Mensa	Table	Janvier	Hémisphère Nord
24	Equuleus	Petit Cheval	Septembre	Hémisphère Nord	71	Microscopium	Microscope	Septembre	Hémisphère Sud
25	Eridanus	Eridan	Décembre	Hémisphère Sud	72	Monoceros	Licorne	Février	Équateur
26	Gemini	Gémeaux	Février	Nord écliptique	73	Musca	Mouche	Mai	Hémisphère Sud
27	Hercules	Hercule	Juillet	Hémisphère Nord	74	Norma	Équerre	Juillet	Hémisphère Sud
28	Hydra	Hydre femelle	Mars à mai	Sud écliptique	75	Octans	Octant	Août-sept.	Hémisphère Sud
29	Leo	Lion	Avril	Nord écliptique	76	Pavo	Paon	Août	Hémisphère Sud
30	Lepus	Lièvre	Janvier	Hémisphère Sud	77	Phoenix	Phénix	Novembre	Hémisphère Sud
31	Libra	Balance	Juin	Sud écliptique	78	Pictor	Chevalet du Peintre	Janvier	Hémisphère Sud
32	Lupus	Loup	Juin	Hémisphère Sud	79	Pyxis	Boussole	Mars	Hémisphère Sud
33	Lyra	Lyre	Août	Hémisphère Nord	80	Reticulum	Réticule	Décembre	Hémisphère Sud
34	Ophiucus	Ophiucus	Juillet	Équateur	81	Sculptor	Atelier du Sculpteur	Novembre	Hémisphère Sud
35	Orion	Orion	Janvier	Équateur	82	Scutum	Écu de Sobieski	Août	Sud écliptique
36	Pegasus	Pégase	Octobre	Hémisphère Nord	83	Sextans	Sextant	Avril	Équateur
37	Perseus	Persée	Décembre	Hémisphère Nord	84	Telescopium	Télescope	Août	Hémisphère Sud
38	Pisces	Poissons	Novembre	Équateur	85	Triangulum Australe	Triangle austral	Juillet	Hémisphère Sud
39	Piscis Australis	Poisson austral	Octobre	Hémisphère Sud	86	Tucana	Toucan	Octobre	Hémisphère Sud
40	Puppis	Poupe	Février	Hémisphère Sud	87	Volans	Poisson volant	Février	Hémisphère Sud
41	Sagitta	Flèche	Août	Hémisphère Nord	88	Vulpecula	Petit Renard	Août	Hémisphère Nord
42	Sagittarius	Sagittaire	Août	Sud écliptique					
43	Scorpius	Scorpion	Juillet	Sud écliptique					
44	Serpens	Serpent	Juin et août	Équateur					
45	Taurus	Taureau	Janvier	Nord écliptique					
46	Triangulum	Triangle	Novembre-décembre	Hémisphère Nord					
47	Ursa Major	Grande Ourse	Avril-mai	Hémisphère Nord					

L'astronomie marine et ses pionniers

Voici les instructions particulières données par Sa Majesté le roi Louis XVI en 1767 au sieur de La Pérouse, capitaine de ses vaisseaux, commandant les frégates *la Boussole* et *l'Astrolabe* pour être employées dans un voyage de découvertes. En particulier les opérations relatives à l'astronomie, à la géographie, à la navigation, à la physique, et aux différentes branches de l'histoire naturelle.

« 1° Sa Majesté ayant destiné deux astronomes pour être employés, sous les ordres du sieur de La Pérouse, dans l'expédition dont elle lui a confié la conduite, et ses deux frégates étant pourvues de tous les instruments d'astronomie et de navigation dont on peut faire usage, soit à la mer, soit à terre, il veillera à ce que, dans le cours du voyage, l'un et l'autre ne négligent aucune occasion de faire toutes les observations astronomiques qui pourront lui paraître utiles. L'objet le plus important pour la sûreté de la navigation est de fixer avec précision les latitudes et longitudes des lieux où il abordera, et ceux à vue desquels il pourra passer. Il recommandera, à cet effet, à l'astronome employé sur chaque frégate de suivre très exactement la marche et le mouvement des horloges et montres marines.

« 2° Aussi souvent que l'état du ciel le permettra, il fera prendre des distances de la Lune au Soleil et aux étoiles, avec les instruments à cet usage. Il fera observer tous les jours, lorsque le temps le permettra, la déclinaison et l'inclinaison de l'aiguille aimantée. Le sieur de La Pérouse fera tenir sur chaque frégate un registre double où seront portées, jour par jour, sur terre et sur mer, les observations astronomiques, celles relatives à l'emploi des horloges et montres marines et toutes autres. À la fin du voyage, le sieur de La Pérouse se fera remettre les deux registres qui auront été tenus par les astronomes, et après qu'ils auront certifiés véritables et signés. »

D'après le « Voyage de La Pérouse par lui-même » (Éditions Maurice Dreyfous).



Étoiles utilisables en navigation

Lorsque nuages et brouillards cessent leur apparition, le ciel d'hiver, chargé d'air froid, est remarquablement limpide. Sa clarté favorise la découverte des constellations les plus somptueuses qui dessinent leur contour sur la voûte céleste : Orion, les Gémeaux ou la Grande Ourse. C'est le moment de les localiser, puis de les utiliser pour faire un point d'étoiles.

PENDANT L'HIVER sous nos latitudes



valable pour ces latitudes

DÉCEMBRE-JANVIER entre 21 h et 1 h UT

(également valable en octobre et novembre entre 1 h et 5 h UT)



Situation dans le ciel	Étoiles	Direction	Constellation
Étoiles proches du zénith, avec Capella (dans le Cocher) qui domine le ciel nocturne. Les inséparables Castor et Pollux sont clairement visibles à l'ouest d'Orion.	Capella	zénith	Cocher
	Algol	O	Persée
	Les Pléiades	SO	Taureau
	Aldébaran	SO	Taureau
	Castor Pollux	SE SE	Gémeaux Gémeaux
Étoiles situées à mi-distance entre l'horizon et le centre de la voûte céleste. Orion nous dévoile son baudrier à triple diamant en direction du sud, encadré par Rigel, Bételgeuse et Bellatrix. Le plus somptueux groupement d'étoiles.	Polaire	N	Petite Ourse
	γ Cassiopée	NO	Cassiopee
	Bellatrix	S	Orion
	Rigel	S	Orion
	Sirius	S	Grand Chien
	Procyon	SSE	Petit Chien
	Dubhé Régulus	NE ESE	Grande Ourse Lion
Étoiles basses sur l'horizon, difficiles à apercevoir en raison de leur faible hauteur.	Deneb	NNO	Cygne
	Denebola	E	Lion
	Alkaïd	NE	Grande Ourse



valable pour ces latitudes

DÉCEMBRE-JANVIER entre 01 h et 05h UT

(tableau également valable en février et mars entre 21 h et 1 h UT)



Situation dans le ciel	Étoiles	Direction	Constellation
Étoiles proches du zénith, groupées en triangle parfait dans les constellations de la Grande Ourse, du Lion et des Gémeaux.	Regulus	S	Lion
	Castor	SO	Gémeaux
	Pollux	SO	Gémeaux
	Dubhé	NE	Grande Ourse
	Alioth	E	Grande Ourse
Étoiles situées à mi-distance entre l'horizon et le centre de la voûte céleste. Les plus lumineuses sont Capella dans le Cocher, Arcturus dans le Bouvier et Aldébaran dans le Taureau. La belle Orion a déjà glissé en direction de l'ouest, en compagnie de Procyon.	Polaire	N	Petite Ourse
	γ Cassiopée	NNO	Cassiopee
	Aldébaran	O	Taureau
	Les Pléiades	O	Taureau
	Capella	O	Cocher
	Bellatrix	OSO	Orion
	Procyon	SO	Petit Chien
	Arcturus Alkaïd	ESE E	Bouvier Grande Ourse
Étoiles basses sur l'horizon, difficiles à apercevoir en raison de leur faible hauteur.	Deneb	N	Cygne
	Sirius	SO	Grand Chien
	Véga	NE	Lion

ILLUSTRATIONS ALAIN GRÉCOCOREL



Le Lion



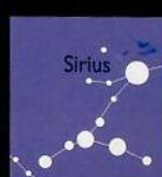
La Lyre



Orion



Pégase



Grand Chien



Petit Chien



Petite Ourse



Scorpion

PENDANT L'ÉTÉ sous nos latitudes



JUILLET et AOÛT entre 21h et 1h UT

(tableau également valable en mai et juin entre 1 h et 5 h UT)



valable pour ces latitudes

Situation dans le ciel	Étoiles	Direction	Constellation
Étoiles proches du zénith, dont Véga, l'une des cinq plus brillantes du ciel nocturne.	Véga Deneb Gienah	zénith zénith zénith	Lyre Cygne Cygne
Étoiles situées à mi-distance entre l'horizon et le centre de la voûte céleste. L'ensemble Grande Ourse et Petite Ourse est visible en direction de l'ouest. Le grand attelage prolongé d'une longueur nous désigne Arcturus, à environ 20 degrés au-dessus de l'horizon.	Arcturus Alkaïd Alioth Dubhé γ Cassiopée Polaire Markab Scheat Alpheratz Altaïr	O NO NO NO NE N SE SE SE S	Bouvier Grande Ourse Grande Ourse Grande Ourse Cassiopee Petite Ourse Pégase Pégase Andromède Aigle
Étoiles basses sur l'horizon, difficiles à apercevoir en raison de leur faible hauteur.	Capella Antarès Algol Mirfak	NNE SO NE NE	Cocher Scorpion Persée Persée



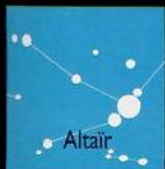
JUILLET et AOÛT entre 1h et 5h UT

(également valable en septembre et octobre entre 21 h et 1 h UT)



valable pour ces latitudes

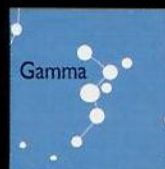
Situation dans le ciel	Étoiles	Direction	Constellation
Étoiles proches du zénith, dont celles de Cassiopee.	γ Cassiopee Deneb	N OSO	Cassiopee Cygne
Étoiles situées à mi-distance entre l'horizon et le centre de la voûte céleste. Les plus brillantes sont Véga dans la Lyre, Capella dans le Cocher et Aldébaran dans le Taureau, en formant un triangle remarquable de l'est à l'ouest.	Polaire Véga Altaïr Markab Les Pléiades Aldébaran Capella Algol Mirfak	N W OSO S E E E E E	Petite Ourse Lyre Aigle Pégase Taureau Taureau Cocher Persée Persée
Étoiles basses sur l'horizon, difficiles à apercevoir en raison de leur faible hauteur. Orion commence à montrer la pointe d'une étoile, la Grande Ourse est à peine visible.	Bételgeuse Castor Alioth Alkaïd Dubhé Fomalhaut	E NE N N N S	Orion Gémeaux Grande Ourse Grande Ourse Grande Ourse Poisson austral



Aigle



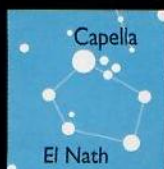
Bouvier



Cassiopee



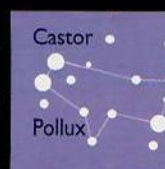
Persée



Cocher



Cygne



Gémeaux



Grande Ourse



Le ciel de l'année



Cartes valables pour les régions situées entre les latitudes 42° et 50° nord, soit entre la Corse et la Manche.

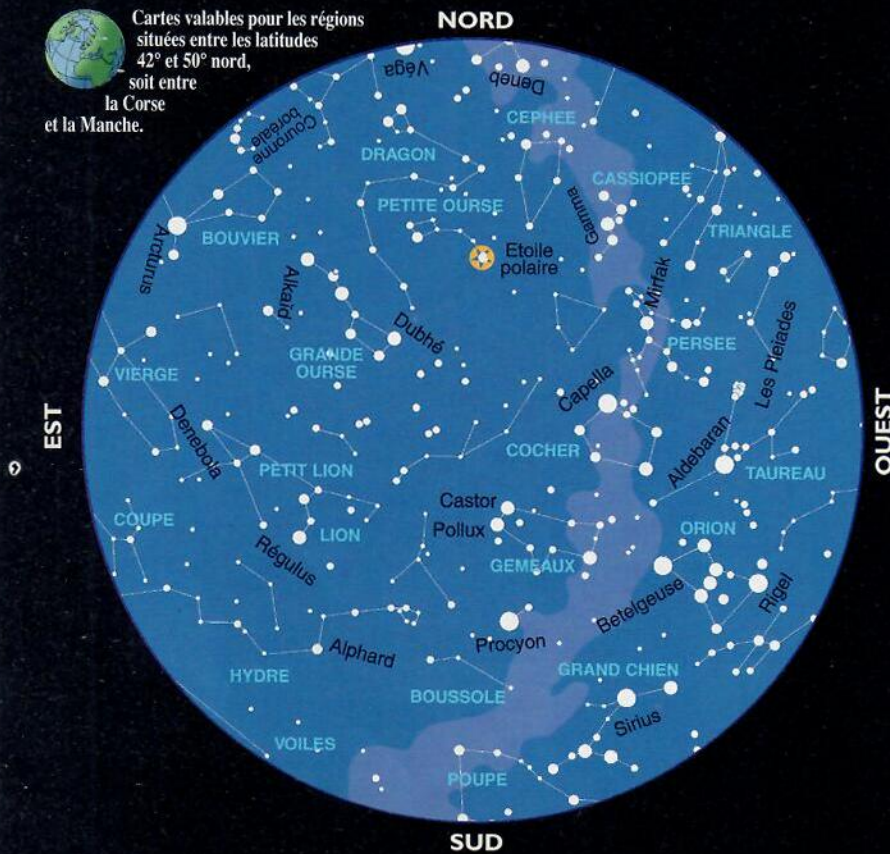
1 JANVIER

Ciel que l'on peut apercevoir

- le 15 octobre vers 6 heures,
- le 1^{er} novembre vers 5 heures,
- le 15 novembre vers 4 heures,
- le 1^{er} décembre vers 3 heures,
- le 15 décembre vers 2 heures,
- le 1^{er} janvier vers 1 heure,
- le 15 janvier vers minuit,
- le 1^{er} février vers 23 heures,
- le 15 février vers 22 heures,
- le 1^{er} mars vers 21 heures,
- le 15 mars vers 20 heures.

Panorama céleste :

Capella culmine au zénith en compagnie des inséparables Castor et Pollux. En direction du sud, Procyon et Sirius brillent d'un éclat sensiblement identique, non loin de la somptueuse constellation d'Orion. On peut y découvrir la géante gazeuse Bételgeuse, Rigel (60 000 fois plus lumineuse que le soleil) et Bellatrix, un peu moins éclatante, dans le nord-ouest. Mais Orion n'aurait pas gagné une telle célébrité sans son magnifique baudrier formé de trois étoiles en ligne : Alnitak, Alnilam et Mintaka.



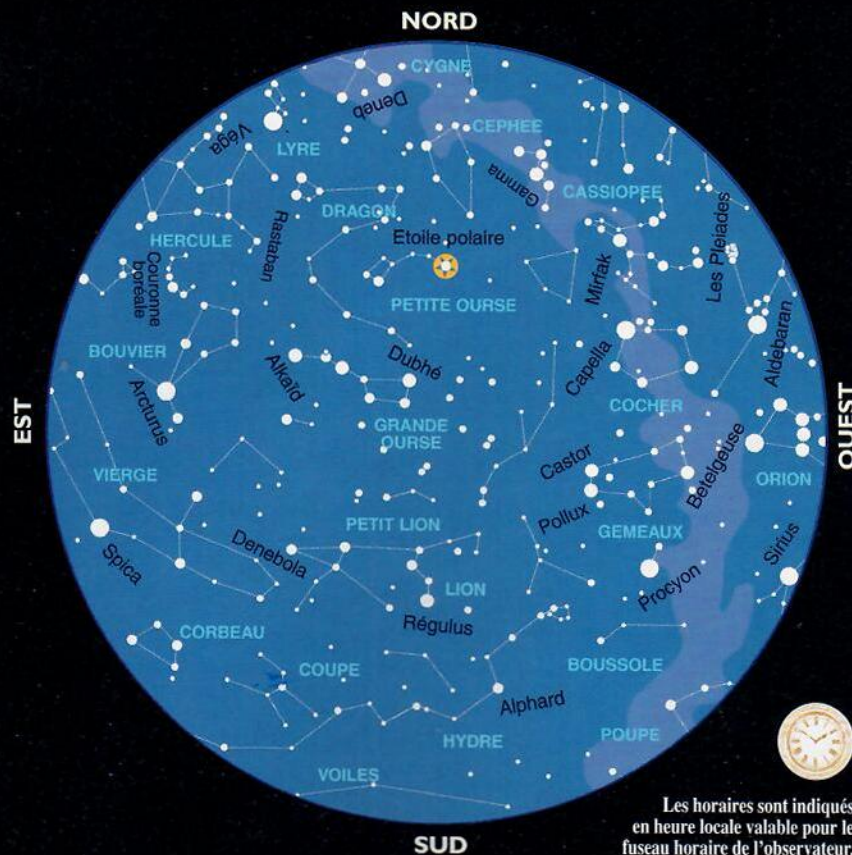
2 FÉVRIER

Ciel que l'on peut apercevoir

- le 15 novembre vers 6 heures,
- le 1^{er} décembre vers 5 heures,
- le 15 décembre vers 4 heures,
- le 1^{er} janvier vers 3 heures,
- le 15 janvier vers 2 heures,
- le 1^{er} février vers 1 heure,
- le 15 février vers minuit,
- le 1^{er} mars vers 23 heures,
- le 15 mars vers 22 heures,
- le 1^{er} avril vers 21 heures,
- le 15 avril vers 20 heures.

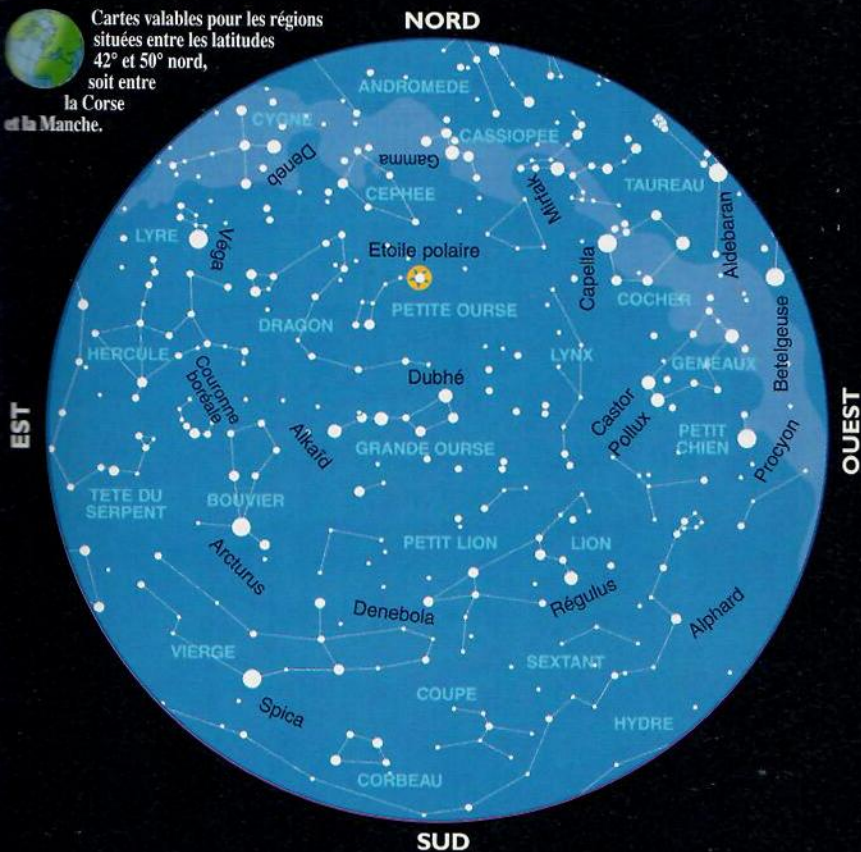
Panorama céleste :

Aucune grande étoile ne culmine au-dessus de notre pomme de mâ. Il faut baisser les yeux à mi-hauteur au-dessus de l'horizon pour déceler Capella à l'ouest, Cassiopée au Nord, Arcturus à l'est, Régulus au Sud. Puis, plus bas encore vers le sud-ouest, le groupe hivernal des Gémeaux avec Castor et Pollux, du Petit Chien avec Procyon, d'Orion avec Bételgeuse et Bellatrix, et du Taureau avec Aldébaran et les Pléiades.



Les horaires sont indiqués en heure locale valable pour le fuseau horaire de l'observateur.

Cartes valables pour les régions situées entre les latitudes 42° et 50° nord, soit entre la Corse et la Manche.



3 MARS

Ciel que l'on peut apercevoir

- le 15 décembre vers 6 heures,
- le 1^{er} janvier vers 5 heures,
- le 15 janvier vers 4 heures,
- le 1^{er} février vers 3 heures,
- le 15 février vers 2 heures,
- le 1^{er} mars vers 1 heure,
- le 15 mars vers minuit,
- le 1^{er} avril vers 23 heures,
- le 15 avril vers 22 heures,
- le 1^{er} mai vers 21 heures,
- le 15 mai vers 20 heures.

Panorama céleste :

La Grande Ourse domine le ciel, pointant son attelage en direction du sud-est. La ronde des étoiles majeures tourne autour d'elle : Capella, Mirfak, Cassiopee, Deneb, Véga, Arcturus, Spica, Régulus, Castor et Pollux, sans oublier Procyon juste au-dessous des inséparables Gémeaux. Et la constellation d'Orion ? Elle a filé vers d'autres cieux...

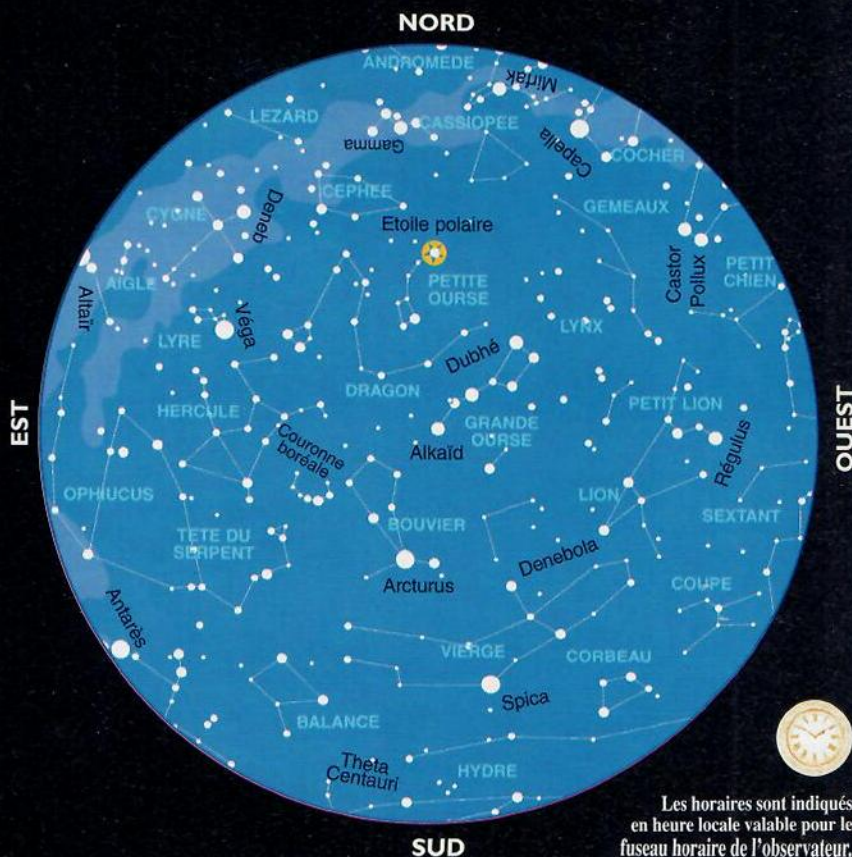
4 AVRIL

Ciel que l'on peut apercevoir

- le 15 janvier vers 6 heures,
- le 1^{er} février vers 5 heures,
- le 15 février vers 4 heures,
- le 1^{er} mars vers 3 heures,
- le 15 mars vers 2 heures,
- le 1^{er} avril vers 1 heure,
- le 15 avril vers minuit,
- le 1^{er} mai vers 23 heures,
- le 15 mai vers 22 heures,
- le 1^{er} juin vers 21 heures,
- le 15 juin vers 20 heures.

Panorama céleste :

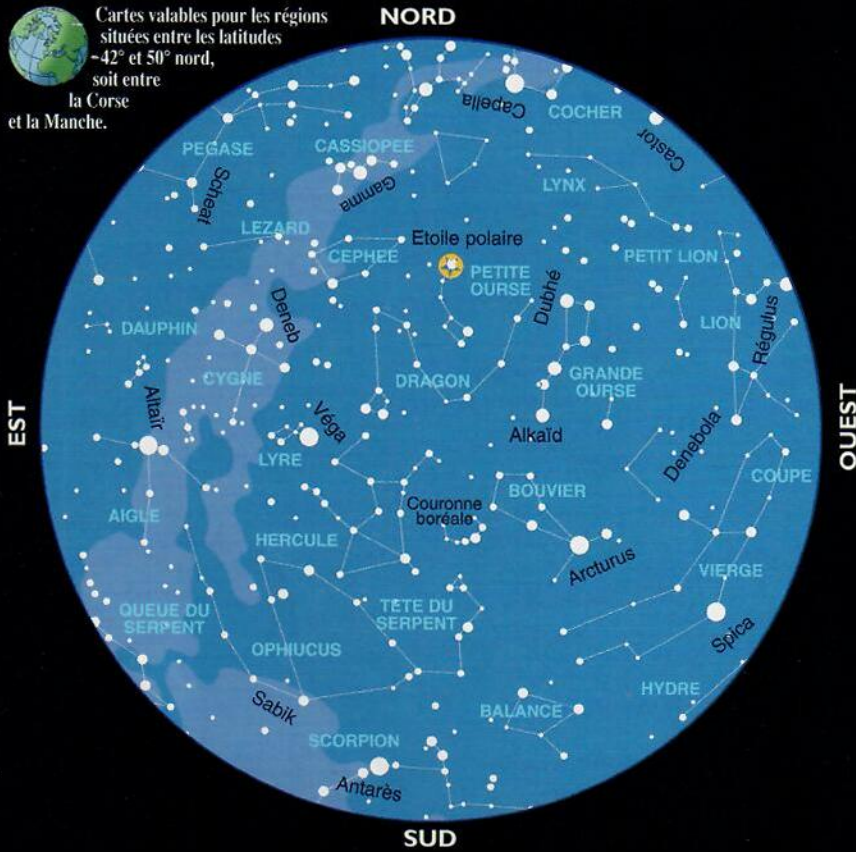
Magnifique, la Grande Ourse étend toujours son chariot au centre de la voûte céleste. Prolongez l'attelage en direction du sud, vous découvrirez Arcturus (dans le Bouvier), aussi brillante que Véga (à mi-hauteur vers l'est). Deneb, Cassiopee, Capella, Castor et Pollux, puis Régulus luisent au-dessus de l'horizon entre l'est et le sud-ouest. Un alignement d'étoiles est nettement visible, en joignant Véga (à l'est), Arcturus et Spica (au sud).



Les horaires sont indiqués en heure locale valable pour le fuseau horaire de l'observateur.



Cartes valables pour les régions situées entre les latitudes ~42° et 50° nord, soit entre la Corse et la Manche.



5 MAI

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 février vers 6 heures,
- le 1^{er} mars vers 5 heures,
- le 15 mars vers 4 heures,
- le 1^{er} avril vers 3 heures,
- le 15 avril vers 2 heures,
- le 1^{er} mai vers 1 heure,
- le 15 mai vers minuit,
- le 1^{er} juin vers 23 heures,
- le 15 juin vers 22 heures,
- le 1^{er} juillet vers 21 heures,
- le 15 juillet vers 20 heures.

Panorama céleste :

Inutile de chercher Sirius, Procyon, les Gémeaux ou la belle Orion : ils ont quitté notre ciel printanier pour glisser vers l'autre hémisphère. Alkaïd domine en revanche au zénith en tête du Grand Chariot, en composant un triangle rectangle avec Arcturus (dans le Bouvier) et Véga (dans la Lyre). On aperçoit Deneb et Cassiopée entre l'est et le nord, tandis que Régulus, Spica, Antarès et Capella font mine de disparaître au ras des flots.

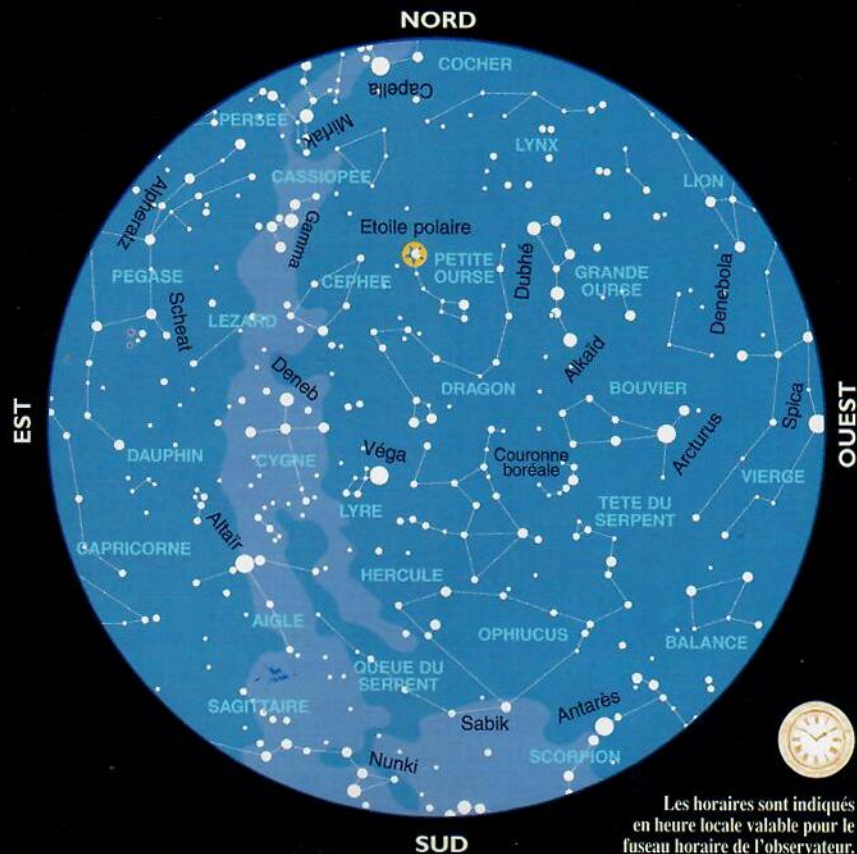
6 JUIN

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 mars vers 6 heures,
- le 1^{er} avril vers 5 heures,
- le 15 avril vers 4 heures,
- le 1^{er} mai vers 3 heures,
- le 15 mai vers 2 heures,
- le 1^{er} juin vers 1 heure,
- le 15 juin vers minuit,
- le 1^{er} juillet vers 23 heures,
- le 15 juillet vers 22 heures,
- le 1^{er} août vers 21 heures,
- le 15 août vers 20 heures.

Panorama céleste :

Le centre de la sphère céleste est occupé par Véga, dans la constellation de la Lyre. Altaïr, dans l'Aigle l'accompagne au sud-est, et Arcturus (Bouvier) vers l'ouest. Deneb, Cassiopée et la Grande Ourse animent le ciel à mi-hauteur, respectivement à l'est, au nord-est et à l'ouest de la voûte. Observez avec attention entre Véga et Arcturus : vous découvrirez la Couronne boréale, composée d'un croissant de 7 étoiles visibles à l'œil nu.

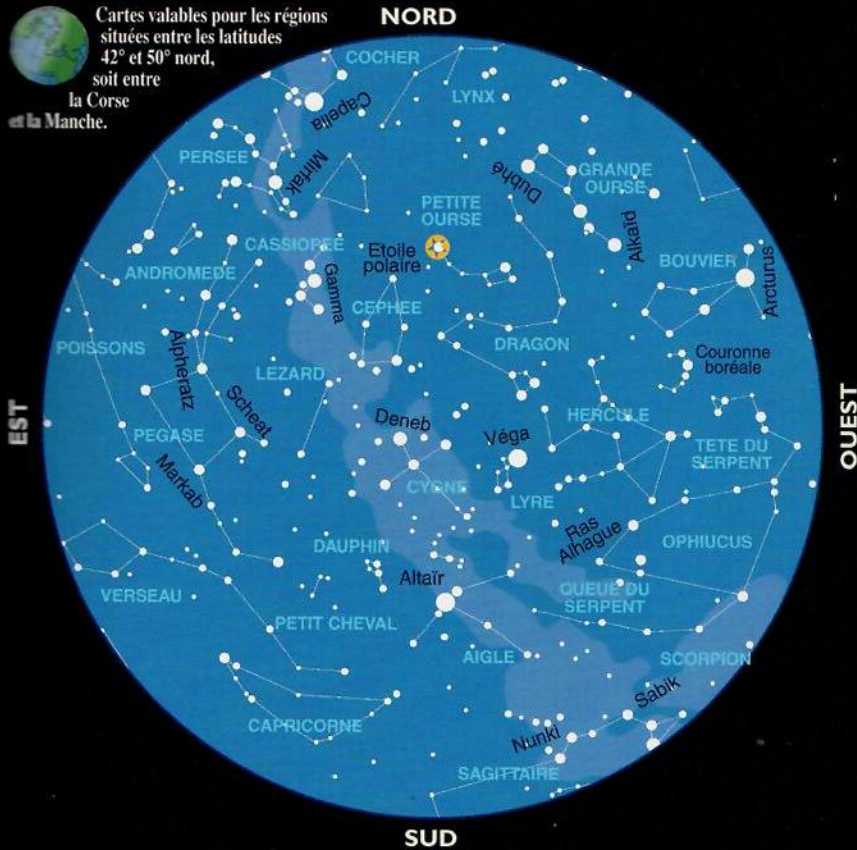


Les horaires sont indiqués en heure locale valable pour le fuseau horaire de l'observateur.



Cartes valables pour les régions situées entre les latitudes 42° et 50° nord, soit entre la Corse et la Manche.

Manche.



7 JUILLET

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 avril vers 6 heures,
- le 1^{er} mai vers 5 heures,
- le 15 mai vers 4 heures,
- le 1^{er} juin vers 3 heures,
- le 15 juin vers 2 heures,
- le 1^{er} juillet vers 1 heure,
- le 15 juillet vers minuit,
- le 1^{er} août vers 23 heures,
- le 15 août vers 22 heures,
- le 1^{er} septembre vers 21 heures,
- le 15 septembre vers 20 heures.

Panorama céleste :

Deux étoiles se partagent le zénith céleste : Deneb (dans le Cygne) et Véga (dans la Lyre). On peut ensuite découvrir Altair à mi-hauteur au sud, et Arcturus vers l'horizon ouest. Un alignement légèrement courbe relie Cassiopée (à l'est), l'étoile Polaire (au nord bien sûr), Alkaïd (en tête du chariot de la Grande Ourse) et Arcturus (Bouvier) à l'ouest. Avec un peu de chance, Capella luira timidement au ras de l'horizon vers le nord.

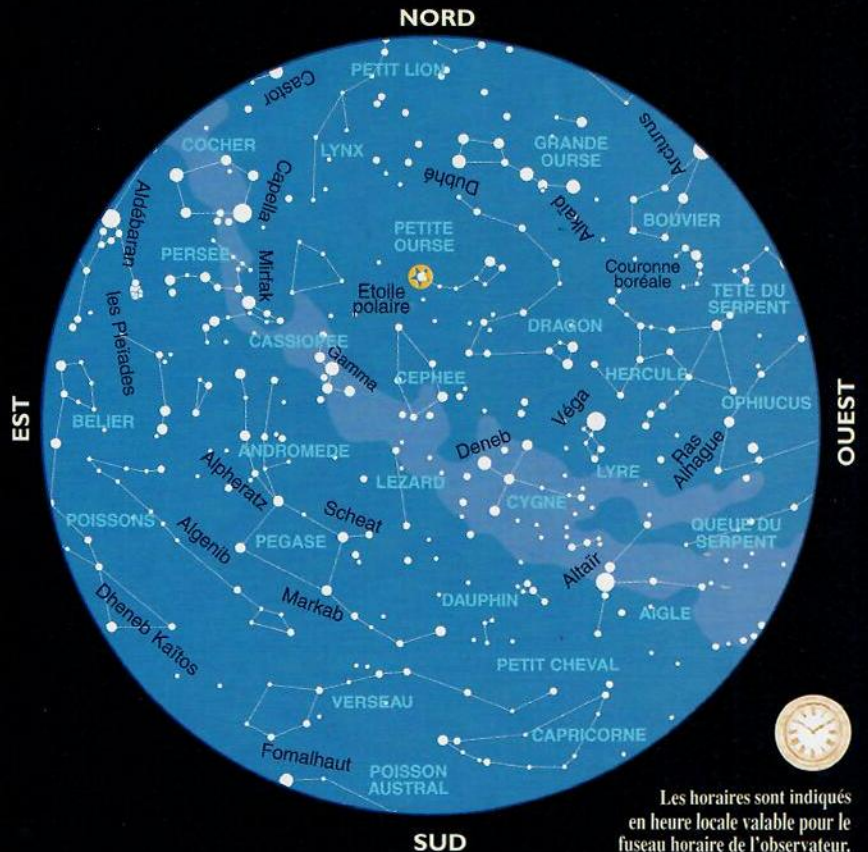
8 AOÛT

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 mai vers 6 heures,
- le 1^{er} juin vers 5 heures,
- le 15 juin vers 4 heures,
- le 1^{er} juillet vers 3 heures,
- le 15 juillet vers 2 heures,
- le 1^{er} août vers 1 heure,
- le 15 août vers minuit,
- le 1^{er} septembre vers 23 heures,
- le 15 septembre vers 22 heures,
- le 1^{er} octobre vers 21 heures,
- le 15 octobre vers 20 heures.

Panorama céleste :

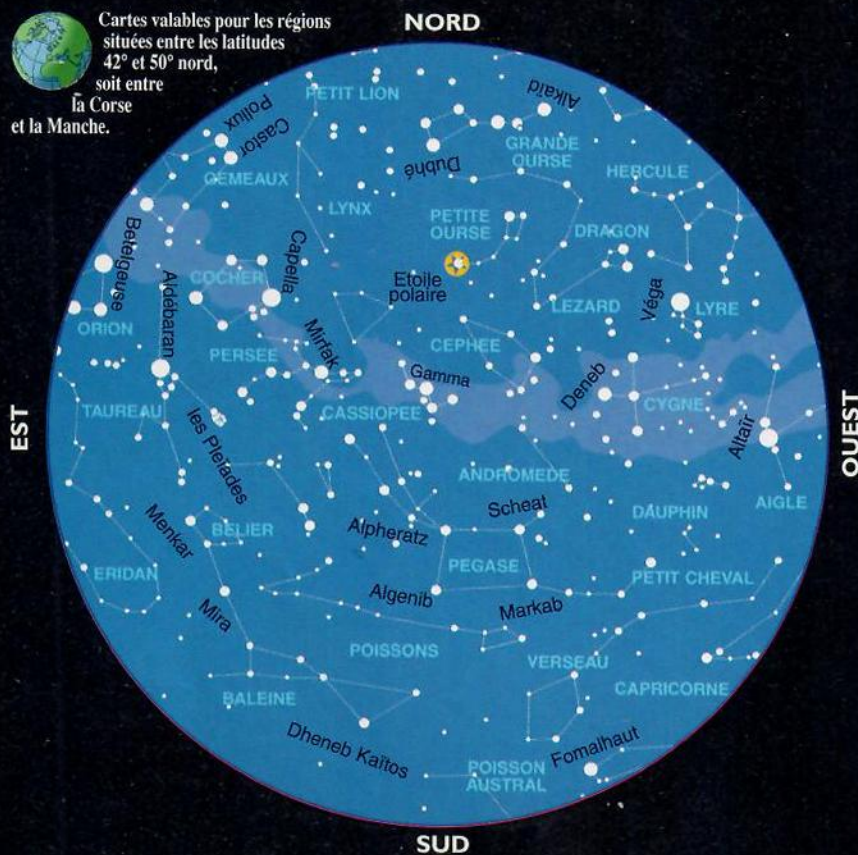
Peu de grandes étoiles sont visibles à cette époque de l'année. On ne distingue guère que Véga, dans la Lyre vers l'ouest, Altair (Aigle) un peu plus bas dans le sud-ouest, et Capella, près de l'horizon vers l'est. Un alignement (du nord-est au sud-ouest en passant par le zénith) se distingue en joignant Capella, Cassiopée, Deneb et Altair. Sensiblement la traînée lumineuse de la Voie lactée.



Les horaires sont indiqués en heure locale valable pour le fuseau horaire de l'observateur.



Cartes valables pour les régions situées entre les latitudes 42° et 50° nord, soit entre la Corse et la Manche.



9 SEPTEMBRE

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 juin vers 6 heures,
- le 1^{er} juillet vers 5 heures,
- le 15 juillet vers 4 heures,
- le 1^{er} août vers 3 heures,
- le 15 août vers 2 heures,
- le 1^{er} septembre vers 1 heure,
- le 15 septembre vers minuit,
- le 1^{er} octobre vers 23 heures,
- le 15 octobre vers 22 heures,
- le 1^{er} novembre vers 21 heures,
- le 15 novembre vers 20 heures.

Panorama céleste :

Partez de Cassiopee, près du zénith, en direction du sud : à mi-chemin de l'horizon apparaît distinctement le carré de Pégase. Il est composé de quatre étoiles : Scheat, Markab, Algenib et Alpheratz, toutes d'un éclat assez semblable. La Grande Ourse, très basse, est à peine visible au nord, Véga, Altaïr et Deneb brillent en direction de l'ouest, tandis que Capella et Aldébaran animent le ciel à l'est, accompagnées par le groupe des Pléiades.

10 OCTOBRE

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 juillet vers 6 heures,
- le 1^{er} août vers 5 heures,
- le 15 août vers 4 heures,
- le 1^{er} septembre vers 3 heures,
- le 15 septembre vers 2 heures,
- le 1^{er} octobre vers 1 heure,
- le 15 octobre vers minuit,
- le 1^{er} novembre vers 23 heures,
- le 15 novembre vers 22 heures,
- le 1^{er} décembre vers 21 heures,
- le 15 décembre vers 20 heures.

Panorama céleste :

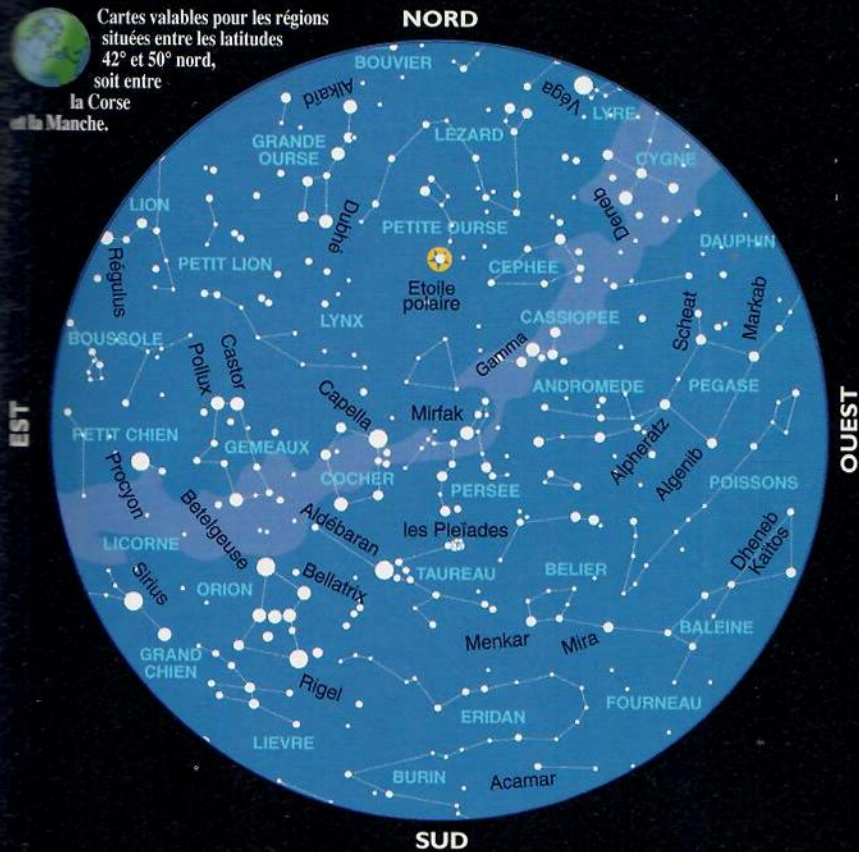
Voici Cassiopee au centre de la voûte céleste, flanquée de l'étoile Polaire au nord, de Deneb à l'ouest (Cygne), de Mirfak (Persée) et de Capella (Cocher) à l'est. Altaïr, Véga, Alkaïd et Rigel ne sont guère visibles au ras des flots, alors qu'Aldébaran, Bételgeuse, Bellatrix, Castor et Pollux restent timidement au-dessus de l'horizon entre l'est et le sud-est. Le carré de Pégase se dessine encore clairement à mi-hauteur au sud-ouest, entre Andromède et le Verseau.



Les horaires sont indiqués en heure locale valable pour le fuseau horaire de l'observateur.



Cartes valables pour les régions situées entre les latitudes 42° et 50° nord, soit entre la Corse et la Manche.



11 NOVEMBRE

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 août vers 6 heures,
- le 1^{er} septembre vers 5 heures,
- le 15 septembre vers 4 heures,
- le 1^{er} octobre vers 3 heures,
- le 15 octobre vers 2 heures,
- le 1^{er} novembre vers 1 heure,
- le 15 novembre vers minuit,
- le 1^{er} décembre vers 23 heures,
- le 15 décembre vers 22 heures,
- le 1^{er} janvier vers 21 heures,
- le 15 janvier vers 20 heures.

Panorama céleste :

Capella (dans le Cocher), Mirfak (Persée) et Cassiopee se partagent le zénith de la voûte céleste. Au ras de l'horizon se cachent Véga, Régulus et Sirius, tandis qu'à mi-hauteur brille Aldébaran (vers le sud), accompagnée des chétives Pléiades et de la constellation d'Orion. En observant sous son baudrier à la jumelle, à l'est de Rigel, on peut apercevoir la grande nébuleuse M 42, appelée aussi nébuleuse d'Orion. Il s'agit d'une gigantesque masse de gaz située à 1 600 années-lumière de la Terre.

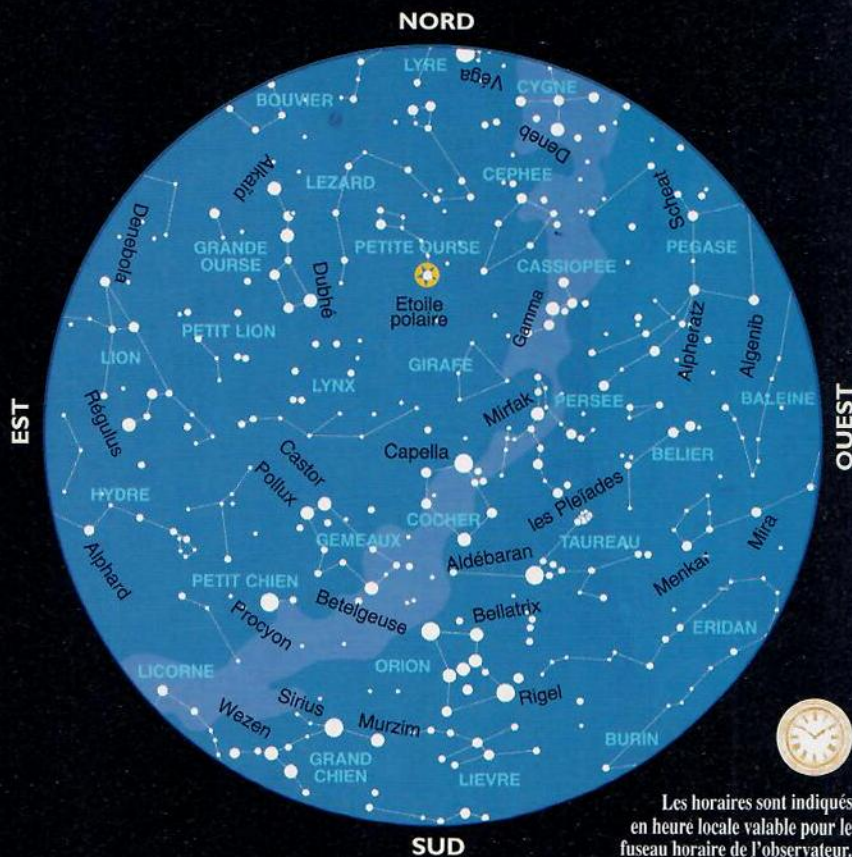
12 DÉCEMBRE

Ciel que l'on peut apercevoir :

- le 15 septembre vers 6 heures,
- le 1^{er} octobre vers 5 heures,
- le 15 octobre vers 4 heures,
- le 1^{er} novembre vers 3 heures,
- le 15 novembre vers 2 heures,
- le 1^{er} décembre vers 1 heure,
- le 15 décembre vers minuit,
- le 1^{er} janvier vers 23 heures,
- le 15 janvier vers 22 heures,
- le 1^{er} février vers 21 heures,
- le 15 février vers 20 heures.

Panorama céleste :

C'est en direction du sud qu'apparaissent les plus belles étoiles, avec Capella (Cocher) au zénith, Castor et Pollux un peu vers l'est (dans les Gémeaux), puis Procyon (Petit Chien), Sirius (Grand Chien), Bételgeuse, Bellatrix et Rigel aux coins de la splendide Orion, puis enfin Aldébaran (Taureau), ponctuée des Pléiades vers l'ouest. La Grande Ourse est couchée au nord-est, tandis que le W de Cassiopee se montre haut dans l'ouest.



Les horaires sont indiqués en heure locale valable pour le fuseau horaire de l'observateur.



Les clés du ciel

LA GRANDE OURSE

La forme caractéristique de la Grande Ourse permet de retrouver cette magnifique constellation sans difficulté sur le ciel nocturne de l'hémisphère Nord. Les sept étoiles qui composent l'attelage et les essieux du chariot ne figurent pas parmi les plus brillantes. Mais leur éclat, assez semblable, se distingue facilement sur la voûte céleste par temps clair. Il est donc intéressant d'utiliser sa silhouette familière comme base de départ pour l'identification des principales étoiles proches, en particulier à la belle saison. Attention : elle s'étend sur quelque 20 degrés.



COMMENT TROUVER L'ÉTOILE POLAIRE ? (constellation de la Petite Ourse)

Il suffit de prolonger cinq fois l'essieu arrière du chariot de la Grande Ourse (Merak-Dubhé) du côté de l'attelage. L'étoile Polaire n'est pas très brillante, puisque 19 étoiles sont plus lumineuses dans l'hémisphère Nord. Tête d'attelage du légendaire chariot de la Petite Ourse, elle se situe toujours dans la direction du nord (sa position actuelle exacte est à 1° d'arc du pôle Nord céleste). Aucune boussole n'est plus précise pour nous

orienter en pleine nuit. Appelée Polaris par les astronomes, l'étoile Polaire se trouve à une distance de 820 années-lumière (une année-lumière = 10 000 milliards de kilomètres). Ce qui signifie que son image met 820 ans pour parvenir jusqu'à nous. Les six autres étoiles qui composent la Petite Ourse diffusent un éclat si faible qu'il est souvent difficile de les distinguer du premier coup d'œil. Autant le savoir à l'avance.

Étoile Polaire



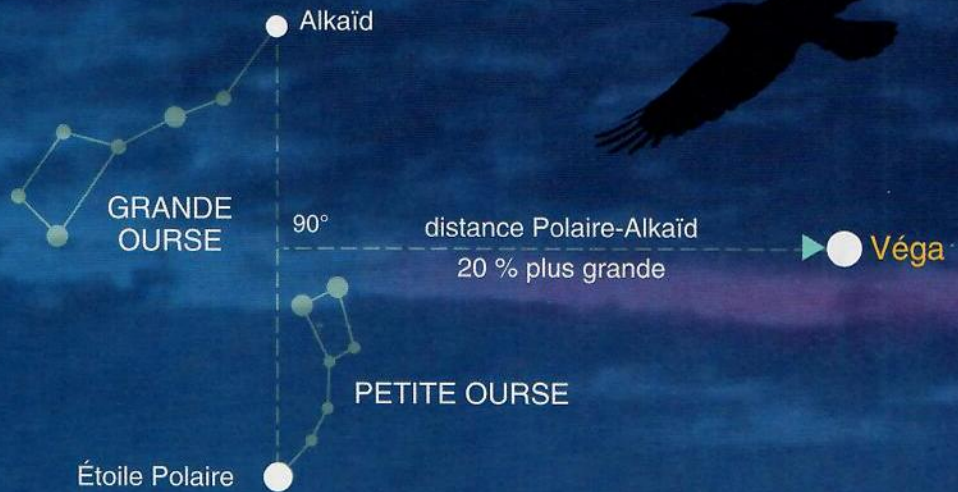
2 COMMENT TROUVER ARCTURUS ? (constellation du Bouvier)

Prolonger quatre fois et demi la droite Dubhé-Megrez. On peut aussi trouver cette étoile (constellation du Bouvier) en prolongeant d'une longueur la courbe formée par l'attelage du Grand Chariot. Sa couleur tire sur l'orangé.



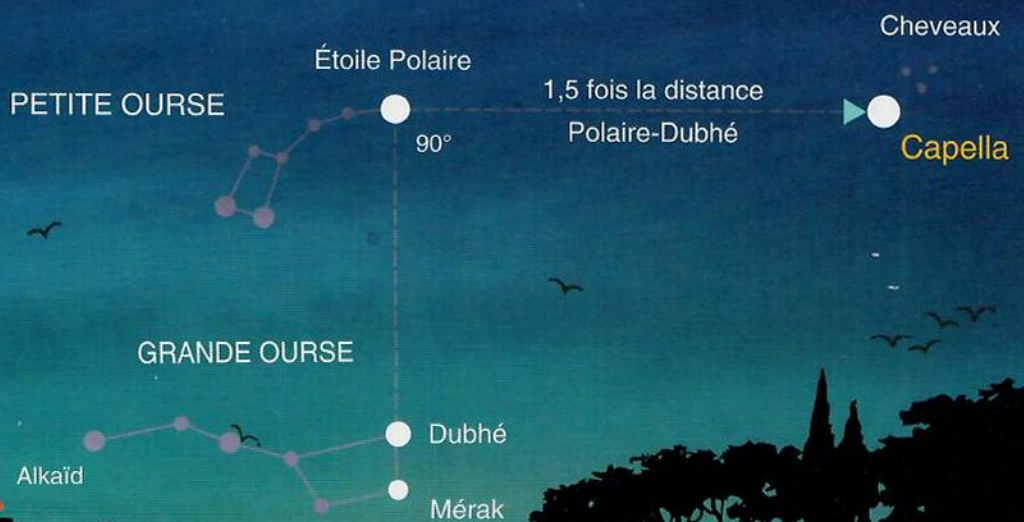
3 COMMENT TROUVER VÉGA ? (constellation de la Lyre)

Tracer une droite entre les deux têtes d'attelage (Alkaïd et l'étoile polaire). Élever une perpendiculaire au centre de cette ligne imaginaire, à l'opposé de la Grande Ourse. À une distance de 20 % supérieure à la droite Alkaïd-Polaire se trouve Véga, dans la constellation de la Lyre. L'éclat de Véga, de couleur blanche, est l'un des plus lumineux de la voûte céleste en hémisphère Nord.



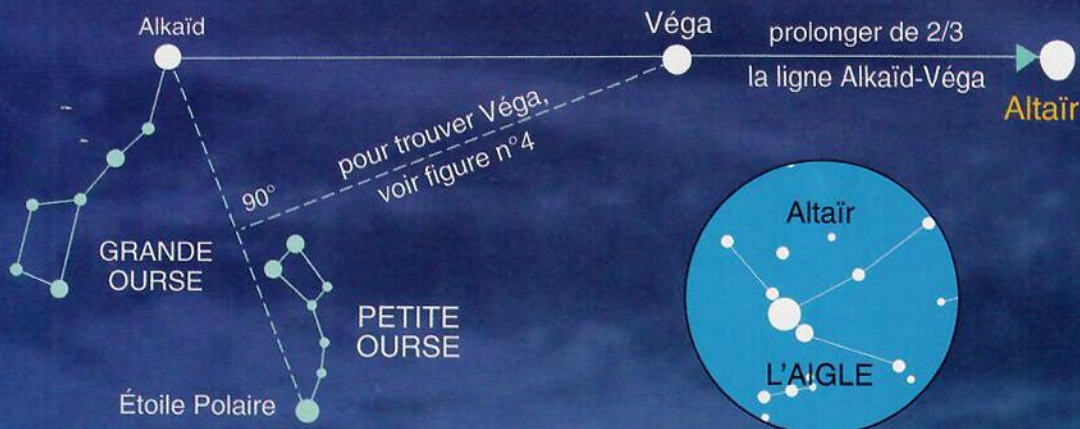
4 COMMENT TROUVER CAPELLA ? (constellation du Cocher)

Tracer une droite joignant l'étoile Polaire et Dubhé (essieu arrière du Grand chariot). A partir de la Polaire, élever une perpendiculaire sur cette ligne dans le prolongement du petit attelage. A une distance égale à une fois et un tiers la droite Dubhé-Polaire brille Capella, la Chèvre, aisément reconnaissable grâce à la présence des Chevreaux qui l'accompagnent (constellation du Cocher). Impossible de manquer Capella si l'atmosphère est limpide : d'une couleur tirant sur le jaune, elle figure parmi les cinq étoiles les plus lumineuses de la voûte céleste.



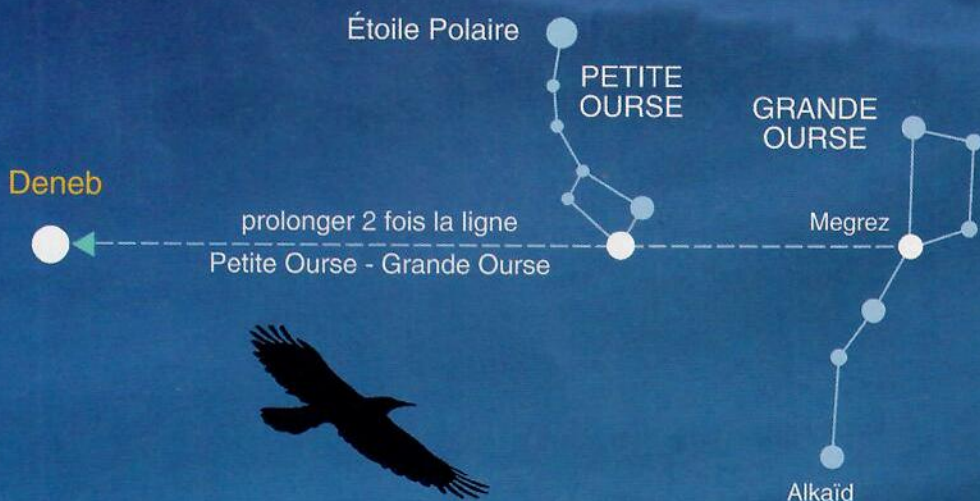


5 COMMENT TROUVER ALTAÏR ? (constellation de l'Aigle)



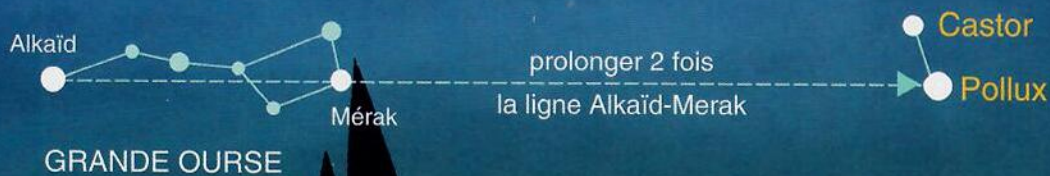
Commencer par identifier Véga, comme indiqué à la page précédente. Prolonger de deux tiers environ la droite qui joint Alkaïd (tête du grand attelage) et Véga. Altair forme la tête de la constellation de l'Aigle, au dessin très caractéristique (en médaillon). Placée très près de l'équateur céleste, Altair disparaît derrière notre horizon entre mai et octobre sous nos latitudes.

6 COMMENT TROUVER DENEUB ? (constellation du Cygne)



Partir de Megrez (au centre du Grand Chariot), passer par l'étoile arrière de la Petite Ourse, et continuer sur une longueur égale à environ deux fois la distance séparant les deux chariots. Deneb marque la tête de la constellation du Cygne. Une particularité : les quatre étoiles Altair, Deneb, Véga et la Polaire forment un losange dans le ciel.

7 COMMENT TROUVER CASTOR ET POLLUX ? (constellation des Gémeaux)



Prolonger la droite joignant Alkaïd et Méraïk (Grande Ourse). À une distance égale à un peu moins de deux fois la longueur de cette ligne se trouve l'étoile Pollux, accompagnée de son fidèle Castor (constellation des Gémeaux). Pollux est de couleur orangée et Castor de couleur blanche. Ce couple d'étoiles brille au zénith de notre ciel en plein été, puis disparaît totalement entre mars et octobre.

8 COMMENT TROUVER CASSIOPÉE ? (constellation)



Cassiopeé est une constellation qui groupe plusieurs étoiles en composant, suivant son orientation par rapport à l'observateur, tantôt un **M**, tantôt un **W** caractéristiques. On la découvre en prolongeant de 2/3 la ligne qui joint les deux têtes d'attelage, du côté du Petit Chariot. Visible toute l'année depuis nos régions, Cassiopeé constitue une figure légendaire en symétrique de la Grande Ourse. Sous nos latitudes, c'est entre mars et avril qu'elle atteint son altitude la plus élevée au-dessus de l'horizon.

9 COMMENT TROUVER ORION ? (constellation)



En prolongeant la droite qui relie l'étoile Polaire à Capella (figure 4) d'une distance légèrement supérieure apparaît la superbe constellation d'Orion. Située à la verticale de l'équateur céleste, Orion n'est

plus visible sous nos latitudes entre mars et septembre. Ce qui est bien regrettable. Elle domine en revanche le ciel nocturne durant les traversées d'Atlantique par les alizés en période hivernale. Superbe.

10 COMMENT TROUVER LES PLÉIADES ? (constellation)



L'alignement le plus célèbre de notre ciel boréal est sans conteste la droite imaginaire qui relie Sirius, le baudrier d'Orion, Aldébaran (constellation du Taureau) pour se terminer sur les Pléiades, cet amas de sept étoiles visibles à l'œil nu en toutes saisons.



DANIEL ALLISY/SEA AND SEE

Le point astro

Le point astro ? Quelle idée, à l'époque du GPS et des ordinateurs de bord... C'est vrai, cette bonne vieille méthode de positionnement par les astres peut, a priori, paraître désuète alors que les puces de Silicon Valley déferlent sur nos équipements professionnels et privés. Je connais même plus d'un microprocesseur qui a réussi à conquérir une place dominante dans un cockpit ou sur une table à cartes. Et c'est tant mieux, dès lors que notre détente personnelle et la sécurité de nos proches en sont accrues.



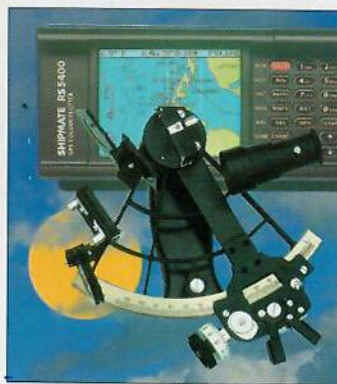
L'astro, pour faire quoi ?

Bien sûr, on peut laisser le GPS du bord délivrer la position sans le moindre effort. Mais par passion, ou pour des raisons de sécurité, certains restent fidèles au sextant.

J'ai connu les pénibles demi-heures passées sous le pont, prisonnier d'un ciré ruisselant de sueur et d'embruns, à déchiffrer des signaux gonio à peine audibles, souvent brouillés, presque toujours calés sur la fréquence voisine. Avec, dehors, un gros temps forçissant et une côte sous le vent qui semblait prendre plaisir à demeurer cachée derrière le rideau d'embruns. Lorsqu'enfin je surgissais à l'extérieur avec une position approchée, je me sentais comblé

par la chance de pouvoir disposer d'une aide à la navigation aussi sophistiquée. Mon récepteur de signaux satellites Transit m'a par la suite gratifié de ses exploits révolutionnaires, avant de laisser la place à l'incontournable GPS, toujours présent, toujours efficace, toujours précis. Mais l'installation de tels appareils sur mes différents bateaux ne m'a jamais empêché d'apprendre, puis d'entretenir la méthode de calculs du point par les astres. En premier lieu parce qu'il n'existait à mes

débuts aucun autre moyen de se positionner en haute mer sur un voilier. Ensuite parce que, selon moi, l'un des charmes de l'aventure océanique réside dans la nécessité de ne compter que sur soi-même. Et de surmonter à l'aide des moyens du bord les difficultés inhérentes à la vie au grand large. C'est finalement ce qui m'a le plus attiré vers les longues traversées d'une rive à l'autre d'une étendue d'eau : le désir



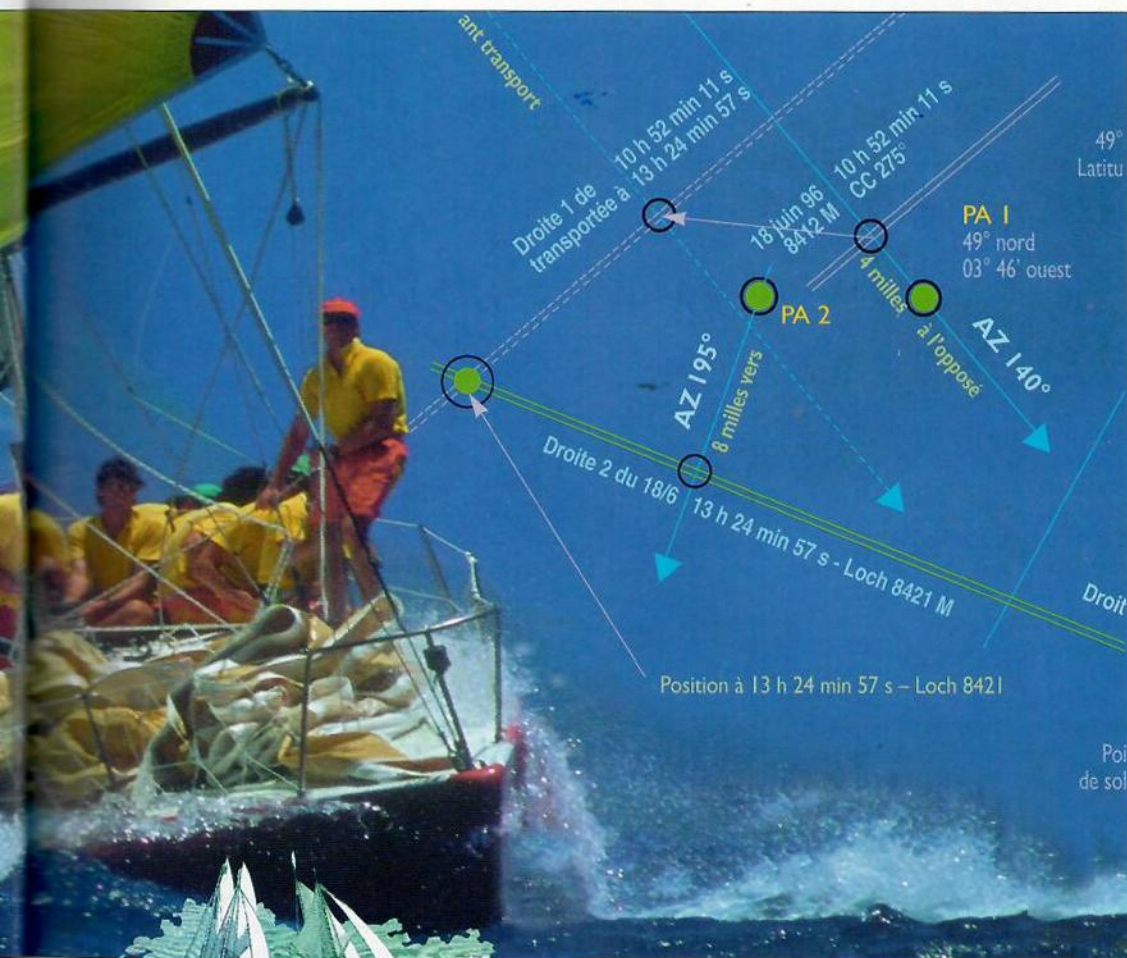
Sextant contre GPS ? Les procédés ne sont pas rivaux, mais complémentaires.

de recréer un univers isolé au sein duquel aucune aide extérieure n'est attendue.

L'astro pour le secours

Naviguer, c'est prévoir. Prévoir que le magicien électronique détenteur de la position peut à tout moment rencontrer une faiblesse de fonctionnement. Imaginer qu'un hublot mal verrouillé peut laisser s'engouffrer de l'eau verte, que les batteries du bord seront noyées par un arbre d'hélice arraché, ou simplement qu'un objet lourd mal arimé peut venir s'écraser sur la petite merveille lors d'un coup de roulis.

Il faudra alors faire face et disposer d'un matériel de substitution permettant de savoir où l'on se situe au milieu de cette étendue d'eau déserte. Le bon vieux sextant sera là pour y aider. À noter qu'il n'est pas



Quelle que soit l'époque, la sécurité a toujours imposé une grande rigueur dans la détermination de la position.

Mais, de nos jours, la sécurité, c'est aussi ne pas accorder une confiance aveugle à l'électronique.

rendu obligatoire en première catégorie de navigation sans raison. Alors, puisqu'il est à bord, autant apprendre à s'en servir.

J'entends déjà les sceptiques : le sextant aussi peut se briser, ou les tables se maculer d'eaux mazouteuses. Prévoir, c'est bien entendu détenir un instrument de rechange en version économique (qui en outre servira à l'entraînement) et se munir de données simplifiées pouvant remplacer les tables en question (par exemple l'Almanach nautique publié chaque mois dans *Voiles et Voiliers*). Ce que j'ai toujours fait, et ce que je pratique encore, même avec un GPS embarqué.

L'astro pour le plaisir

Et puis il y a la passion. La passion de maîtriser une science mystérieuse, difficile d'appro-

che, auréolée du prestige qui fut le sien à l'époque où sa connaissance était réservée à l'élite de la dunette (et qui a longtemps servi de rempart contre la mutinerie des équipages incultes, et de ce fait incapables de diriger le navire hors de vue des côtes).

Après tout, si nous avons choisi de mettre plusieurs mois pour nous rendre de l'autre côté de l'Atlantique en nous battant contre les éléments et le calendrier, alors que les Boeing nous y conduisent en quelques heures et à moindre coût, n'est-ce pas précisément pour renouer à notre manière avec l'usage des anciens, à mains nues et sans artifices ?

À force de curiosité et d'obstination, j'ai appris seul le maniement du sextant. Les méthodes disponibles étaient alors à peine moins déchiffrables que

les manuels scolaires de l'école navale ; aussi ai-je décidé, après avoir réussi à franchir ce parcours semé d'embûches, d'éviter aux autres un tel chemin de croix. D'où la parution chez Gallimard d'une méthode d'initiation dont les ventes prouvent, même à l'heure actuelle, que le nombre des navigateurs intéressés par « l'astro » ne fléchit pas. La tendance fournie par cet excellent baromètre ne saurait mentir (1).

Alors, puisque vous aussi avez opéré la démarche en vous procurant ce fascicule spécialisé, inutile de vous convaincre sur ce point. Parlons boutique sans plus tarder avec, en ouverture, un aperçu sur la manière dont sera menée notre approche. ■

(1) « Grande Traversée et point astro », par Alain Grée (Éditions Voiles-Gallimard).

Tempête sur l'alidade

Sacré Alain Gerbault ! Avec ce romanesque coureur d'océans, cent jours de traversée sur *Firecrest*, c'est cent jours de tempête (pour ne pas dire davantage)... Pas facile, dans ces conditions, de définir une position précise.

« La difficulté est de prendre une observation dans une tempête et par une forte mer. Car le pont glisse sous les pieds et le navire roule et tangue fortement ; les deux mains sont nécessaires pour tenir le sextant. Aussi le navigateur solitaire doit-il se maintenir avec ses pieds pour ne pas tomber à la mer.

« Je suis prêt, l'instrument en mains. Où est l'horizon ? Une vague énorme apparaît et l'horizon semble subitement s'être élevé verticalement vers le ciel. Avant d'avoir pris mon observation, une nouvelle lame brise à bord : moi et mon sextant disparaissent dans l'écume. La minute suivante, j'ai pris l'observation, mais perdu mon équilibre. Je dois tout lâcher pour ne pas passer par-dessus bord. Enfin la visée est prise et je peux me précipiter dans la cabine pour noter l'heure au chronomètre.

« Maintenant, je n'ai plus qu'à consulter mes tables de navigation ; mais il faut encore avoir quelque esprit mathématique pour être capable de calculer pendant la tempête, au milieu des fortes secousses du navire. Certainement, sur un petit bateau, si l'on peut trouver sa position à dix milles près, on peut se flatter d'avoir une excellente approximation. »

D'après « Seul à travers l'Atlantique », de Alain Gerbault (Éditions Grasset).



Le Firecrest d'Alain Gerbault entrant au Havre après son tour du monde.



De la méthode...

Le procédé d'initiation développé ici ne comporte ni raccourci original ni invention révolutionnaire qui le singulariseraient. Juste un peu de méthode...

La méthode met volontairement en œuvre des principes analogues aux méthodes classiques en vigueur dans les marines marchandes de la plupart des nations. Ce qui est important pour l'échange des données et l'universalité des pratiques. Son originalité repose sur plusieurs choix :

1. Dépouillement volontaire. Toute coupe de cheveu en quatre de nature à compliquer sans raison le déroulement des opérations a été bannie. L'approximation habituelle pour un point astro variant entre 2 et 5 milles, selon les circonstances et la qualité du matériel utilisé, à quoi bon s'encombrer de corrections affinant les données de 1 ou 2

dixièmes de mille ? Simplifier à ce niveau permet une facilité de compréhension et d'exécution qui, au bout du compte, accroît l'exactitude du résultat en réduisant une répétition inutile des risques d'erreur.

2. Terminologie adaptée. La plaisance n'est pas l'école des futurs officiers de la Royale. Un amoncellement de difficultés théoriques qui constitue, pour des cadets, une méthode de sélection, se révèle totalement inadapté à nos besoins. Raison pour laquelle ont également été chassés les termes que l'usage a remplacés à nos bords. C'est le cas de l'appellation anglo-saxonne LHA (nous y reviendrons plus loin), plus pratique que la terminologie française traditionnelle dont l'emploi restreint ne pourrait qu'embrouiller nos démarches.

3. Clarté dans le développement. Chaque opération est clairement référencée, son numéro d'ordre se retrouvant aussi bien dans les textes explicatifs que

ÉCOLE NAVALE

Année Scolaire 1890-1891

NAVIGATION

Cours de M. BLANCHIN

Calculs de Latitude

181 - Latitude par une hauteur quelconque. - Lorsqu'on se donne la longitude du lieu, la longitude estimée G_2 par exemple, l'heure de Paris de l'observation permettent de calculer la longitude G_1 de la projection horizontale de l'astre, on a dans le triangle de position l'angle $P = G_2 - G_1$, et on peut déduire la latitude de la hauteur observée à une heure donnée de Paris.

La formule : $\sin. H = \sin. L \cos. \Delta + \cos. L \sin. \Delta \cos. P$
 peut s'écrire : $\sin. H = \cos. \Delta (\sin. L + \cos. L \tan. \Delta \cos. P)$;
 posant $\tan. \varphi = \tan. \Delta \cos. P$.

on a : $\sin. (L + \varphi) = \frac{\sin. H \cos. \varphi}{\cos. \Delta}$

Multipliant par $\frac{\tan. \varphi}{\tan. \Delta \cos. P} = 1$ on a $\sin. (L + \varphi) = \frac{\sin. L \sin. \varphi}{\cos. P \sin. \Delta}$

Calculs de latitude extraits du cours de navigation de l'École navale en 1890. On comprend ainsi le degré de complexité du point astronomique pratiqué à bord des navires de l'époque. Tangentes, sinus et cosinus ont désormais déserté les méthodes en vigueur, vulgarisant largement un savoir longtemps considéré comme inaccessible.

dans les commentaires ou les grilles de calculs. Une telle option rend plus aisée le déroulement des différentes phases de recherches.

4. Résultat immédiat. Du concret d'abord : on s'engage tête baissée dans les calculs dès le départ, explications et commentaires ne venant qu'en com-

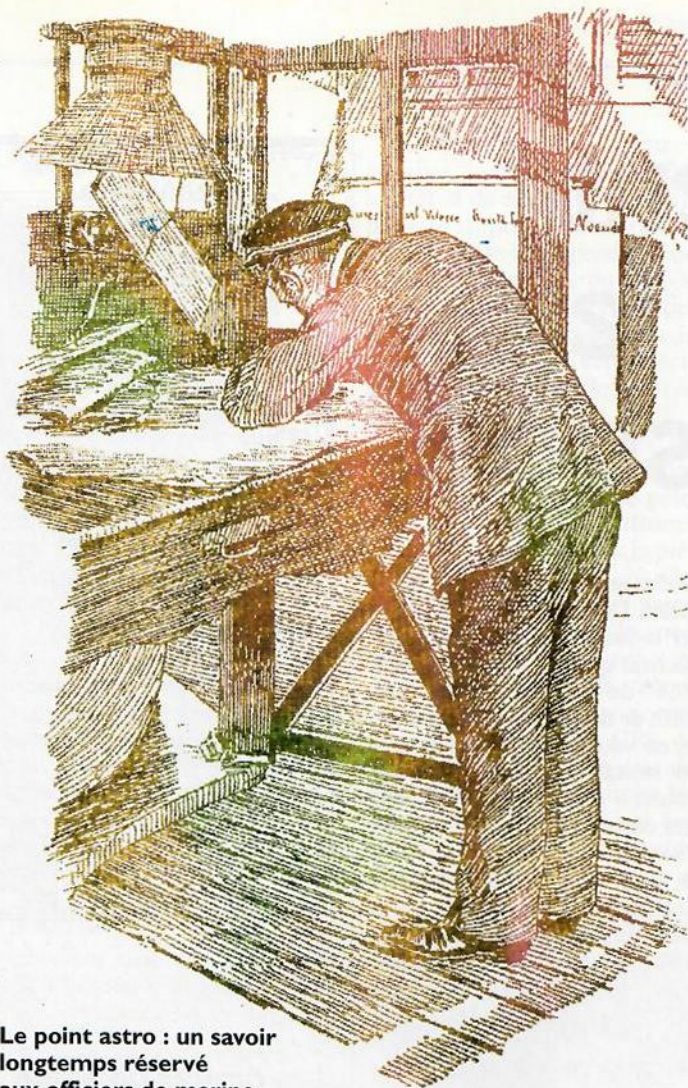
Procédé mis en œuvre :	Latitude à la méridienne	Longitude à la méridienne	Droite de Soleil
Matériel nécessaire :	un sextant	un sextant, une montre précise réglée en UT	un sextant, une montre précise réglée en UT
Documents requis :	les Éphémérides nautiques ou l'Almanach nautique Voiles et Voiliers	les Éphémérides nautiques ou l'Almanach nautique Voiles et Voiliers	les Éphémérides nautiques, les Tables de calculs HO 249
Astre utilisé :	le Soleil	le Soleil	le Soleil
Visées opérées (minimum) :	une visée opérée à l'instant où l'astre culmine sur sa trajectoire	une visée avant culmination, suivie d'une seconde visée à la même hauteur après culmination	deux visées opérées à plusieurs heures d'intervalles
Données fournies par le calcul :	la latitude locale	la longitude locale	deux droites déterminant la position à leur point d'intersection
Précision moyenne :	2 à 3 minutes d'arc (1 à 3 milles)	2 à 3 minutes d'arc (1 à 3 milles)	2 à 5 minutes d'arc (1 à 5 milles)
Utilisation en navigation :	peu en dehors de la période d'initiation à la navigation astro	très peu en dehors de la période d'initiation à la navigation astro	la plus courante au grand large

plément, en fonction du degré de connaissance ou de curiosité de chacun. Cette tactique dynamique m'a paru de nature à encourager ceux que trop de littérature ou d'exposés scientifiques rebutent. Ce qui est souvent le cas des plus marins d'entre nous.

5 Présentation lisible. Lors de l'élaboration de ces pages, le mot d'ordre était simple et constant : essayer d'être le plus clair possible, à tous les stades de l'initiation. La composition graphique des grilles de calculs illustre parfaitement cette préoccupation pédagogique. J'espère qu'elle est parvenue à atteindre le but initialement fixé.

6. Grilles de calculs-mémentos. Notre mode de vie sollicite beaucoup notre mémoire. Il faut se souvenir de la manière de changer l'heure de notre montre à quatre boutons poussoirs, programmer notre magnétoscope, initialiser notre disque dur, charger les numéros de téléphone dans notre agenda électronique, sans parler, à la table à cartes, du maniement problématique de chaque appareil de navigation !

Ces exemples ne sont rien en regard de la somme de connaissances qu'exigent de nous les instruments nés de la technologie moderne, de la cuisine au bureau en passant par l'arrosage automatique du jardin...



Le point astro : un savoir longtemps réservé aux officiers de marine.

Apprendre l'astro, s'en souvenir plusieurs années plus tard est parfois moins aisé. Aussi ai-je conçu des grilles de calculs qui, tout au long des opérations,





servent de guide simplifié pour assister la recherche et raviver le souvenir d'une initiation oubliée. Pas de quoi en rougir : je suis le premier à qui cela arrive. ■

La pratique utilisée au large

À mesure que votre sillage s'étirera sur le routier transocéanique, vous vous apercevrez que les calculs de droite de Soleil prendront le pas sur tous les autres procédés de positionnement astral.

Il existe au coin d'un quai un boulingueur haut en couleurs qui affirmera avoir sauvé son bateau en opérant à la hâte un point d'étoiles au vent d'un récif des Tuamotu – entre deux ouragans – ou une droite de Lune miraculeuse à quelques encablures de la Grande Barrière de corail (vous les connaissez : ce sont les mêmes qui ont fait front à des vagues monstrueuses à l'autre bout du monde). Dans la pratique, l'application de la navigation astronomique au large se limite à l'unique mise en œuvre de la droite de hauteur. Pas sur la Lune, Vénus ou Antarès : sur le Soleil, et dans 99 % des cas.

On opère une première visée au cours de la matinée (à n'importe quel moment, dès lors que l'astre est apparent) en notant les différents paramètres qui l'accompagnent, puis une seconde dans le courant de l'après-midi. Les deux grilles de calculs une fois remplies, le tracé des éléments sur la carte nous fournit la position géographique du bateau.

Droite de Lune 	Droite de planète 	Droite d'étoile 	Point d'étoiles 
un sextant, une montre précise réglée en UT	un sextant, une montre précise réglée en UT	un sextant, une montre précise réglée en UT	un sextant, une montre précise réglée en UT
les Éphémérides nautiques, les Tables de calculs HO 249	les Éphémérides nautiques, les Tables de calculs HO 249	les Éphémérides nautiques, les Tables de calculs HO 249	les Éphémérides nautiques, les Tables de calculs HO 249
la Lune	une ou plusieurs planètes visibles	une étoile visible	plusieurs étoiles visibles
deux visées opérées à plusieurs heures d'intervalles	deux visées différées sur la même planète, ou deux visées successives sur deux planètes différentes	deux visées opérées à plusieurs heures d'intervalle	plusieurs visées opérées successivement sur des étoiles différentes
deux droites déterminant la position à leur point d'intersection	deux droites déterminant la position à leur point d'intersection	deux droites déterminant la position à leur point d'intersection	plusieurs droites déterminant la position à leur point d'intersection
2 à 5 minutes d'arc (1 à 5 milles)	2 à 5 minutes d'arc (1 à 5 milles)	2 à 5 minutes d'arc (1 à 5 milles)	1 à 3 minutes d'arc (1 à 3 milles)
peu fréquente	exceptionnelle	exceptionnelle	exceptionnelle



Comment s'utilise le point astro ?

Dans les manuels, on apprend à calculer une position ou, pour le moins, les éléments susceptibles de nous aider à la déterminer, sans trop expliquer l'environnement général. C'est-à-dire la manière d'exploiter ces données, et surtout le choix du procédé à employer.

La latitude à la méridienne

La latitude est la distance directe d'un point géographique mesurée en degrés d'arc par rapport à l'équateur.

Les calculs de la latitude à la méridienne sont simples à mettre en œuvre mais leur résultat ne fournit pas une position géographique précise : il se limite à nous indiquer à quelle latitude nous nous trouvons.

Tracée horizontalement sur la carte en service, cette donnée est déjà précieuse. Elle peut même se révéler suffisante lorsque l'on est sûr de sa longitude. Exemple : après une traversée, vous longez de loin une côte qui apparaît verticalement sur la carte, comme les rivages occidentaux de Corse ou du Portugal. Sans possibilité d'identifier le moindre détail côtier.

Une visée sur le Soleil un peu avant et après l'heure de sa culmination (midi solaire) et le parallèle reporté sur le *grand aigle* recalcule votre estime en chassant toute hésitation. C'est simple, précis et très utile dans un cas comme celui-ci.

Autre exemple : vous vous

rendez aux Antilles sans chronomètre. Donc sans pouvoir préciser la longitude au grand large. Sachant que la Barbade se situe à 16° de latitude nord, il vous suffit de demeurer sur ce parallèle, en vous recalant chaque jour au sextant, et de « faire de l'ouest » poussé par l'alizé pour être certain d'apercevoir un jour l'île dans l'axe de la proue (solide veille obligée !). Christophe Colomb n'a guère procédé autrement quand il s'est lancé dans ses découvertes.

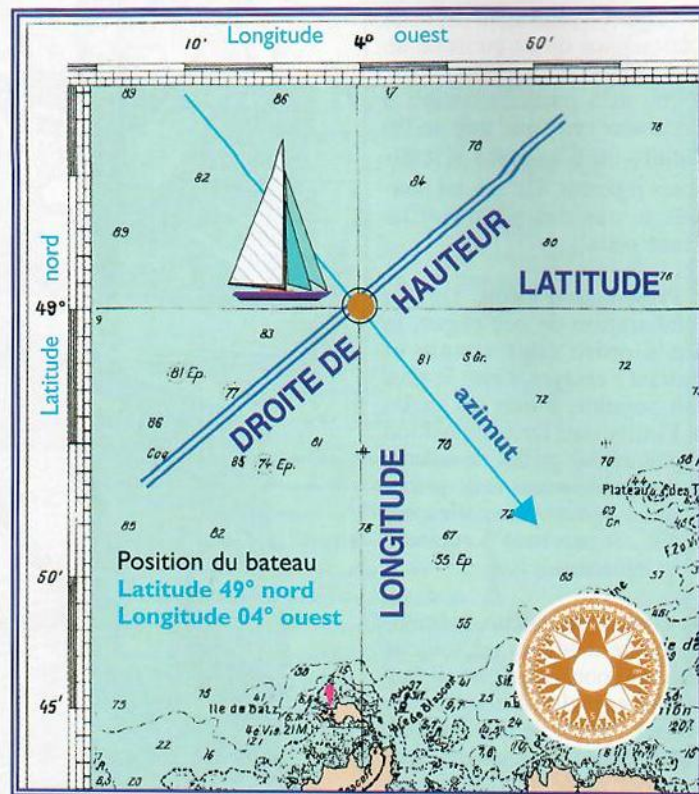
La longitude à la méridienne

La longitude est la distance directe d'un point géographique mesurée en degrés d'arc à partir du méridien de Greenwich.

Si vous n'allez pas aux Caraïbes ou qu'aucune côte nord-sud ne se profile à l'horizon (ce qui peut arriver aux meilleurs d'entre nous), le calcul de la longitude à la méridienne peut compléter votre information. Aussi simple à réaliser que l'opération précédente, ce procédé vous indiquera sur quel méridien se trouve votre bateau (ligne verticale sur la carte).

Son utilité ? On peut reprendre le même exemple de la côte aperçue de loin après une traversée qui, cette fois, s'étendrait de l'est à l'ouest à l'horizon. En théorie, les calculs de longitude à la méridienne complètent la donnée en latitude obtenue plus haut. Les deux informations, en se recoupant perpendiculairement, produisent en effet une position parfaitement exploitable.

En théorie, avez-vous dit ? Nous verrons plus loin que dans



la pratique, ces deux méthodes de positionnement ne sont utilisées qu'exceptionnellement.

Les droites de Soleil

La droite de hauteur est une ligne perpendiculaire à l'azimut de l'astre pour une hauteur donnée.

Bernard Moitessier, comme nombre de navigateurs de sa génération, recourait fréquemment aux calculs du point à la méridienne. Pour une raison toute simple : les manuels de l'époque semblaient avoir été écrits pour décourager les candidats au grade d'amiral en culotte courte. Car le savoir alors ne se partageait pas.

Avec l'extension de la plaisance, des méthodes plus compréhensibles ont vu le jour depuis lors, permettant aux marins de réussir sans difficultés des calculs astronomiques plus complexes.

C'est ainsi que la droite de hauteur de Soleil (on dit communément droite de Soleil) s'est démocratisée, quittant le décor feutré de la dunette pour s'encanailler dans nos cockpits.

En quoi consiste-t-elle ? Contrairement aux recherches de latitude ou longitude à la méridienne,

La contrainte des hauteurs méridiennes

Les hauteurs méridiennes sont contraignantes parce que leur principe repose sur l'exploitation de visées opérées à des instants précis de la journée.

Pour la latitude, il faut observer l'ascension du soleil et relever sa hauteur au-dessus de l'horizon au moment où sa trajectoire céleste atteint son point le plus élevé.

Pour la longitude, deux visées astrales sont nécessaires, la seconde visée, différée, devant obligatoirement avoir lieu à l'instant précis où le Soleil, après avoir culminé dans le ciel, se retrouvera à la même hauteur pendant sa descente vers l'horizon. D'où la nécessité de surveiller régulièrement dans la lunette la course de l'astre, et d'être fin prêt à l'heure du rendez-vous. Cette contrainte pose des problèmes de disponibilité ponctuelle en traversée. En cas de rendez-vous raté, il faut attendre 24 heures pour avoir la position, en recommençant, le sextant à la main sur le pont.



dienne, qui imposent de surveiller la course de l'astre pour opérer une visée à un instant précis, la droite de hauteur ne nous soumet à aucune contrainte. Il suffit que le Soleil brille.

L'opération se réalise en trois temps. On vise l'astre, on effectue les calculs sur la grille appropriée, et on trace une droite sur la carte. Pas un point : une ligne.

Quelques heures plus tard, on procède à une seconde visée et à de nouveaux calculs, qui fournissent une autre droite sur la carte. C'est l'heure de vérité, car à l'intersection des deux lignes se situe notre position.

La mise en œuvre d'une droite de hauteur impose un apprentissage plus rigoureux. Elle nécessite aussi l'acquisition de tables de calculs assez onéreuses (valables heureusement plusieurs dizaines d'années). Mais si la droite de Soleil n'est pas facile à apprivoiser (certains prétendent même qu'elle se mérite), son apprentissage est loin d'être insurmontable. Présentée en phases d'initiation progressives, on peut remplir la grille et réaliser les calculs sans en comprendre le mécanisme. Le reste viendra plus tard.

Latitude et longitude à la méridienne ou droites de hauteur, quel procédé choisir ?

Période d'initiation. Lors des premiers essais d'initiation à la navigation astro, les calculs de latitude et longitude à la méridienne constituent une excellente approche pour se familiariser avec le maniement du sextant et comprendre ce que représentent des notions essentielles comme la hauteur zénithale, la déclinaison solaire ou l'écart angulaire séparant Greenwich du méridien local. Et, surtout, assimiler les mouvements apparents du Soleil et de la Terre au cours d'une journée et au fil des saisons. Ces données de base sont primordiales, et passer directement à la droite de hauteur sans les avoir

Les droites de Lune, de planète ou d'étoile, les points d'étoiles

Techniquement, maîtriser le calcul des droites de hauteur solaire confère la possibilité d'opérer la même recherche sur la Lune, les planètes ou les étoiles visibles. Les grilles de calculs fournissent les indications nécessaires, sans autre apprentissage. Et les tables ou almanachs utilisés sont les mêmes que pour les recherches sur le Soleil.

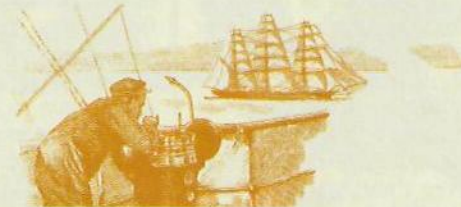
Reste une épreuve de taille : identifier les planètes et les étoiles sur lesquelles s'opéreront les visées. C'est assurément l'obstacle le plus préoccupant pour mener à bien l'opération sans risque d'erreur car l'exercice demande une connaissance approfondie des secrets de la sphère céleste nocturne.



Soleil ou pas ?

Contrairement à d'autres activités, le choix du procédé à utiliser et du matériel à acquérir pour pratiquer la navigation astronomique ne dépend pas de la taille du bateau ou du type de croisière envisagée. Une fois décidés l'apprentissage, puis la mise en pratique de cette discipline, le matériel employé est le même pour tous.

Bien entendu, opérer un point astro en vue d'une côte reconnue n'est utile que pour apprendre un calcul, confirmer un savoir-faire ou vérifier la précision d'un équipement. L'utilisation véritable du sextant prend sa pleine signification lorsque les contours terrestres sont hors de portée du champ de vision, pour déterminer la position si l'on ne possède pas de GPS, de Loran ou de Decca en état de fonctionnement, ou contrôler les informations fournies par ces chiens d'aveugle aux diodes électroluminescentes. ■



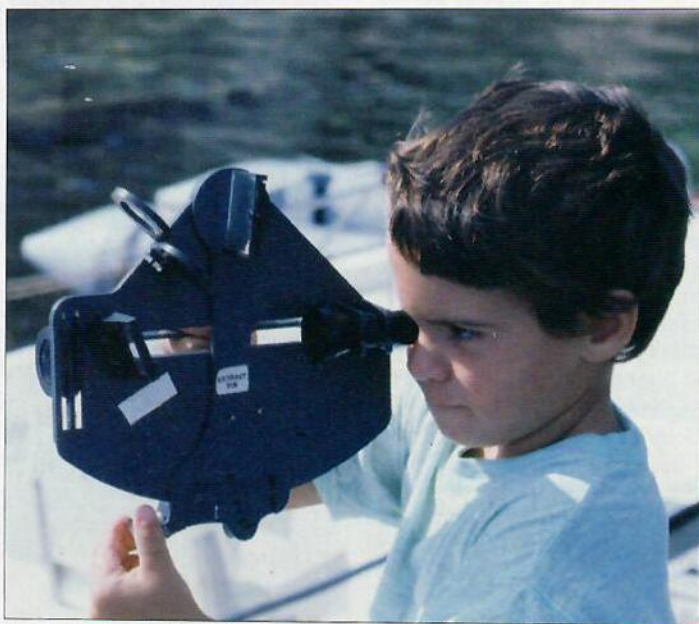
GPS portable et calculatrice de navigation

Et les calculatrices d'astro-navigation ?

La place nous manque, hélas, pour inventorier par le détail ces petites merveilles bourrées de puces savantes. J'en possède une qui dispose dans sa mémoire interne des Éphémérides nautiques et des tables HO 249 valables jusqu'à la nuit des temps. Ou presque. Ce qui, il est vrai, me fait gagner un sacré temps lors des calculs en traversée lorsque je contrôle les données fournies par le positionneur du bord. Mais soyons sérieux. Le prix d'une calculatrice spécifiquement adaptée au point astro coûte désormais aussi cher qu'un GPS portable. Alors de deux choses l'une : ou bien on est allergique aux calculs sur grille, en tel cas mieux vaut disposer d'un positionneur de secours alimenté par batterie pour garantir la sécurité en navigation, ou bien on se fait un point d'honneur à déterminer une position « à l'ancienne » en utilisant le sextant. Cette dernière option implique à mon sens de jouer le jeu jusqu'au bout en refusant toute aide électronique...



Le sextant



Le sextant, un jeu d'enfant... Tel était le titre d'un article d'Olivier Stern-Veyrin qui, voici vingt ans, tentait d'initier ses lecteurs au point astro. Il avait mille fois raison.

Grand sorcier de la dunette, instrument du savoir inaccessible, symbole d'aventures océanes teintées de rigueur mathématique, le sextant a de tout temps fasciné les marins hauturiers.

Si les usages ont changé, le sextant exerce toujours un attrait irrésistible. Ne serait-ce, pour les plus sédentaires, qu'à titre décoratif lorsque les ans ont terni l'éclat de son laiton poli. Mais surtout pour les autres, ceux dont le sac marin est prêt à jaillir du placard, pour le manipuler en rêvant d'évasion. Avec le secret espoir de pouvoir un beau matin le brandir sur un pont de teck bercé par l'alizé...

La fonction d'un sextant consiste à nous fournir l'angle que forment un astre, l'observateur et l'horizon. Cette mesure prend le nom de hauteur. Lorsque l'on opère une visée au sextant, deux images apparaissent dans la lunette :

- *L'image de l'astre visé, réfléchi* une première fois par le

grand miroir, puis une seconde fois par la partie étamée du petit miroir (voir dessin page 37).

- *L'image de l'horizon*, aperçue directement dans la lunette à travers la partie transparente du petit miroir. L'astre et l'horizon se superposent optiquement dans la lunette pour ne former qu'une seule image.

Lorsque l'on actionne l'alidade, le grand miroir pivote en même temps, modifiant l'angle formé par l'axe de la lunette et l'horizon. C'est-à-dire la hauteur de la visée réalisée. Il est ainsi possible d'abaisser ou de monter l'image du Soleil réfléchi par le grand miroir, en particulier pour faire optiquement tangenter sa base avec l'horizon. On y parvient en déplaçant l'alidade soit à l'aide des leviers de débrayage (modification en degrés d'arc), soit en tournant le tambour (modification en minutes d'arc).

Quel modèle choisir ?

Le sextant est un instrument de grande précision puisqu'il nous fournit des mesures énon-

cées en minutes d'arc (unité qui, je vous le rappelle, correspond à la 5 400^e partie de l'angle droit). Les modèles les plus performants sont même capables de fractionner cette valeur en dixièmes de minute.

On atteint alors une finesse approchant la 200 000^e partie du cercle... C'est la raison pour laquelle les critères de qualité sont primordiaux à l'instant du choix. Restons toutefois lucides : le style de navigation qui est habituellement le nôtre n'impose pas une précision du dixième de minute d'arc.

Les grilles de calculs présentées dans cet ouvrage d'initiation ne prévoient d'ailleurs pas une telle rigueur, par esprit de simplification d'abord, et aussi parce qu'elle ne se justifie pas réellement à nos bords. Il n'en demeure pas moins que pour obtenir une parfaite précision dans les mesures, même réduites à la minute d'arc, un sextant doit satisfaire un minimum d'exigences liées aux matériaux utilisés, au soin apporté à sa fabrication et à la permanence de son exactitude.

Quant à l'opportunité d'acquérir un modèle communément baptisé « yachting », de taille réduite, mon sentiment est qu'il me semble préférable de choisir un instrument à grand rayon, plus précis, et finalement tout aussi maniable malgré les apparences. Pourquoi une telle différence de tarif entre les deux modèles, même au sein d'une même marque ? Ce n'est pas les quelques dizaines de grammes de métal supplémentaires ou la taille réduite du coffret qui justifient l'écart de prix.

Il faut chercher ailleurs. Par exemple dans l'accroissement de la précision, la qualité de l'optique, la présence d'éclairage, le soin apporté au niveau du contact entre la vis tangente et la crémaillère, le traitement amélioré des filtres ou la possibilité d'adapter une lunette astrale complémentaire. Possédant pour ma part les deux tailles d'instruments, ainsi qu'un modèle en plastique, je ne défends pas un point de vue lié à une habitude personnelle. Contrairement aux autres appareils de navigation, un sextant se garde durant une vie entière. Aussi son achat mérite-t-il un effort particulier. ■

Le grand miroir est placé sur l'axe de rotation de l'alidade et solidaire de ses déplacements. Argenté sur toute sa surface, il comporte une vis de réglage destinée à affiner son orientation par rapport au plan de l'instrument). Cette partie est très fragile. Aussi est-il conseillé de chasser toute trace d'humidité sur les parties argentées du miroir afin de limiter au maximum les risques d'oxydation (pour permettre un démontage rapide, des petites griffes d'acier inoxydable maintiennent habituellement le verre argenté contre son support métallique).

Le petit miroir est fixé au bâti du sextant, perpendiculairement à son plan. Il est en général composé de deux fenêtres : une moitié transparente par laquelle on vise l'horizon et une moitié réfléchissante qui renvoie l'image de l'astre visé à travers la lunette. Comme pour le grand miroir, des vis de réglage permettent de rectifier sa perpendiculaire en cas de choc. Les griffes d'acier inox sont elles aussi destinées à faciliter l'entretien du miroir en chassant l'humidité présente entre le verre argenté et son support.

Le bâti constitue le corps de l'instrument, sur lequel prennent place les différentes pièces fixes ou mobiles. La plupart des sextants de précision modernes possèdent un bâti en alliage d'aluminium traité contre la corrosion (amélioration qui entraîne un appréciable gain de poids et une longévité accrue par rapport aux anciens instruments en bronze). La base circulaire du bâti est garnie d'une crémaillère destinée à recevoir la vis tangente de l'alidade.

La poignée, solidaire du bâti, est disposée de manière à être tenue par la main droite de l'observateur. Elle sert souvent de logement pour les piles d'alimentation du système d'éclairage. Recommandation importante : ne jamais maintenir le sextant autrement que par la poignée ou le bâti. La survie de l'instrument en dépend.

Les filtres sont destinés à doser la clarté des images perçues dans l'oculaire. Composés d'écrans de verre ou de plastique teinté, les filtres sont groupés en deux jeux distincts : l'un placé entre le grand et le petit miroir pour atténuer l'éclat du Soleil, l'autre derrière le petit miroir pour assombrir l'horizon. En combinant ces différents filtres, l'observateur recherche le dosage correspondant à la luminosité relative des sujets visés, jusqu'à l'obtention d'une lecture claire de l'astre et de l'horizon.

L'alidade, appelée aussi bras, pivote autour d'un axe situé au sommet du bâti en entraînant le grand miroir, le tambour et la vis tangente. À sa base, un index gravé au centre d'une fenêtre permet de lire sur le limbe la mesure correspondant à la position de l'alidade. Cette mesure est fournie en degrés, le complément en minutes étant fourni par le curseur du tambour.

La lunette est le plus souvent démontable et interchangeable sur les instruments de haut de gamme. D'un grossissement et d'une ouverture variables selon les modèles, elle se présente selon trois types différents :

- la lunette de Galilée est utilisable à la fois sur le Soleil et les étoiles. D'un grossissement modéré (entre 2 et 4), cette optique de qualité moyenne est la plus répandue sur les petits sextants.

- la lunette prismatique a l'apparence d'une demi-jumelle et s'utilise sur le Soleil ou les étoiles par temps clair. Son grossissement atteint 6 en moyenne.

- la lunette astrale, appelée aussi lunette astronomique, est destinée plus spécialement à la visée sur les étoiles en raison de son fort grossissement (8 à 10). Son utilisation limitée nécessite donc la présence d'une seconde lunette. Une particularité : l'image observée apparaît « à l'envers » dans l'oculaire (sans importance sur une étoile). Petit télescope à champ réduit, la lunette astrale ne grossit pas l'image des étoiles, trop éloignées pour que leur taille puisse être modifiée à notre vue. Son taux de rapprochement se révélera toutefois intéressant pour mieux distinguer l'horizon nocturne.



Le limbe est le secteur de cercle bordant la partie inférieure du bâti, sur lequel sont gravées les graduations en degrés. Son coefficient de dilatation devant être le plus faible possible de manière à fournir la meilleure précision dans la mesure effectuée, le limbe est en bronze (sauf pour certains instruments en plastique de moindre performance). Il présente

une portion angulaire égale à $1/6^{\circ}$ de cercle (soit 60°). Ses graduations s'étendent pourtant de 0 à 120 degrés, en raison du phénomène de double réflexion. Pour une parfaite clarté de la lecture, il importe de veiller au contraste opposant la gravure des degrés et la surface du limbe.

Le tambour complète les indications du limbe en fournissant une mesure en minutes par déplacement de la vis tangente le long de la crémaillère.

L'usinage soigné de ces deux pièces apporte une précision de l'ordre du cinquième de minute sur un pont stable. Comme pour le limbe, une gravure contrastée est recommandée.



L'instabilité visuelle liée au roulis du bateau contraint l'opérateur à réaliser la visée très rapidement.



PHILIPPE ROSSIGNOL/SEA AND SEE

Comment utiliser le sextant

Avant tout, il importe de choisir un emplacement stable et protégé car les pertes d'équilibre sont fréquentes pendant les opérations de visée si la mer est turbulente. On se place face au Soleil en veillant à ce qu'aucun obstacle ne vienne gêner l'observation de l'astre ou de l'horizon. C'est parti !

- **Placer l'alidade** en position de rangement (curseurs du limbe et du tambour face au zéro).
- **Disposer les filtres** entre les miroirs et la lunette pour éliminer tout risque d'aveuglement.
- **Viser directement l'astre** à travers la lunette, sans se préoccuper de l'horizon, comme s'il s'agissait d'une longue-vue.

- **Débrayer l'alidade**, puis faire pivoter le corps du sextant tout en conservant l'image de l'astre dans l'optique de manière à disposer la lunette horizontalement (voir dessins page ci-contre).
- **Lâcher le levier d'embrayage** de l'alidade lorsque l'horizon apparaît à son tour dans le champ de la lunette.
- **Faire tangenter la base du soleil** avec l'horizon en tournant le tambour à l'aide de la molette.
- **Balancer l'instrument** de gauche à droite pour vérifier sa verticalité, tout en affinant le réglage du tambour. Lorsque l'astre tangente parfaitement l'horizon, lâcher la molette et noter la mesure inscrite sur le sextant : c'est la hauteur observée H_o , qu'il faudra corriger de l'erreur instrumentale (excentricité + collimation) avant d'opérer les calculs de latitude, de longitude ou de droite de hauteur.

Lecture

La visée une fois effectuée, la lecture de la hauteur angulaire s'effectue en deux temps :

- **sur le limbe**, face au curseur de l'alidade. Ses graduations fournissent une mesure définie en degrés d'arc. Si le trait de l'alidade est pointé entre deux graduations, utiliser toujours le chiffre inférieur (comme pour la lecture de l'heure).
- **sur le tambour**, face au trait formant curseur. Ses graduations fournissent une mesure définie en minutes d'arc. Certains instruments sont dotés de gravures complémentaires indiquant le dixième de minute. À défaut, il est assez facile d'estimer le quart ou la demi-minute en situant la position du trait-curseur par rapport à l'axe des graduations gravées sur le tambour. Dans le cadre de cet ouvrage, nous nous

en tiendrons à la seule mention des minutes, suffisantes pour nos vagabondages nautiques.

Visée

En matière de recherche du point astro, la visée de l'astre constitue sans aucun doute la phase la plus délicate. Pour diverses raisons dues à l'environnement marin et aux conditions d'observation.

Depuis le pont d'un petit voilier, lorsque la mer se creuse, la silhouette des vagues proches masque fréquemment l'horizon. C'est en particulier le cas pendant une traversée sous les alizés. Cette instabilité visuelle contraint l'opérateur à réaliser la visée à la vitesse de l'éclair, entre deux passages de crêtes. Les nuages nous causent aussi quelques soucis. Embarrassant ? Non, pas vraiment.

COMMENT OPÉRER UNE VISÉE

1 Visée directe sur l'astre

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 Descente de l'astre sur l'horizon

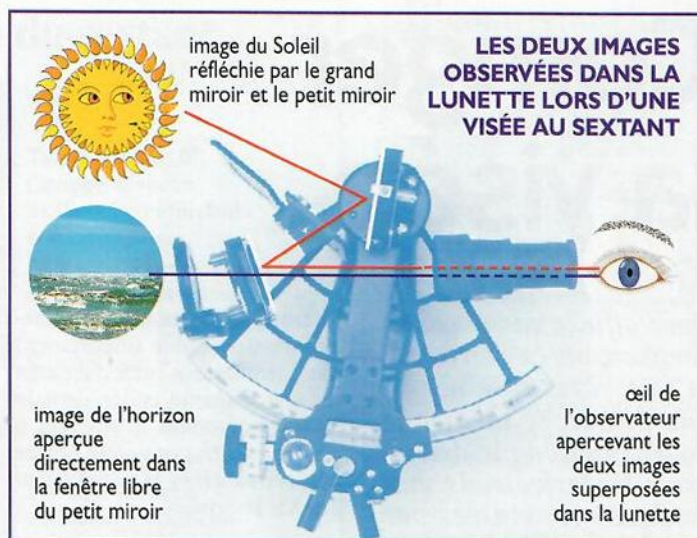
Actionner le levier de débrayage et faire coulisser l'alidade en conservant l'image du Soleil dans la lunette et en abaissant l'avant du sextant. L'image de l'horizon entre dans le champ.

3 Réglage fin des deux images

Lorsque la ligne d'horizon commence à apparaître dans la partie transparente du petit miroir, balancer le corps de l'instrument latéralement comme un pendule tout en affinant la visée au tambour.

4 Attention... Top chrono !

C'est ici que l'on doit agir avec précision. Quand la base du Soleil touche l'horizon, bloquer l'instrument. Noter l'heure (en commençant par les secondes), puis la hauteur observée HO.



De telles tracasseries font partie de l'aventure océane et, reconnaissons-le, c'est un peu pour nous mesurer à elles que nous avons préféré le voilier au vol long courrier. Alors affrontons la situation le sourire aux lèvres et l'œil aux aguets.

État de la mer

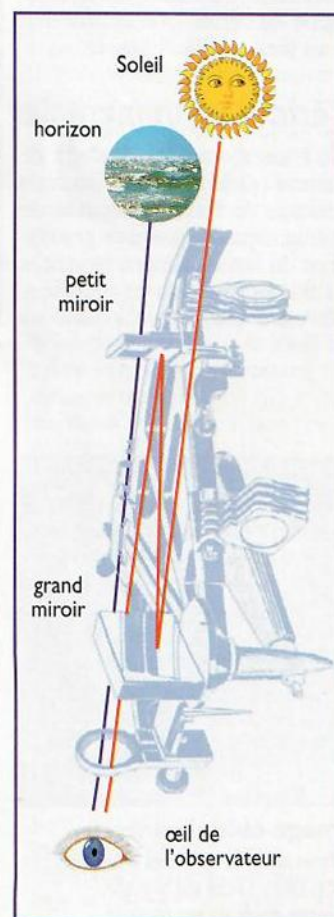
Le point astro se pratique généralement au large, autrement dit dans des zones où la surface de l'eau est agitée. Souvent même beaucoup. À nos bords, l'opération pose alors à l'observateur des problèmes d'équilibre personnel et de sauvegarde du matériel. Les deux notions étant du reste liées, la protection du précieux sextant nous impose des attitudes ou des prises inhabituelles pour nous rendre à l'endroit choisi pour l'observation.

Entraînement

Le maniement du sextant exige une expérience qui ne s'acquiert qu'avec la pratique. Effectuez des visées le plus fréquemment possible, au port, à la plage (ou même sur votre balcon en prenant comme horizon une toiture voisine) pour vous familiariser avec le déplacement de l'alidade ou le déchiffrement du limbe et du tambour.

Grâce aux progrès acquis lors de ces exercices terrestres, les visées seront plus simples à opérer une fois le bateau au grand large. Les calculs s'en trouveront facilités et la précision du point améliorée. ■

La partie ajourée du petit miroir permet d'apercevoir deux images dans la lunette : la ligne d'horizon en visée directe à travers la fenêtre, et l'image de l'astre réfléchi par les deux miroirs. C'est en réglant l'inclinaison de l'alidade que l'on obtient l'ajustage des deux images ne superposées dans la lunette.





Corriger la visée

Pour affiner une pesée, le commerçant la corrige de la tare. Nous effectuerons une démarche identique pour tenir compte des légères imperfections mécaniques constatées par le fabricant de l'instrument pendant les tests de mise au point, et par nous-même lors de contrôles réguliers.

Car nous avons entre les mains un instrument d'une précision insoupçonnée. Avez-vous songé que la plus petite unité de mesure qu'il fournit (la minute) correspond à (devinez...) la 21 600^e partie du cercle ? Ce chiffre doit nous inciter à l'indulgence.

L'erreur instrumentale

1. L'EXCENTRICITÉ. Il s'agit de l'erreur entraînée par un mauvais centrage de l'axe de rotation de l'alidade par rapport aux graduations du limbe. Variant suivant la valeur de la hauteur mesurée, elle est le plus souvent due à un

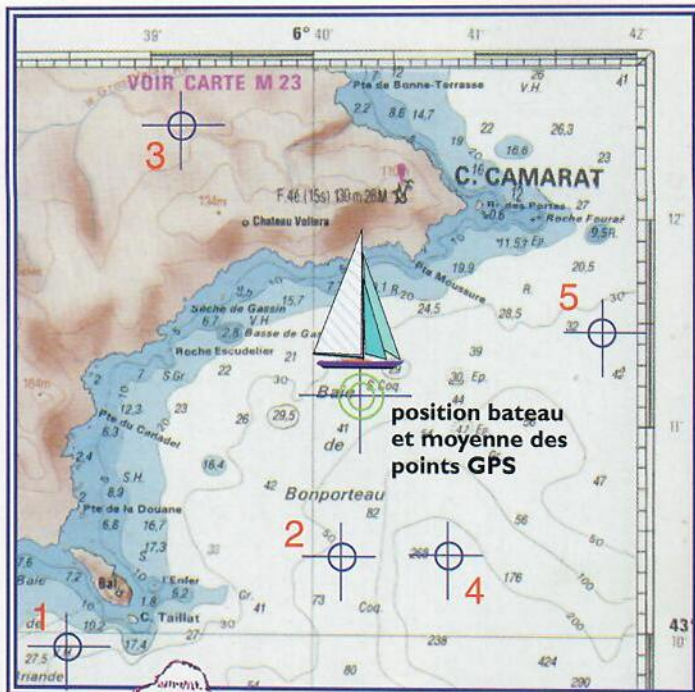
défaut de construction. Les corrections (de faible importance) sont mentionnées par le fabricant sur une étiquette collée dans le coffret contenant le sextant, à l'intérieur du couvercle. Elles sont permanentes et s'appliquent à toutes les visées.

2. LA COLLIMATION. Lorsque les curseurs du limbe et du tambour sont positionnés en face du zéro, l'image réfléchie par le grand miroir et celle aperçue à travers la partie transparente du petit miroir sont identiques.

• *Si les deux images se superposent* exactement l'une sur l'autre, l'instrument est parfaitement réglé. La correction est nulle.

• *Si les deux images sont décalées* sur le plan vertical, l'instrument n'est pas rigoureusement juste. Pour mesurer l'importance de l'imprécision, il faut tourner le tambour jusqu'à coïncidence parfaite des deux images.

Lorsqu'elles apparaissent à une hauteur égale dans la lunette, le chiffre inscrit sur le tambour correspond à la valeur de l'écart angulaire. La correction (de signe opposé à l'écart constaté) s'ajoutera algébriquement à celle due à l'excentricité.



Exemple pratique

Nous visons l'horizon après avoir réglé l'alidade et le tambour de notre sextant sur zéro. L'image reçue en direct par la partie transparente du petit miroir ne coïncide pas exactement avec celle réfléchie par le grand miroir : un décalage vertical sépare leurs contours (le décalage horizontal est sans importance). Tournons le tambour de manière à placer les deux images à la même hauteur dans la lunette. ▶

Voici cinq points obtenus au mouillage dans la presqu'île de Saint-Tropez avec un sextant de précision, par très beau temps. Les positions 2 et 4 proviennent du recoupement de deux droites de hauteur avec la latitude à la méridienne. Les autres sont le produit de plusieurs droites opérées à différentes heures de la même journée. La précision est excellente pour plusieurs raisons : la qualité du sextant, la justesse des visées par mer calme au mouillage et l'exactitude de l'heure chrono (fournie par le récepteur GPS du bord).

Comment sélectionner les filtres



Image éblouissante

Filtres solaires et filtres d'horizon trop clairs : l'œil est aveuglé, l'image générale est confuse.

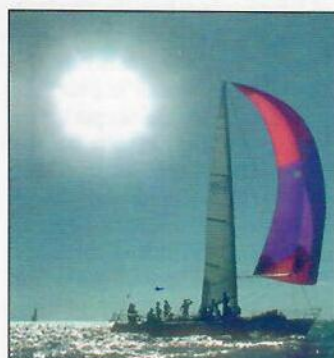


Image trop claire

Filtres d'horizon corrects mais solaires trop clairs : l'œil est ébloui, le Soleil est difficile à distinguer.



Image trop sombre

Filtres solaires et filtres d'horizon trop nombreux : l'œil a du mal à discerner la limite de l'horizon.

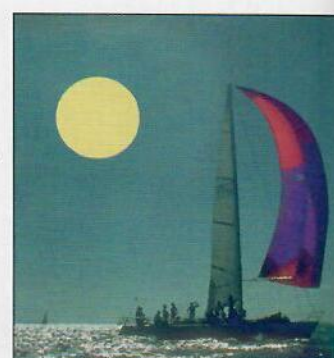
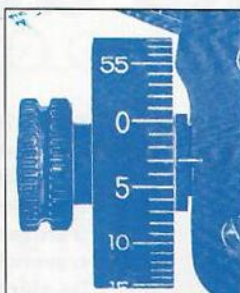


Image correcte

Filtres solaires et filtres d'horizon bien équilibrés : l'astre et l'horizon se distinguent parfaitement.

Comment opérer la collimation du sextant



1

Tambour sur 0°, l'image directe et l'image réfléchie sont décalées.

Faisons coïncider les images en tournant le tambour : le curseur affiche + 3 minutes.

Correction = - 3'.

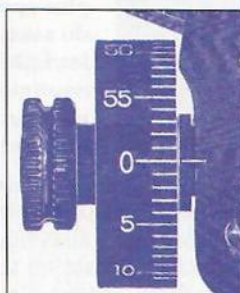


2

Tambour sur 0°, l'image directe et l'image réfléchie sont décalées.

Faisons coïncider les images en tournant le tambour : le curseur affiche - 3 minutes.

Correction = + 3'.



3

Tambour sur 0°, l'image directe et l'image réfléchie coïncident.

L'instrument est parfaitement juste, la collimation est nulle.

Correction = 0'.

ILLUSTRATIONS ALAIN QUIÉ-COHEIL

Comment entretenir l'instrument ?

Comme tout instrument de précision, le sextant est fragile. La présence de l'optique, des filtres et des miroirs impose une manipulation et un rangement soignés.

- Saisir toujours le sextant par la poignée, éventuellement par le bâti ajouré, jamais par le limbe, la lunette ou l'alidade.
- Manipuler l'appareil avec précaution en toutes circonstances.
- Éviter les chocs, même légers.
- Le maintenir à l'abri de l'humidité en période de non-utilisation, et des embruns lorsqu'il est employé sur le pont.
- Rincer immédiatement à l'eau douce les éléments atteints s'il reçoit de l'eau de mer, et essuyez l'ensemble minutieusement.



- Ne jamais poser l'instrument ailleurs que dans son coffret, en vérifiant que cet étui est parfaitement saisi, même par beau temps.
- Placer son coffret, en navigation, dans un équipet sec, à l'écart de tout risque de chocs, de forte chaleur ou d'humidité intense.
- Essuyer soigneusement toutes les pièces après chaque croisière.
- Ne jamais laisser l'instrument à bord pendant les périodes d'hivernage : le milieu marin, particulièrement corrosif, oxyderait rapidement ses éléments métalliques et endommagerait la pellicule argentée des miroirs.
- Déposer chaque année dans sa boîte un coton humecté d'huile de vaseline.

► ● Le curseur du tambour indique + 3. La correction à appliquer sera de - 3 minutes d'arc.

● Si le chiffre lu sur le tambour après réglage avait été de 57 minutes, l'erreur eut été de - 3, entraînant une correction de + 3 minutes).

Anomalies

Une variation irrégulière peut se produire soit lors du montage ponctuel de la lunette, soit par suite de la dilatation des éléments métalliques due à un changement de température. Il est donc conseillé d'effectuer la collimation avant chaque utilisation du sextant, le moindre jeu dans la structure de l'instrument pouvant entraîner un écart appréciable dans les relevés. On considère comme raisonnable une collimation limitée à 4 ou 5 minutes. Au-dessus de ce chiffre, l'instrument doit être confié à un spécialiste pour une mise au point en atelier. ■

Blessure à l'œil par abus de sextant...

À bord de son ketch *Marie-Thérèse II*, construit de ses mains en Afrique du Sud, Bernard Moitessier quitte Capetown pour Sainte-Hélène (1 800 milles). Son voilier se comporte à merveille, mais de trop nombreuses visées consécutives au sextant lui provoquent de graves lésions oculaires. « L'hélice du loch a été avalée par un gros poisson, requin ou barracuda, probablement. Le moral étant particulièrement haut, je décide d'en fabriquer une autre ! (...) Évidemment, le réglage n'y est pas. Mais il suffit de comparer les indications données par cette nouvelle hélice avec les points calculés à midi sur plusieurs jours, et le tour est joué. (...) Jusqu'à la perte de l'hélice, les points calculés ne donnaient qu'une différence de trois milles avec les indications du loch. Alors, pas besoin de couper les cheveux en quatre !... »

« Les points deviennent de plus en plus difficiles à déterminer. Le ciel, presque toujours couvert de nuages hauts, laisse tout juste deviner le Soleil qu'il faut trouver au sextant, sans les verres colorés. Sept à huit hauteurs avant midi me permettent de le rattraper deux ou trois fois seulement après l'heure de la méridienne. Cela nécessite plus d'une heure et demie de présence sur le pont ! « De retour dans la cabine, pour le petit calcul de ma position, mon œil droit (celui qui vise le Soleil à travers la lunette du sextant) ne distingue plus le vert du gris. Puis, au bout d'une heure, le sens des couleurs redevient normal !... Mais cela m'inquiète un peu et il est grand temps que le Soleil se montre franchement, ou alors ce sera tant pis pour Sainte-Hélène. (...) Par mesure de prudence, je note chaque jour le temps nécessaire pour que mon œil retrouve le sens des couleurs. Jusqu'à présent, il revient à la normale en moins d'une heure, et ce délai ne varie pas. La mécanique ne s'use donc pas pour le moment. Mais attention, il ne faut pas faire l'idiot avec ces choses-là !... »

D'après « Un Vagabond des mers du Sud » par Bernard Moitessier (éditions Flammarion).



Les documents utilisés

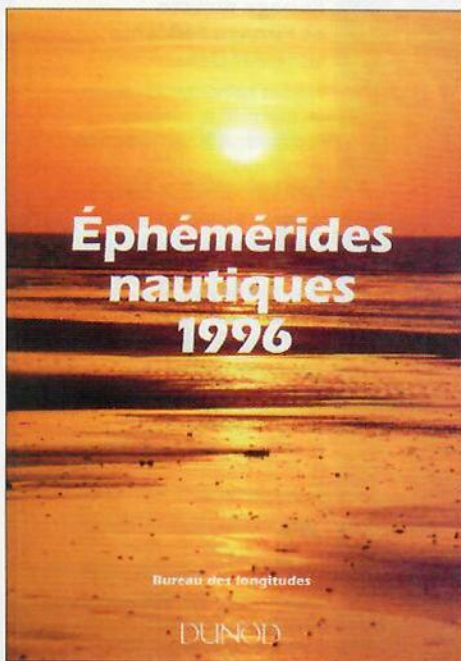
En complément de la carte marine de la région parcourue (elle est en principe présente à bord au cas où l'on se déciderait à croiser au-delà des jetées), la navigation astronomique nécessite deux types de documents complémentaires.

- **Un almanach** présentant un nombre de données périodiques sur les astres utilisés pour la visée : Soleil, Lune, étoiles, planètes. Les informations les plus complètes sont fournies par les *Éphémérides nautiques* de l'année en cours (250 francs en 1996). D'autres publications, comme l'*Almanach du Marin breton*, mentionnent quelques données utilisables pour nos calculs. Enfin, l'*Almanach nautique de Voiles et Voiliers* présente modestement chaque mois des informations sur le Soleil qui, bien qu'abrégées, permettent de déterminer un point à la méridienne (en latitude et en longitude) ou une droite de hauteur solaire. Limités par l'espace, nous ne détaillerons ici que deux publications : les *Éphémérides nautiques* et l'*Almanach de Voiles et Voiliers*.

- **Les tables de navigation HO 249**, présentant des données permanentes indispensables pour le calcul de toute droite de hauteur, qu'elle s'établisse sur le Soleil ou sur les astres nocturnes.

Les Éphémérides nautiques

Spécialement publiées à l'usage des marins, les *Éphémérides nautiques* sont éditées chaque année par le Bureau des longitudes et publiées par les éditions Gauthiers-Villars. On les trouve dans les librairies spécialisées, chez la plupart des shipchangers et dans les coopératives de pêche. Elles sont vala-



bles un an (du 1^{er} janvier au 31 décembre), leur mise en vente s'opérant dès l'été qui précède l'année d'utilisation. Cette parution anticipée est très utile aux vagabonds des mers puisqu'elle permet de les embarquer par avance lors d'un appareillage de plusieurs mois à l'automne en prévision d'un emploi en début d'année suivante. C'est le cas pour la plus courante des traversées d'océan en plaisance : le bond vers les îles Caraïbes entre septembre et décembre.

DONNÉES FOURNIES

Présentées sous la forme d'un ouvrage couvert de chiffres, de format 17 x 24 centimètres et épais d'environ 485 pages, les *Éphémérides nautiques* fournissent des données de deux natures distinctes :

- **Les données permanentes** : utilisables à tout moment dans le temps, elles comprennent essentiellement des tableaux de corrections de hauteur et des tables destinées à faciliter les calculs d'interpolation. Ces données figurent en fin d'ouvrage (à partir de la page 430 cette année).

Pour s'initier au point astro ou réaliser quelques exercices d'entretien hors traversée, les éléments présentés dans l'*Almanach nautique* permettent de mener à bien des calculs simples (latitude, longitude, voire droite de hauteur hâtive). Mais pour une pratique plus approfondie du sextant, les *Éphémérides nautiques* deviennent indispensables.

- **Les données périodiques** : valables uniquement pour l'année concernée, elles figurent principalement dans les tableaux journaliers, chacun d'eux occupant une page complète. Les renseignements indiqués concernent le Soleil, la Lune et les planètes visibles, auxquels s'ajoute le point vernal nécessaire pour les visées sur étoiles.

TEMPS EN USAGE

Il est important de noter que les *Éphémérides nautiques* ne s'expriment jamais en heure locale. Toutes les données sont mentionnées en temps universel, symbolisé par l'abréviation UT (en anglais GMT), correspondant à heure de référence conventionnellement située au méridien de Greenwich.



QUELLES DONNÉES UTILISER ?

Les informations contenues dans les *Éphémérides* sont si nombreuses que leur énumération complète dépasse le cadre de cette initiation. Je ne sélectionnerai que les plus usuelles, celles précisément auxquelles nous ferons appel lors de nos premiers calculs. Plus tard, l'emplacement et la signification des autres données ne poseront plus le moindre problème d'approche.

- **Déclinaison solaire**. Elle se lit dans les tableaux journaliers, colonne Soleil et face à l'heure UT arrondie. Sa valeur est fournie en degrés, minutes d'arc et dixièmes de minute, précédés du signe cardinal N pour nord ou S pour sud. Bien qu'une table permette de calculer la valeur exacte de la déclinaison pour une heure précise (nous l'emploierons plus tard), l'interpolation à vue entre les heures arrondies supérieures et inférieures est facilement réalisable, l'erreur d'un dixième de minute étant par ailleurs négligeable.

- **Temps de passage à Greenwich**. Cette mention figure au début des *Éphémérides* (de la page 34 à la page 39). Elle fournit l'heure de passage, au-dessus du méridien de Greenwich, des astres cités plus haut. Seul nous intéresse à présent le temps de passage du Soleil (3^e colonne) à ce méridien 0, indiqué à la date du jour en heures, minutes et secondes UT.

- **Transformation des degrés en heures**. À moins de disposer d'une calculatrice adaptée, la Table XIb des *Éphémérides*, imprimée au verso de la dernière page de couverture, se montre très pratique pour transformer les unités de degré en unités d'heure. Transformer d'abord les degrés d'arc (indiqués en gras dans les colonnes de gauche), puis les minutes (en gras dans les colonnes placées à droite). On l'utilise essentiellement pour les calculs de longitude. ▶

MARDI 18 JUN 1996

Heure U.T.	SOLEIL		LUNE					Coucher du Soleil		LATI- TUDE	Lever et coucher de la Lune			
	AHvo	D	AHao	v	D	d	π	coucher	Z		fin du crépus.	lever	Var p. 10°G	coucher
00	179° 44,2	N 23° 24,2	157° 15,9	12,6	N 17° 12,6	3,7	54,1	h m s	h m s	70° N	h m s	h m s	h m s	h m s
01	194 44,1	23 24,3	171 47,5	12,7	17 08,9	3,9	54,1	S.A.H.	-	CT.N.	68	4 25 2,2	23 05 0,3	
02	209 44,0	23 24,3	186 19,2	12,7	17 05,0	3,9	54,1	S.A.H.	-	CT.N.	66	4 49 2,0	22 46 0,4	
03	224 43,8	23 24,4	200 50,9	12,7	17 01,1	3,9	54,1	22 31	339	CT.N.	64	5 08 1,9	22 31 0,5	
04	239 43,7	23 24,4	215 22,6	12,8	16 57,2	4,1	54,1	21 53	331	CT.N.	62 N	5 23 1,9	22 18 0,6	
05	254 43,5	23 24,5	229 54,4	12,8	16 53,1	4,1	54,1	21 27	325	23 13	60 N	5 36 1,8	22 07 0,7	
06	269 43,4	N 23 24,5	244 26,2	12,8	N 16 49,0	4,2	54,1	21 06	320	22 22	58	5 47 1,7	21 57 0,7	
07	284 43,3	23 24,6	258 58,0	12,8	16 44,8	4,3	54,1	20 50	317	21 52	56	5 56 1,7	21 49 0,8	
08	299 43,1	23 24,6	273 29,8	12,9	16 40,5	4,4	54,1	20 35	314	21 30	54	6 05 1,7	21 41 0,8	
09	314 43,0	23 24,7	288 01,7	12,9	16 36,1	4,4	54,0	20 23	311	21 12	52 N	6 12 1,6	21 34 0,8	
10	329 42,9	23 24,7	302 33,6	12,9	16 31,7	4,5	54,0	20 12	309	20 57	50 N	6 19 1,6	21 28 0,9	
11	344 42,7	23 24,8	317 05,5	13,0	16 27,2	4,6	54,0	19 50	305	20 27	45	6 34 1,5	21 15 0,9	
12	359 42,6	N 23 24,8	331 37,5	13,0	N 16 22,6	4,6	54,0	19 32	302	20 04	40	6 46 1,5	21 04 1,0	
13	14 42,5	23 24,9	346 09,5	13,0	16 18,0	4,7	54,0	19 16	299	19 46	35	6 56 1,5	20 55 1,0	
14	29 42,3	23 24,9	0 41,5	13,0	16 13,3	4,8	54,0	19 03	297	19 31	30 N	7 05 1,4	20 47 1,1	
15	44 42,2	23 24,9	15 13,5	13,1	16 08,5	4,9	54,0	18 41	295	19 06	20 N	7 20 1,4	20 32 1,1	
16	59 42,0	23 25,0	29 45,6	13,1	16 03,6	4,9	54,0	18 22	294	18 46	10 N	7 33 1,3	20 20 1,2	
17	74 41,9	23 25,0	44 17,7	13,2	15 58,7	5,0	54,0	18 05	293	18 27	0	7 46 1,3	20 08 1,3	
18	89 41,8	N 23 25,1	58 49,9	13,1	N 15 53,7	5,1	54,0	17 47	293	18 10	10 S	7 58 1,2	19 57 1,3	
19	104 41,6	23 25,1	73 22,0	13,2	15 48,6	5,1	54,0	17 29	294	17 53	20 S	8 12 1,2	19 44 1,4	
20	119 41,5	23 25,2	87 54,2	13,3	15 43,5	5,2	54,0	17 08	296	17 34	30 S	8 27 1,1	19 29 1,4	
21	134 41,4	23 25,2	102 26,5	13,2	15 38,3	5,3	54,0	16 55	298	17 23	35	8 36 1,1	19 21 1,5	
22	149 41,2	23 25,2	116 58,7	13,3	15 33,0	5,3	54,0	16 41	300	17 12	40	8 46 1,0	19 11 1,5	
23	164 41,1	23 25,3	131 31,0	13,4	15 27,7	5,4	54,0	16 24	303	16 58	45	8 58 1,0	19 00 1,6	
24	179 41,0	N 23 25,3	146 03,4	13,3	N 15 22,3	5,5	54,0	16 03	306	16 42	50 S	9 12 0,9	18 47 1,6	
		$\frac{1}{2}$ Diam. = 15,8	$d = 0,0$	$\frac{1}{2}$ Diam. = 14,7	Age = 1,9	NL	15 54	308	16 35	52 S	9 19 0,9	18 40 1,7		
							15 42	310	16 26	54 S	9 26 0,9	18 33 1,7		
							15 30	313	16 17	56 S	9 34 0,8	18 25 1,7		

Heure U.T.	Point vernal AHso	VÉNUS		MARS		JUPITER		SATURNE		Heure U.T.
		AHao	D	AHao	D	AHao	D	AHao	D	
00	266 30,7	191 46,6	N 20 32,0	204 40,0	N 20 53,2	340 26,1	S 22 38,5	259 33,2	N 0 32,8	00
01	281 33,2	206 50,4	20 31,3	219 40,6	20 53,6	355 28,8	22 38,5	274 35,6	0 32,8	01
02	296 35,7	221 54,2	20 30,7	234 41,2	20 53,9	10 31,6	22 38,5	289 37,9	0 32,9	02
03	311 38,1	236 57,9	20 30,0	249 41,8	20 54,3	25 34,4	22 38,6	304 40,2	0 32,9	03
04	326 40,6	252 01,7	20 29,4	264 42,4	20 54,6	40 37,2	22 38,6	319 42,6	0 33,0	04
05	341 43,1	267 05,5	20 28,7	279 43,0	20 55,0	55 39,9	22 38,7	334 44,9	0 33,0	05
06	356 45,5	282 09,3	N 20 28,1	294 43,6	N 20 55,4	70 42,7	S 22 38,7	349 47,3	N 0 33,0	06
07	11 48,0	297 13,1	20 27,4	309 44,2	20 55,7	85 45,5	22 38,7	4 49,6	0 33,1	07
08	26 50,5	312 16,8	20 26,8	324 44,8	20 56,1	100 48,3	22 38,8	19 52,0	0 33,1	08
09	41 52,9	327 20,6	20 26,1	339 45,4	20 56,4	115 51,0	22 38,8	34 54,3	0 33,2	09
10	56 55,4	342 24,4	20 25,5	354 46,0	20 56,8	130 53,8	22 38,8	49 56,7	0 33,2	10
11	71 57,9	357 28,1	20 24,9	9 46,6	20 57,1	145 56,6	22 38,9	64 59,0	0 33,2	11
12	87 00,3	12 31,9	N 20 24,2	24 47,2	N 20 57,5	160 59,4	S 22 38,9	80 01,4	N 0 33,3	12
13	102 02,8	27 35,7	20 23,6	39 47,8	20 57,9	176 02,2	22 39,0	95 03,7	0 33,3	13
14	117 05,2	42 39,4	20 22,9	54 48,4	20 58,2	191 04,9	22 39,0	110 06,0	0 33,4	14
15	132 07,7	57 43,2	20 22,3	69 49,0	20 58,6	206 07,7	22 39,0	125 08,4	0 33,4	15
16	147 10,2	72 46,9	20 21,7	84 49,6	20 58,9	221 10,5	22 39,1	140 10,7	0 33,4	16
17	162 12,6	87 50,7	20 21,0	99 50,2	20 59,3	236 13,3	22 39,1	155 13,1	0 33,5	17
18	177 15,1	102 54,4	N 20 20,4	114 50,8	N 20 59,6	251 16,0	S 22 39,1	170 15,4	N 0 33,5	18
19	192 17,6	117 58,1	20 19,8	129 51,4	21 00,0	266 18,8	22 39,2	185 17,8	0 33,5	19
20	207 20,0	133 01,9	20 19,1	144 52,0	21 00,3	281 21,6	22 39,2	200 20,1	0 33,6	20
21	222 22,5	148 05,6	20 18,5	159 52,6	21 00,7	296 24,4	22 39,3	215 22,5	0 33,6	21
22	237 25,0	163 09,3	20 17,9	174 53,2	21 01,1	311 27,2	22 39,3	230 24,8	0 33,7	22
23	252 27,4	178 13,0	20 17,3	189 53,8	21 01,4	326 29,9	22 39,3	245 27,2	0 33,7	23
24	267 29,9	193 16,8	N 20 16,6	204 54,4	N 21 01,8	341 32,7	S 22 39,4	260 29,5	N 0 33,7	24
		$v = 3,8$	$d = 0,6$	$v = 0,6$	$d = 0,4$	$v = 2,8$	$d = 0,0$	$v = 2,3$	$d = 0,0$	
		mag. = -3,9	$\pi = 0,5$	mag. = +1,4	$\pi = 0,1$	mag. = -2,5	$\pi = 0,0$	mag. = +0,9	$\pi = 0,0$	



Page des Éphémérides nautiques
sur laquelle sont entourées en couleur
les données utilisées dans cet ouvrage
pour les différents calculs de point astro.

POUR LE SOLEIL : l'Angle horaire à Greenwich AHvo, la Déclinaison solaire D, l'indice de correction d.

POUR LA LUNE : l'Angle horaire à Greenwich AHao, l'indice de correction v, la Déclinaison lunaire D, l'indice de correction d, la correction optique π.

POUR LES ÉTOILES : l'Angle horaire du Point vernal AHso.



Une traversée de 43 jours à bord du Spray

« Je naviguais, jour après jour, avec un vent constant, pointant sur la carte la position de mon bateau avec une précision remarquable. Mais je faisais cela plutôt par intuition que par calcul. Pendant tout un mois, le *Spray* tint parfaitement sa route ; je n'avais pas même une lampe dans l'habitacle. Toutes les nuits, je voyais la Croix du Sud par le travers ; tous les matins le soleil se levait sur l'arrière, et tous les soirs se couchait sur l'avant. Je n'avais besoin pour me guider d'aucun autre compas. Si, après avoir passé de longs jours en mer, ma position me semblait douteuse, je la vérifiais en consultant la grande horloge que le Grand Architecte a installée là-haut, et tout allait bien (...).

« Quarante-trois jours après mon départ (une longue période de solitude en mer !), le ciel étant merveilleusement clair et la Lune, en bonne position par rapport au Soleil, je pris mon sextant. Trois observations et une longue lutte avec mes tables lunaires me montrèrent que ma longitude observée était d'accord, à 5 milles près, avec ma longitude estimée.

« C'était merveilleux, et bien qu'une erreur soit toujours possible, j'avais cependant confiance en mes chiffres et m'attendais à voir bientôt la terre ; c'est ce qui arriva car j'aperçus, au bout de quelques heures, Nuka-Hiva, la plus sud des îles Marquises, parfaitement visible et haute. La longitude exacte, lorsque je fus par le travers, était intermédiaire entre les deux chiffres que j'avais précédemment trouvés, ce qui est extraordinaire. Tous les navigateurs vous diront que, d'un jour à l'autre, un navire peut perdre ou gagner plus de 5 milles sur sa route et, qu'en outre, en ce qui concerne les distances lunaires, même les observateurs les plus exercés considèrent que leur résultat est excellent quand ils obtiennent un chiffre à 8 milles près. »

(suite page 43)

Le *Spray*.



Almanach nautique de Voiles et Voiliers

Publié mensuellement au début de la revue, l'Almanach nautique fournit les éléments de marée pour Brest, un tableau de corrections pour les ports secondaires, les phases de la Lune, les planètes visibles, l'horaire des bulletins météo. On y trouve aussi, et cela nous intéresse au premier chef, un certain nombre de données sur le Soleil pour chaque jour du mois en cours :

- *Le temps de passage à Greenwich (T. Pass),*
- *La déclinaison solaire (D),*
- *L'angle horaire du Soleil à Greenwich (GHA ou AHvo).*

Ces trois informations journalières sur le Soleil sont spécialement destinées aux calculs du point astronomique. Condensées en raison de la place disponible, elles sont cependant suffisantes pour faire le point à la méridienne ou calculer une droite de hauteur sur le Soleil.

COMMENT UTILISER L'ALMANACH NAUTIQUE ?

● *L'heure de passage du Soleil à Greenwich (T. Pass) ne demande aucune interprétation puisqu'elle ne survient qu'une seule fois par jour : l'indication s'utilise en lecture directe.*

● *La déclinaison solaire (D).* Elle est indiquée de 6 heures en 6 heures. Sachant que sa valeur varie à chaque instant (nous verrons plus loin pour quelle raison), il est nécessaire de transformer la donnée fournie à l'heure la plus proche pour l'adapter à l'heure de l'observation. On détermine le chiffre par simple interpolation à vue, sans grande difficulté compte tenu des faibles écarts.

ALMANACH NAUTIQUE

JUILLET 1996
par Florence et Alain Grée

MARÉES
Le tableau de marées pour Brest est basé sur 2000 ans de données...
Exemple : le 1er juillet à 06h00, la marée est à 1,50 m.

POINT ASTRO
Les éléments fournis pour chaque port sont destinés à faciliter le calcul de la hauteur de soleil à l'heure de l'observation...
Exemple : le 1er juillet à 06h00, l'angle horaire du soleil est de 179°50'8".

PLANÈTES VISIBLES
Liste des planètes visibles dans le ciel nocturne.

HORAIRES DES BULLETINS MÉTÉO
Tableau des horaires de diffusion des bulletins météorologiques.

CORRECTIONS par rapport à Brest
Tableau de corrections pour les ports secondaires.

CONVERSION des heures en fractions de degré
Tableau de conversion des heures en fractions de degré.

Page de l'Almanach nautique telle qu'elle est publiée chaque mois dans la revue **Voiles et Voiliers** avec, au-dessous, un extrait du tableau principal. Les données utilisées dans ce hors-série pour réaliser les différents calculs de point astro sur le Soleil sont entourées de couleur : l'Angle horaire à Greenwich AHvo, le Temps de passage T. Pass, la Déclinaison solaire D.



Ci-dessous, tables de calculs extraites du *Traité de navigation de Bouguer et l'abbé De La Caille* datant de 1781.

JUN 1996	phase	HEURE LÉGALE	HAUTEUR en mètres	coef	PHASES DE LA LUNE	SOLEIL (UT)	
						GHA (AHVO)	T.PASS et DECL
DIM 16	BM	00 h 07	1,50 m	79	NL	00h 179°50'8"	Tpass : 12,00.43
	PM	06 h 02	6,35 m	80		06h 269°49'8"	D 06h N. 23°21'
	BM	12 h 20	1,55 m	80		12h 359°49'1"	D 12h N. 23°22'
LUN 17	BM	18 h 18	6,50 m	80	NL	18h 80°48'3"	D 18h N. 23°22'
	PM	00 h 44	1,45 m	80		00h 179°47'5"	Tpass : 12,00.57
	PM	06 h 38	6,35 m	79		06h 269°46'7"	D 06h N. 23°23'
MAR 18	BM	12 h 55	1,55 m	79	NL	12h 359°45'9"	D 12h N. 23°24'
	PM	18 h 53	6,50 m	77		18h 89°45'1"	D 18h N. 23°24'
	BM	01 h 19	1,50 m	78		00h 179°44'2"	Tpass : 12,01.10
MAR 18	PM	07 h 13	6,30 m	78	NL	06h 269°43'4"	D 06h N. 23°25'
	BM	13 h 30	1,60 m	77		12h 359°42'6"	D 12h N. 23°25'
	PM	19 h 27	6,45 m	77		18h 89°41'8"	D 18h N. 23°25'

● *L'angle horaire du Soleil à Greenwich (GHA ou AHvo).* Indiqué de 6 heures en 6 heures, l'angle horaire du Soleil à Greenwich indique sur quel méridien se trouve le Soleil à l'heure considérée. Cette mesure se modifie à mesure que la terre tourne sur elle-même à raison de 15 degrés par heure. Il faut donc affiner le chiffre le plus proche en fonction de l'heure précise de l'observation.

On peut faire appel à la table de conversion reproduite dans chaque Almanach mensuel, mais le procédé exige du temps. La Table XIIb des Ephémérides nautiques est plus rapide (il s'agit d'une table permanente).



PEUT-IL REMPLACER LES ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES ?

Les données astronomiques publiées dans l'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers* sont suffisantes pour déterminer une position par les calculs de latitude ou de longitude à la méridienne, et même pour réaliser une droite de hauteur sur le Soleil sans l'aide d'autres éphémérides. Seules les tables américaines HO 249 seront nécessaires en complément pour la droite de Soleil.

Il n'en demeure pas moins que les éphémérides du Bureau des longitudes apporteront un complément d'informations et de précision d'une richesse incomparable. Elles facilitent la rapidité des calculs en fournissant des données horaires plus fréquentes, et permettent d'étendre le champ des recherches à l'ensemble des astres errants utilisables (Lune, planètes, étoiles).

Mais pour débiter une initiation à la navigation astronomique, ou en tant qu'outil de dépannage une fois la méthode maîtrisée, le modeste Almanach mensuel de *Voiles et Voiliers* peut rendre des services qui dépassent de loin l'apparent dépouillement de sa présentation.

Les tables de navigation HO 249

Elles sont indispensables pour le calcul des droites de hauteur établies sur le Soleil, la Lune, les planètes ou les étoiles. Publiées par le Service hydrographique du Département de la Défense des États-Unis, les HO 249 « Sight Reduction Tables » contiennent des données astrales permanentes valables pour plusieurs dizaines d'années. Elles se présentent en trois volumes au format 21 x 27 centimètres, d'une valeur de 300 francs chacun, que l'on peut acquérir séparément.

• **Volume I** : pour 41 étoiles réparties sur l'ensemble de la voûte céleste. Utilisable de la latitude 90° nord à la latitude 90° sud.

Extrait des tables américaines HO 249, indispensables pour les droites de hauteur.



Les Tables HO 249 :
Volume I pour les étoiles,
Volumes II et III pour le Soleil,
la Lune et les planètes.

Joshua Slocum et le point astro

► (suite de la page 41)

« J'espère avoir fait comprendre assez clairement que je ne trouvais pas ma position grâce à une aptitude particulière aux calculs nautiques compliqués... J'ai déjà dit que j'obtenais ma longitude presque par intuition. Un loch à hélice était toujours remorqué à l'arrière du *Spray*, mais l'erreur due aux courants et à la dérive n'étant naturellement pas enregistrée par le loch, celui-ci ne donne que des indications approximatives qui doivent être corrigées par un jugement formé au cours de nombreux voyages (...).

« L'expérience que j'ai acquise sur le *Spray*, relativement à la navigation astronomique, mérite que j'en dise quelques mots. Ainsi, ma première série d'observations me mettait plusieurs centaines de milles à l'ouest de ma position estimée. Une heure après, je pris une autre série d'observations, en y apportant le plus grand soin : le résultat moyen de ces deux séries était à peu près semblable à celui obtenu précédemment. Je me demandai comment, dans mon point estimé, j'avais pu commettre une erreur aussi considérable.

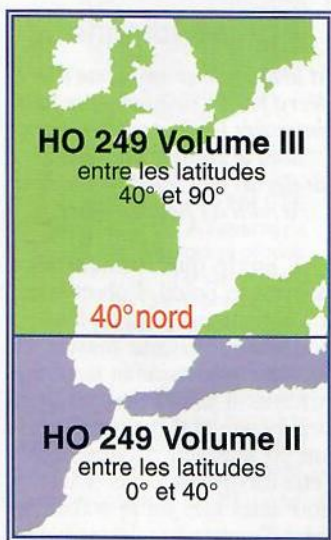
« Je cherchai la cause de cette différence dans les tables et la trouvai ; je constatai que toute une colonne de chiffres, dans laquelle j'avais pris un logarithme important, était erronée ! C'était là un fait indiscutable, duquel découlaient l'énorme écart constaté. Je rectifiai la table et continuai à naviguer, conservant intacte la confiance que j'avais en moi, et laissant ma montre en fer blanc dormir profondément. Le résultat de ces observations flattait naturellement ma vanité, car je savais qu'il était déjà difficile de prendre des distances lunaires sur le pont d'un grand bateau, avec l'aide de deux assistants... Étant un des marins les plus démunis d'Amérique, je me trouvais fier des petits exploits réalisés sur mon sloop, même s'ils n'étaient dus qu'à un hasard heureux. »

Extraits de « Seul autour du monde sur un voilier de 11 mètres », par Joshua Slocum (Éditions Chiron).

• **Volume II** : pour le Soleil, la Lune et les planètes terrestres, de la latitude 0° à la latitude 40°, quel que soit l'hémisphère.

• **Volume III** : pour le Soleil, la Lune et les planètes terrestres, de la latitude 40° à la latitude 89°, quel que soit l'hémisphère.

Lorsque l'on navigue uniquement au nord du 40° parallèle (Porto en Atlantique, Minorque ou centre Sardaigne en Méditerranée) en excluant les points d'étoiles des calculs astronomiques, seul le volume III est utile. Dans le cas contraire, la dépense totale est inévitable. Quand on aime...



ME NAME AS LATITUDE												LAT 49°														
d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	LHA												
60	180	65	00	+60	180	66	00	+60	180	67	00	+60	180	68	00	+60	180	69	00	+60	180	70	00	+60	180	360
60	178	64	59	60	178	65	59	60	178	66	59	60	178	67	59	60	178	68	59	60	178	69	59	60	178	359
60	176	64	57	60	176	65	57	60	176	66	57	60	176	67	57	60	176	68	57	60	176	69	57	60	176	358
59	174	64	53	60	174	65	53	60	174	66	53	60	174	67	53	60	174	68	53	60	174	69	53	60	174	357
59	172	64	48	60	172	65	48	60	172	66	47	60	172	67	47	60	172	68	47	60	172	69	47	60	172	356
60	170	64	42	+59	169	65	41	+59	169	66	40	+60	169	67	40	+59	168	68	39	+59	168	69	38	+58	167	355
60	168	64	34	59	167	65	33	59	167	66	32	59	166	67	31	59	166	68	30	59	165	69	29	59	165	354
59	166	64	24	59	165	65	23	59	165	66	22	59	164	67	21	58	164	68	19	58	163	69	18	58	163	353
58	164	64	13	59	163	65	12	58	163	66	10	58	162	67	09	58	161	68	07	58	161	69	05	58	160	352
58	162	64	01	58	161	64	59	59	160	65	58	58	160	66	56	57	159	67	53	58	159	68	51	57	158	351
58	160	63	48	+58	159	64	46	+57	158	65	43	+58	158	66	41	+57	157	67	38	+57	156	68	35	+57	155	350
58	158	63	33	57	157	64	30	58	156	65	28	57	156	66	25	57	155	67	22	56	154	68	18	57	153	349
57	156	63	17	57	155	64	14	57	154	65	11	56	154	66	07	57	153	67	04	56	152	68	00	56	151	348
57	154	63	00	56	153	63	56	57	152	64	53	56	152	65	49	56	151	66	45	56	150	67	40	55	149	347
56	152	62	41	56	151	63	37	56	150	64	33	56	150	65	29	55	149	66	24	55	148	67	19	54	147	346
56	150	62	22	+55	149	63	17	+56	149	64	13	+56	148	65	08	+55	147	66	03	+54	146	66	57	+54	145	345
55	148	62	01	55	148	62	56	55	147	63	51	55	146	64	46	54	145	65	40	54	144	66	34	53	143	344
55	147	61	39	55	146	62	34	55	145	63	29	54	144	64	23	53	143	65	16	53	142	66	09	53	141	343
55	145	61	17	54	144	62	11	54	143	63	05	53	142	63	58	53	141	64	51	53	140	65	44	52	139	342
54	143	60	53	54	142	61	47	53	141	62	40	53	140	63	33	53	139	64	26	51	138	65	17	52	137	341
54	142	60	29	+53	141	61	22	+53	140	62	15	+52	139	63	07	+52	138	63	59	+51	137	64	50	+53	135	340
53	140	60	03	53	139	60	56	52	138	61	48	52	137	62	40	51	136	63	31	51	135	64	22	50	134	339
53	138	59	37	52	137	60	29	52	136	61	21	51	135	62	12	51	134	63	03	50	133	63	53	50	132	338
52	137	59	10	52	136	60	02	51	135	60	52	51	134	61	44	50	133	62	34	49	132	63	23	49	130	337
51	135	58	42	52	134	59	34	50	133	60	24	50	132	61	14	50	131	62	04	49	130	62	53	48	129	336
51	134	58	14	+51	133	59	05	+50	132	59	55	+49	131	60	44	+50	130	61	34	+48	128	62	22	+48	127	335
51	132	57	45	50	131	58	35	50	130	59	25	49	129	60	14	49	128	61	02	48	127	61	50	48	126	334
51	131	57	15	50	130	58	05	49	129	58	54	49	128	59	43	48	127	60	31	47	126	61	18	47	124	333
50	130	56	44	50	129	57	34	48	128	58	22	48	127	59	11	47	126	59	58	47	124	60	45	46	123	332
49	128	56	13	49	127	57	02	48	126	57	50	48	125	58	38	47	124	59	25	47	123	60	12	46	121	331
50	127	55	42	+48	126	56	30	+48	125	57	18	+47	124	58	05	+47	123	58	52	+46	121	59	38	+45	120	330
48	126	55	09	48	125	55	57	48	124	56	45	47	122	57	32	46	121	58	18	46	120	59	04	45	119	329



Latitude à la méridienne

Simple et rapide, le calcul de la latitude à la méridienne constitue une bonne approche pour s'initier au point astronomique. Il familiarise avec la déclinaison solaire et la distance zénithale, en laissant de côté, dans un premier temps, les problèmes liés à la connaissance de l'heure du passage du Soleil en un lieu donné.

La latitude

définit la distance angulaire la plus courte séparant tout lieu géographique de l'équateur terrestre. C'est la ligne horizontale tracée sur la carte.

La latitude est un angle imaginaire qui est formé par trois points : le centre du globe terrestre, le lieu géographique considéré et le point de l'équateur situé sur le même méridien.

Toute position géographique se définit par sa latitude et sa longitude. Autrement dit, la connaissance de la seule latitude ne permet pas de se situer avec précision. Cette donnée se traduit par un trait horizontal tracé sur la carte, notre bateau se trouvant « quelque part » sur cette ligne imaginaire.

Les caravelles du temps jadis, pour se rendre aux Caraïbes, commençaient par faire du sud jusqu'au parallèle de l'île qu'elles voulaient rallier, puis conservaient en permanence cette latitude jusqu'à l'atterrissage final. Nous pouvons agir de la même manière en appareillant de la Provence vers la Corse ou la Sardaigne, ou de l'Angleterre en direction du Danemark ou de l'Irlande. Nous pouvons aussi recouper cette précieuse indication avec une droite de Soleil relevée en cours de matinée.

COMMENT SE MESURE LA LATITUDE ?

La latitude d'un lieu se définit toujours par rapport à l'équateur terrestre. Elle se mesure en degrés, minutes et dixièmes de minutes d'arc, de 0° (équateur) à 90° (pôle). Toute latitude située au nord de l'équateur porte la mention cardinale nord, toute latitude située au sud de l'équateur porte la mention sud.

La méridienne

est la trajectoire en forme d'arc, décrit par le Soleil chaque jour entre son lever et son coucher, dont le point le plus élevé au-dessus de l'horizon survient à midi à l'heure solaire.

L'angle que forment à ce moment le Soleil, l'observateur et l'horizon est nommé hauteur méridienne. Elle se mesure au sextant et s'énonce en degrés et minutes d'arc. L'heure de la méridienne marque ainsi l'instant où le Soleil culmine, après s'être élevé dans le ciel (hauteurs croissantes lues sur le sextant) et avant d'amorcer sa descente vers l'horizon (hauteurs décroissantes). Ces notions sont très importantes pour déterminer l'heure des visées à opérer.

La déclinaison solaire

correspond à la ligne imaginaire qui relie tous les lieux géographiques au-dessus desquels le Soleil passe à la verticale.

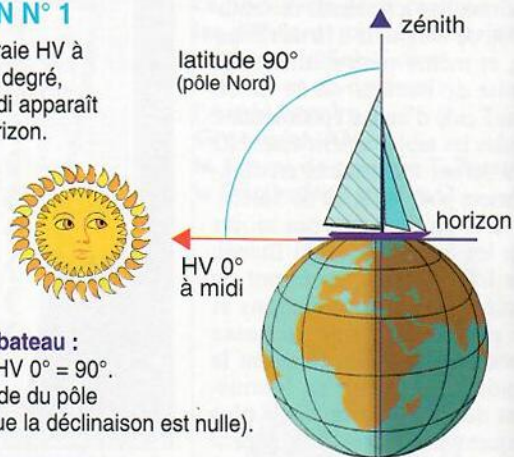
C'est un peu, en figuré, « l'équateur solaire » de la Terre à un instant déterminé. Pour un observateur placé au nord de cette latitude, le Soleil apparaîtra au sud. Ceux situés au sud de cette latitude l'apercevront au nord. En tous points de ce parallèle, le Soleil passera au zénith à l'heure de la méridienne.

HAUTEUR MÉRIDienne ET LATITUDE

Situations rencontrées seulement aux équinoxes de printemps et d'automne (vers le 21 mars et le 21 septembre), lorsque la déclinaison solaire est nulle.

SITUATION N° 1

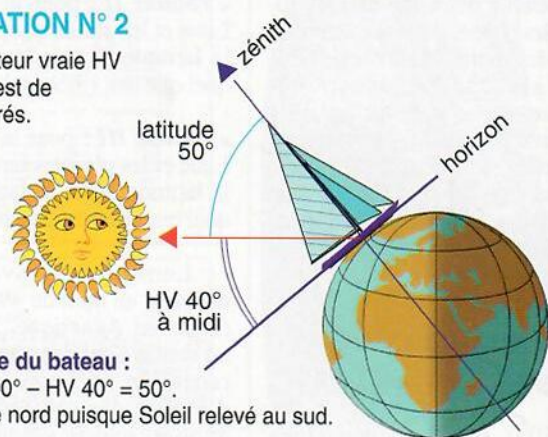
La hauteur vraie HV à midi est de 0 degré, le Soleil à midi apparaît juste sur l'horizon.



Latitude du bateau :
zénith 90° - HV 0° = 90°.
C'est la latitude du pôle (rappelons que la déclinaison est nulle).

SITUATION N° 2

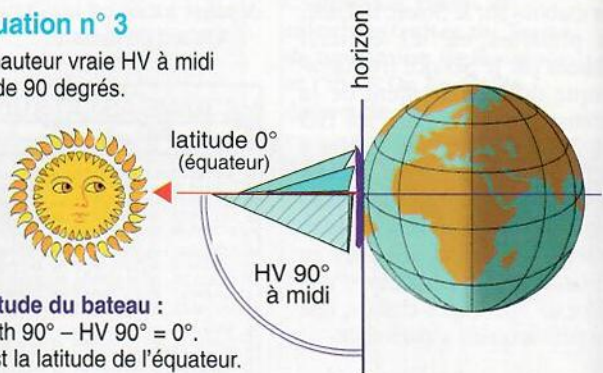
La hauteur vraie HV à midi est de 40 degrés.



Latitude du bateau :
zénith 90° - HV 40° = 50°.
Latitude nord puisque Soleil relevé au sud.

Situation n° 3

La hauteur vraie HV à midi est de 90 degrés.



Latitude du bateau :
zénith 90° - HV 90° = 0°.
C'est la latitude de l'équateur.

POURQUOI LA DÉCLINAISON SOLAIRE VARIE-T-ELLE ?

En tout lieu, la déclinaison solaire varie quotidiennement selon l'inclinaison du globe terrestre sur son axe de rotation : elle prend le signe cardinal sud en hiver, nord en été.

Deux fois par an, la déclinaison solaire se superpose à l'équateur terrestre (parallèle 0°). Ces instants, au cours desquels les deux hémisphères sont éclairés de manière identique, marquent les équinoxes de printemps (vers le 21 mars) et d'automne (vers le 21 septembre).

Notre planète boucle un tour complet en un an. Mais l'axe de ses pôles étant légèrement incliné ($23^{\circ} 27'$) par rapport au plan de son orbite, elle expose aux rayons du Soleil tantôt son hémisphère Nord (l'été), tantôt son hémisphère Sud (l'hiver).

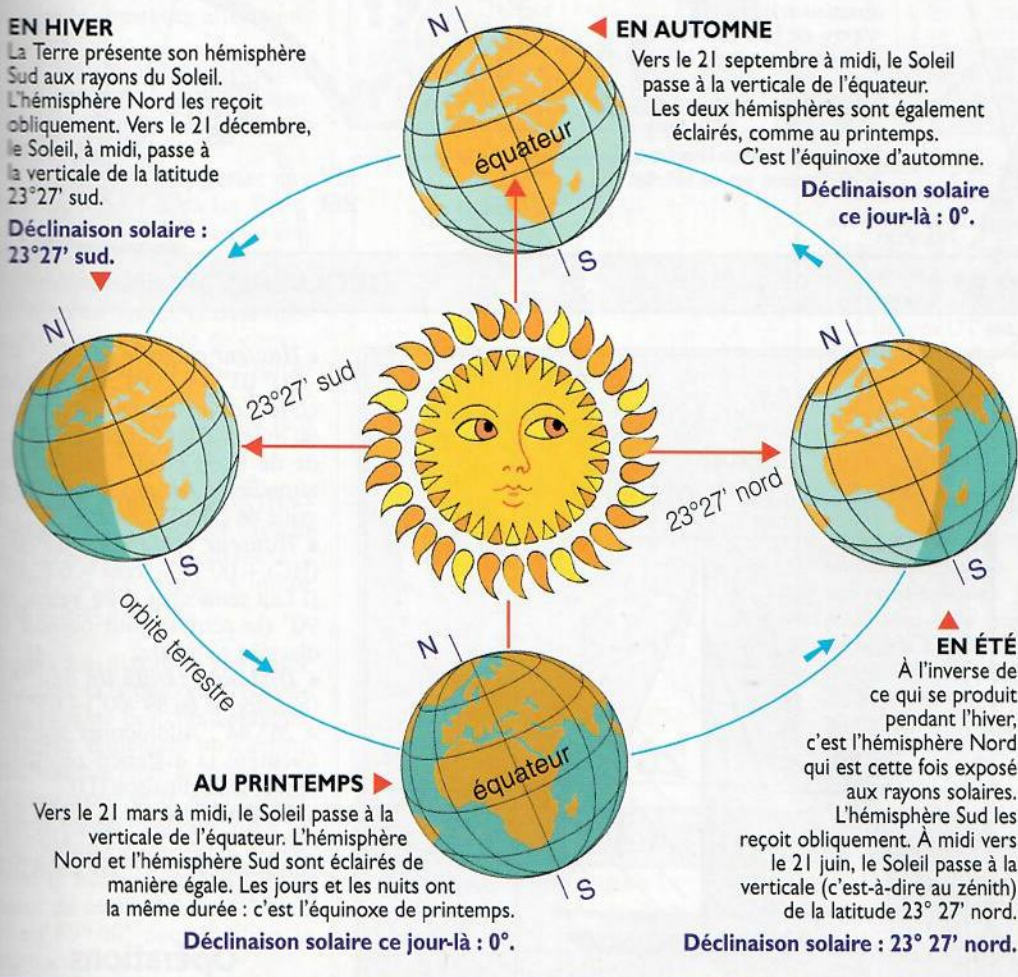
Entre ces deux périodes se situent les équinoxes (vers le 21 mars et le 21 septembre). Ces jours-là, un rayon de Soleil dirigé vers le centre de la terre passe par l'équateur. La déclinaison solaire se confond avec l'équateur.

LE CHANGEMENT DE DÉCLINAISON SOLAIRE AU FIL DES SAISONS

EN HIVER

La Terre présente son hémisphère Sud aux rayons du Soleil. L'hémisphère Nord les reçoit obliquement. Vers le 21 décembre, le Soleil, à midi, passe à la verticale de la latitude $23^{\circ} 27'$ sud.

Déclinaison solaire : $23^{\circ} 27'$ sud.



EN AUTOMNE

Vers le 21 septembre à midi, le Soleil passe à la verticale de l'équateur. Les deux hémisphères sont également éclairés, comme au printemps. C'est l'équinoxe d'automne.

Déclinaison solaire ce jour-là : 0° .

AU PRINTEMPS

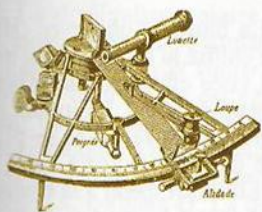
Vers le 21 mars à midi, le Soleil passe à la verticale de l'équateur. L'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud sont éclairés de manière égale. Les jours et les nuits ont la même durée : c'est l'équinoxe de printemps.

Déclinaison solaire ce jour-là : 0° .

Déclinaison solaire : $23^{\circ} 27'$ nord.

EN ÉTÉ

À l'inverse de ce qui se produit pendant l'hiver, c'est l'hémisphère Nord qui est cette fois exposé aux rayons solaires. L'hémisphère Sud les reçoit obliquement. À midi vers le 21 juin, le Soleil passe à la verticale (c'est-à-dire au zénith) de la latitude $23^{\circ} 27'$ nord.



La distance zénithale

est une valeur abstraite : angle qui, ajouté à la hauteur méridienne, permet d'obtenir la somme de 90° .

Elle correspond à la distance angulaire séparant le Soleil du zénith de l'observateur (voir dessins page 46). Lorsque la déclinaison est nulle (équinoxes de printemps et d'automne), la distance zénithale correspond à la latitude.

Quelle hauteur ?

D'une manière générale en navigation astronomique, la hauteur du Soleil est un angle qui, pour un observateur donné, définit la position de l'astre par rapport à l'horizon. Mais selon l'adjectif qui l'accompagne, le terme de hauteur désigne des mesures différentes :

- **Hauteur méridienne (Hm).** Angle (sans précision mathématique) indiquant la position du Soleil au-dessus de l'horizon à l'instant de sa culmination.
- **Hauteur observée (Ho).** Il s'agit de la mesure lue sur le sextant (en visant la base inférieure du Soleil), dépourvue de toute correction.

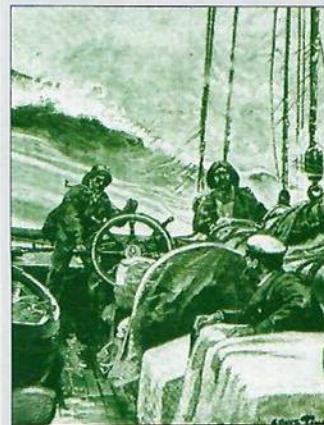
- **Hauteur corrigée (HC).** Mesure lue sur le sextant, corrigée de l'erreur instrumentale due à un défaut de l'appareil.

- **Hauteur vraie (HV).** Il s'agit de la hauteur HC, déjà corrigée de l'erreur instrumentale, à laquelle on ajoute une nouvelle correction liée à l'aspect du Soleil. Elle regroupe les diverses altérations optiques générées par la densité de l'atmosphère au niveau de l'horizon (réfraction, dépression, parallaxe) et « le demi-diamètre » de l'astre (les tables étant calculées sur le centre du Soleil alors que l'on ajuste la visée sur sa base). Ces altérations sont indiquées sur la grille de calculs, sous la valeur de la hauteur observée et face à l'élévation de l'œil.

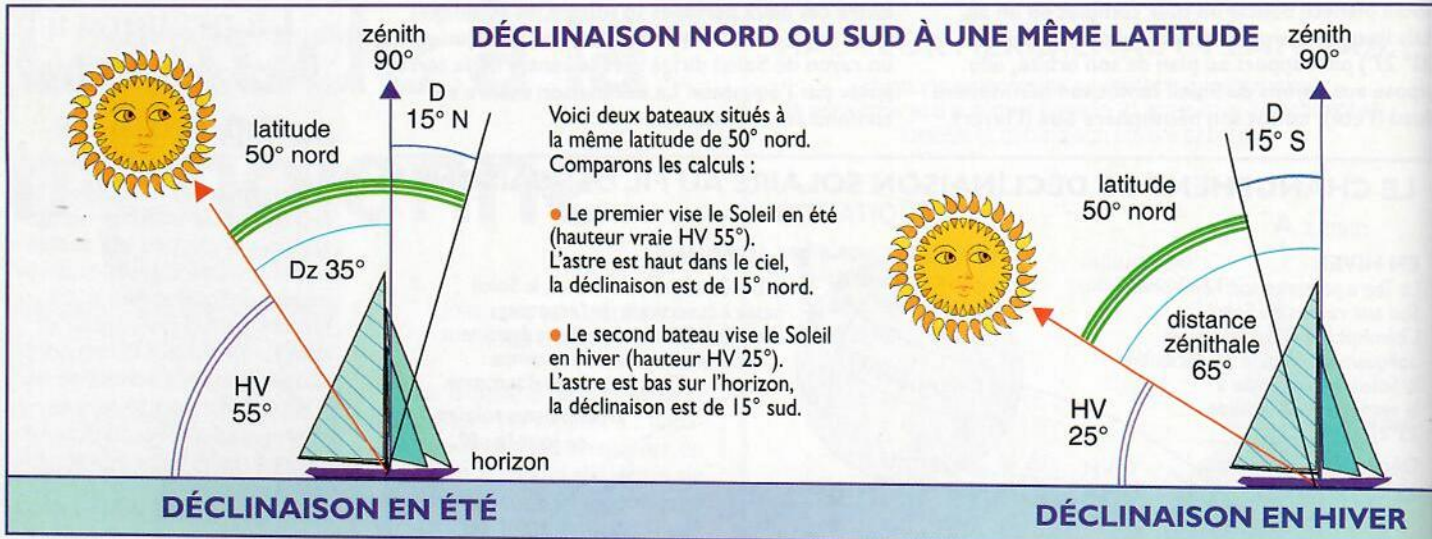
La pratique à bord des navires cap-horniers

« Sur nos navires, le capitaine apparaissait, le sextant en mains, à certaines heures propices du matin et de l'après-midi, pour prendre la hauteur du Soleil et retourner à son armoire à chronomètres en comptant le nombre de secondes écoulées jusqu'au moment où il notait l'heure exacte de cette montre précieuse. Inscrivant sur son cahier de point heure et hauteur, il obtenait par un calcul de quelques minutes sa position exacte à midi en observant le moment où le Soleil passe au zénith. Des relèvements de cet astre à cette même heure et à son lever comme à son coucher lui indiquaient la variation du compas pour établir la route à suivre. À défaut de Soleil, la Croix du Sud, la Polaire et la Lune étaient utilisées pour la recherche de la variation et de la latitude. En temps normal, les capitaines ne consacraient guère plus de vingt à trente minutes chaque jour à ces occupations. Par brume, aux atterrissages surtout, par mauvais temps ou vue bouchée, il en était tout différemment ; les observations étaient souvent difficiles, longues et imprécises. Les chronomètres, au nombre de deux généralement, se remontaient chaque jour avec précautions étant donnée leur importance ; le capitaine lui-même en conservait les clés et en avait un soin tout spécial. »

Extraits des « Derniers Cap-horniers français », de Louis Lacroix, aux EMOM.



Les observations devenaient difficiles par gros mauvais temps.



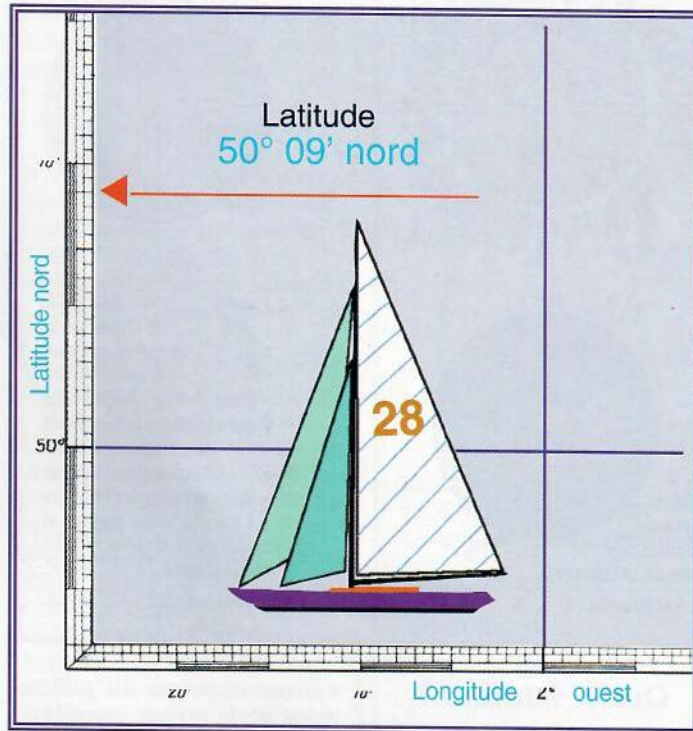
Reportés sur la carte, les calculs de latitude nous fournissent une droite horizontale. Nombre de navigateurs se sont contentés de cette seule indication par le passé, et j'en connais encore quelques-uns qui continuent à vagabonder ainsi sur les mers.



Équipement nécessaire

Si l'on exclut le bateau, non indispensable pour l'instant à notre stade d'initiation, l'équipement nécessaire pour réaliser un calcul de latitude à la méridienne se résume aux matériels suivants :

- la carte marine locale,
- un sextant,
- les *Éphémérides nautiques* ou l'*Almanach nautique de Voiles et Voiliers*,
- une copie de la grille de calculs présentée en page 80.



Exercice pratique

Laissons la théorie de côté et sautons directement à bord pour un exercice concret. C'est la meilleure méthode pour apprendre, pilote automatique embrayé et sextant à la main.

PROBLÈME POSÉ

Nous sommes le 18 juin, naviguant quelque part entre Wight et le Cotentin. Après avoir observé l'ascension du Soleil au cours de la matinée, nous relevons une hauteur observée (Ho) de 63° 07' au moment de sa culmination (vers 12 h 9 min UT).

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

- **L'erreur instrumentale (Ei)** est de + 3' (donc correction - 3'),
- **La visée** est prise à 4 mètres au-dessus de l'eau,
- **La déclinaison solaire** aujourd'hui s'élève à 23° 25' nord.

QUELLE EST NOTRE LATITUDE ?

Pour trouver la solution, il suffit de suivre les indications portées sur la grille de calculs : la hauteur observée (Ho) de 63° 07' doit en premier lieu être corrigée de l'erreur instrumentale (Ei). L'erreur étant positive (+ 3'), la correction sera négative (- 3') :

- **Hauteur corrigée HC** : 63° 07' - 00° 03' = 63° 04'. La seconde correction concerne l'apparence du Soleil. Pour 4 mètres d'altitude de l'œil et 60° de hauteur arrondie, le tableau inscrit sur la grille de calcul indique + 12'.
- **Hauteur vraie HV** : 63° 04' (HC) + 00° 12' (cor) = 63° 16'. Il faut retrancher cette valeur de 90° (le zénith) pour obtenir la distance zénithale.
- **Distance zénithale dz** : 90° (transformé en 89° 60') - 63° 16' = 26° 44'. Additionner algébriquement la distance zénithale (dz) et la déclinaison (D).
- **Latitude locale L** : 26° 44' (dz) + 23° 25' (D), ajoutée puisque nord = 49° 69' : soit 50° 09' nord.

Opérations

1. La hauteur observée (Ho) est le chiffre lu sur le sextant lors de la visée effectuée sur le bord inférieur du Soleil, à l'instant où l'astre atteint le point le plus élevé de sa trajectoire dans le ciel. Elle correspond à la hauteur méridienne, c'est-à-dire sa hauteur au-dessus de l'horizon lorsqu'il est midi au Soleil.

2. L'erreur instrumentale (Ei) est la somme de la collimation (coïncidence défectueuse des graduations du limbe et des miroirs) ou de l'excentricité (mauvais centrage de l'axe de l'alidade). Défaut propre à chaque appareil, qui peut varier avec la hauteur mesurée. L'erreur instrumentale (Ei) peut être positive ou négative.

3. La hauteur corrigée (HC) s'obtient en additionnant algébriquement Ho et Ei. En langage arithmétique : ajouter Ei si l'erreur instrumentale est positive, la retrancher si elle est négative.

4. La correction solaire (cor) rassemble plusieurs altérations visuelles :

- les déformations optiques subies par notre vision de l'astre à travers les couches basses de l'atmosphère,
- la correction à apporter aux chiffres donnés dans les Éphémérides ou les almanachs, établis pour une observation effectuée sur le centre du Soleil alors que nous en visons la base inférieure. Cet ensemble de corrections cor (positif) est fourni directement sur la grille de calculs, sous la valeur de Ho et face à l'élévation de l'œil.

5-7. La hauteur vraie (HV) s'obtient en ajoutant la hauteur corrigée HC à la correction solaire cor. Le résultat s'inscrit directement à la ligne 7.

6-8. La distance zénithale (dz), dont la définition est donnée dans le texte des commentaires, constitue seulement un élément intermédiaire entre le calcul de la hauteur vraie et la déclinaison, pour la raison expliquée dans les croquis. Elle s'obtient en retranchant la hauteur vraie HV de la valeur du zénith 90°, transformée ici en 89° 60' pour faciliter la soustraction.

9. La déclinaison solaire (D) est mentionnée dans l'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers* du mois en cours. Elle est également fournie par les Éphémérides nautiques à la page du jour, dans la partie gauche marquée « Soleil », colonne D. La déclinaison se lit face à l'heure UT de l'observation, en interpolant à vue le chiffre des dixièmes de minutes. Elle s'accompagne de la mention cardinale nord (N) ou sud (S).

10. La latitude du lieu (L) s'obtient, dans notre hémisphère :
- déclinaison D nord : en additionnant la déclinaison D à la distance zénithale dz,
- déclinaison D sud : en retranchant de la déclinaison D à la distance zénithale dz.

JUN 1996	MARÉE à BREST				PHASES DE LA LUNE	SOLEIL (UT)	
	phase	HEURE LEGALE	HAUTEUR en mètres	coef		GHA (AHVO)	T.PASS et DÉCL
DIM 16	BM	06 h 07	1,50 m	79	NL	00h 179°50'8	Tpass: 12,00,43
	PM	06 h 02	6,35 m			06h 269°49'9	D 06 h N. 23°21
	BM	12 h 20	1,55 m	80		12h 359°49'1	D 12 h N. 23°22
	PM	18 h 18	6,50 m			18h 89°48'3	D 18 h N. 23°22
LUN 17	BM	00 h 44	1,45 m	80		00h 179°47'5	Tpass: 12,00,57
	PM	06 h 38	6,35 m			06h 269°46'7	D 06 h N. 23°23
	BM	12 h 55	1,55 m	79		12h 359°45'9	D 12 h N. 23°24
	PM	18 h 53	6,50 m			18h 89°45'1	D 18 h N. 23°24
MAR 18	BM	01 h 19	1,50 m	78		00h 179°44'2	Tpass: 12,01,10
	PM	07 h 13	6,30 m			06h 269°43'4	D 06 h N. 23°25
	BM	13 h 30	1,60 m	77		12h 359°42'6	D 12 h N. 23°25
	PM	19 h 27	6,45 m			18h 89°41'8	D 18 h N. 23°25

MARDI 18 JUIN 1996

Heure U.T.	SOLEIL		Aho	L
	Aho	D		
00	179 44,2	N 23 24,2	157 15,9	12,6
01	194 44,1	23 24,3	171 47,5	12,7
02	209 44,0	23 24,3	186 19,2	12,7
03	224 43,8	23 24,4	200 50,9	12,7
04	239 43,7	23 24,4	215 22,6	12,7
05	254 43,5	23 24,5	229 54,4	12,7
06	269 43,4	N 23 24,5	244 26,2	12,7
07	284 43,3	23 24,6	258 58,0	12,7
08	299 43,1	23 24,6	273 29,8	12,7
09	314 43,0	23 24,7	288 01,7	12,7
10	329 42,9	23 24,7	302 33,6	12,7
11	344 42,7	23 24,8	317 05,5	12,7
12	359 42,6	N 23 24,8	331 37,5	12,7
13	14 42,5	23 24,9	346 09,5	12,7
14	29 42,3	23 24,9	0 41,5	12,7
15	44 42,2	23 25,0	15 13,5	12,7
16	59 42,0	23 25,0	29 45,5	12,7
17	74 41,9	23 25,1	44 17,5	12,7
	89 41,8	N 23 25,1	58 49,5	12,7
		23 25,1	73 21,5	12,7
			87 53,5	12,7

Ci-dessus extrait de l'Almanach nautique de Voiles et Voiliers du mardi 18 juin. La déclinaison solaire (arrondie à la minute) à 12 heures UT est de 23° 25' nord.

Ci-contre, extrait des Éphémérides nautiques 1996, page du mardi 18 juin. La déclinaison solaire à 12 heures UT est de 23° 24' 8" nord, que nous arrondirons à 23° 25'.

LATITUDE A LA MÉRIDienne							
DATE	HEURE UT	CORRECTION SOLAIRE opérée en ligne 4 (parallaxe, réfraction, demi-diamètre)					
		Hauteur observée Ho	20"	30"	40"	60"	80"
18 Juin 96	12 h 09 m		+11"	+12"	+13"	+14"	+14"
		Altitude de l'œil : 2 m	+10"	+11"	+12"	+12"	+13"
		Altitude de l'œil : 4 m	+10"	+11"	+12"	+12"	+13"
ligne	élément calculé et opération	symbole	signe	degrés	minutes		
1	HAUTEUR OBSERVÉE Ho : relever au sextant la hauteur du Soleil à l'instant de sa culmination.	Ho	→	63°	07'		
2	ERREUR INSTRUMENTALE Ei : correspondant à la valeur de Ho (correction positive ou négative).	Ei	⊖	00°	03'		
3	HAUTEUR CORRIGÉE Hc : opérer la somme algébrique de la hauteur Ho et de l'erreur Ei (lignes 1 et 2).	Hc	=	63°	04'		
4	CORRECTION SOLAIRE : à lire sur le tableau ci-dessus en fonction de la hauteur Ho et de l'altitude de l'œil.	cor	+	00°	12'		
5	HAUTEUR VRAIE Hv : additionner la hauteur corrigée Hc (ligne 3) et la correction solaire (ligne 4).	Hv	=	inscrire le résultat en ligne 7			
6	VALEUR DU ZÉNITH : cette case mentionne l'angle de 90° (transformé ici en 89° 60').	90°		89°	60'		
7	HAUTEUR VRAIE Hv : inscrire ici le résultat de l'opération posée dans la ligne 5.	HV	-	63°	16'		
8	DISTANCE ZÉNITHALE dz : retrancher la hauteur vraie Hv (ligne 7) de la valeur du zénith (ligne 6).	dz	=	26°	44'		
9	DÉCLINAISON SOLAIRE D : à l'heure UT de la culmination, arrondie à la minute (Éphémérides, Almanach VeV).	D	N ⊕	23°	25'		
10	LATITUDE : ajouter dz à D si déclinaison D nord, retrancher dz de D si déclinaison D sud.	L	N ⊕	50°	09'		

Le point, seul en canot pneumatique

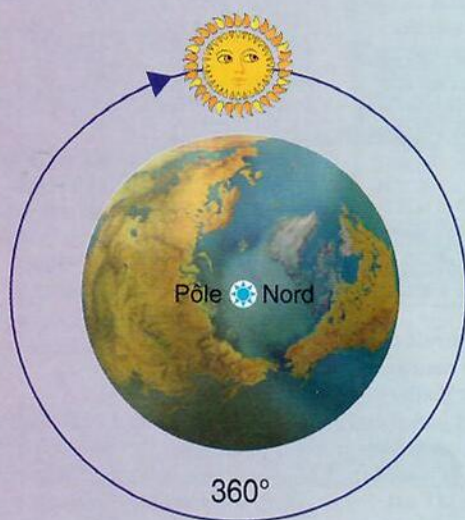
Pendant sa descente le long de la côte africaine, Alain Bombard décide de se familiariser avec les rudiments de la navigation avant de se lancer en solitaire à travers l'Atlantique dans son minuscule zodiac *Hérétique*. Nous sommes en 1952. Il lui faudra 64 jours pour franchir l'océan.

« Apprenons d'abord à naviguer. Je sais me servir du compas et de la voile. Reste la règle Cras pour déterminer ma route. Après quelques tâtonnements, je trouve. Quelle merveilleuse simplicité ! (...) Le samedi 16, je commence à travailler le sextant. Mesurer la hauteur du Soleil à midi n'est pas difficile : il suffit de faire coïncider, dans la lunette de visée, le bord inférieur du Soleil avec l'horizon. Une échelle donne alors la valeur de l'angle Soleil-observateur-horizon, mais ce n'était pas tout : comment, avec cette simple mesure pouvais-je obtenir ma latitude ?

« Après quelques recherches, je savais déterminer ma latitude avec certitude. Inutile d'avoir l'heure exacte : il suffisait de calculer l'angle que faisait le Soleil avec l'horizon au moment où il avait atteint le sommet de sa courbe. Cette mesure m'était suffisante car, descendant pratiquement sur le même méridien (Tanger est situé sur environ 8°15', Casablanca sur 9°50', soit une différence négligeable de 1 degré environ), je n'avais pas besoin de chercher de longitude.

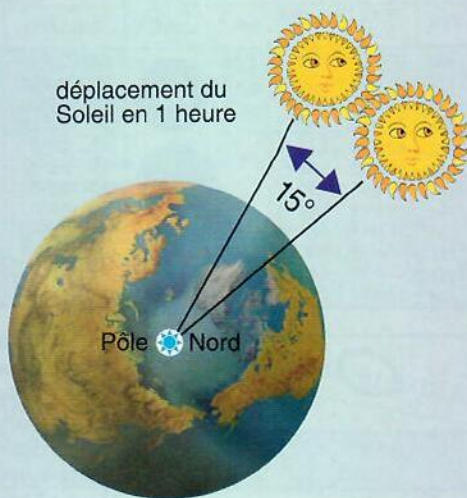
« Je vérifie chaque jour mes points au sextant par des relèvements côtiers. Par bonheur, vers 12 heures, la mer est en général très calme, d'où une ligne d'horizon assez nette et peu mouvante. Ce samedi 16, je vois passer les avions de la ligne qui fait escale à Casablanca. Leur trajectoire m'est fort utile, elle me permet de vérifier ma route. (...) Pour ne rien cacher, la peur, ou tout au moins une angoisse continuelle ne me quitte pas. Tant que je longerai cette côte, tout ira bien ; mais ensuite ? Quand je regarde vers l'Atlantique, je suis effrayé de son immensité. »

D'après « Naufragé volontaire », de Alain Bombard (Éditions de Paris).



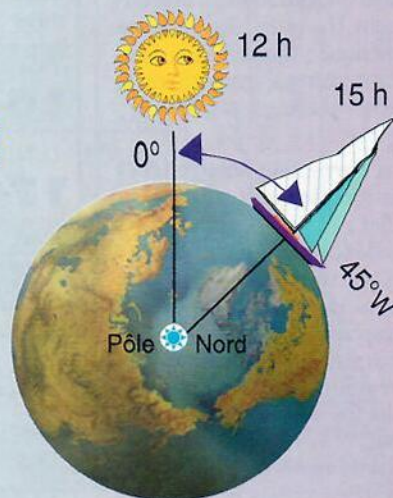
Déplacement du Soleil en 24 heures

Le Soleil fait le tour de la Terre en 24 heures (en apparence, bien sûr, car en réalité c'est la Terre qui tourne sur elle-même). Cela revient à dire que durant une journée, le Soleil parcourt 360° de longitude.



Déplacement du Soleil en 1 heure

Sachant que le Soleil survole les 360° de la circonférence terrestre en 24 heures, il suffit d'opérer une simple division pour connaître la longitude qu'il parcourt en 1 heure : $360 : 24 = 15$ degrés.



Déplacement du Soleil en 3 heures

Le Soleil aujourd'hui passe à midi juste au-dessus du méridien de Greenwich (0°). À quelle heure franchira-t-il le méridien d'un voilier situé à la longitude 45° ouest ? Trois heures plus tard, soit à 15 heures.

Longitude à la méridienne

La latitude n'étant qu'une ligne horizontale tracée sur la carte, il faut à présent la recouper par une ligne verticale pour déterminer, à l'intersection des deux droites, une position géographique précise. Or, en navigation, toute droite orientée nord-sud sur la carte est une longitude.

Les navigateurs les plus pressés, qui souhaitent obtenir un résultat immédiat, peuvent parfaitement se lancer sans attendre dans la rédaction de la grille de calculs : elle est conçue pour favoriser un tel raccourci. Pour les autres flâneurs à la voile, curieux de connaître le dessous des cartes (marines ou non), un rapide inventaire de connaissances sera sans doute apprécié avant d'aborder un premier exercice pratique. Histoire de parler le même langage.

La longitude

Ligne verticale tracée sur la carte, la longitude définit la distance angulaire séparant tout lieu géographique du méridien de Greenwich.

La longitude est un angle imaginaire formé par trois points : le centre du globe terrestre, le lieu géographique considéré et le point du méridien de Greenwich situé sur le même parallèle.

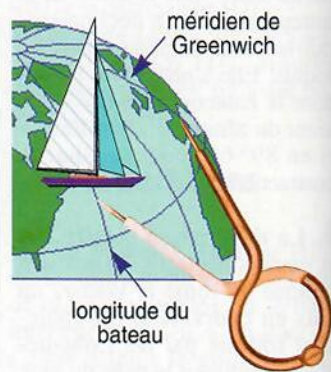
L'expression distance angulaire est un peu hermétique. Elle correspond pourtant parfaitement à la définition même de la longitude. Pour ceux qui en trouveraient l'usage indigeste, voici une représentation plus concrète. Coupons une tarte en quatre morceaux égaux. La distance angulaire entre les deux coupes limitant chaque tranche est de 90°. Recoupons les parts en deux parties égales : la distance angulaire séparant leurs deux bords sera à présent de 45°. Niveau cours élémentaire ? On empanne pour le bord suivant.

COMMENT SE MESURE LA LONGITUDE ?

La longitude d'un lieu se définit toujours par rapport au méridien de Greenwich (appelé aussi méridien d'origine pour cette raison). Elle se mesure en degrés, minutes et dixièmes de minute d'arc, de 0° (méridien de Greenwich) à 180° (antiméri-dien). Toute longitude située à l'ouest de Greenwich porte la mention cardinal ouest, toute longitude située à l'est de Greenwich porte la mention est.

REMARQUES

- L'abréviation habituelle de la longitude est la lettre G.
- Dans le procédé décrit ici pour déterminer la longitude, il est inutile de tenir compte de l'erreur instrumentale (Ei) et des corrections dues à l'apparence du Soleil (cor), sans incidences sur les calculs développés. C'est en effet la variation de hauteur qui est mesurée, quelle que soit l'erreur de l'instrument.

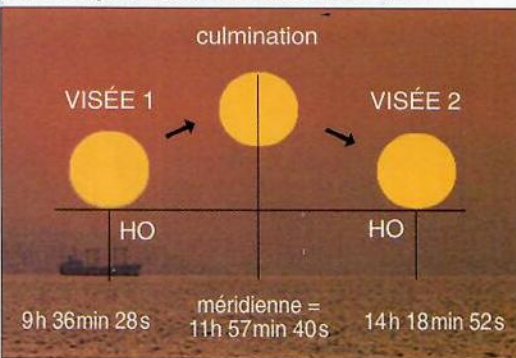
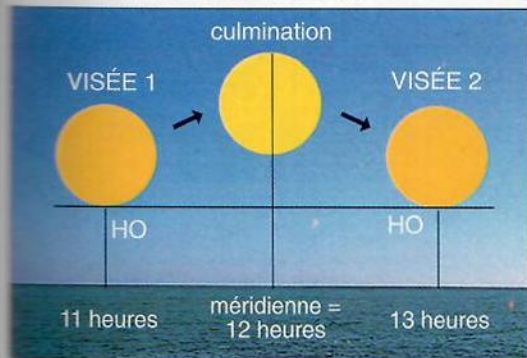


QUEL EST LE PRINCIPE DES CALCULS ?

La méthode exposée sur cette page est basée sur la recherche de l'heure précise à laquelle le Soleil a culminé au-dessus de nous. Autrement dit, l'instant où il a atteint son point le plus élevé de sa trajectoire entre son lever et son coucher. Les documents nautiques nous fournissant l'heure exacte de son passage à Greenwich, il nous est facile d'établir la différence entre les deux chiffres.

Pendant la phase d'ascension du Soleil, on réalise une première visée en notant l'heure UT. Laissant le sextant calé sur cette mesure HO, on surveille la descente de l'astre vers l'horizon.

Lorsqu'il repasse à la même hauteur Ho, on note l'heure UT au chrono. À égale distance horaire des deux temps observés se situe l'instant précis de la culmination du Soleil.



Puis, par une simple conversion, il est facile de déterminer la longitude locale à l'instant de la culmination du Soleil.

EXEMPLE

Le Soleil culmine au-dessus de nous à 14 heures 5. Les Almanachs précisent qu'il est passé à Greenwich à 12 heures 5. Différence : 2 heures. Consultons la table de conversion : le Soleil parcourant 15° de longitude en 1 heure, 30° nous séparent du méridien de Greenwich. Cette valeur représente notre longitude locale.

COMMENT DÉFINIR L'HEURE DE LA MÉRIDIENNE

Tout serait simplifié si nous pouvions observer directement l'instant précis (à la seconde) où le Soleil culmine dans le ciel. C'est malheureusement impos-

sible en raison de la longue période durant laquelle sa trajectoire demeure horizontale au-dessus de l'horizon. L'oe sextant reste ainsi calé sur cette mesure pendant plusieurs minutes pendant que nous visons l'astre dans la lunette, sans que le tambour ne varie d'une graduation. Cet immobilisme apparent du Soleil exclut tout top chrono précis.

Il nous faut donc déterminer l'instant de la culmination par un autre moyen. Le voici : le déplacement de l'astre étant parfaitement visible durant ses trajectoires ascendantes et descendantes, nous allons opérer une visée en cours de matinée, puis une seconde l'après-midi, à l'instant où l'astre repasse à la même hauteur. La différence entre les deux temps fournira avec précision l'heure de la culmination (voir croquis). Il fallait y penser.

À QUEL MOMENT DOIT-ON OPÉRER LES VISÉES ?

Pour déterminer plus facilement le moment d'opérer la première visée HO, il est préférable de savoir à l'avance vers quelle heure le Soleil passera à la méridienne du lieu où l'on se trouve (midi solaire). Marche à suivre pour obtenir cette indication :

- Estimer la longitude locale, arrondie au degré.
- Transformer cette longitude en unités de temps, en utilisant le tableau imprimé sur la grille de calculs (page suivante).
- Si vous êtes à l'ouest de Greenwich, ajouter cette longitude (exprimée en temps) à 12 heures. La retrancher si vous vous trouvez à l'est de ce méridien d'origine.
- Le résultat obtenu fournit l'heure approchée de la méridienne locale.

Petit point et grande sagesse

« Dans un simple calcul de droite de hauteur (encore un de ces noms !), on doit utiliser presque toutes ces numérations : décimale, duodécimale, sexantésimale, vingt-quatrième (les mots me manquent) et tri-soixantésimale ! D'où les fautes d'inattention. J'ai eu beau m'appliquer, je les ai toutes faites. Avec, en plus, quelques-unes qui n'avaient pas encore été inventées. J'ai confondu le Soleil avec la Lune ; j'ai mélangé septembre et novembre ; j'ai additionné au lieu de soustraire, et soustrait au lieu d'additionner ; j'ai mal lu ma montre... (...) Mais si le résultat ne correspondait pas avec mon estime, je recommençais jusqu'à retrouver l'erreur. Assez vite, les fautes ont diminué de fréquence et je suis arrivé à faire une droite de position en dix minutes, visée au sextant, calculs et tracé sur la carte compris.

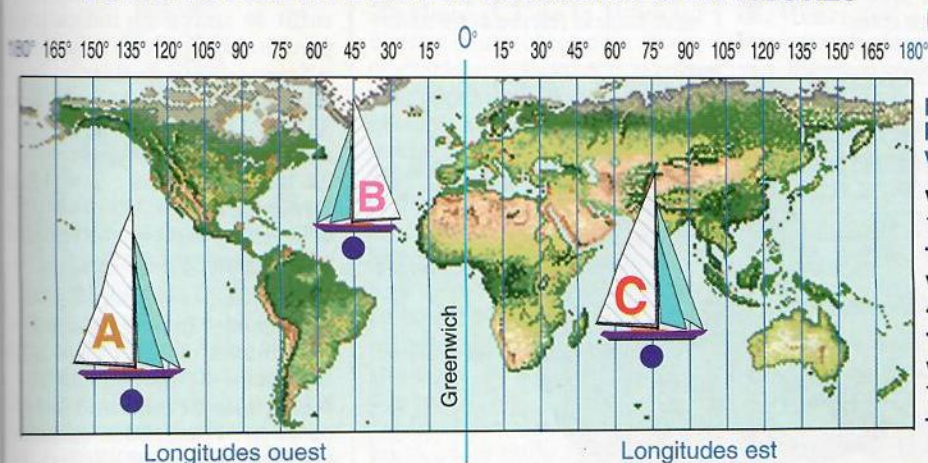
« Sur le *Saint-Briac*, en grande traversée, je fais le point une fois par jour seulement : une droite de hauteur vers 10 heures et une méridienne. Le croisement de ces deux lignes sur la carte, avec une correction pour tenir compte du chemin parcouru entre les visées, me donne notre position.

« Au début, je faisais une troisième droite l'après-midi. Mais les trois lignes ne se recoupaient jamais exactement au même point. Elles formaient sur la carte un petit triangle : le « Chapeau du capitaine ». Il en résultait une incertitude. Maintenant, avec ces deux lignes seulement, nous avons un point bien précis. Je l'entoure d'un petit rond au crayon et c'est là que nous nous trouvons... quand le diable y serait !

« Un vieux commandant nous confiait un jour : quand j'étais midship, je marquais mon point sur la carte avec la pointe d'un crayon. Lieutenant, je faisais un petit cercle. Second, plus prudent, je mettais mon pouce sur la carte pour montrer notre position. Maintenant, avec l'expérience, j'utilise la paume de la main. »

Extraits du « *Tour du monde en 80 mois* », par Didier Depret (éditions Calmann-Lévy).

LONGITUDES EN DEGRÉS CONVERTIES EN HEURES



Longitude horaire des voiliers :

VOILIER A
135° W : 15 = + 9 heures.

VOILIER B
45° W : 15 = + 3 heures.

VOILIER C
75° E : 15 = - 5 heures.

Position des voiliers A, B et C en longitude et en heure par rapport à Greenwich.



Exemple

Notre longitude arrondie est de 12° ouest.

Transformons cette mesure, en unité de temps : 12° x 4 minutes = 48 minutes.

Notre longitude étant ouest, ajoutons cette valeur à 12 heures = 12 heures 48.

Elle correspond à l'heure de passage du Soleil à la méridienne.

REMARQUE

Plus les visées sont éloignées de l'heure de culmination, plus le déplacement du Soleil est franc et la mesure précise. Éviter en conséquence d'effectuer la première observation trop près de midi solaire : une différence d'au moins 3 ou 4 heures entre les deux visées est recommandée.

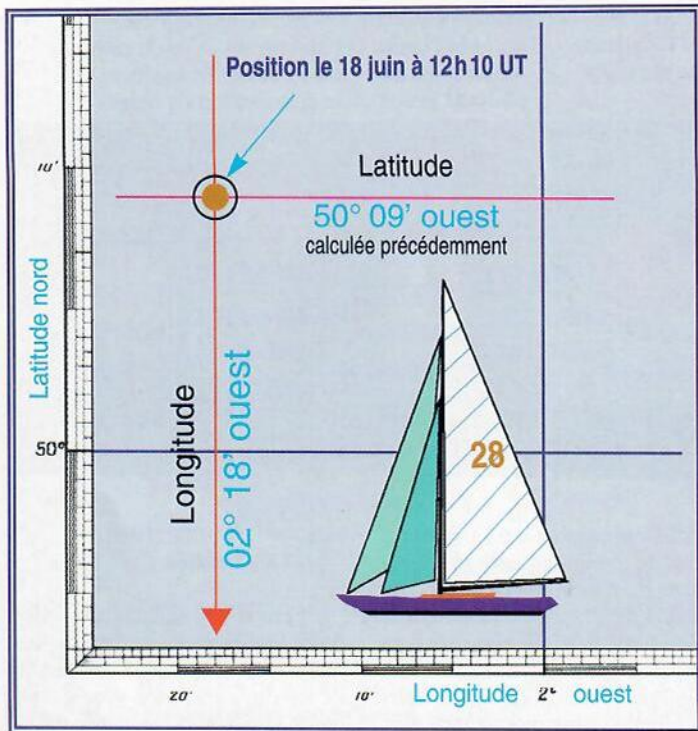
LE DÉPLACEMENT DU BATEAU A-T-IL UNE INCIDENCE SUR LES RÉSULTATS ?

Baucoup. Entre les deux visées, le bateau doit se déplacer selon une latitude constante, c'est-à-dire faire une route est-ouest et ouest-est. Un changement de latitude, en modifiant la hauteur apparente du Soleil, nécessiterait en effet une correction de la seconde hauteur dont le détail compliquerait l'ensemble du procédé.

Ne fronchez pas les sourcils. Nous avons déjà observé que, dans la pratique, cette méthode de positionnement était fort peu utilisée. Elle n'est mentionnée ici que pour permettre de se familiariser avec l'environnement de la navigation astronomique. Et, en particulier, faciliter la compréhension des problèmes de longitude, primordiale pour aborder les calculs de droite de hauteur.

OÙ TROUVER LE TEMPS DE PASSAGE DU SOLEIL À GREENWICH (T. PASS) ?

Cette valeur est indiquée au début des Éphémérides nautiques de l'année en cours (des pages 34 à 39 cette année) et chaque mois dans l'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers*. Comme toutes les données horaires liées à la navigation astronomique, elle est fournie en temps universel (UT ou GMT).



POURQUOI EMPLOIE-T-ON LE TEMPS UNIVERSEL ?

Symbolisé par l'abréviation UT en français, GMT en anglais, le temps universel constitue une notion de référence employée pour les calculs horaires à l'échelle planétaire. Loin de poser un problème, les informations fournies sous cette forme sont très commodes en navigation car elles permettent d'être utilisées en tous points du globe sans risque de confusion. Chacun la modifiant ponctuellement en fonction de sa situation locale.

Aussi pratique que tribord et bâbord sur un bateau, l'usage du temps universel devient vite familier dès que le sillage s'éloigne de nos côtes.

ET SI L'ON MANQUE LA SECONDE VISÉE ?

Excellente question. Il arrive en effet que le Soleil soit caché à cet instant ou qu'une manœuvre urgente réclame notre présence. La méthode nous impose donc de réaliser des visées multiples échelonnées dans le temps. Par exemple toutes les cinq ou dix minutes : visée 1 à 10 heures 15, visée 2 à 10 heures 25, visée 3 à 10 heures 40. On augmentera les chances de profiter d'une éclaircie entre deux nuages ou de se trouver disponible pendant la descente de l'astre sur l'horizon. Il faudra bien sûr opérer la seconde série de visées dans un ordre inverse, en commençant par la dernière hauteur relevée avant midi.



Publicité pour un fabricant d'octant anglais au XVIII^e siècle.



L'équipement nécessaire

Le matériel requis pour le calcul d'une longitude à la méridienne est très limité puisqu'il se résume à :

- un sextant,
- une montre (précise) réglée en temps universel,
- les Éphémérides nautiques ou l'Almanach de Voiles et Voiliers,
- la grille de calcul jointe.

Exercice pratique

Toujours le 18 juin, en croisière entre Wight et le Cotentin, nous opérons une visée pendant la matinée, suivie d'une seconde (avec la même hauteur H_0) dans le courant de l'après-midi.

DONNÉES DE BASE :

- Hauteur H_0 de la 1^{re} visée : 47° 32'.
- Heure UT de la 1^{re} visée : 10 h 5 min 11 s.
- Hauteur H_0 de la 2^e visée : 47° 32'.
- Heure UT de la 2^e visée : 14 h 15 min 33 s.
- Déclinaison solaire : 23° 25' nord.

QUELLE EST LA LONGITUDE LOCALE ?

Pour trouver la solution, il suffit de suivre les indications portées sur la grille de calculs :

- Somme des deux visées : 10 h 5 min 11 s + 14 h 15 min 33 s = 24 h 20 min 44 s.
- Heure de la culmination : 24 h 20 min 44 s : 2 = 12 h 10 min 22 s.
- Longitude exprimée en temps : 12 h 10 min 22 s - T. Pass 12 h 1 min 10 s = 9 mn 12 s.
- Longitude exprimée en degrés : (9 minutes = 02° 15') + (12 secondes = 00° 03') = 2° 18'.
- Longitude à l'instant de la culmination : l'heure de la culmination étant supérieure à T. Pass, la longitude est ouest. G = 02° 18' ouest.



LONGITUDE A LA MÉRIDIENNE

DATE

18 Juin 96

Conversion des mesures horaires en mesures d'arc. (pour la ligne 8)

1 h = 15°	5 h = 75°	1 mn = 0° 15'	5 mn = 1° 15'	2 sec = 0' 5	10 sec = 2' 5
2 h = 30°	6 h = 90°	2 mn = 0° 30'	10 mn = 2° 30'	4 sec = 1' 0	20 sec = 5' 0
3 h = 45°	7 h = 105°	3 mn = 0° 45'	20 mn = 5° 00'	6 sec = 1' 5	30 sec = 7' 5
4 h = 60°	8 h = 120°	4 mn = 1° 00'	30 mn = 7° 30'	8 sec = 2' 0	40 sec = 10' 0

ligne	élément calculé et opération	signe	mesure
1	HAUTEUR OBSERVÉE (Ho) : relever la hauteur du Soleil 1 ou 2 heures avant sa culmination. Caler le sextant sur cette mesure.	→	47° 32'
2	HEURE UT DE LA 1^{re} VISÉE : heure chrono (en temps universel) à l'instant de la visée ayant fourni la hauteur HO notée en ligne 1.	→	10 h 05 m 11 s
3	HEURE UT DE LA 2^e VISÉE : heure chrono à l'instant où le Soleil repasse à cette hauteur HO (ligne 1) après sa culmination.	+	14 h 15 m 33 s
4	SOMME DES 2 TEMPS : additionner les heures de la première visée (notée en ligne 2) et de la seconde visée (en ligne 3).	=	24 h 20 m 44 s
5	HEURE DE LA CULMINATION : diviser par deux le résultat de la ligne 4 pour obtenir l'heure UT du passage du Soleil à la méridienne.	=	12 h 10 m 22 s
6	T. PASS. À GREENWICH : inscrire le temps de passage du Soleil à Greenwich, fourni par l'Almanach de <i>Voiles</i> ou les Éphémérides.	-	12 h 01 m 10 s
7	LONGITUDE EN TEMPS : retrancher T. Pass. à Greenwich (ligne 6) de l'heure de la culmination (ligne 5).	=	00 h 09 m 12 s
8	CONVERSION EN DEGRÉS : convertir le résultat précédent en utilisant le tableau abrégé présenté en haut de cette grille ou sur celui présenté dans ce chapitre (plus détaillé).	longitude en temps	longitude en degrés
		00 heures	= 00° 00'
		09 minutes	= 02° 15'
	12 secondes	= 00° 03'	
9	LONGITUDE À LA MÉRIDIENNE (G) : additionner les trois lignes du résultat précédent. Heure de culmination > T. Pass = longitude ouest. Heure de culmination < T. Pass = longitude est.	=	02° 18'



Opérations

1. Hauteur observée (Ho).

Cette visée au sextant s'effectue sur le bord inférieur du Soleil. Le choix du moment de l'observation est arbitraire, mais il est préférable d'opérer la visée lorsque la montée du Soleil est encore franche. C'est-à-dire au moins une heure avant la culmination.

Attention : le bateau doit se déplacer selon une latitude constante entre les deux visées.

2. Heure UT de la 1^{re} visée.

C'est l'heure chrono (c'est-à-dire en heures, minutes et secondes) correspondant à la hauteur observée Ho notée en ligne 1. En temps universel, rappelons-le. Pour cette opération, utilisez de préférence une montre à quartz à affichage digital, la fréquence et le nombre d'erreurs qui se glissent dans l'inscription d'un top horaire à l'aide d'un cadran à aiguilles est en effet surprenant (pour plus de détails, se reporter à la page 72).

Et, vous vous en doutez, commencer toujours par lire le chiffre des secondes. Le sextant reste calé sur la hauteur Ho.

3. Heure UT de la 2^e visée.

Surveillez la descente du Soleil vers l'horizon. À l'instant précis où la base de l'astre touche la limite du ciel et de la mer, notez le top horaire, toujours en temps universel.

4. Somme des deux temps.

Si le résultat est supérieur à 60 dans la case des minutes, ne le transformez pas. Le dépassement disparaîtra pendant l'opération suivante, lorsque le chiffre sera divisé par deux.

5. Heure de la culmination.

Elle est obtenue en divisant par deux le résultat inscrit en ligne 4.

Petit rappel utile pour les mémoires émoussées : pour diviser par deux un nombre impair d'heures, de minutes ou de secondes, diminuer d'une unité le chiffre impair concerné et ajouter 60 au chiffre lui faisant suite. Exemple : si le résultat de la ligne 4 est de 24 h 51 min 36 s, écrire 24 h 50 min 96 s avant de procéder à la division par deux. Pour 23 h 21 min 12 s, transformer d'abord le chiffre en 22 h 81 min 12 s, puis en 22 h 80 min 72 s, avant de procéder à l'opération.

6. Temps de passage à Greenwich (T. Pass). Rappel : l'heure du passage du Soleil au méridien de Greenwich est indiquée au début des Éphémérides de l'année en cours et chaque mois dans l'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers*. Elle y figure en temps universel UT.

7. Longitude exprimée en temps. On retranche T. Pass (ligne 6) de l'heure de la culmination (ligne 5) ou inversement de manière à obtenir un résultat positif (le chiffre le plus petit est soustrait du plus grand). Cette « longitude horaire » représente la différence, en unités de temps, entre l'instant où le Soleil est passé à la verticale du méridien de Greenwich et celui où il a survolé le méridien du bateau à l'heure de la culmination.

8. Conversion en degrés. La conversion en unités d'arc de la longitude exprimée en temps s'effectue à l'aide du tableau reproduit sur la grille de calculs. On peut aussi faire appel à la table de conversion présentée dans ce hors-série page 79, plus détaillée. Pour être utilisable avec la graduation de l'échelle bordant les cartes marines, le dernier chiffre doit être indiqué en dixièmes de minute (et non en secondes d'arc).

9. Longitude à la méridienne (G).

Elle s'obtient en opérant la somme des trois conversions précédentes (voir grille de calculs), en degrés, minutes et dixièmes de minutes d'arc. Si l'heure de la culmination est supérieure à la valeur de T. Pass, la longitude est ouest. Si c'est au contraire la valeur de T. Pass qui est la plus élevée, la longitude prend le signe cardinal est. ■



Exercice de visée à bord
du yacht Sunbeam
de Lady Brassey en 1896.

Droite de hauteur de Soleil

Avec les calculs de droites de hauteur, nous entrons dans cet univers hauturier qui harmonise si bien la gymnastique des chiffres avec l'aventure alizéenne.

Droite de hauteur

Les puristes ajouteront que cette ligne est courbe, ce qui est vrai dans l'absolu. Mais oublions vite cette remarque destinée à embrouiller nos recherches : sur le plan pratique, cette ligne théorique est si grande, à l'échelle de notre carte marine, que le segment qui nous concerne prend l'aspect d'une droite. D'où son nom particulier.

QUE NOUS FOURNISSENT LES CALCULS ?

Ce qui importe, à notre niveau, c'est de savoir que les calculs vont déterminer deux données : l'intercept et l'azimut. Ces éléments, reportés sur la carte, produiront une droite (orientée, je le répète, perpendiculairement à la direction du Soleil) qui nous permettra d'affirmer qu'à l'instant de la visée notre bateau se trouvait sur cette ligne fictive. En quel point exact ? Pour le savoir, il faudra recouper notre tracé par une autre droite de hau-

teur, une latitude à la méridienne ou toute autre donnée complémentaire de nature à générer un point d'intersection. À cet endroit se placera notre position.

Intercept et l'azimut

Au cours de nos opérations, les calculs nous fourniront une position théorique voisine de celle où se situe notre bateau.

Ce point géographique fictif sera déterminé par une latitude arbitraire (case 8 de la grille) et une longitude arbitraire (case 13). C'est en effet à partir de ce point que sera tracée la droite de hauteur recherchée, dans la direction de l'azimut et à la distance indiquée par l'intercept.

POURQUOI NOTER LE LOCH ET LE CAP ?

Parce que le bateau poursuit sa route et que son déplacement entre deux visées aura une incidence sérieuse sur les résultats. Pas sur les calculs proprement dits, mais sur leur tracé.

L'indication du loch à l'instant des visées et le cap moyen suivi par le bateau entre les observations (case 3) nous seront très utiles pour transporter la première droite (en distance et en direction) et obtenir une position valable à son point d'intersection avec la seconde droite.

MARDI 18 JUIN 1996

Heure U.T.	SOLEIL		
	A _{hvo}	D	
00	179° 44,2	N 23° 24,2	15
01	194 44,1	23 24,3	17
02	209 44,0	23 24,3	18
03	224 43,8	23 24,4	20
04	239 43,7	23 24,4	21
05	254 43,5	23 24,5	22
06	269 43,4	N 23 24,5	24
07	284 43,3	23 24,6	25
08	299 43,1	23 24,6	27
09	314 43,0	23 24,7	28
10	329 42,9	23 24,7	30
11	344 42,7	23 24,8	31
12	359 42,6	N 23 24,8	33
13	14 42,5	23 24,9	34
14	29 42,3	23 24,9	
15	44 42,2	23 24,9	1
16	59 42,0	23 25,0	2
17	74 41,9	23 25,0	4
18	89 41,8	N 23 25,1	5
19	104 41,6	23 25,1	7
20	119 41,5	23 25,2	8
21	134 41,4	23 25,2	10
22	149 41,2	23 25,2	11
23	164 41,1	23 25,3	13
24	179 41,0	N 23 25,3	14

1/2 Diam. = 15,8 d = 0,0

Extrait des **Éphémérides nautiques**, page du 18 juin.
Entourées de bleu, les données relatives à l'Angle horaire à Greenwich (A_{hvo} ou GHA) à l'heure ronde inférieure (10 h).
Entourées de vert, les données relatives à la Déclinaison (D), avec l'indice de correction (d).

QUAND OPÈRE-T-ON LES VISÉES ?

Peu importe, dès lors qu'elles sont séparées par plusieurs heures. Voici pourquoi : nous savons que, pour produire un point, la droite de hauteur doit être recoupée par une autre droite. Ces deux droites étant déterminées par l'azimut, plus l'écart horaire séparant les observations sera grand, plus les droites se recouperont franchement.

EXEMPLE

Nous observons le Soleil à 9 heures du matin, puis une seconde fois à 10 heures. Sachant que le déplacement apparent du Soleil dans le ciel est de 15 degrés en une heure, les deux droites se recouperont selon un angle de 15°. Ce qui est trop peu. Opérons une nouvelle observation à 13 heures : cette fois, les tracés se croiseront selon un angle de (4 heures x 15°) 60 degrés, apportant une précision plus grande.

ET DANS LA PRATIQUE ?

Ce sont les conditions d'ensoleillement et l'emploi du temps de l'observateur qui déterminent l'instant des visées. Au cours des longues traversées, on calcule une droite le matin, que

Un essai de recouper par la latitude à la méridienne pour obtenir le point à midi (solaire). Ce procédé permet de calculer la distance parcourue quotidiennement de midi à midi. Si l'on ne parvient pas à effectuer cette opération ponctuelle (Soleil caché ou indisponibilité à l'heure de la culmination), une droite en début d'après-midi complètera parfaitement la première visée, la distance parcourue en 24 heures se déterminant alors à l'estime.

QUEL EST L'ÉQUIPEMENT NÉCESSAIRE ?

Le matériel requis est plus important que pour le point à la méridienne en raison de l'obligation de détenir les Tables américaines HO 249. À moins de disposer d'une calculatrice spécialisée (nous en reparlerons plus tard). Sans cet accessoire, le calcul d'une droite de Soleil nécessite au minimum :

- un sextant,
- une montre (précise) réglée en temps universel.
- les *Éphémérides nautiques de l'année en cours*,
- les *Tables astronomiques HO 249, volumes II et III*.

L'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers* peut remplacer les *Éphémérides* seulement en dépannage car sa présentation condensée oblige à des calculs d'interpolation plus longs. Donc à éviter, en particulier lors de l'apprentissage. Il se montre en revanche très utile pour un dépannage occasionnel. Aucune dérogation pour les Tables américaines, absolument incontournables sans calculatrice astro.

GHA et LHA

Avant de plonger dans le calcul du point par les droites de hauteur, il importe d'entrer dans l'intimité de deux notions fondamentales : l'Angle horaire du Soleil à Greenwich (GHA) et l'Angle horaire local (LHA). La compréhension de leur signification respective conditionne en effet la maîtrise de ce mode de positionnement astral.

Symboles des angles horaires

Angle horaire du Soleil à Greenwich.

Astre concerné : le Soleil.

Terminologie française : AHvo (Angle horaire vrai zéro à Greenwich).
Terminologie anglo-saxonne : GHA (Greenwich hour angle).

Angle horaire local du Soleil.

Astre concerné : le Soleil.

Terminologie française : AHvg (Angle horaire du Soleil vrai au lieu G).
Terminologie anglo-saxonne : LHA (Local hour angle).

Angle horaire de l'astre à Greenwich.

Astres concernés : Lune, planète, étoiles.

Terminologie française : AHao (Angle horaire de l'astre à Greenwich).
Terminologie anglo-saxonne : GHA (Greenwich hour angle).

Angle horaire local de l'astre.

Astres concernés : Lune, planète, étoiles.

Terminologie française : AHag (Angle horaire local de l'astre).
Terminologie anglo-saxonne : LHA (Local hour angle).

Angle horaire sidéral à Greenwich.

Élément concerné : le point vernal.

Terminologie française : AHso (Angle horaire sidéral à Greenwich).
Terminologie anglo-saxonne : SHA (Sideral hour angle).

La grille de calculs

Les éléments de la grille de calculs sont disposés pour faciliter la recherche des données et la rédaction des résultats intermédiaires. Les cases de forme arrondie contiennent des éléments déterminés par l'observation ou le calcul. Les cases de forme rectangulaire contiennent les données trouvées dans les *Éphémérides nautiques* ou les *Tables HO 249*.

La grille est divisée en trois secteurs distincts :

A. À gauche, la colonne réservée à l'entrée des données de base.

Il s'agit des éléments issus de l'environnement à l'instant de l'observation : date, heure UT, loch, compas, position estimée, hauteur relevée au sextant et correction instrumentale (cases 1 à 7).

B. Au centre, les éléments cherchés dans les *Éphémérides* (et les calculs qui en découlent).

On y inscrit l'Angle horaire du Soleil à Greenwich (AHvo ou GHA) et la déclinaison solaire (D) à l'instant de la visée, que l'on trouve à la page du jour des *Éphémérides nautiques*.

Ces informations sont ensuite modifiées en fonction des données de base pour déterminer les trois éléments permettant d'entrer dans les *Tables HO 249* :

- la latitude arbitraire (8),
- l'angle horaire local LHA (14),
- la déclinaison D arrondie (18) et son reliquat (19).

C. À droite, les éléments cherchés dans les *Tables HO 249* (et les calculs qui en découlent).

Les *Tables américaines* nous fournissent trois données :

- la hauteur cherchée Hc (20),
- l'indice de correction d (21),
- l'azimut des tables Z (22).

Après les derniers calculs, la grille produit les deux résultats nécessaires pour le tracé de la droite de Soleil sur la carte : l'intercept et l'azimut à l'instant de la visée.

DROITE DE HAUTEUR DE SOLEIL		
DONNÉES DE BASE à l'instant de la visée	ÉLÉMENTS A CHERCHER DANS LES ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES de l'année en cours (cases rectangulaires)	ÉLÉMENTS A CHERCHER DANS LES TABLES HO 249 tome II si latitude < 40°, tome III si latitude > 40°
1 DATE du jour de la visée 18 juin 96	10 AHvo approchée à l'heure ronde inférieure 329° 42' 9"	15 Déclinaison approchée à l'heure ronde inférieure N 23° 24' 7"
2 HEURE UT corrigée de l'erreur instrument. 10 h 52 mn 11 s	11 Complément de temps (pages jaunes) 13° 02' 8"	16 Complément de temps (pages jaunes) 00' 1"
3 LOCH à l'heure de la visée 8412 M CAP COMPAS 260°	12 AHvo complet à l'heure de la visée 342° 45' 7"	17 Déclinaison complète à l'heure de la visée N 23° 24' 8"
4 Longitude estimée au lieu de la visée 03° 28' E	13 Longitude arbitraire 03° 46' E	Déclinaison arrondie à la minute la plus proche N 23° 25' 0"
5 Latitude estimée au lieu de la visée 48° 56' N	14 LHA (angle horaire local) 339° 00'	18 D Déclinaison arrondie au degré inférieur N 23° 00'
6 Hauteur observée HO relevée au sextant. 59° 19'	19 Reliquat de D arrondi en 18 (minutes seules) 00° 25'	20 Hc hauteur cherchée (Tables HO 249) 59° 10'
7 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrument. 59° 16'	25 HV hauteur vraie (HO + corr. optiques) 59° 28' 0"	21 d indice de correction + 53'
		22 Z azimut des Tables HO 249 140°
		23 Corr. Table 5 des HO face à d (21) et au reliquat de D (19) + 22'
		24 Hc hauteur calculée (Hc corrigée) 59° 32'
		26 INTERCEPT soustraire HV de Hc 4'
		27 AZ AZIMUT 140°

Annotations et règles de calcul :

- cases rectangulaires : éléments trouvés dans les *éphémérides* ou les tables.
- cases arrondies : éléments déterminés par l'observation ou le calcul.
- Pour déterminer la longitude arbitraire (case 13), transformer la longitude estimée (4) de manière à obtenir un LHA (14) arrondi au degré, après avoir :
 - additionné 12 et 13 si la longitude est EST.
 - retranché 13 de 12 si la longitude est OUEST.
- Pour les indications de latitude et de longitude, préciser le pôle ou la direction en rayant les mentions N, S, W ou E.
- Corrections optiques à appliquer en case 9 (parallaxe, réfraction, 1/2 diam) :

HO	élévation de l'œil 2 m	4 m
20°	11'	10'
30°	12'	11'
40°	12' 5"	11' 5"
60°	13'	12'
80°	13' 5"	12' 5"
- En hémisphère Nord, si LHA < 180° (case 14) retrancher Z (case 22) de 360°.
- si LHA > 180° Z = AZ (reporter 22 en 27)
- L'intercept se trace à partir du point arbitraire (8 et 13) :
 - si HV > Hc, tracé en direction du soleil.
 - si HV < Hc, tracé à l'opposé du soleil.



Que représente GHA ?

L'Angle horaire d'un astre à Greenwich (GHA) est la distance angulaire qui sépare le méridien de Greenwich (ou méridien zéro) du méridien à la verticale duquel passe cet astre à un instant donné.

Tous les angles horaires se mesurent de 0 à 360°, comptés à partir du méridien de Greenwich et dans la direction de l'ouest. Raison pour laquelle ils ne sont jamais accompagnés de l'indication cardinale ouest ou est.

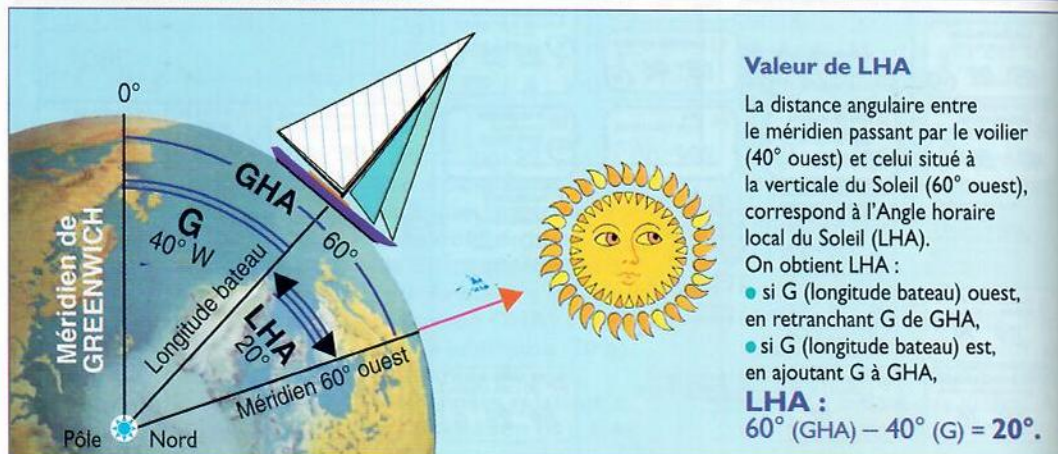
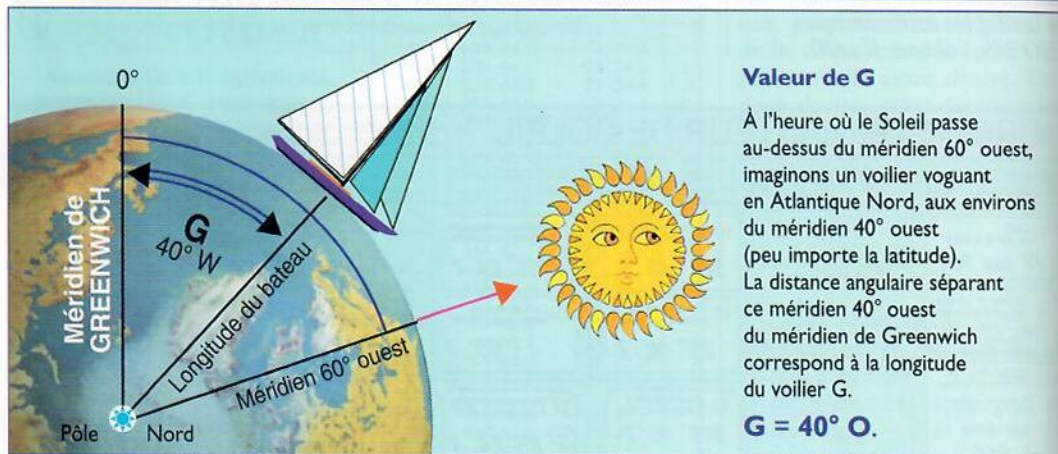
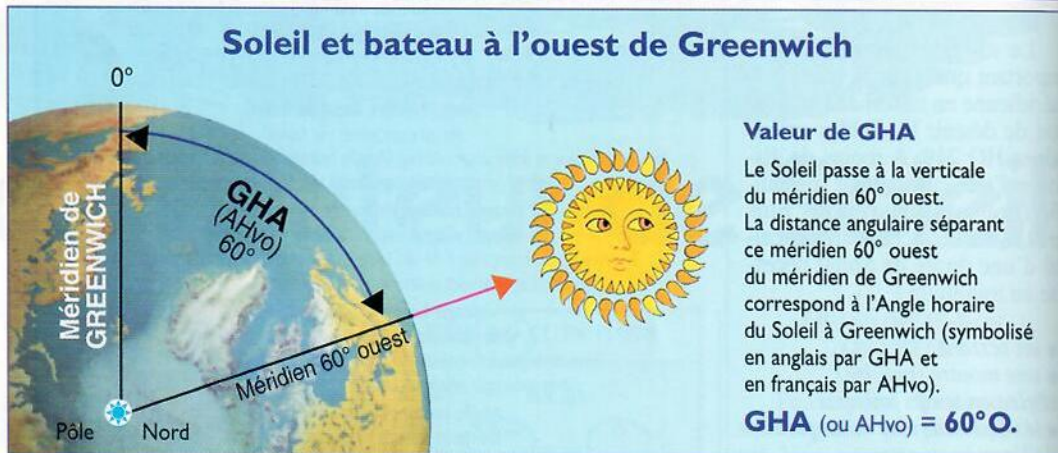
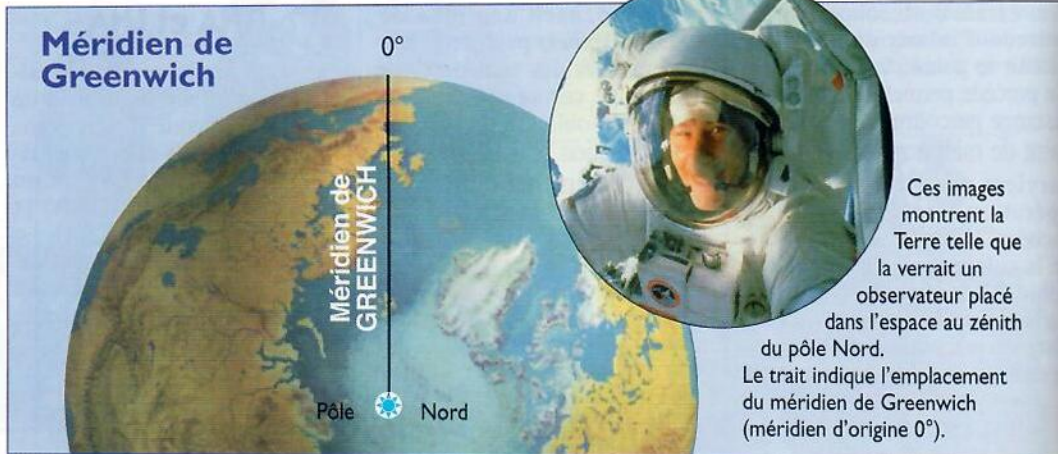
Par exemple (voir croquis), lorsque le Soleil se trouve à la verticale du méridien 60° ouest, le GHA (ou AHvo) est de 60 degrés. Lorsque l'astre passe au-dessus du méridien 80° est, la valeur de cet angle horaire est de $360 - 80 = 280$ degrés.

POURQUOI CET ANGLE EST-IL APPELÉ « HORAIRE » ?

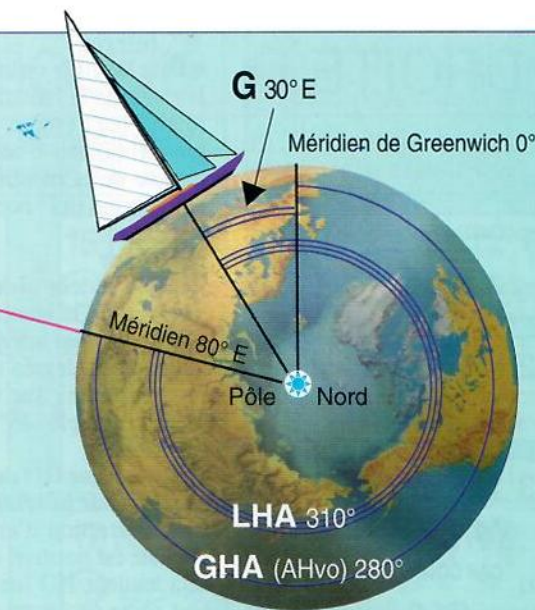
Parce que les calculs opérés pour déterminer la longitude s'opèrent toujours à partir d'une donnée horaire. C'est ainsi que, dans notre premier exemple, nous ignorons en réalité que le Soleil culmine au-dessus du méridien 60° ouest. Nous savons en revanche qu'il s'est écoulé 4 heures depuis son passage au-dessus du méridien de Greenwich. Le Soleil se déplaçant sur la voûte céleste à raison de 15 minutes d'arc en une heure, il suffit de multiplier cette valeur par 4 pour connaître GHA (ou AHvo). Soit $15 \times 4 = 60^\circ$.

L'ANGLE HORAIRE DU SOLEIL À GREENWICH : GHA OU AHvo ?

L'Angle horaire du Soleil à Greenwich est désigné par deux symboles : AHvo à bord des navires tricolores (Angle horaire vrai zéro à Greenwich) et GHA dans la Marine britannique (Greenwich hour angle). Faisant appel pour les calculs astro tantôt à des ouvrages nationaux, tantôt à des tables américaines, nous emploierons les deux expressions. Le capricieux Angle horaire à Greenwich s'appellera AHvo lorsque nous l'utiliserons dans les Éphémérides nautiques produites par le Bureau des longitudes, et GHA quand nous le chercherons dans les HO 249.



Soleil et bateau à l'est du méridien de Greenwich



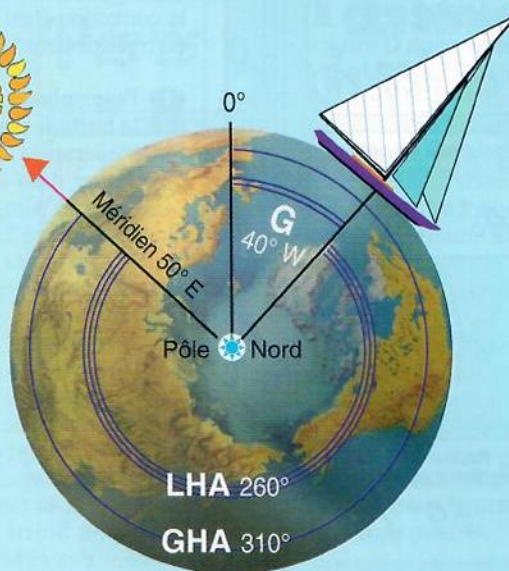
Comment calculer LHA

Imaginons cette fois un voilier voguant par 30° de longitude est, à l'heure où le Soleil passe au-dessus du méridien 80° est.

G : 30° est.
 GHA (AHvo) : $360^\circ - 80^\circ = 280^\circ$
 G étant est, il s'ajoute à GHA pour fournir LHA.

LHA : 280° (GHA) + 30° (G) = 310° .

Soleil à l'est de Greenwich, bateau à l'ouest de ce méridien



Comment calculer LHA

Un autre voilier navigue par 40° de longitude ouest, à l'heure où le Soleil passe au-dessus du méridien 50° est.

G : 40° ouest.
 GHA (AHvo) : $360^\circ - 50^\circ = 310^\circ$
 G étant ouest, il se retranche de GHA pour fournir LHA.

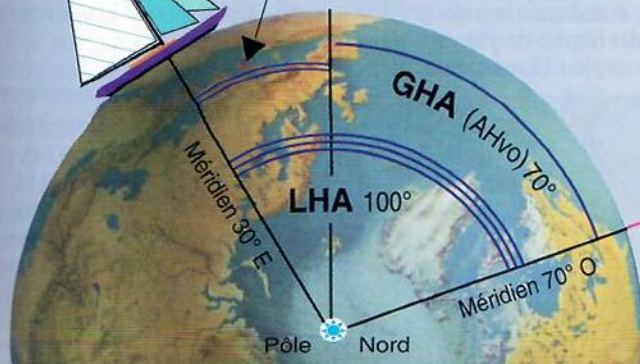
LHA : 310° (GHA) - 40° (G) = 270° .

Soleil à l'ouest de Greenwich, bateau à l'est



Longitude du bateau G 30° est
 Méridien de Greenwich 0°

Dernier voilier, qui navigue par 30° de longitude est, à l'heure où le Soleil passe à la verticale du méridien 70° ouest.
 G : 30° est. GHA (AHvo) : 70°.



GHA (AHvo) 70°
 LHA 100°
 Méridien 30° E
 Méridien 70° O
 Pôle Nord

G étant est, sa valeur s'ajoute à GHA pour fournir LHA.
LHA : $70^\circ + 30^\circ = 100^\circ$.

Que représente LHA ?

L'Angle horaire local du Soleil (LHA) est la distance angulaire séparant le méridien sur lequel se trouve le bateau du méridien au-dessus duquel passe le Soleil (voir dessin). La nuance est déjà plus nuancée... Bien entendu, LHA ne peut se calculer qu'une fois déterminée la valeur de GHA.

Revenons à notre premier exemple. À 16 heures, le GHA fourni par les calculs est de 60° (ce qui signifie que le Soleil passe à la verticale du méridien 60° ouest). Il est 14 heures 40 au chronomètre du bord. Quelle est la valeur de LHA ?

Notre bateau, à cet instant, est en retard de 1 heure 20 sur le Soleil, ce qui correspond à un écart angulaire de - 20°.

Le LHA est donc de :
 $60^\circ - 20^\circ = 40^\circ$.

L'ANGLE HORAIRE LOCAL DU SOLEIL À GREENWICH : LHA OU AHVG ?

La situation est la même pour l'Angle horaire du Soleil à Greenwich. L'appellation de l'Angle horaire local du Soleil est LHA pour les marins anglo-saxons et AHvg dans la marine française.

Quelle expression choisir ?

Le second terme AHvg, qui signifie académiquement Angle horaire du Soleil vrai au lieu G, est employé dans les manuels de l'École navale, avec l'espoir que les élèves officiers en conserveront l'usage une fois investis de leur commandement. Il paraît que le service dans la Royale les y contraint par tradition.

Pour les autres, bourlinguant en pêche ou sur les unités de commerce, la pratique courante des documents anglo-saxons conduit en général les plus nationalistes à utiliser l'abréviation anglaise LHA.

C'est ce que nous ferons sans hésiter un seul instant. Simplement parce que les tables américaines HO 249 ont définitivement chassé de nos étagères de teck les anciennes Perrin, Dieumegarde, Bataille ou autres HO 214 (trop compliquées d'emploi), et que, pour sa recherche, nous n'avons pas recours aux Éphémérides nautiques made in chez nous. ■



Opérations

Imaginons que nous sommes en Manche, à quelques milles au nord de Morlaix, dans ces parages jonchés d'écueils qui ont forgé la sinistre réputation de l'archipel des Sept-Iles. Bonne occasion pour vérifier nos connaissances en point astro, en contrôlant le résultat à vue. Les données de base sont indiquées sur la grille de calculs présentée sur cette page. Inutile de les répéter : attaquons les opérations à la volée, case par case, en priant les dieux de ne pas nous positionner à l'intérieur des terres. Avec un carénage flamboyant neuf...

A/ INSCRIPTION DES DONNÉES DE BASE SUR LA GRILLE DE CALCULS, COLONNE DE GAUCHE

1 Inscrire la date du jour.

Elle sera vérifiée avec soin, notamment en longue traversée, période durant laquelle le calendrier est peu présent à l'esprit. Notre exemple : le 18 juin 1996.

2 Inscrire l'heure chrono de la visée.

Obligatoirement notée en temps universel UT (ou GMT) en heures, minutes et secondes, et éventuellement corrigée de l'erreur instrumentale (désormais rare avec les montres à quartz). Ici, 10 h 52 min 11 s.

3 Noter l'indication du loch et le cap compas.

L'indication du loch est mentionnée en milles et dixièmes de mille. Pour le cap compas, il s'agit du cap moyen que va normalement suivre le bateau entre la visée que l'on vient d'opérer et celle qui suivra quelques heures plus tard. Lorsque cette seconde visée s'effectuera, ces deux indications de distance et de cap permettront de déplacer la première droite pour ajuster le tracé. Nous y reviendrons.

DROITE D	
DONNÉES DE BASE à l'instant de la visée	ÉL
1 DATE du jour de la visée <i>18 juin 96</i>	
2 HEURE UT corrigée de l'erreur instrument. <i>10 h 52 mn 11 s</i>	
3 LOCH à l'heure de la visée <i>8412 M</i> CAP COMPAS <i>260°</i>	
4 Longitude estimée du lieu de la visée <i>03° 28' W</i>	
5 Latitude estimée du lieu de la visée <i>48° 56' N</i>	
Pour les indications de latitude et de longitude, préciser le pôle ou la direction en rayant les mentions N, S, W ou E.	
6 Hauteur observée HO relevée au sextant <i>59° 19'</i>	
7 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrument. <i>59° 16'</i>	

Extrait de la feuille de calculs sur laquelle a été reporté le présent exercice. Voir en page 81 (Annexe) le modèle de grille vierge.

4 Inscrire la longitude estimée.

Il s'agit de la longitude fournie par la tenue de l'estime. Même approximative, cette indication est suffisante. Inscrire cette longitude estimée en degrés et minutes d'arc, complétée de la mention cardinale est ou ouest (03° 28' ouest dans notre exemple).

5 Inscrire la latitude estimée.

Il s'agit de la latitude approchée fournie par l'estime, notée en degrés et minutes d'arc, et accompagnée de la mention cardinale nord ou sud (ici : nord 48° 56').

6 Noter la Hauteur observée HO.

Il s'agit de la hauteur du Soleil visé sur le bord inférieur. Elle est indiquée en degrés sur le limbe et en minutes sur le tambour (dans l'exemple : 59° 19').

7 Corriger HO de l'erreur instrumentale.

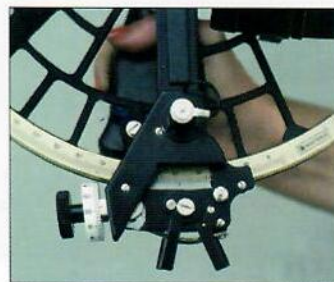
Si la correction d'erreur instrumentale est positive, elle s'ajoute à la hauteur HO lue sur le sextant (case 6). Inversement, si la correction est négative, la retrancher de HO (dans notre exemple, la correction étant de - 0,3', Ho corrigée devient 59° 16').

8 Déterminer la latitude arbitraire.

Cette opération est nécessaire pour entrer dans les Tables HO 249. Il suffit simplement d'arrondir, au degré le plus proche, la latitude estimée (case 5) : 48° 56' nord devient 49° nord.

9 Déterminer la correction optique.

Cette correction s'applique à la Hauteur observée HO. Elle est due aux diverses altérations subies par la visée (réfraction, parallaxe) et au fait que l'on vise la base du Soleil alors que les données des éphémérides sont établies sur le centre de l'astre (demi-diamètre). La correction se lit dans la colonne correspondant à l'élévation de l'œil au-dessus du niveau de la mer (pour nous, 2 à 4 mètres) et face à la valeur de la Hauteur observée HO arrondie (60° dans notre exemple). Elle est toujours positive et indiquée en minutes d'arc et dixièmes de minute. Dans l'exemple : 12 minutes.



B/ À L'AIDE DES ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES SUR LA GRILLE DE CALCULS, COLONNES CENTRALES

10 Chercher l'AHvo approché.

On trouve l'Angle horaire du Soleil à Greenwich AHvo (ou GHA) dans les Éphémérides nautiques, à la page du jour et face à l'heure de la visée (2) arrondie à l'heure ronde inférieure. Dans notre exemple, le top chrono de la visée étant de 10 h 52 min 11 s, on inscrit l'AHvo lu face à 10 heures sur la page du 18 juin 96 : 329° 42' 9".

11 Déterminer les compléments pour l'AHvo.

Il s'agit de compléter l'AHvo arrondi inscrit dans la case 10 (329° 42' 9"), en fonction des minutes et secondes de la case 2 laissées de côté (52 min 11 s).

Document utilisé : la table d'interpolation présentée dans les pages jaunes des Éphémérides nautiques. Rechercher la page se rapportant au chiffre des minutes de temps 2 mises de côté (52 min dans l'exemple) : ce chiffre est indiqué en haut dans chaque coin de page. Dans la colonne « Soleil-Planètes » correspondante (52 dans l'exemple) et face au chiffre des secondes 2 (11 dans l'exemple), lire le complément recherché, qui est indiqué en degrés, minutes et dixièmes de minute d'arc (ici 13° 02' 8").

12 Calculer l'AHvo complet.

On ajoute à l'AHvo arrondi obtenu en case 10 les compléments déterminés en case 11. La somme des deux résultats est arrondie à la minute la plus proche (329° 42' 9" + 13° 02' 8" = 342° 45' 7" que l'on arrondit à 342° 46').

13-14 Déterminer la longitude arbitraire (13) et LHA (14).

On sait que l'on obtient LHA en modifiant l'AHvo de la valeur de la longitude locale (ajoutée si longitude est, retranchée si longitude ouest). Mais pour entrer dans les HO 249, il nous faut un Angle horaire local LHA arrondi au degré (case 14). Pour l'obte-

DE HAUTEUR DE SOLEIL

• ca
• ca

ÉLÉMENTS A CHERCHER DANS LES ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES de l'année en cours (cases rectangulaires)



à la date du jour → **10 AHvo approchée** à l'heure ronde inférieure
 $329^{\circ} 42' 9''$

et à l'heure de la visée → **15 Déclinaison approchée** à l'heure ronde inférieure
 $23^{\circ} 24' 7''$

+ **11 Complément de temps** (pages jaunes) $13^{\circ} 02' 8''$ ou **16 Complément de temps** (pages jaunes) $00' 1''$

= **12 AHvo complet** à l'heure de la visée
 $342^{\circ} 45' 7''$
 $342^{\circ} 46' 0''$
soit, arrondi à la minute

ajouter si longitude EST + ou soustraire si longitude OUEST - **13 Longitude arbitraire**
 $03^{\circ} 46' E$ ou W

= **17 Déclinaison complète** à l'heure de la visée
 $23^{\circ} 24' 8''$
Déclinaison arrondie à la minute la plus proche
 $23^{\circ} 25' 0''$

= **18 D Déclinaison** arrondie au degré inférieur
 $23^{\circ} 00'$

8 Latitude arbitraire case 5 arrondie au degré le + proche
 $49^{\circ} 00' N$

= **14 LHA** (angle horaire local)
 $339^{\circ} 00'$

19 Reliquat de D arrondie en 18 (minutes seules)
 $00^{\circ} 25'$

9 Corrections optiques à appliquer à HO corrigée
 $12' 0''$

25 HV hauteur vraie (HO + corr. optiques)
 $59^{\circ} 28' 0''$

Correction optiques à appliquer en case 9 (parallaxe, réfraction, 1/2 diam)

HO	élévation de l'œil 2 m	4 m
20°	11'	10'
30°	12'	11'
40°	12' 5	11' 5
60°	13'	12'
80°	13' 5	12' 5

▲ Pour déterminer la longitude arbitraire (case 13), transformer la longitude estimée (4) de manière à obtenir un LHA (14) arrondi au degré, après avoir :

- additionné 12 et 13 si la longitude est EST,
- retranché 13 de 12 si la longitude est OUEST.

additionner HO (case 7) et les corrections (case 9) pour obtenir HV

mir, il est nécessaire de déterminer, par simple réflexion, une longitude arbitraire (13) dont la valeur, ajoutée ou retranchée de l'AHvo complet (12), fournira un résultat dépourvu de minutes et de dixièmes de minute.

• Si la longitude est ouest : transformer la longitude estimée (4) en lui inscrivant un nombre de minutes identique au nombre de minutes de l'AHvo complet (12). Dans notre exemple, l'AHvo complet étant de $342^{\circ} 46'$, on transforme la longitude estimée (4) de $03^{\circ} 28'$ en une longitude

arbitraire (13) de $03^{\circ} 46'$ (plus proche résultat se terminant par $46'$). Pourquoi ? Pour nous permettre d'obtenir un LHA en degrés entiers par simple soustraction des deux valeurs : $342^{\circ} 46' - 03^{\circ} 46' = 339^{\circ}$ (sans minutes ni dixièmes).

• Si la longitude est est : transformer la longitude estimée en lui inscrivant un nombre de minutes dont la valeur, additionnée aux minutes de l'AHvo complet (12), permette d'obtenir un nombre de degrés entiers. Imaginons, dans un autre exem-

ple, que l'AHvo complet (soit de $231^{\circ} 35'$). La longitude arbitraire se terminera par $25'$, afin qu'ajoutée au chiffre 35 des minutes de l'AHvo, elle produise un nombre en degrés entiers ($35' + 25' = 60'$, soit 1 degré). Admettons, dans cet exemple, que la longitude estimée soit de $07^{\circ} 41'$ est. Elle se transformera en une longitude arbitraire de $07^{\circ} 25'$. Ce qui permettra d'obtenir un LHA en degrés entiers par simple addition des deux valeurs : $231^{\circ} 35' + 07^{\circ} 25' = 239^{\circ}$ (sans minutes ni dixièmes).

15 Chercher la Déclinaison solaire D approchée.

On trouve la Déclinaison solaire D dans les Éphémérides nautiques, à la page du jour et face à l'heure de la visée (case 2) arrondie à l'heure ronde inférieure. Dans notre exemple, le top chrono de la visée 2 étant de 10 h 52 min 11 s, on inscrit la Déclinaison lue face à 10 heures à la page du 18 juin 96 : $23^{\circ} 24' 7''$ nord.

16 Déterminer les compléments de temps pour D.

Il s'agit ici de déterminer la correction à appliquer à la Déclinaison D inscrite en 15 en fonction des minutes et secondes de l'heure de la visée 2 laissées de côté. Ce complément se calcule à vue, par différence entre les chiffres indiqués face aux heures rondes inférieure et supérieure du temps de la visée. Dans notre exemple : l'heure de la visée étant 10 h 52 min 11 s, on lit face à 10 h une déclinaison D de $23^{\circ} 24' 7''$. On lit ensuite face à 11 h une déclinaison D de $23^{\circ} 24' 8''$. Différence : + 0,1 minute d'arc, que nous ajoutons à D approchée.

Note : dans notre exemple, la variation horaire de la déclinaison solaire est très faible (0,1

minute) en raison de la date choisie, proche du solstice d'été. En d'autres périodes de l'année, sa valeur atteint jusqu'à 1 minute, soit 10 dixièmes.

Il faut alors interpoler à l'intérieur de cette minute d'arc en fonction des minutes de temps laissées de côté : si la visée a eu lieu à environ 10 h 30 min, le complément sera de 0,5'. Si elle s'est opérée vers 10 h 20 min, le complément sera approximativement de 0,3', etc.

17 Déterminer la Déclinaison D complète.

Simple opération arithmétique consistant à additionner 15 et 16 (en cas de valeurs croissantes) ou à retrancher 16 de 15 (en cas de valeurs décroissantes) pour obtenir la Déclinaison D exacte à l'instant de la visée. Supprimer ensuite les dixièmes (seconde ligne) en arrondissant à la minute d'arc la plus proche.

Dans l'exemple : $23^{\circ} 24' 7'' + 0,1' = 23^{\circ} 24' 8'' N$, arrondi à $23^{\circ} 25' N$.

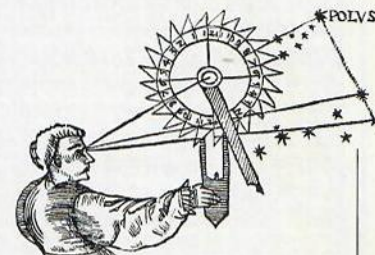
18 Définir la Déclinaison D arrondie.

Pour entrer dans les Tables HO 249, la Déclinaison solaire doit être arrondie au degré inférieur. Il suffit d'inscrire dans la case 18 le seul chiffre des degrés de la Déclinaison D, précédé de l'indication cardinale nord ou sud selon le cas.

Dans l'exemple : $23^{\circ} 00'$ nord.

19 Incrire le reliquat de D arrondie.

Simple écriture consistant à noter ici les minutes de Déclinaison laissées de côté. Ce complément nous servira plus tard pour corriger les éléments fournis dans les HO 249 (case 23). Dans l'exemple : $25'$.



Le Nocturlabe était utilisé au XVI^e siècle pour mesurer les hauteurs astrales.



C/ À L'AIDE DES TABLES HO 249, VOLUME II OU III, SUR LA GRILLE DE CALCULS, COLONNES DE DROITE

20-21-22

Chercher les données dans les HO 249.

Les Tables américaines HO 249 se composent de trois volumes. Le premier est utilisé pour les points d'étoiles, les deux autres pour les droites de Soleil ou de Lune. Pour mieux comprendre la manière de les utiliser, reprenons tout de suite notre exemple de calculs.

Notre latitude estimée (5) étant 48° 56' nord, il faut employer le Tome III (latitudes comprises entre 40° et 89°).

Pour entrer dans la Table, trois éléments sont nécessaires :

- la Latitude arbitraire,
- l'Angle horaire local LHA,
- la Déclinaison arrondie au degré inférieur.

Après calculs, ces trois données sont présentées côte à côte au centre de la grille. On rentre dans la Table (Tome III) en cherchant la page correspondant à la latitude arrondie 49°. Il y en a plusieurs : il faut que sur cette page « LAT. 49° » soient inscrites les indications « SAME » (parce que la Latitude 8 et la Déclinaison 18 sont de même signe nord), et « DÉCLINAISON 15° à 29° » (notre Déclinaison 18 étant de 23°).

ON REMARQUE SUR CETTE PAGE DES TABLES HO 249 :

A/ Une rangée de 15 colonnes se rapportant chacune à une déclinaison solaire comprise entre 15° et 29°.

B/ Une suite de chiffres imprimés verticalement sur chaque bord sous la mention LHA : à gauche de 0 à 69°, à droite de 360 à 291°, avec un prolongement sur la page suivante, en partie haute.

C/ Dans la colonne « 23° » (valeur de la Déclinaison 18) et sur la ligne « 339° » (valeur de LHA 14, indiquée à droite), on lit trois chiffres :

- la Hauteur cherchée Hc exprimée en degrés et minutes d'arc (59°10'),
- l'indice de correction d exprimé en minutes d'arc (+ 53'),
- l'Azimut de la Table Z exprimé en degrés (140°).

Ces trois éléments sont reportés dans les cases 20, 21 et 22.

23 Déterminer la correction à appliquer à Hc. La Hauteur cherchée Hc (20) a été fournie par le Tome III à partir d'une Déclinaison arrondie à 23°. Or, notre Déclinaison réelle (17) est de 23° 25'. La Table 5 des HO 249 (feuillet mobile) permet, à l'aide de l'indice de correction d (case 21), de compléter la valeur de Hc (case 20).

CLINATION (15°-29°) SAME NAME AS LATITUDE															LAT 48		
22°		23°		24°		25°		26°		27°		28°		29°		LHA	Z
Hc	d	Hc	d	Hc	d	Hc	d	Hc	d	Hc	d	Hc	d	Hc	d		
64 00	0	64 00	0	64 00	0	64 00	0	64 00	0	64 00	0	64 00	0	64 00	0	180	360
63 59	46	63 59	46	63 59	46	63 59	46	63 59	46	63 59	46	63 59	46	63 59	46	179	359
63 57	66	63 57	66	63 57	66	63 57	66	63 57	66	63 57	66	63 57	66	63 57	66	178	358
63 55	66	63 55	66	63 55	66	63 55	66	63 55	66	63 55	66	63 55	66	63 55	66	177	357
63 53	66	63 53	66	63 53	66	63 53	66	63 53	66	63 53	66	63 53	66	63 53	66	176	356
63 51	66	63 51	66	63 51	66	63 51	66	63 51	66	63 51	66	63 51	66	63 51	66	175	355
63 49	66	63 49	66	63 49	66	63 49	66	63 49	66	63 49	66	63 49	66	63 49	66	174	354
63 47	66	63 47	66	63 47	66	63 47	66	63 47	66	63 47	66	63 47	66	63 47	66	173	353
63 45	66	63 45	66	63 45	66	63 45	66	63 45	66	63 45	66	63 45	66	63 45	66	172	352
63 43	66	63 43	66	63 43	66	63 43	66	63 43	66	63 43	66	63 43	66	63 43	66	171	351
63 41	66	63 41	66	63 41	66	63 41	66	63 41	66	63 41	66	63 41	66	63 41	66	170	350
63 39	66	63 39	66	63 39	66	63 39	66	63 39	66	63 39	66	63 39	66	63 39	66	169	349
63 37	66	63 37	66	63 37	66	63 37	66	63 37	66	63 37	66	63 37	66	63 37	66	168	348
63 35	66	63 35	66	63 35	66	63 35	66	63 35	66	63 35	66	63 35	66	63 35	66	167	347
63 33	66	63 33	66	63 33	66	63 33	66	63 33	66	63 33	66	63 33	66	63 33	66	166	346
63 31	66	63 31	66	63 31	66	63 31	66	63 31	66	63 31	66	63 31	66	63 31	66	165	345
63 29	66	63 29	66	63 29	66	63 29	66	63 29	66	63 29	66	63 29	66	63 29	66	164	344
63 27	66	63 27	66	63 27	66	63 27	66	63 27	66	63 27	66	63 27	66	63 27	66	163	343
63 25	66	63 25	66	63 25	66	63 25	66	63 25	66	63 25	66	63 25	66	63 25	66	162	342
63 23	66	63 23	66	63 23	66	63 23	66	63 23	66	63 23	66	63 23	66	63 23	66	161	341
63 21	66	63 21	66	63 21	66	63 21	66	63 21	66	63 21	66	63 21	66	63 21	66	160	340
63 19	66	63 19	66	63 19	66	63 19	66	63 19	66	63 19	66	63 19	66	63 19	66	159	339
63 17	66	63 17	66	63 17	66	63 17	66	63 17	66	63 17	66	63 17	66	63 17	66	158	338
63 15	66	63 15	66	63 15	66	63 15	66	63 15	66	63 15	66	63 15	66	63 15	66	157	337
63 13	66	63 13	66	63 13	66	63 13	66	63 13	66	63 13	66	63 13	66	63 13	66	156	336
63 11	66	63 11	66	63 11	66	63 11	66	63 11	66	63 11	66	63 11	66	63 11	66	155	335
63 09	66	63 09	66	63 09	66	63 09	66	63 09	66	63 09	66	63 09	66	63 09	66	154	334
63 07	66	63 07	66	63 07	66	63 07	66	63 07	66	63 07	66	63 07	66	63 07	66	153	333
63 05	66	63 05	66	63 05	66	63 05	66	63 05	66	63 05	66	63 05	66	63 05	66	152	332
63 03	66	63 03	66	63 03	66	63 03	66	63 03	66	63 03	66	63 03	66	63 03	66	151	331
63 01	66	63 01	66	63 01	66	63 01	66	63 01	66	63 01	66	63 01	66	63 01	66	150	330
62 59	66	62 59	66	62 59	66	62 59	66	62 59	66	62 59	66	62 59	66	62 59	66	149	329
62 57	66	62 57	66	62 57	66	62 57	66	62 57	66	62 57	66	62 57	66	62 57	66	148	328
62 55	66	62 55	66	62 55	66	62 55	66	62 55	66	62 55	66	62 55	66	62 55	66	147	327
62 53	66	62 53	66	62 53	66	62 53	66	62 53	66	62 53	66	62 53	66	62 53	66	146	326
62 51	66	62 51	66	62 51	66	62 51	66	62 51	66	62 51	66	62 51	66	62 51	66	145	325
62 49	66	62 49	66	62 49	66	62 49	66	62 49	66	62 49	66	62 49	66	62 49	66	144	324
62 47	66	62 47	66	62 47	66	62 47	66	62 47	66	62 47	66	62 47	66	62 47	66	143	323
62 45	66	62 45	66	62 45	66	62 45	66	62 45	66	62 45	66	62 45	66	62 45	66	142	322
62 43	66	62 43	66	62 43	66	62 43	66	62 43	66	62 43	66	62 43	66	62 43	66	141	321
62 41	66	62 41	66	62 41	66	62 41	66	62 41	66	62 41	66	62 41	66	62 41	66	140	320
62 39	66	62 39	66	62 39	66	62 39	66	62 39	66	62 39	66	62 39	66	62 39	66	139	319
62 37	66	62 37	66	62 37	66	62 37	66	62 37	66	62 37	66	62 37	66	62 37	66	138	318
62 35	66	62 35	66	62 35	66	62 35	66	62 35	66	62 35	66	62 35	66	62 35	66	137	317
62 33	66	62 33	66	62 33	66	62 33	66	62 33	66	62 33	66	62 33	66	62 33	66	136	316
62 31	66	62 31	66	62 31	66	62 31	66	62 31	66	62 31	66	62 31	66	62 31	66	135	315
62 29	66	62 29	66	62 29	66	62 29	66	62 29	66	62 29	66	62 29	66	62 29	66	134	314
62 27	66	62 27	66	62 27	66	62 27	66	62 27	66	62 27	66	62 27	66	62 27	66	133	313
62 25	66	62 25	66	62 25	66	62 25	66	62 25	66	62 25	66	62 25	66	62 25	66	132	312
62 23	66	62 23	66	62 23	66	62 23	66	62 23	66	62 23	66	62 23	66	62 23	66	131	311
62 21	66	62 21	66	62 21	66	62 21	66	62 21	66	62 21	66	62 21	66	62 21	66	130	310
62 19	66	62 19	66	62 19	66	62 19	66	62 19	66	62 19	66	62 19	66	62 19	66	129	309
62 17	66	62 17	66	62 17	66	62 17	66	62 17	66	62 17	66	62 17	66	62 17	66	128	308
62 15	66	62 15	66	62 15	66	62 15	66	62 15	66	62 15	66	62 15	66	62 15	66	127	307
62 13	66	62 13	66	62 13	66	62 13	66	62 13	66	62 13	66	62 13	66	62 13	66	126	306
62 11	66	62 11	66	62 11	66	62 11	66	62 11	66	62 11	66	62 11	66	62 11	66	125	305
62 09	66	62 09	66	62 09	66	62 09	66	62 09	66	62 09	66	62 09	66	62 09	66	124	304
62 07	66	62 07	66	62 07	66	62 07	66	62 07	66	62 07	66	62 07	66	62 07	66	123	303
62 05	66	62 05	66	62 05	66	62 05	66	62 05	66	62 05	66	62 05	66	62 05	66	122	302
62 03	66	62 03	66	62 03	66	62 03	66	62 03	66	62 03	66	62 03	66	62 03	66	121	301
62 01	66	62 01	66	62 01	66	62 01	66	62 01									

26 Déterminer l'intercept.

L'intercept est la différence entre la Hauteur vraie HV (case 25) et la Hauteur calculée HC (case 24). On l'obtient en soustrayant la plus petite valeur de la plus grande. Le résultat est transformé en distance, en remplaçant simplement les minutes d'arc en milles nautiques.

Dans notre calcul :
 $59^{\circ} 32' - 59^{\circ} 28' = 4'$ (4 milles).

Attention : si la valeur de l'intercept dépasse 30 minutes d'arc, il est préférable de refaire le calcul en affinant le point estimé (4 et 5) grâce à ce premier résultat. Si l'intercept atteint plusieurs degrés, une erreur s'est glissée à un niveau du calcul.

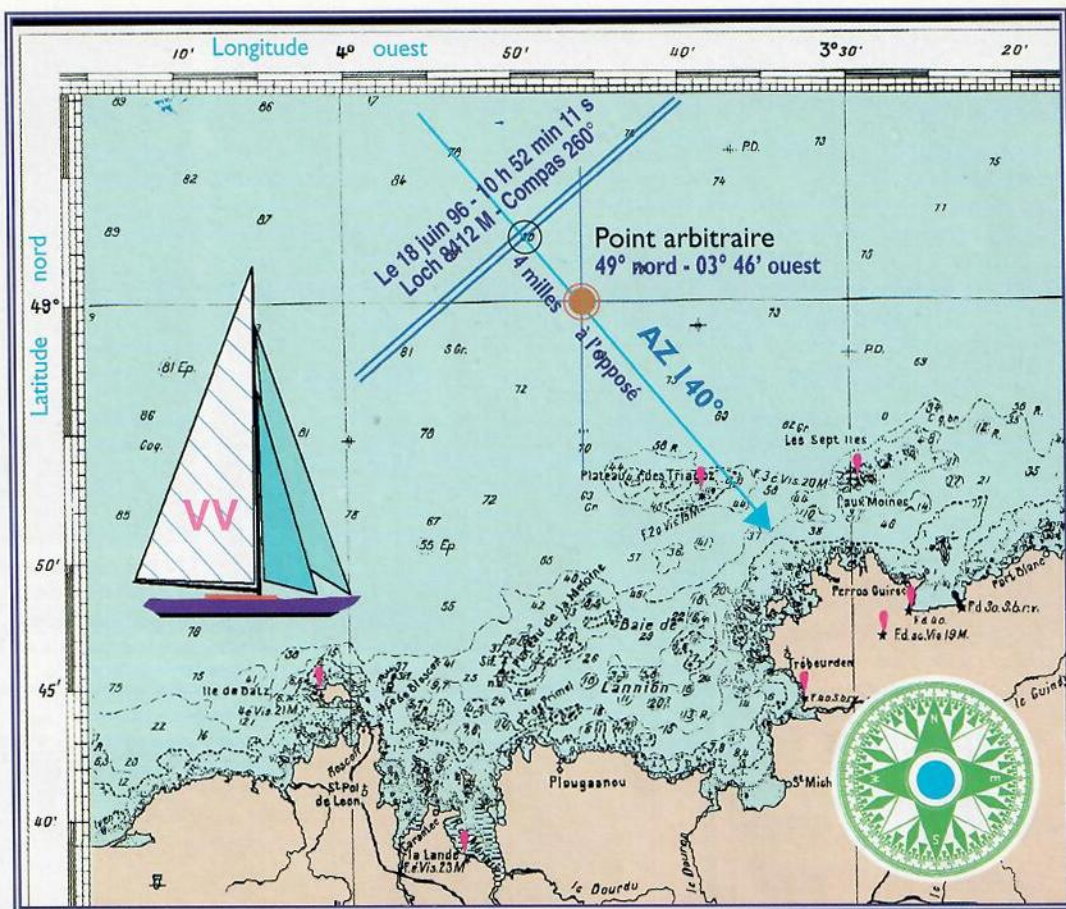
27 Déterminer l'azimut AZ.

L'azimut AZ correspond à la direction du Soleil au moment de la visée. On l'obtient à partir de l'azimut Z fourni par les HO 249 (case 22), de la manière suivante : en hémisphère Nord, si LHA (14) est supérieur à 180° , l'azimut des Tables Z est simplement reporté dans la case 27. C'est le cas de notre exemple, puisque notre LHA étant de 339° , $Z = AZ$, soit 140° .

Si en revanche LHA (14) est inférieur à 180° , il faut retrancher Z de 360° .

Les calculs sont terminés.

Il ne reste plus qu'à tracer la droite de hauteur sur la carte à l'aide de trois données : le point arbitraire fourni par la latitude et la longitude arbitraires (cases 8



Tracé de la droite de hauteur

ÉQUIPEMENT NÉCESSAIRE

- la carte marine de la région traversée,
- une règle de navigation,
- un compas à pointe sèche.

Opérations sur la carte

● Définir le Point arbitraire.

Tracer l'emplacement du Point arbitraire PA qui se situe à l'intersection de la latitude arbitraire (case 8 de la grille) et de la longitude arbitraire (case 13). Pourquoi ? Les tables HO 249 nous ont fourni un intercept (26) et un azimut (27) établis à partir d'une position fictive (cases 8 et 13). Pour tracer notre droite, nous devons donc matérialiser ce point sur la carte. Dans l'exemple choisi pour nos calculs, cette position se trouve à l'intersection de la latitude arbitraire nord 49° (8) et de la longitude arbitraire $03^{\circ} 46'$ ouest (13).

● **Tracer l'azimut AZ.** L'azimut AZ, déterminé en case 27, représente la direction du Soleil au moment de la visée. Il se trace comme un relèvement à partir du Point arbitraire PA. Aucune correction n'y est apportée. Il est d'usage d'inscrire au crayon, le long de cette ligne, la valeur de l'azimut (140° dans notre exemple) et de prolonger le tracé de l'autre côté du Point arbitraire, c'est-à-dire à l'opposé de AZ.

● **Reporter l'intercept.** L'intercept représente la distance, en milles, séparant le Point arbitraire d'un point (défini par les calculs) par lequel passera la droite de hauteur. Ce dernier point s'obtient en reportant la valeur de l'intercept sur la ligne marquant la direction de l'azimut AZ. À noter que l'intercept est fourni en minutes d'arc, que l'on transforme directement en milles nautiques (1 minute = 1 mille).

L'intercept se trace :

- vers l'astre si HV plus grande que HC,
- à l'écart de l'astre si HV plus petite que HC.

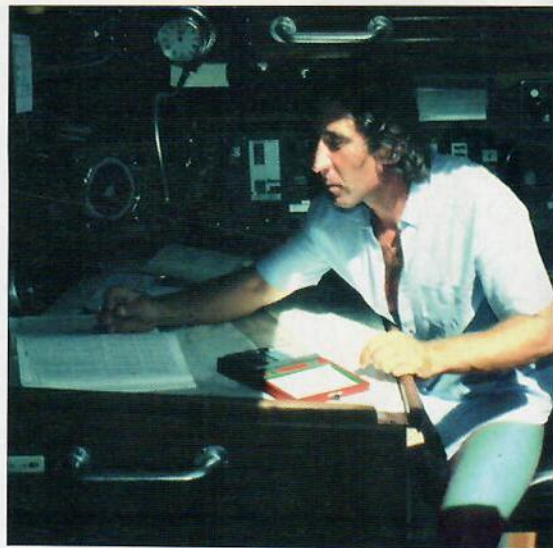
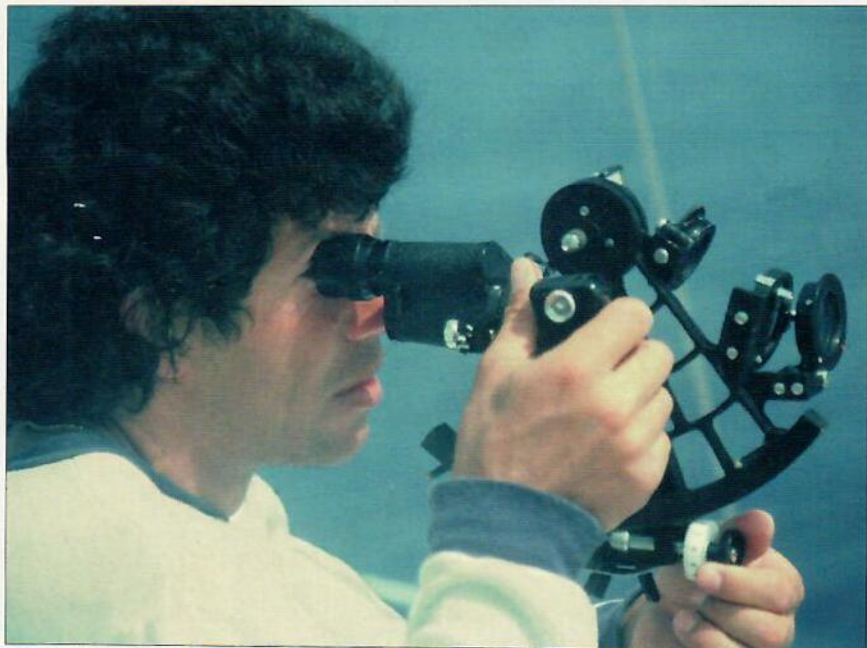
Tracée à quatre milles à l'opposé de l'azimut, la droite de hauteur se dessine à l'aide de deux traits parallèles.

Dans l'exemple de calculs : intercept de $4'$, soit 4 milles, tracé à l'opposé de la direction AZ puisque HV est plus petite que HC.

● **Tracer la droite de hauteur.** À partir du point obtenu précédemment, tracer la droite de hauteur perpendiculairement à la direction de l'azimut AZ. Par convention, elle est habituellement matérialisée par un trait double afin de la différencier des autres lignes portées sur la carte. Ajouter en légende les informations permettant de l'identifier dans l'avenir : date, heure de la visée, loch et cap moyen à l'instant de l'observation (dessins page 60).



L'heure du point.



De l'application apportée à la visée dépendra la précision de la droite reportée sur la carte, donc l'exactitude de la position obtenue par les calculs et le tracé.

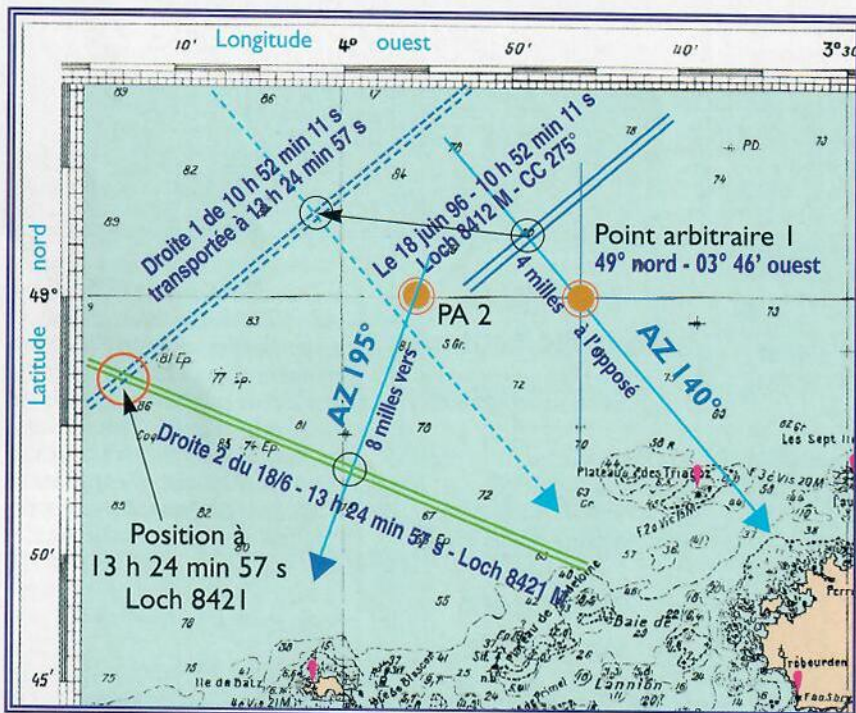
Quelques explications

QUE REPRÉSENTE CETTE DROITE SUR LA CARTE ?

La droite de hauteur obtenue par le calcul nous indique qu'au moment de la visée au sextant, notre bateau se trouvait quelque part sur cette ligne imaginaire. La position reste certes évasive, mais (sauf erreur de calcul ou de report) le tracé de cette droite est parfaitement précis. Pour s'en convaincre, il suffit d'opérer une visée et un tracé à proximité d'une côte identifiable. L'approximation est en moyenne inférieure à 3 milles (souvent moins) selon l'équipement utilisé et le soin apporté aux calculs. Ce qui, reconnaissons-le, constitue un beau résultat à notre niveau de vagabond des mers.

Mais quelle que soit l'exactitude de son tracé, une droite est une ligne et non un point. Pour l'exploiter, nous devons la recouper, soit par la latitude déterminée à la méridienne, soit par une autre droite de hauteur calculée quelques heures plus tard.

Attention : entre les deux visées, le bateau n'est pas resté immobile. Pour compenser les effets de ce déplacement, nous devons transporter la première droite sur la carte. Faute de quoi le résultat serait erroné.



Transport de droite de hauteur et détermination de la position.

Dans l'exemple choisi, la seconde droite est tracée à partir du point arbitraire n° 2 situé en 49° nord et 3° 56' ouest. Le bateau s'étant déplacé de 9 milles selon le cap compas 275°, il faut transporter la première droite de ces mêmes valeurs (ici en lignes pointillées). À l'intersection des deux droites se situe la position à l'heure de la seconde visée.



COMMENT TRANSPORTER LA DROITE DE HAUTEUR ?

On tient compte du déplacement du bateau en transportant la droite de hauteur dans la direction suivie et du nombre de milles parcourus entre les deux visées. Raison pour laquelle les indications fournies par le loch et le compas ont été notées sur la feuille de calculs.

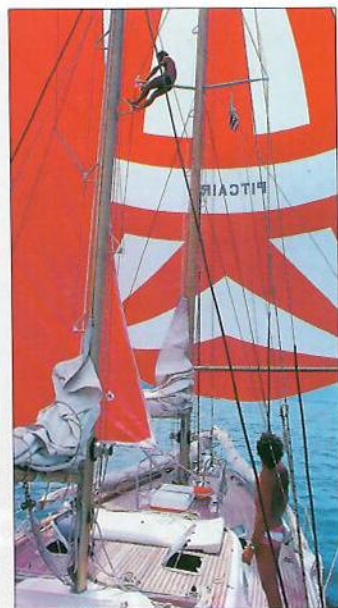
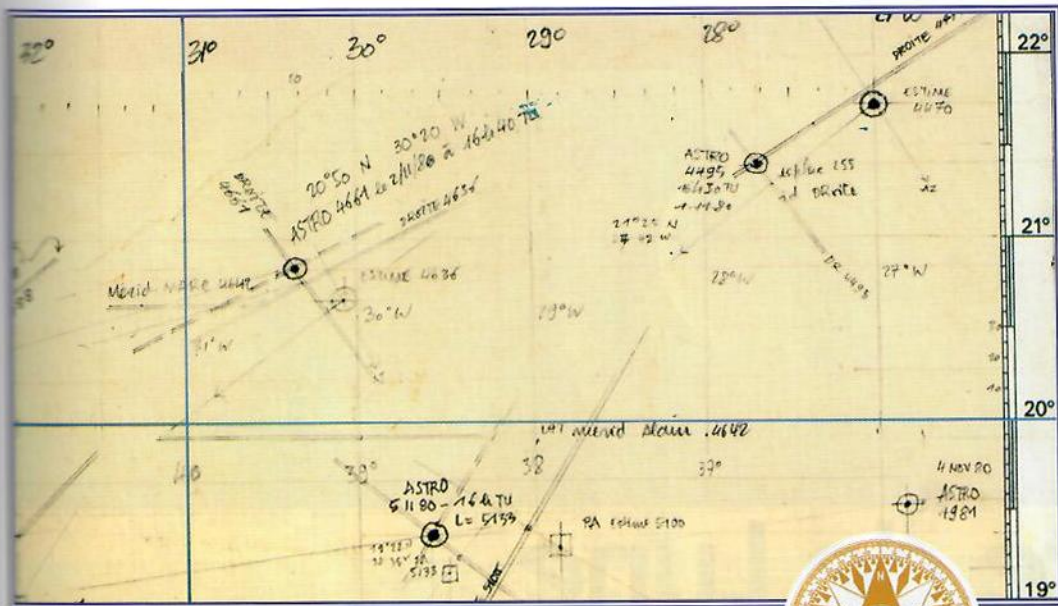
EXEMPLE

Après avoir tracé notre première droite de hauteur, nous opérons une seconde visée sur le Soleil à 13 h 24 min 57 s UT (intercept 8 milles vers l'astre, azimut 195°, point arbitraire 49° nord et 03° 56' ouest). Entre les deux observations, le loch mentionne un déplacement de 9 milles, selon un cap vrai de 280°.

À partir d'un point quelconque de notre droite de hauteur (le plus simple est d'utiliser son

point d'intersection avec l'azimut AZ), nous traçons une ligne dans le 280°, sur laquelle nous reportons la distance de 9 milles. Chevauchant ce nouveau point, nous dessinons (en pointillés) la première droite transportée, que nous légendons : « droite de 10 h 52 min 11 s, transportée à 13 h 24 min 57 s ».

À l'intersection de cette première droite déplacée et du tracé de la seconde droite de hauteur se situe notre position exacte à l'instant de la seconde visée.

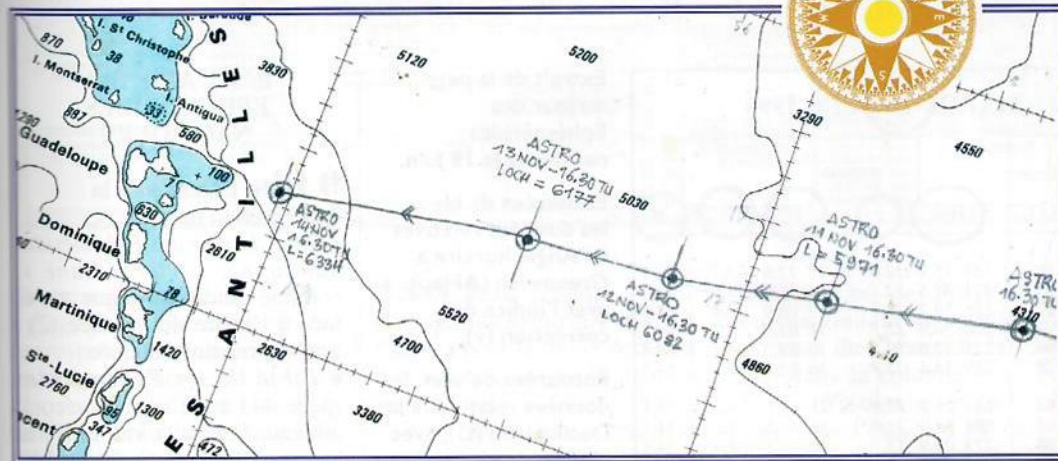


Positions déterminées par droites de Soleil pendant une traversée d'Atlantique de Pitcairn (photo).

En haut : tracé des droites sur une carte à échelle grossie, à la même latitude (ici une carte de l'Afrique occidentale).

Au centre : report des points journaliers sur le routier transatlantique.

En bas : rédaction du livre de bord mentionnant les éléments de calculs.



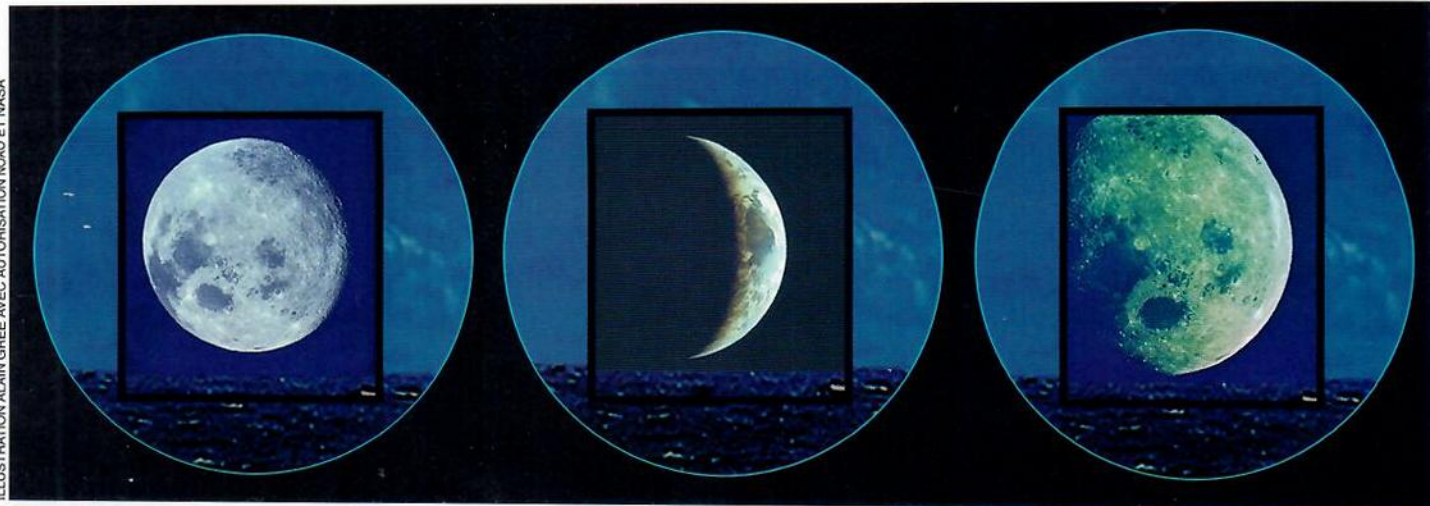
COMMENT TRACER AVEC PRÉCISION SUR UN ROUTIER TRANSOCÉANIQUE ?

En grande traversée, la position est portée sur une carte à grande échelle laissant apparaître les côtes de départ et d'arrivée. Soit une étendue de plusieurs milliers de milles. Impossible dans ces conditions d'obtenir une précision suffisante lors des tracés de droite de hauteur. On utilise alors une carte de travail, utilisant une échelle plus favorable. Pas n'importe quelle carte : un document qui conserve le même rapport de graduation (en longitude et en latitude) que la zone où l'on se trouve. Il suffit d'utiliser la carte de détail d'une côte située à la même latitude, que l'on adapte pour cet exercice. Le point obtenu en fin de calculs sera ensuite reporté sur le routier, en simples coordonnées géographiques.

Marsée		PM matin	PM soir	SM matin	SM soir	DE PUERTO RICO aux ANTILLES			Moyenne 5,75 depuis PR Distance parcourue 5141,246 2515 M depuis les Canaries			
Marsée		PM matin	PM soir	SM matin	SM soir	DE PUERTO RICO aux ANTILLES			Moyenne 5,75 depuis PR Distance parcourue 5141,246 2515 M depuis les Canaries			
Marsée	PM matin	PM soir	SM matin	SM soir	DE PUERTO RICO aux ANTILLES			Moyenne 5,75 depuis PR Distance parcourue 5141,246 2515 M depuis les Canaries		Position - Orientation Tous en lettres à l'encre noire		
0.00	crépé à maten pendant 10 minutes				Jeu d'habitude de l'échelle			avec 5.75. Radio et 5.75. Plus correct.				
6.15	vent sud	Belle	1023	260°	ALVIN	3,8	6147,3		= Dist de 15' vers le Sud de direction d'un bord de bancs mangés. Comp est 5, 11 milles environ. Avec du vent?			
JEUDI 13 NOVEMBRE 80 (19) Jour												
7.00	vent sud	Belle	1023	255°	ALVIN	4,30	6150,5		Avec du vent. Avec du vent. Avec du vent.			
7.22	"	"	1024	260°	ALVIN	3,80	6151,7		= Cote de 15' vers le Sud de direction d'un bord de bancs mangés. Comp est 5, 11 milles environ. Avec du vent?			
8.00	3-4 ASS TR	Belle	1024	275°	ALVIN	4,28	6154,4		CPI = AV 1/2 M + 1/2 M			
8.30	2-3 160 TR	"	1025	275°	ALVIN	4,40	6156,6		CPI = AV 1/2 M + 1/2 M			
10.25	1-2 180 TR	"	1025	275°	ALVIN	4,06	6164,4		Avec du vent. Avec du vent. Avec du vent.			
10.10	3-4 150 TR	"	1025	275°	ALVIN	4,73	6171,9		SPI + VE			
15.45	4.5 150 TR	"	1023	275°	ALVIN	4,74	6177,9		SPI + VE			
16.15	5.6 130 TR	mauvaise	1023	275°	MIC				SPI + VE			
17.35	5.6 130 TR	"	1024	275°	MIC	5,58	6199,6		SPI + VE			
21.45	7.8 140 TR	"	1024	270°	MIC	6,26	6225,7		SPI + VE			
24.40	9 130 TR	"	1024	260°	MIC	7,82	6243,9		SPI + VE			
03.30	8 130 TR	"	1024	270°	MIC	7,53	6265,9		SPI + VE			
06.40	8-10 140 TR	"	1023	270°	MARE	8,2	6270,0		SPI + VE			
07.00	7 150 TR	"	1023	260°	MARE	7,28	6288,2		SPI + VE			
07.00	12.5 130 TR	"	1024	270°	MIC	7,01	6298,7		SPI + VE			
MOTUS le 13 NOV à 10H = 1443,3 - 1443,3 - 5.6H 5.6 H x 502.4 H = 28 litres - Nombre d'heures moteur = 100L de tank - 28 L = 72 L Carburant = 72 L / 20 L de tank = 3.6 tank												
TRANS OCEAN le 13 NOV Vitesse 5.75 Distance 5141,246 Moyenne 5.75												
QUARTS DU 13 NOV. 80 21 h = MIC, 22 h = JP, 03 h = MARE, 06 h = ALVIN.												



ILLUSTRATION ALAIN GRÉE AVEC AUTORISATION NOAA ET NASA



La droite de Lune

En dehors des périodes de nouvelle Lune, durant lesquelles notre satellite naturel disparaît de notre vue (à contre-jour, son image est trop sombre pour être distinguée sans fort grossissement), il traverse notre ciel à certaines heures de la nuit en constituant une cible parfaite pour nos visées.

Les absences régulières de la Lune du paysage nocturne constituent les seuls véritables problèmes liés à ce mode de positionnement. Rien n'est plus simple, en effet, que de réaliser une droite de Lune. Nous passerons donc directement au déroulement des calculs, sachant que leur mise en pratique en situation réelle n'est guère fréquente. À moins de naviguer en noctambule, cette méthode s'emploie lorsque, après être resté couvert dans la journée (ou pendant plusieurs jours), le ciel se dégage en pleine obscurité en dévoilant une Lune miraculeusement utilisable. Le reste du temps (nous en avons déjà bavardé ensemble), la droite opérée sur le Soleil est amplement suffisante pour nos modestes besoins.

À condition qu'il montre le bout de ses rayons.

MARDI 18 JUIN 1996							
Heure U.T.	LUNE						
	AHao	v	D	d	π		
00	157 ⁰	15,9	12,6	N 17	12,6	3,7	54,1
01	171	47,5	12,7	17	08,9	3,9	54,1
02	186	19,2	12,7	17	05,0	3,9	54,1
03	200	50,9	12,7	17	01,1	3,9	54,1
04	215	22,6	12,8	16	57,2	4,1	54,1
05	229	54,4	12,8	16	53,1	4,1	54,1
06	244	26,2	12,8	N 16	49,0	4,2	54,1
07	258	58,0	12,8	16	44,8	4,3	54,1
08	273	29,8	12,9	16	40,5	4,4	54,1
09	288	01,7	12,9	16	36,1	4,4	54,0
10	302	33,6	12,9	16	31,7	4,5	54,0
11	317	05,5	13,0	16	27,2	4,6	54,0
12	331	37,5	13,0	N 16	22,6	4,6	54,0
13	346	09,5	13,0	16	18,0	4,7	54,0
14	0	41,5	13,0	16	13,3	4,8	54,0



Quel est l'équipement nécessaire ?

Il est identique à celui mis en œuvre pour le calcul d'une droite de Soleil :

- un sextant,
- une montre (précise) réglée en temps universel,
- les Éphémérides nautiques de l'année en cours,
- les Tables HO 249.

Extrait de la page du jour des Éphémérides nautiques le 18 Juin.

Entourées de bleu, les données relatives à l'Angle horaire à Greenwich (AHao), avec l'indice de correction (v).

Entourées de vert, les données relatives à la Déclinaison (D), avec l'indice de correction (d).

Entouré de jaune, l'indice de correction optique (π).

B/ À L'AIDE DES ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES

9 bis. Déterminer la 2^e correction optique.

• Page du jour des Éphémérides nautiques, partie « Lune », colonne de droite (signe π), et face à l'heure de la visée (2) : lire la correction indiquée.

• Table IX des Éphémérides (page 443 cette année), second tableau, face à la valeur de la hauteur HO corrigée (9) et dans la colonne correspondant à la correction lue précédemment : noter la valeur inscrite.

10. Chercher l'AHao approché.

• Page du jour des Éphémérides, partie « Lune », face à l'heure ronde inférieure de la visée (2) : noter l'AHao (angle horaire de l'astre à Greenwich) à l'heure ronde inférieure.

• Pages jaunes des Éphémérides, à la page des minutes de la visée (2), face aux secondes de (2) et dans la colonne « Lune » : noter le chiffre correspondant au complément de temps.

11. Déterminer l'AHao complet.

• Ajouter à l'AHao approché (10) le complément de temps pour obtenir l'AHao complet.
 • Page du jour des Éphémérides, partie « Lune », lire l'indice v fourni dans la 2^e colonne face à

Opérations

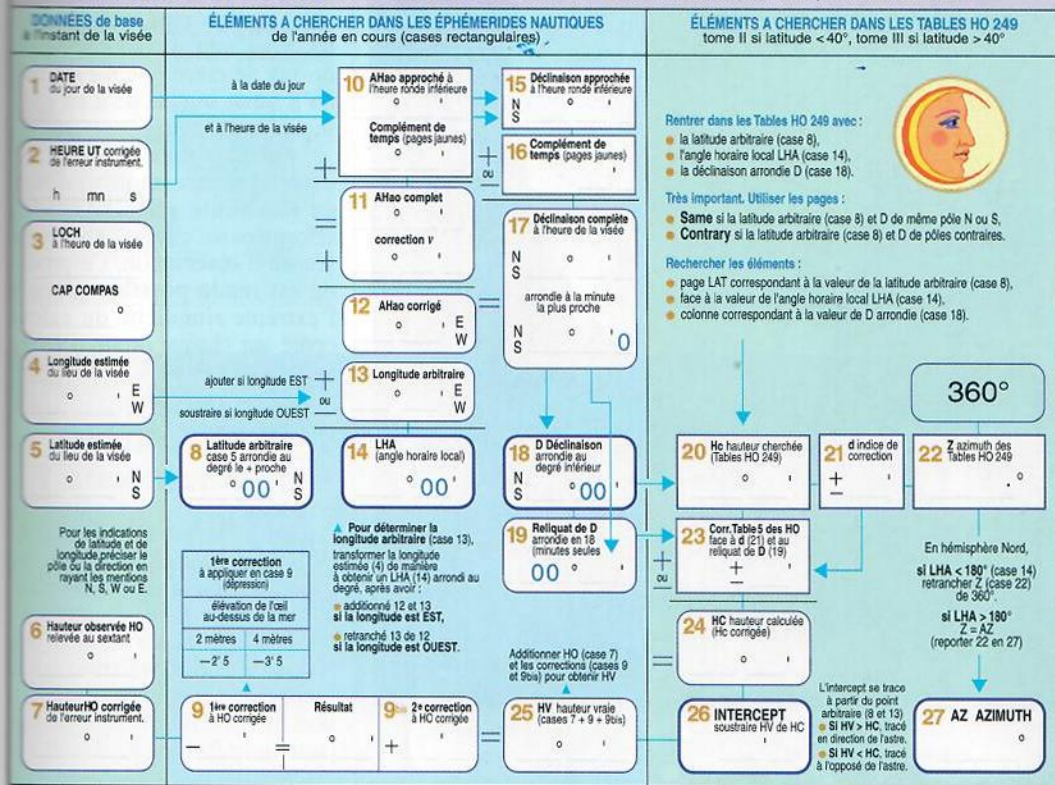
A/ INSCRIPTION DES DONNÉES DE BASE

1 à 8. Incrire les données de base. Opérer de la même manière que pour une droite de Soleil.

9. Déterminer la 1^{re} correction optique. La correction correspond à la dépression apparente de l'horizon pour une élévation de l'œil située entre 2 et 4 mètres (habituelle altitude de la visée sur nos bateaux). Sa valeur, indiquée sur la grille de calculs au-dessus de la case 9, se retranche de la hauteur observée HO (case 7).

DROITE DE HAUTEUR DE LUNE

● cases rectangulaires : éléments trouvés dans les éphémérides ou les tables.
● cases arrondies : éléments déterminés par l'observation ou le calcul.



19 Inscrire le reliquat de D arrondi.

Simple écriture, consistant à noter ici les minutes de Déclinaison laissées de côté. Ce complément nous servira plus tard pour corriger les éléments fournis dans les HO 249 (case 23).

C/ À L'AIDE DES TABLES HO 249, VOLUME II ou III

20-21-22. Rechercher l'intercept et l'azimut.

Les recherches et calculs sont identiques en tous points à ceux réalisés pour une droite de hauteur de Soleil, à l'aide des mêmes Tables américaines volumes II ou III. Ils fourniront en final l'intercept et l'azimut nécessaires au tracé de la droite sur la carte.

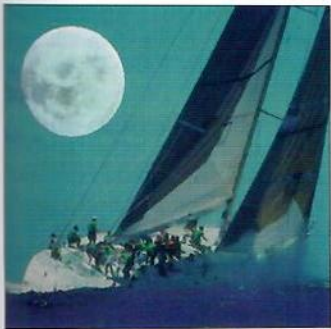
Report de la droite de Lune sur la carte

l'heure ronde inférieure.

● Page jaune des *Éphémérides* correspondant au nombre des minutes de l'heure de la visée (2), dans la colonne « correction » (6^e colonne) et face à la valeur de v (5^e colonne), noter la correction à appliquer à l'AHao complet.

12. Calculer l'AHao corrigé.

Ajouter cette correction v à l'AHao complet (11) pour obtenir l'AHao corrigé, que l'on arrondit à la minute la plus proche.



Après deux jours de ciel nuageux au grand large, la voûte céleste se dégage, laissant apparaître une Lune resplendissante au-dessus de l'horizon. L'occasion rêvée pour tracer une droite.

13-14. Déterminer la longitude arbitraire et LHA.

Comme pour la droite de Soleil, déterminer la longitude arbitraire en modifiant la longitude estimée (4), de manière à obtenir en (14) un total dépourvu de minutes d'arc.

● Si la longitude est ouest : Transformer la longitude estimée (case 4) en lui inscrivant un nombre de minutes identique au nombre de minutes de l'AHao corrigé (12).

● Si la longitude est est : transformer la longitude estimée (4) en lui inscrivant un nombre de minutes dont la valeur, additionnée aux minutes de l'AHao corrigé (12), permette d'obtenir un nombre de degrés entier.

15. Chercher la Déclinaison D approchée. Page du jour des *Éphémérides*, partie « Lune » : noter la Déclinaison D face à l'heure ronde inférieure de la visée (2).

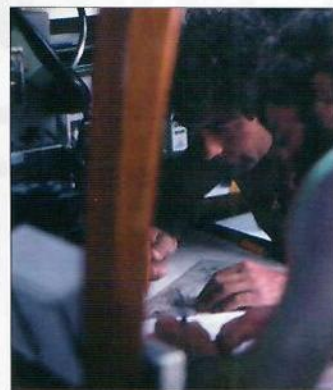
16. Chercher les compléments pour D. ● Page du jour des *Éphémérides*, partie « Lune » : lire l'indice d (4^e colonne) face à l'heure ronde inférieure de la visée (2).

● Page jaune des *Éphémérides* correspondant au nombre de minutes de l'heure de la visée (2), dans la colonne « correction » (6^e colonne) et face à la valeur de l'indice d (5^e colonne) : noter la correction à appliquer à la Déclinaison lunaire D pour la compléter.

17. Calculer la Déclinaison D complète à l'heure visée.

Simple opération arithmétique consistant à additionner 15 et 16 (en cas de valeurs croissantes) ou à retrancher 16 de 15 (en cas de valeurs décroissantes) pour obtenir la Déclinaison D exacte à l'instant de la visée. Supprimer ensuite les dixièmes (seconde ligne) en arrondissant à la minute d'arc la plus proche.

18. Déterminer la Déclinaison D arrondi. Pour entrer dans les Tables américaines HO 249, la Déclinaison solaire doit être arrondie au degré inférieur. Il suffit d'inscrire dans la case 18 le seul chiffre des degrés de la Déclinaison D complète, précédé de l'indication cardinale N (nord) ou S (sud) selon le cas.

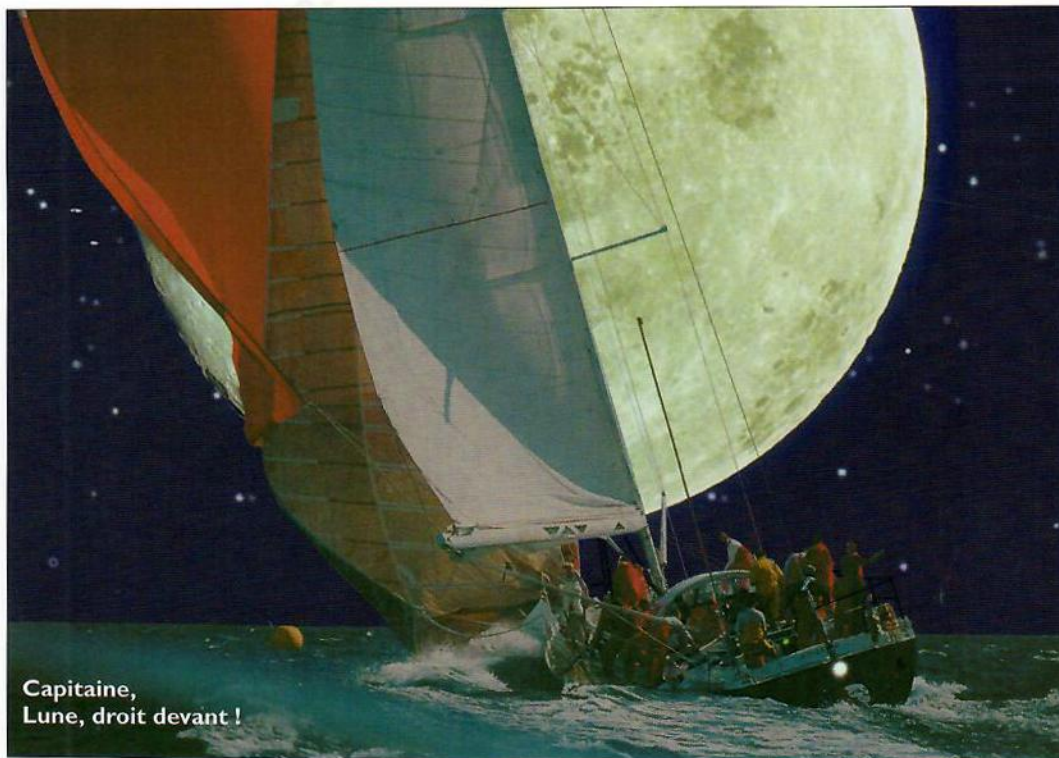


Tracé des calculs sur la carte.

Comme pour la droite de Soleil, l'intercept se trace à partir du point arbitraire PA, qui se situe à l'intersection de la latitude arbitraire (case 8 de la grille de calculs) et de la longitude arbitraire (case 13).

L'intercept se trace :

- vers l'astre si HV plus grande que HC,
- à l'écart de l'astre si HV plus petite que HC.



Capitaine,
Lune, droit devant !

La droite et le point d'étoiles



Il existe deux manières de réaliser un point astro sur les étoiles de la voûte céleste : au singulier avec une seule étoile ou au pluriel avec plusieurs.

Dans le premier cas (au singulier), une seule étoile est utilisée pour la visée et les calculs, sur laquelle on opère deux observations séparées de quelques heures. Comme pour toute droite de hauteur digne de ce nom. Dans le second cas (au pluriel), on se sert de deux, ou mieux, de trois étoiles. Les visées ont lieu simultanément (à quelques secondes près), sans autre observation complémentaire. Le tracé obtenu sur la carte n'est plus une droite, mais plusieurs droites qui (comme des relèvements au compas) fournissent une position à leur point d'intersection.

Dans la pratique, l'usage de ce procédé de positionnement est essentiellement réservé à une élite de passionnés d'astronomie, qui mettent à profit leur connaissance du ciel nocturne pour identifier plusieurs étoiles et opérer un calcul de point. Histoire d'occuper utilement leur quart de nuit. J'exagère à peine. Bien sûr, on peut mettre en œuvre cette méthode pour affiner une position à l'approche de la terre après une traversée, en particulier lorsque les nuages ont masqué le Soleil pendant la journée ou les jours précédents. Cela m'est arrivé une fois, et une seule.

Encore faut-il être certain d'avoir correctement identifié les astres observés, ce qui n'est pas à la portée de tout le monde. Car l'erreur entraînée par une confusion à ce niveau peut avoir des conséquences encore plus dramatiques que l'incertitude liée à une position réputée imprécise. Mais ne chicanons pas.

Supposons que les constellations vous sont familières, que vous appelez chaque étoile par son nom de star et que vous êtes capable de les différencier toutes sans la moindre hésitation aux quatre coins de la voûte céleste. Nom d'un petit chariot, qu'est-ce que l'on attend pour sortir le sextant de son coffret ?

Droite d'étoile ou point d'étoiles ?

Petit rappel de connaissances. Les visées sur les astres nous fournissent une droite tracée sur la carte, que l'on recoupe avec une autre droite pour obtenir un point. Parfait. Ne disposant que d'un seul Soleil et d'une seule Lune, nous sommes contraints d'attendre plusieurs heures entre deux observations afin que la seconde droite, opérée sur le même astre, forme un angle suffisamment ouvert avec

la première pour que l'intersection soit franche. Ce raisonnement ne tient plus avec les étoiles. Elles sont si nombreuses au-dessus de notre pomme de mâts qu'il serait stupide de n'en utiliser qu'une seule.

Autant profiter de la multitude pour obtenir un point direct, en une seule série de visées effectuées au cours d'une seule séance d'observation. Ce procédé est rendu possible grâce à l'extrême simplicité du calcul opéré sur chaque droite d'étoile à l'aide du tome ↓ des HO 249.

Opère-t-on avec la même lunette ?

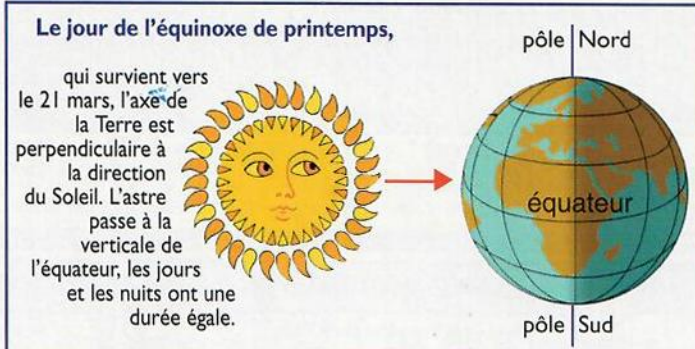
En principe non. Les sextants sont habituellement livrés avec deux optiques : l'une pour le Soleil et la Lune, l'autre pour les planètes et les étoiles. La lunette d'étoiles, nommée aussi lunette astronomique, offre un plus fort grossissement. Non pas pour agrandir l'image de l'étoile visée (elle est si éloignée que même les télescopes n'y parviennent pas), mais pour améliorer la vision de l'horizon.

Car si le reflet de la Lune accentue le contraste entre le ciel nocturne et la mer, l'obscurité qui noie cette limite rend plus difficile la visée sur étoile. C'est à mon avis la principale difficulté de ce procédé qui, finalement, met en œuvre des calculs relativement simples.

Quelles étoiles choisir ?

Chaque observation doit obligatoirement s'opérer sur l'une des 41 étoiles mentionnées dans le volume 1 des Tables HO 249 (voir liste). Parmi elles, sept devraient être toujours visibles simultanément en toutes saisons par temps dégagé, quelle que soit la latitude à laquelle on se trouve. Les cartes du ciel facilitent leur identification au sein des constellations et, pour les plus érudits, les informations annuelles fournies par les Éphémérides nautiques permettent de déterminer leur emplacement sur la voûte céleste à un instant donné. La présence simultanée de plusieurs étoiles référencées permet donc d'effectuer à tout moment les

Optique standard (à droite) et lunette astronomique (à gauche) pour sextant.



Liste des 41 étoiles mentionnées dans les HO 249, volume 1

- | | |
|------------|-------------|
| Acamar | Gienah |
| Achernar | Hamal |
| Acrux | Kochab |
| Aldebaran | Menkar |
| Alioth | Miaplacidus |
| Alkaïd | Mirfak |
| Alphard | Nunki |
| Alphecca | Peacock |
| Alpheratz | Pollux |
| Altair | Procyon |
| Antarès | Rasalhague |
| Arcturus | Régulus |
| Bételgeuse | Rigel |
| Canopus | Rigil Kent |
| Capella | Schedar |
| Deneb | Shaula |
| Denebola | Sirius |
| Diphda | Spica |
| Dubhé | Suhail |
| Enif | Véga |
| Fomalhaut | |

Difficile, sans un long entraînement, d'essayer d'identifier une étoile en se référant à une carte du ciel. Les constellations semblent introuvables au milieu de cette nuée de scintillements.



PHOTO AUTORISÉE NOAA

L'heure du point à bord des grands voiliers : noter les secondes d'abord, ensuite les minutes, puis enfin les heures.



trois visées nécessaires pour l'obtention d'un point précis. Deux sont en fait suffisantes, mais la troisième droite, si elle recoupe les deux autres avec un chapeau modeste, confirmera la justesse de nos calculs. Et nous procurera un meilleur sommeil jusqu'au lever du jour.

Peut-on utiliser aussi une planète ?

Certes non, pour la simple raison que si les étoiles conservent en permanence une position fixe dans le ciel les unes par rapport aux autres, il n'en est pas de même pour les planètes, dont le mouvement apparent est régi par des mécanismes complexes. Complexes et indépendants du déplacement de la carte du ciel formée par les étoiles (se reporter

pour plus de détails sur la partie astronomie de cette publication). La droite de planète nécessite une grille de calculs et une méthode de recherches particulières. Sa mise en œuvre est si exceptionnelle à nos bords que, faute de place, il m'a paru sage de ne pas la développer ici (1).

Comment positionner une étoile ?

Les astronomes situent l'emplacement des astres sur la voûte céleste en utilisant deux coordonnées : l'ascension droite et la déclinaison.

(1) Les lecteurs intéressés par le calcul des droites de planète peuvent se reporter à l'ouvrage d'Alain Grée « Grande traversée et point astro », publié aux Éditions Voiles-Gallimard.

● **L'ascension droite**, aussi appelée Alpha, est l'équivalent de la longitude sur Terre. Elle se compte en heures, minutes et secondes, une heure correspondant à 15° d'arc à partir d'un méridien céleste de référence (0 h 0 min 0 s) et dans la direction de l'ouest.

● **La déclinaison**, appelée aussi Delta, est l'équivalent de la latitude sur le globe. Contrairement à l'ascension droite, la déclinaison se compte en degrés, minutes et secondes d'arc à partir de l'équateur céleste (0°) et dans la direction du pôle Nord et du pôle Sud (90°).

C'est à l'aide de ces deux coordonnées (l'ascension droite et la déclinaison) que chaque étoile est habituellement positionnée sur les cartes du ciel.



POINT D'ETOILES

● cases rectangulaires : éléments trouvés dans les éphémérides ou les tables,
● cases arrondies : éléments déterminés par l'observation ou le calcul.



DONNEES DE BASE COMMUNES à l'instant des trois visées

1 DATE du jour des visées

2 LOCH à l'instant des visées

3 CAP COMPAS moyen du bateau

4 LONGITUDE estimée à l'instant des visées

5 LATITUDE estimée à l'instant des visées

6 LATITUDE arrondi au degré proche

OBSERVATIONS étoile 1

7 Nom de la première étoile visée
constellation:

8 Hauteur observée HO lue sur le sextant.

9 Heure chrono UT de la visée sur étoile 1

OBSERVATIONS étoile 2

7 Nom de la deuxième étoile visée
constellation:

8 Hauteur observée HO lue sur le sextant.

9 Heure chrono UT de la visée sur étoile 2

OBSERVATIONS étoile 3

7 Nom de la troisième étoile visée
constellation:

8 Hauteur observée HO lue sur le sextant.

9 Heure chrono UT de la visée sur étoile 3

CALCULS à l'aide des Ephémérides

10 Corrections pour erreur instrumentale

14 AHso approché à l'heure ronde infér.

11 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrumentale

15 Complément de temps (pages jaunes)

12 Corrections optiques Table VIII des Ephémér.

16 AHso complet à l'heure de la visée

13 Hauteur vraie HV (addition de 11 et 12)

17 Longitude arbitraire 1

à l'aide des HO 249

19 Hauteur calculée Hc des HO 249

18 LHA 1 (angle horaire local)

20 INTERCEPT 1 soustraire HV de Hc

21 AZIMUT 1 AZ des HO 249

CALCULS à l'aide des Ephémérides

10 Corrections pour erreur instrumentale

14 AHso approché à l'heure ronde infér.

11 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrumentale

15 Complément de temps (pages jaunes)

12 Corrections optiques Table VIII des Ephémér.

16 AHso complet à l'heure de la visée

13 Hauteur vraie HV (addition de 11 et 12)

17 Longitude arbitraire 2

à l'aide des HO 249

19 Hauteur calculée Hc des HO 249

18 LHA 2 (angle horaire local)

20 INTERCEPT 2 soustraire HV de Hc

21 AZIMUT 2 AZ des HO 249

CALCULS à l'aide des Ephémérides

10 Corrections pour erreur instrumentale

14 AHso approché à l'heure ronde infér.

11 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrumentale

15 Complément de temps (pages jaunes)

12 Corrections optiques Table VIII des Ephémér.

16 AHso complet à l'heure de la visée

13 Hauteur vraie HV (addition de 11 et 12)

17 Longitude arbitraire 3

à l'aide des HO 249

19 Hauteur calculée Hc des HO 249

18 LHA 3 (angle horaire local)

20 INTERCEPT 3 soustraire HV de Hc

21 AZIMUT 3 AZ des HO 249

Qu'est-ce que le point vernal ?

Appelé aussi Gamma, le point vernal est un point imaginaire qui se situe à l'intersection de l'équateur céleste (déclinaison 0 degré) et du méridien céleste de référence (ascension droite 0 h 0 min 0 s). Caractéristique particulière : le point vernal est la position qu'occupe le Soleil sur la sphère céleste le jour de l'équinoxe de printemps aux environs de 12 heures UT. C'est-à-dire à la verticale du

méridien de Greenwich et de notre équateur terrestre. En clair, cela signifie que le jour de l'équinoxe de printemps (vers le 21 mars), les coordonnées des cartes du ciel et de la Terre se trouvent en parfaite coïncidence : une étoile positionnée en 15° de déclinaison nord et en 2 h 0 min 0 s d'ascension droite (soit 30° d'arc) sera visible à la verticale de la position terrestre 15° de latitude nord et 30° de longitude ouest.

Le point vernal est utilisé dans les calculs qui suivent, mais je vous rassure tout de suite : on

peut parfaitement mener à bien la recherche sur la grille sans connaître la signification profonde de ce terme scientifique. Ou en avoir oublié la définition.

Que représente l'AHso ?

Dénommée SHA en anglais (Sideral Hour Angle), l'abréviation française AHso signifie « Angle horaire sidéral à Greenwich ». Cette valeur représente la distance angulaire séparant, à un instant donné, le méridien de

Greenwich du méridien situé à la verticale du point vernal. En langage imagé, cela représente en fait le décalage en longitude entre la position respective des cartes célestes et terrestres.

Mais comme pour le point vernal, l'AHso n'est qu'un paramètre à partir duquel nous situons l'étoile utilisée. Ce n'est du reste pas nous qui ferons ce travail, mais les documents et la grille de calculs. Notre intervention se limitera à la recherche de données, sur ordre, que nous additionnerons ou soustrairons jusqu'à l'obtention du résultat final.



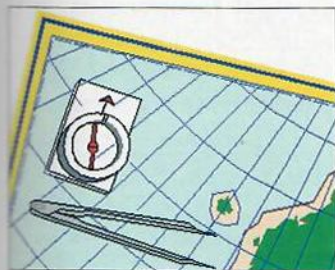
Quel est l'équipement nécessaire ?

Le calcul d'un point d'étoiles nécessite au minimum :

- un sextant équipé d'une lunette astronomique,
- une montre (précise) réglée en temps universel,
- les Éphémérides nautiques de l'année en cours,
- les Tables astronomiques HO 249, volume I.

Il faudra bien entendu prévoir une carte de la région pour tracer les droites calculées et, surtout, une documentation illustrée permettant de parfaitement reconnaître les étoiles visées : Starfinder, carte du ciel, atlas céleste ou tout autre manuel pratique de nature à faciliter les recherches d'identification.

Opérations



A/ DONNÉES DE BASE COMMUNES SUR LA GRILLE DE CALCULS, LIGNE DU HAUT

1. Inscrire la date du jour.

C'est la date correspondant aux trois visées. Éviter de commencer la première observation juste avant minuit, ce qui repousserait la dernière... au jour suivant. Situation propice aux erreurs de lecture des données dans les Éphémérides.

2. Noter le loch.

La valeur indiquée par le loch est mentionnée en milles et

dixièmes de mille. Cette mention est utile pour opérer les tracés en fin de calculs.

3. Noter le cap compas.

Il s'agit du cap compas suivi en moyenne par le bateau pendant les observations. Cette indication n'est pas réellement nécessaire pour le bon déroulement des opérations en cours, mais elle peut se révéler utile dans l'avenir au cas où, pour une raison indéterminée, la recherche se transforme en droite d'étoile. Elle constitue aussi une excellente habitude à prendre en matière de point astro.

4. Inscrire la longitude estimée.

Il s'agit de la longitude fournie par la tenue de l'estime. Même approximative, cette indication est suffisante. Inscrire cette longitude estimée en degrés et minutes d'arc, complétée de la mention cardinale est ou ouest.

5. Inscrire la latitude estimée.

Il s'agit de la latitude approchée fournie par l'estime, notée en degrés et minutes d'arc et accompagnée de la mention cardinale nord ou sud.

6. Déterminer la latitude arrondie.

Cette opération est nécessaire pour pouvoir entrer dans les HO 249. Il suffit simplement d'arrondir la latitude estimée (case 5) au degré le plus proche.

B/ OBSERVATION DE L'ÉTOILE

7. Noter le nom de l'étoile observée.

Rechercher une étoile visible à cet instant parmi les 41 étoiles référencées dans le Tome 1 des HO 249. Inscrire son nom et la constellation à laquelle elle est rattachée, après avoir confirmé son identification à l'aide des cartes du ciel et, éventuellement, des renseignements de position céleste fournis par les Éphémérides nautiques.

8. Noter la Hauteur HO lue sur le sextant.

Il s'agit de la hauteur de l'astre (obligatoirement en son centre compte tenu de la petitesse de son image dans la lunette). Cette

hauteur HO est indiquée en degrés sur le limbe et en minutes sur le tambour.

9. Noter l'heure chrono UT de l'observation.

Obligatoirement notée en temps universel UT (ou GMT) en heures, minutes et secondes, et éventuellement corrigée de l'erreur instrumentale.

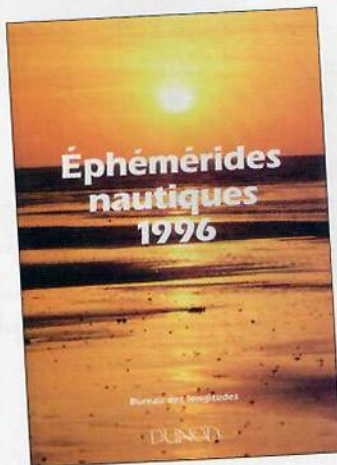
10. Inscrire la correction d'erreur instrumentale.

Il s'agit de l'erreur due à l'excentricité et à la collimation, déjà étudiées.

11. Corriger HO de l'erreur instrumentale.

Si la correction d'erreur instrumentale est positive, elle s'ajoute à la hauteur HO lue sur le sextant. Inversement, si la correction est négative, la retrancher de HO.

C/ CALCUL DE L'ANGLE HORAIRE DU POINT VERNAL A L'AIDE DES ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES



Couverture des Éphémérides nautiques, édition de l'année 1996.

12. Rechercher la correction optique.

Cette correction s'applique à la Hauteur observée HO. Due à certaines altérations subies par la visée (réfraction et dépression), elle est fournie dans la Table VIII des Éphémérides nautiques (vers la page 440). La correction se lit dans la colonne correspondant à l'élévation de l'œil au-dessus du niveau de la mer (pour nous, généralement entre 2 et 4

Heure U.T.	Point vernal AHso	VÉNUS	
		Ahao	
00	266 30,7	191 46,6	N 2
01	281 33,2	206 50,4	2
02	296 35,7	221 54,2	2
03	311 38,1	236 57,9	2
04	326 40,6	252 01,7	2
05	341 43,1	267 05,5	2
06	356 45,5	282 09,3	N 2
07	11 48,0	297 13,1	2
08	26 50,5	312 16,8	2
09	41 52,9	327 20,6	2
10	56 55,4	342 24,4	2
11	71 57,9	357 28,1	2
12	87 00,3	12 31,9	N 2
13	102 02,8	27 35,7	2
14	117 05,2	42 39,4	2
15	132 07,7	57 43,2	2
16	147 10,2	72 46,9	2
17	162 12,6	87 50,7	2
18	177 15,1	102 54,4	N 2
19	192 17,6	117 58,1	2
20	207 20,0	133 01,9	2
21	222 22,5	148 05,6	2
22	237 25,0	163 09,3	2
23	252 27,4	178 13,0	2
24	267 29,9	193 16,8	N 2

Extrait de la page du jour des Éphémérides nautiques, sur laquelle est mentionné l'Angle horaire du Point vernal AHso.

mètres), et face à la valeur de la Hauteur observée HO. Elle est toujours négative et indiquée en minutes d'arc et dixièmes de minute.

13. Déterminer la Hauteur vraie HV.

La correction optique déterminée case 12 est ajoutée à la Hauteur observée corrigée (case 11). Le résultat de l'addition fournit la Hauteur vraie HV.

14. Rechercher l'AHso approché.

Page du jour des Éphémérides nautiques, colonne Point vernal et face à l'heure ronde inférieure de la visée (case 9), noter l'Angle Horaire à Greenwich du Point Vernal (AHso).

15. Déterminer les compléments pour l'AHso.

Pages jaunes des Éphémérides nautiques, dans la Table d'interpolations générales, page correspondant à la valeur des minutes d'arc de la visée (9), dans la colonne Point vernal et face au nombre de secondes de la visée (9), noter la correction correspondant au complément de temps laissé de côté.



Image réelle ou science fiction ? L'observation du ciel réserve bien des surprises.

PHOTO AUTORISÉE JPL

16. Calculer l'AHso complet.

Additionner l'AHso approché (14) et les compléments (15) pour obtenir l'Angle Horaire à Greenwich du point vernal (AHso) complet à l'heure précise de la visée.

Le résultat obtenu (qui doit être dépourvu de minutes d'arc) est l'Angle Horaire local du Point Vernal (LHA).

17-18. Déterminer G arbitraire et LHA.

Procéder de la même manière que pour une droite de Soleil, afin d'entrer dans les Tables HO 249, avec un Angle horaire local LHA arrondi au degré (case 18). Pour l'obtenir, il est nécessaire de déterminer, par simple réflexion, une longitude arbitraire (17) dont la valeur, ajoutée ou retranchée de l'AHso complet (16), fournira un résultat dépourvu de minutes et de dixièmes de minute.

• *Si la longitude est ouest :* transformer la longitude estimée (4) en lui inscrivant un nombre de minutes identique au nombre de minutes de l'AHso complet (16).

• *Si la longitude est est :* transformer la longitude estimée (4) en lui inscrivant un nombre de minutes dont la valeur, additionnée aux minutes de l'AHso complet (16), permette d'obtenir un nombre de degrés entiers.

Le résultat obtenu case 18 doit être dépourvu de minutes d'arc. C'est l'Angle Horaire local du Point Vernal (LHA), qui va nous permettre d'obtenir l'intercept et l'azimut.

D/ CALCUL DE L'INTERCEPT ET DE L'AZIMUT A L'AIDE DES TABLES HO 249, VOLUME I

19-21. Chercher la Hauteur calculée et l'azimut.

Dans les HO 249, Tome 1 (Étoiles), page de la Latitude arrondie (case 6), colonne de l'étoile visée (7) et face à la valeur du LHA du Point vernal (18), inscrire la hauteur calculée Hc (19) et l'azimut Zn (21) de l'étoile.

Remarques : noter que Hc et Zn sont utilisables directement, sans indice de correction d pour la hauteur calculée, ni soustraction éventuelle de 360° pour l'azimut (Zn = AZ).

20. Déterminer l'intercept.

Comme pour une droite de soleil, calculer la différence entre la Hauteur vraie HV (case 13) et la Hauteur calculée Hc (case 19) pour obtenir l'intercept en milles.

Recommencer les mêmes opérations pour les autres étoiles, à partir de la case 7 réservée à chacune d'elles.

Tracé des droites d'étoiles

On procède, étoile par étoile, comme pour une droite de Soleil, puisque chaque calcul correspond en fait à la recherche d'une droite de hauteur d'étoile.

• **Définir le Point arbitraire PA.** Tracer l'emplacement du Point arbitraire PA, qui se situe à l'intersection de la latitude arrondie (case 6 de la grille de calculs) et de la longitude arbitraire (case 17). C'est à partir de ce point que seront tracées les trois droites d'étoiles.

• **Tracer l'azimut AZ.** L'azimut AZ, déterminé en case 21, représente la direction de l'étoile au moment de la visée. Il se trace comme un relèvement à partir du point arbitraire PA, en utilisant la règle de navigation. Aucune correction n'y est apportée. Il est d'usage d'inscrire au crayon, le long de cette ligne, la valeur de l'azimut et de prolonger le tracé de l'autre côté du Point arbitraire, c'est-à-dire à l'opposé de la direction AZ.

Extrait du volume I des Tables américaines HO 249 (Selected Stars). Selon la latitude considérée (ici 49° N) et face à LHA figurent la hauteur calculée Hc et l'azimut Zn pour les étoiles visibles.

• **Reporter l'intercept.** L'intercept représente la distance, en milles, séparant le Point arbitraire d'un point (défini par les calculs) par lequel passera la droite de hauteur. Ce dernier point s'obtient en reportant la valeur de l'intercept sur la ligne marquant la direction de l'azimut AZ. À noter que l'intercept est fourni en minutes d'arc, que l'on transforme directement en milles nautiques (1 minute = 1 mille).

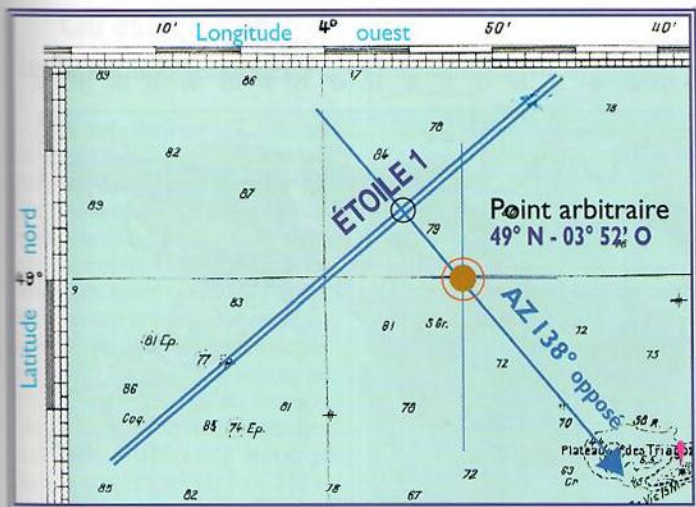
Rappel : l'intercept se trace :
- en direction de l'astre si HV plus grande que HC,
- à l'écart de l'astre si HV plus petite que HC.

• **Tracer la droite de hauteur.** À partir du point obtenu précédemment, tracer la droite de hauteur perpendiculairement à la direction de l'azimut AZ. Par convention, elle est habituellement matérialisée par un trait double afin de la différencier des autres lignes portées sur la carte.

• **Reporter les deux autres droites.** L'intersection des trois droites sur la carte forme un triangle (le fameux chapeau des relèvements sur amers ou radiophares), au centre duquel nous placerons notre position à l'heure moyenne des visées. S'il prend la taille d'un sombrero mexicain, une seule solution : recommencer identifications, observations et calculs...

LAT 49°N

LHA °p	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn	Hc Zn
	*CAPELLA	ALDEBARAN	Hamal	*Diphda	ALTAIR	*VEGA	Kochab
0	39 08 062	26 16 095	54 22 125	22 14 169	24 29 254	33 35 292	36 32 347
1	39 43 062	26 55 096	54 54 126	22 21 170	23 51 255	32 59 293	36 23 347
2	40 18 063	27 34 097	55 26 127	22 28 171	23 13 256	32 22 294	36 14 347
3	40 53 063	28 14 097	55 57 129	22 34 172	22 35 257	31 47 294	36 06 348
4	41 28 064	28 53 098	56 28 130	22 39 173	21 56 258	31 11 295	35 58 348
5	42 03 064	29 31 099	56 57 131	22 43 174	21 18 259	30 35 295	35 49 348
6	42 39 064	30 10 100	57 27 133	22 47 175	20 39 259	30 00 296	35 41 348
7	43 15 065	30 49 101	57 55 134	22 50 176	20 01 260	29 24 297	35 34 349
8	43 50 065	31 28 101	58 23 136	22 52 177	19 22 261	28 49 297	35 26 349
9	44 26 066	32 06 102	58 50 137	22 53 178	18 43 262	28 14 298	35 19 349
10	45 02 066	32 45 103	59 17 139	22 54 179	18 04 263	27 39 298	35 12 350
11	45 38 067	33 23 104	59 42 140	22 54 180	17 25 263	27 05 299	35 05 350
12	46 15 067	34 01 105	60 07 142	22 54 181	16 46 264	26 31 300	34 58 350
13	46 51 068	34 39 106	60 31 144	22 52 182	16 06 265	25 56 300	34 51 351
14	47 28 068	35 17 107	60 53 145	22 50 183	15 27 266	25 22 301	34 45 351
	*CAPELLA	ALDEBARAN	Hamal	*Diphda	Alpheratz	*DENEK	Kochab
15	48 04 069	35 55 107	61 15 147	22 48 184	67 36 212	47 05 291	34 39 351
16	48 41 069	36 32 108	61 36 149	22 44 186	67 14 214	46 28 291	34 33 351
17	49 18 070	37 09 109	61 56 151	22 40 187	66 52 216	45 51 292	34 27 352
18	49 55 070	37 46 110	62 15 153	22 35 188	66 29 218	45 15 292	34 22 352
19	50 32 071	38 23 111	62 32 154	22 30 189	66 04 220	44 38 293	34 16 352
20	51 09 071	39 00 112	62 48 156	22 23 190	65 38 221	44 02 293	34 11 353
21	51 47 072	39 36 113	63 04 158	22 16 191	65 12 223	43 26 294	34 06 353
22	52 24 072	40 12 114	63 18 160	22 09 192	64 45 225	42 50 294	34 02 353
23	53 02 073	40 48 115	63 30 162	22 01 193	64 16 227	42 14 295	33 57 354
24	53 39 073	41 24 116	63 42 164	21 52 194	63 47 228	41 38 295	33 53 354
25	54 17 074	41 59 117	63 52 166	21 42 195	63 18 230	41 03 296	33 49 354
26	54 55 074	42 34 118	64 00 168	21 32 196	62 47 232	40 27 296	33 45 355
27	55 33 075	43 08 119	64 07 170	21 21 197	62 16 233	39 52 297	33 42 355
28	56 11 075	43 43 120	64 13 173	21 09 198	61 44 235	39 17 297	33 38 355
29	56 49 076	44 16 121	64 18 175	20 57 199	61 12 236	38 42 298	33 35 356

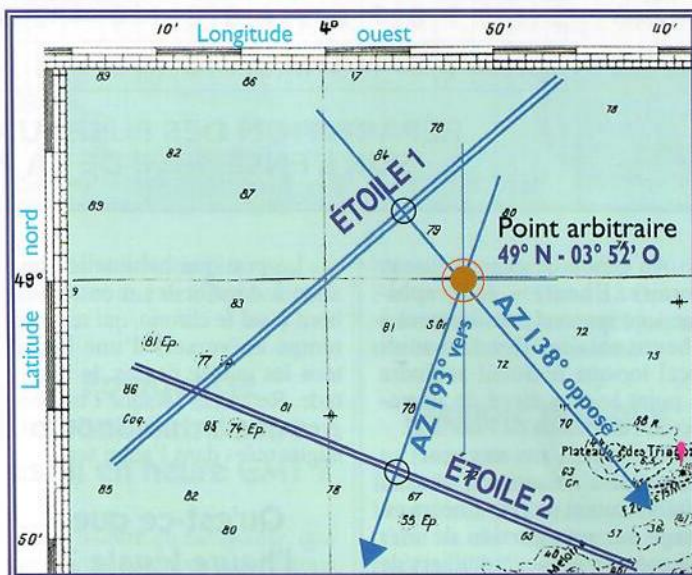


TRACÉS SUR LA CARTE

EN HAUT. À partir du point arbitraire se trace la droite de hauteur pour la 1^{re} étoile (AZ 138°, tracée à l'opposé).

AU CENTRE. Toujours à partir du même point arbitraire (les visées se sont opérées l'une après l'autre à quelques minutes d'intervalle) se trace la 2^e droite (ici AZ 193° vers l'astre).

EN BAS. Grâce au tracé de la 3^e droite se dessine un chapeau nettement défini. Il détermine la position du bateau à l'instant des visées.



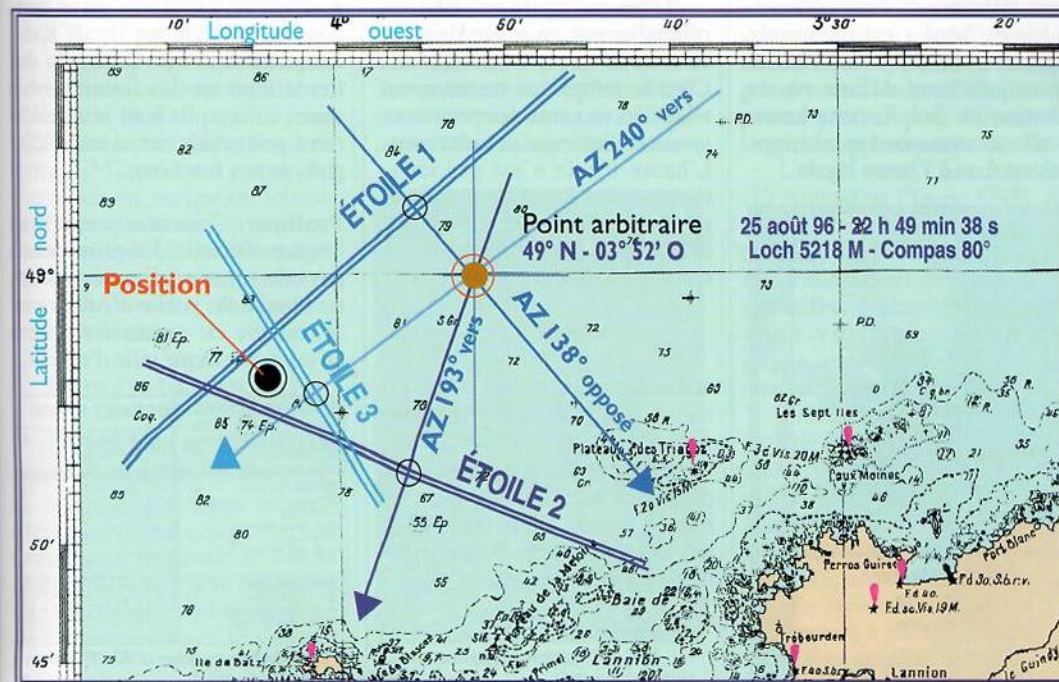
IDENTIFICATION DES PLANÈTES

S'il est relativement aisé d'identifier les étoiles par leur situation au sein de la constellation à laquelle elles sont rattachées (on y parvient facilement à l'aide d'une carte du ciel), il en va tout autrement des planètes, astres errants qui, comme le Soleil et la Lune, sont indépendants des constellations dans leur déplacement spatial.

Comment alors les reconnaître parmi le fourmillement de points lumineux qui animent la voûte céleste ?

1. À leur éclat, différent de celui des étoiles,
2. à l'absence de scintillement lumineux,
3. au reflet qu'elles produisent à la surface de la mer (rare avec les étoiles),
4. au fait que leur présence est étrangère à la constellation qui les entoure.

L'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers* précise chaque mois la position des quatre planètes utilisées en astro-navigation (Jupiter, Saturne, Mars et Vénus) par rapport aux constellations visibles. Les cartes célestes présentées dans ce hors-série devraient vous aider à les localiser sur le ciel nocturne. ■





L'heure en mer

En navigation, la notion de l'heure utilisée et du temps de référence fait partie des données qu'il importe de maîtriser avec le maximum de précision.

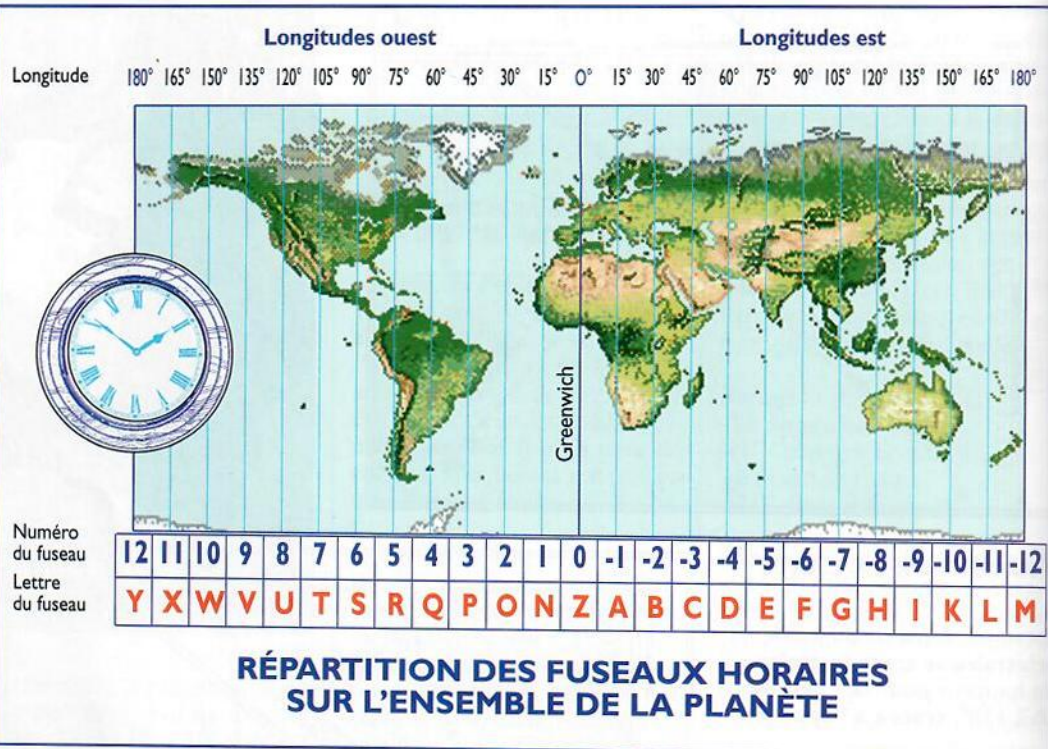
En premier lieu, bien sûr, lors des calculs de point astronomique. Toutefois, même en croisière côtière, certains documents, comme l'Annuaire des marées ou certains bulletins météorologiques, font appel à une heure de référence différente de celle indiquée par la montre du bord. C'est le moment où jamais d'accorder nos pendules.

Qu'est-ce que l'heure locale ?

Rappel de notions élémentaires : pendant que le Soleil brille sur une partie du globe, la demi-sphère située à l'opposé se trouve plongée dans l'obscurité. Pour cette raison évidente, toutes les montres de la Terre ne peuvent marquer la même heure au même instant.

Les géographes ont donc divisé le planisphère terrestre en vingt-quatre tranches égales, correspondant chacune à un fuseau horaire d'une largeur angulaire de 15 degrés (360° divisés par 24 = 15°).

Chaque fuseau horaire a reçu une double appellation, codifiée par un numéro et une lettre d'identification (voir la répartition générale sur la carte). On utilise indifféremment l'une ou l'autre de ces abréviations : notre fuseau horaire, qui s'étend de part et d'autre du méridien de Greenwich, est ainsi nommé tantôt fuseau numéro zéro, tantôt fuseau Z selon le document considéré.



Au centre de chaque fuseau horaire, l'heure « géographique » correspond sensiblement à l'heure solaire. Il y sera midi local lorsque le Soleil atteindra le point le plus élevé de sa trajectoire au-dessus de l'horizon.

Lorsque l'on navigue au milieu de l'Atlantique, aucune administration ne fixe l'heure en usage sur une portion de mer éloignée de plusieurs milliers de milles des côtes. À l'écart de toute référence de temps officiel, la vie du bord y est orchestrée par une heure propre au bateau. Essentiellement définie par la position du Soleil, cette heure locale ne correspond ni au temps universel, ni à l'heure légale.

La pratique habituelle consiste à décaler les montres du bord (sauf le chrono, qui reste en temps universel) d'une heure tous les quinze degrés de longitude. Retardées lorsque l'on progresse en direction de l'ouest, augmentées dans l'autre sens.

Qu'est-ce que l'heure légale ?

L'heure légale est l'heure officiellement en usage dans un État ou un groupement d'États. C'est le temps que mentionnent toutes les montres des personnes vivant à l'intérieur de cette zone. L'heure légale n'est pas identique en tout lieu à la surface du globe terrestre : elle varie selon la situation géographique de la contrée considérée.

REMARQUES

• **Certaines nations**, pour un même lieu, affichent une heure d'été différente de celle d'hiver. C'est le cas de plusieurs pays d'Europe occidentale, dont la France depuis 1976, qui ajoute une heure à l'heure légale habituelle d'avril à septembre.

Notre montre marque ainsi :
UT + 1 heure en hiver
et UT + 2 heures en été.

• **Quelques pays ou groupements de pays**, pour des raisons de commodité particulière, ont préféré adopter la même heure pour un ensemble de régions plus étendues que la largeur d'un fuseau. Inversement, d'autres nations, comme les États-Unis, l'Union soviétique ou l'Australie, possèdent plusieurs heures légales d'une frontière à l'autre de leur territoire.

• **Il existe aussi des pays** qui possèdent une heure légale spécifique, éloignée de quinze ou de trente minutes des fuseaux horaires voisins. Ils sont heureusement peu nombreux et très éloignés de nos frontières.

Pratique. Comment connaître l'heure officielle des principaux pays du monde ? En consultant un horaire de poche d'Air France, où elle est mentionnée près du nom de chaque ville d'escale.



VILLES DESSERVIES		DEPART PARIS		
R	Code Rapport UTC	JOURS	VALIDITE du	DE
NAGOYA Japon	NDG -8	----	5-7	18
<small>22 km Osaka 18 km car 600 yens 15:22 Meiji 3 Chome Nakamura ku ☎ (81) (052) 551 4141</small>				
NAIROBI Kenya	NDG +3	---	3----	11
<small>22 J. Kenyatta 18 km car 90 shillings-taxe 20 USD AF International Life house Mama Ngira St. Nairobi</small>				

L'horaire de poche d'Air France mentionne les heures en usage.

Qu'est-ce que le Temps universel ?

Les appellations UT (Temps universel) et GMT (Greenwich Meridian Time) sont synonymes. Elles correspondent à l'heure du fuseau horaire zéro ayant pour axe le méridien de Greenwich. Le Temps universel constitue l'heure de référence mondiale à partir de laquelle se définissent les autres temps en usage dans tel ou tel lieu. C'est ainsi qu'en France, l'heure légale d'hiver marque une heure de différence avec le Temps universel (UT + 1), et deux heures en été (UT + 2).

EN RÉSUMÉ

On peut utiliser trois temps différents à bord d'un bateau :

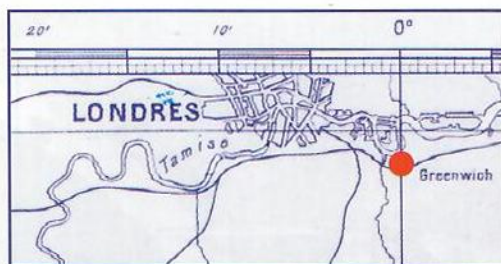
- **L'heure locale**, définie arbitrairement en fonction de la distance en longitude nous séparant du méridien de Greenwich.
- **L'heure légale**, correspondant à l'heure officiellement en usage dans le pays auquel notre zone de navigation est rattachée.
- **L'heure UT** (ou GMT), correspondant à l'heure du fuseau horaire numéro zéro, plus communément appelée l'heure du méridien de Greenwich.

Heure UT ou heure GMT ?

S'il est vrai que les Annuaires du SHOM et les Éphémérides nautiques sont établis en référence au Temps universel UT, le caractère international du terme GMT rend son usage plus commode en navigation lointaine. Parce que beaucoup de documents utilisés alors sont rédigés en anglais, et aussi en raison du mot « Greenwich » contenu dans cette abréviation.

POURQUOI GREENWICH ?

Il s'agit d'un ancien observatoire de la banlieue londonienne, au centre duquel passe le méridien d'origine qui porte son nom. Toute longitude se définit obligatoirement par rapport à lui : quelle que soit notre position, nous sommes toujours à l'est ou à l'ouest de ce méridien zéro, de la même manière qu'en



L'observatoire de Greenwich, près de Londres, a donné son nom au méridien d'origine (0°) qui sert de référence internationale pour déterminer les longitudes.



latitude nous nous situons au nord ou au sud de l'équateur terrestre.

Pourquoi le chronomètre astro est-il en heure GMT ?

La montre du navigateur, que par convention nous nommerons chronomètre pour la différencier des autres montres ou pendules en service à bord, doit toujours être réglé sur l'heure GMT, ou Temps universel UT. Cette disposition est très commode, car elle permet de traduire directement



Au mouillage en Martinique : 12 heures locales, 16 heures UT.

l'écart horaire constaté entre l'heure locale et l'heure à Greenwich. Sans calculs compliqués ni remise à l'heure fastidieuse.

Exemple pratique

Nous sommes en Martinique. Il est 12 heures aux pendules de la place de la Savane. Un coup d'œil au chronomètre du bord, réglé en GMT : son cadran indique 16 heures. Logique : le Soleil a déjà survolé Greenwich depuis un certain temps avant d'atteindre les Caraïbes au cours de sa progression vers l'ouest. Pourquoi ne pas en profiter pour calculer la longitude approximative de l'île ?

L'écart entre l'heure locale (12 heures) et l'heure GMT du chrono (16 heures) fait apparaître une différence de quatre heures. Petit calcul de longitude : quatre fois 15 degrés fournit 60°, valeur correspondant à notre longitude approchée (61° exactement en réalité).

Cet exemple simple montre l'intérêt de régler le chronomètre de navigation en GMT pour le calcul de la longitude. En outre, l'heure chrono des visées au sextant étant obligatoirement notée en GMT, son inscription sur la feuille de calculs s'effectue directement à partir de la lecture du cadran, simplifiant l'opération et annulant les risques d'erreur.

Heures légales en usage dans différentes villes

L'heure légale en usage dans les différents pays cités est indiquée par rapport à Greenwich (UT). Quand il est midi à Greenwich, il est 14 heures à Athènes en hiver, et 15 heures en été. Le décalage horaire entre ces villes s'obtient par simple opération arithmétique.

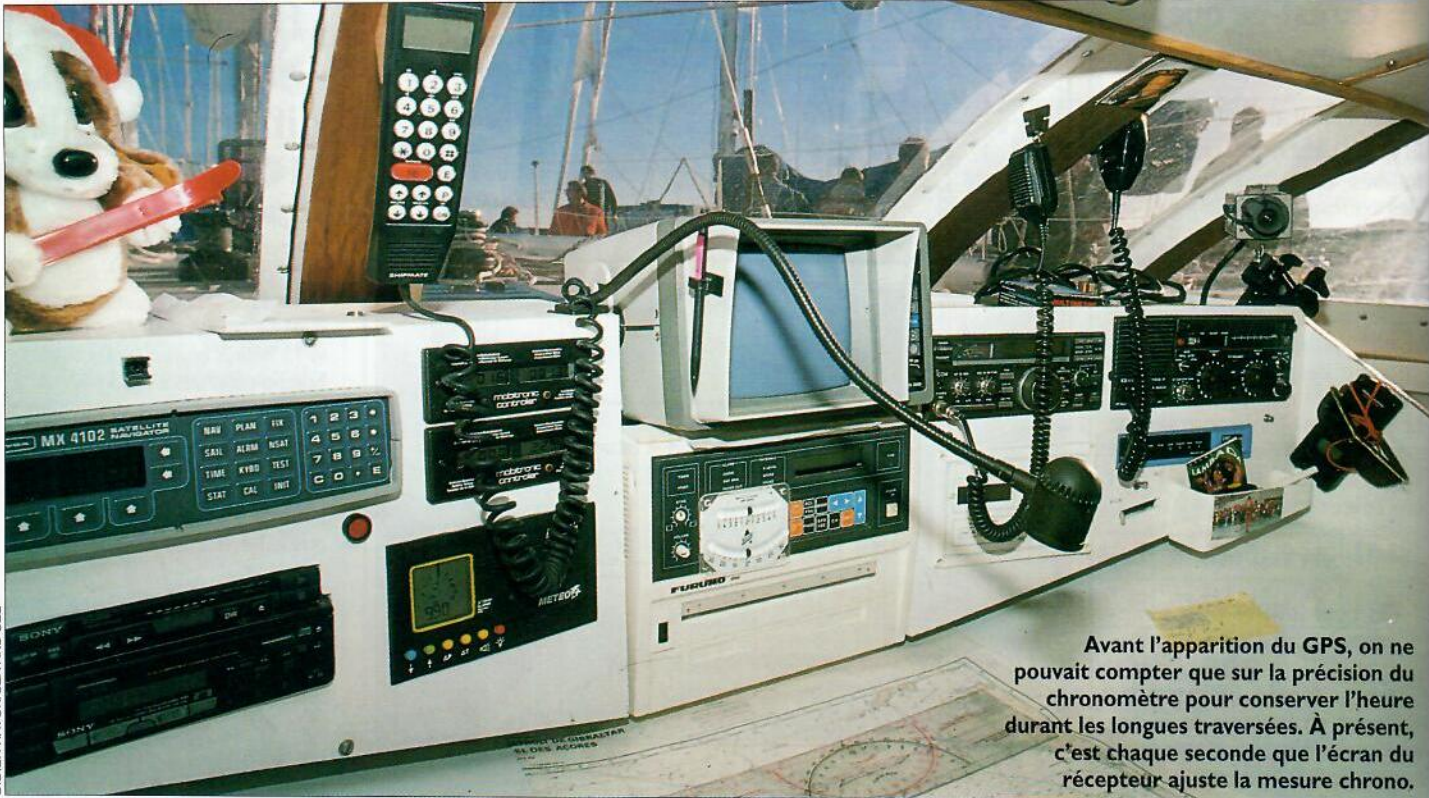
Exemple :

Nous sommes en juillet. Il est 10 heures du matin à Paris, quelle heure est-il à New York ?

Solution :

En été, Paris est en UT + 2, et New-York en UT - 4. Différence : 6 heures. Dans le sens du déplacement du Soleil, bien sûr. L'orient étant éclairé avant l'occident dans la course de l'astre, il est 4 heures du matin à New York lorsque nos montres indiquent 10 heures en juillet.

Localités	Hiver	Été
Athènes	+ 2	+ 3
Bangkok	+ 7	+ 7
Bombay	+ 5,30	+ 5,30
Buenos Aires	- 3	- 3
Caracas	- 4	- 4
Cayenne	- 3	- 3
Copenhague	+ 1	+ 1
Dakar	UT	UT
Djakarta	+ 7	+ 7
Djibouti	+ 3	+ 3
Fort-de-France	- 4	- 4
Hong-Kong	+ 8	+ 8
Izmir	+ 2	+ 3
Las Palmas	UT	+ 1
Lisbonne	UT	+ 1
Londres	UT	+ 1
Los Angeles	- 8	- 7
Manille	+ 8	+ 8
Maurice (île)	+ 4	+ 4
Melbourne	+ 11	+ 10
Miami	- 5	- 4
New York	- 5	- 4
Nouméa	+ 12	+ 11
Oslo	+ 1	+ 1
Panama	- 5	- 5
Papeete	- 10	- 10
Paris	+ 1	+ 2
Pointe-à-Pitre	- 4	- 4
Rio de Janeiro	- 3	- 3
San Francisco	- 8	- 7
Seychelles	+ 4	+ 4
Singapour	+ 7,30	+ 7,30
Sydney	+ 11	+ 10
Tokyo	+ 9	+ 9



Avant l'apparition du GPS, on ne pouvait compter que sur la précision du chronomètre pour conserver l'heure durant les longues traversées. À présent, c'est chaque seconde que l'écran du récepteur ajuste la mesure chrono.

Quel chronomètre choisir ?

En coffret, à cardan, en bracelet, mural, de poche, mécanique, électrique, électronique, à quartz, digital ou à aiguilles, ancien ou moderne, neuf ou d'occasion, les modèles de chronomètre sont si nombreux que chacun est en droit d'hésiter au moment d'en faire l'acquisition. Mais les progrès de la technologie au cours des vingt dernières années ont désormais clarifié l'inventaire. Pour un prix modique, les montres à quartz ont en effet acquis une précision telle que l'achat d'un modèle mécanique ne se pose plus.

LES CRITÈRES À RESPECTER

- indication des secondes obligatoire,
- cadran favorisant une lecture claire,
- modèle à affichage digital de préférence.

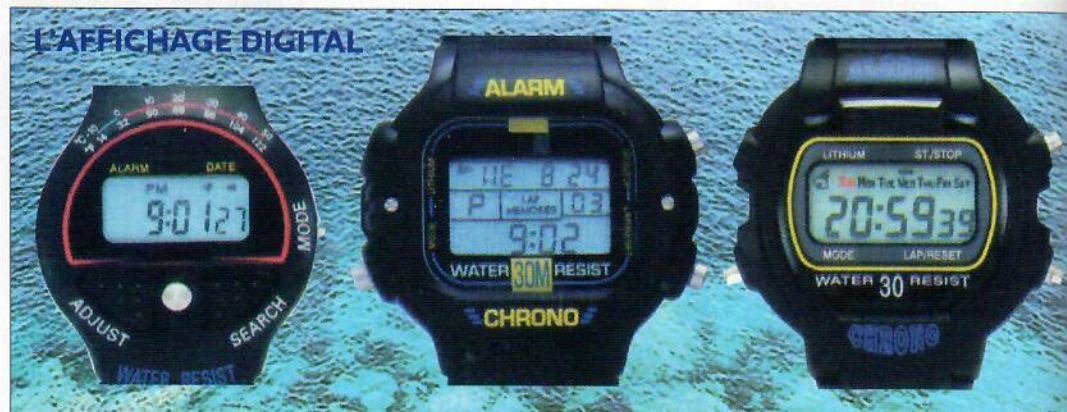
Erreurs de lecture. Aussi surprenant que cela puisse paraître, le déchiffrement du top chrono sur un cadran à aiguilles est à l'origine des erreurs les plus fréquentes dans les calculs de

point astro. Étourderie habituelle : lorsque, par exemple, la montre indique 10 heures, 58 minutes et 20 secondes, on inscrit sur la feuille 20 secondes, puis 58 minutes, puis enfin 11 heures. Pourquoi 11 heures ? Parce que la petite aiguille stationne à ce moment face à ce chiffre. Ne souriez pas : au grand large, l'environnement ne favorise pas toujours une parfaite concentration. Les tâches étant nombreuses, on opère les visées entre deux occupations souvent absorbantes, avec l'esprit ailleurs. D'où ces mal-adresses de lecture.

Contrôle du chronomètre

Voici le type de document permettant de contrôler, en navigation, l'état de la montre (différence affichée avec l'heure exacte) et la marche (variation enregistrée en 24 heures).

Date du top horaire	Heure GMT du top	Origine du top horaire	Heure lue sur la montre	État de la montre	Marche de la montre
12 mars	9 h 0 min 0 s	France Inter	9 h 1 min 7 s	+ 1 min 7 s	
13 mars	9 h 0 min 0 s	id	9 h 1 min 12 s	+ 1 min 12 s	+ 5 s
18 juin	9 h 0 min 0 s	id	9 h 1 min 37 s	+ 1 m 37 s	+ 5 s



Lecture claire, très nette, différenciation entre le dessin des chiffres 1 et 7 limitant les risques d'erreur.

Date clairement lisible, mais lecture des secondes séparée, peu commode au centre du cadran d'affichage.

Déchiffrement de l'heure très facile grâce aux chiffres de grande taille et à l'absence de mention AM ou PM.

Affichage digital. Depuis l'apparition de l'affichage digital, la lecture de l'heure est grandement simplifiée et les risques d'erreur réduits au minimum. Attention, toutefois, aux dessins de chiffres fantaisistes ou mal définis. C'est notamment le cas pour le 1, parfois confondu avec le 7 sur certains écrans.

Quelle précision tolérer ?

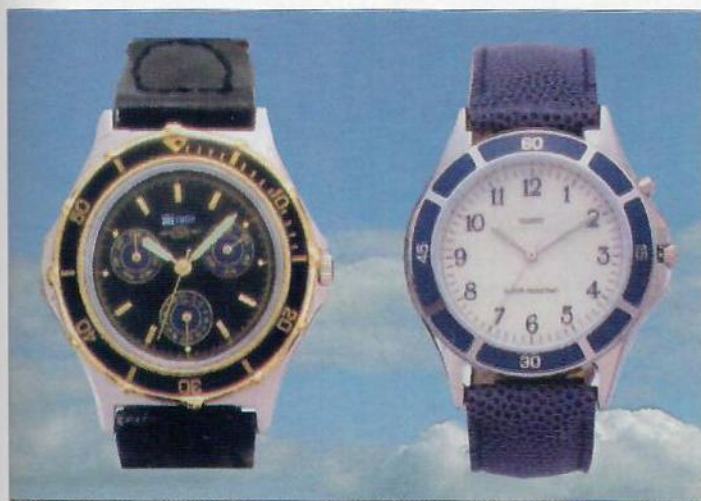
Une traversée de l'Atlantique à la voile impose de vingt à trente jours de haute mer. À raison de cinq secondes par jour d'irrégularité de fonctionnement, l'erreur totale du chronomètre à l'arrivée atteindra environ deux minutes par rapport à l'heure juste, soit une trentaine de milles en longitude. C'est beaucoup pour la précision de l'atterrissage. La tolérance d'usage ? Sachant que 10 secondes sur la montre correspondent à 2,5 milles en longitude, à vous de décider...



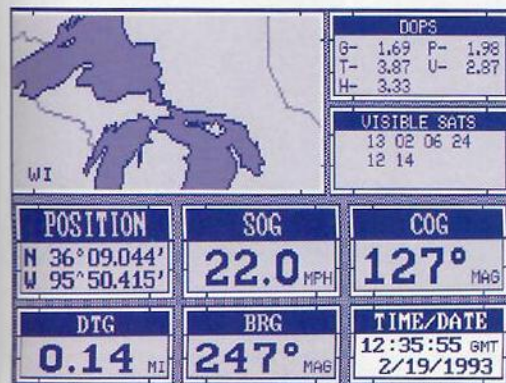
L'AFFICHAGE ANALOGIQUE

La lecture de l'heure sur un chronomètre à aiguilles n'est pas toujours aussi commode qu'on pourrait le croire à première vue, et nombre d'erreurs de calculs lui sont dues.

Sur le cadran du bas, par exemple, on inscrit les secondes (36), puis les minutes (58), puis les heures (8). 8 ? Correction : il faut lire 7 heures...



▲ À gauche, cadran à aiguilles dépourvu de chiffres : risques de confusion lors du déchiffrement des heures et des minutes. À droite, chiffres des heures parfaitement lisibles.



◀ Les récepteurs GPS reçoivent l'heure GMT (ici en bas et à droite de l'écran d'affichage), régulièrement mise à jour toutes les secondes.

Avec les montres à quartz de qualité, les écarts journaliers sont pratiquement nuls puisque les fabricants annoncent une précision proche de la seconde journalière, parfois moins.

Il convient néanmoins d'en contrôler la marche par comparaison quotidienne avec les tops horaires de *France-Inter*, de la *BBC* ou, si vous disposez de ce type de récepteur à bord, l'heure chrono fournie par les satellites GPS. Il existe aussi depuis peu, merveilles parmi les merveilles, des montres radio-pilotées qui offrent la précision absolue. Synchronisé par ondes radio avec l'Institut physico-technique allemand de Brunswick, leur mécanisme est calé en permanence sur l'horloge étalon atomique de cet organisme officiel, à la fraction de seconde près. *France-Inter* retransmet également le signal codé chaque minute depuis son émetteur d'Allouis (attention : directement en heure légale, hiver comme été). On croit rêver.

Dernier détail : quel que soit le modèle choisi, n'oubliez pas d'en changer la pile contre une neuve avant l'appareillage car l'arrêt accidentel pour défaillance de batterie ne prévient jamais.

Jean Lacombe apprend le point astro

« Il faudra que j'apprenne à faire le point d'ici Gibraltar ; je pourrai ainsi vérifier mes observations par des relèvements à terre.

« Mercredi 16 novembre. À 1 heure 30, je suis au sud du phare de Maspalomas, point le plus sud de Grande Canarie. (...) Cela devient sérieux, capital. Je sors tout le matériel. Assis sur le rouf, chronomètre en main, 20 minutes avant la culmination prévue, je fais une première observation pour la longitude.

« Puis, à midi vrai du lieu qui, je le sais puisque je connais mon relèvement, est 11 heures 45 du fuseau, je prends une hauteur de Soleil pour la latitude. Ce n'est pas facile, car la mer est houleuse. Je fais mon calcul et trouve une erreur d'environ deux degrés, ce qui est énorme, épouvantable. Je ne comprends pas pourquoi. Peut-être que l'observation a été mal faite ? Tant pis, ce sera pour demain. Les verres du sextant sont un peu sales. Je les nettoie. Simplement pour voir si c'est plus net, je reprends une hauteur de Soleil... et je m'aperçois qu'il a encore monté, alors qu'il devrait descendre ! Je commence à me douter d'où vient l'erreur : ma montre doit avancer d'une heure. (...)

« Jeudi 17 novembre (...). Je fais une méridienne à l'heure de ma montre. La même erreur se produit. J'ai maintenant la certitude que j'avance d'une heure. »

Soyons sérieux : une heure de temps, cela se traduit par 15 degrés de différence, et non deux... Jean Lacombe prend le risque de corriger sa montre en fonction de sa déduction de débutant. Bien lui en prend. Après 59 jours de mer, une terre émerge de l'horizon face à l'étrave. C'est la Désirade.

« L'Atlantique est traversé ! (...) Je vire de bord, cap au nord-est. Ma latitude est correcte, mais j'ai un retard d'environ 1° 30' en longitude, ce qui correspond à un retard de la montre de six minutes de temps. »

Extrait de « À moi l'Atlantique ! », de Jean Lacombe (éditions Robert Laffont).



La visée sur l'horizon artificiel

Vouloir découvrir les secrets de la navigation astronomique est une démarche louable, mais il n'est pas toujours facile de disposer d'une étendue océanique à portée de visée pour s'initier au maniement du sextant.

Comment mettre les notions en pratique lorsque la mer se trouve à plusieurs centaines de kilomètres ? Rien de plus simple : il suffit d'opérer sur un plan d'eau de taille réduite, spécialement créé à cet effet. Où ça ? À la maison, dans un coin tranquille, rien que pour nous. Cet océan miniature nous procurera un horizon artificiel grâce auquel nous pourrions obtenir la hauteur vraie (H_v) du Soleil et réaliser les calculs astro de la même manière qu'au grand large. Le rêve.

Quel équipement utiliser ?

En premier lieu, bien entendu, il faudra réunir le matériel nécessaire à la recherche du point astro : un sextant, un chronomètre réglé en UT et les documents indispensables pour le calcul à réaliser (Éphémérides, Tables, carte de la région). Ce qui est la moindre des choses. La liste de cet équipement est mentionnée dans chacun des chapitres étudiés ici.

Pour ce qui concerne la visée sur horizon artificiel proprement dite, un seul accessoire est requis : un récipient à large ouverture. La solution la plus simple consiste à utiliser un baquet

d'eau en matière plastique. Une cuvette, une auge à plâtre neuve ou une petite cuve à développer les photos conviennent à merveille. Seule obligation : le fond doit être de couleur sombre pour permettre un meilleur contraste de l'image reflétée. Sinon, immerger un tissu noir. Le récipient une fois rempli d'eau, l'entraînement peut commencer.

Comment disposer le récipient ?

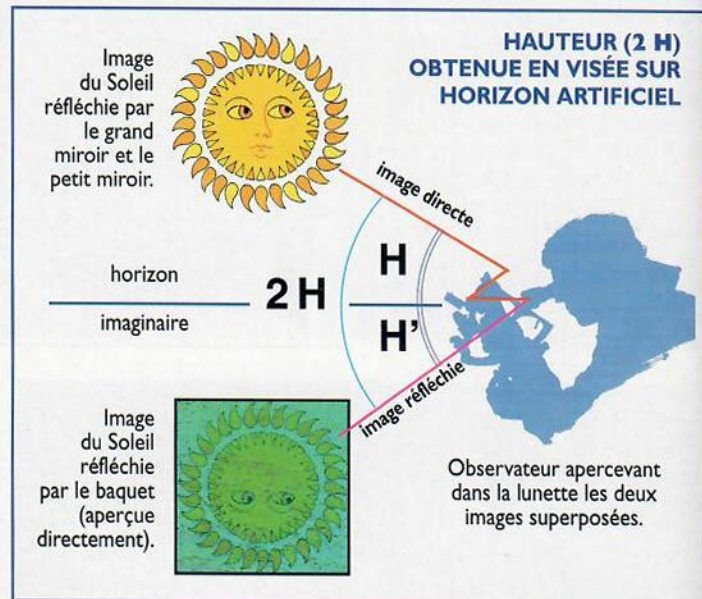
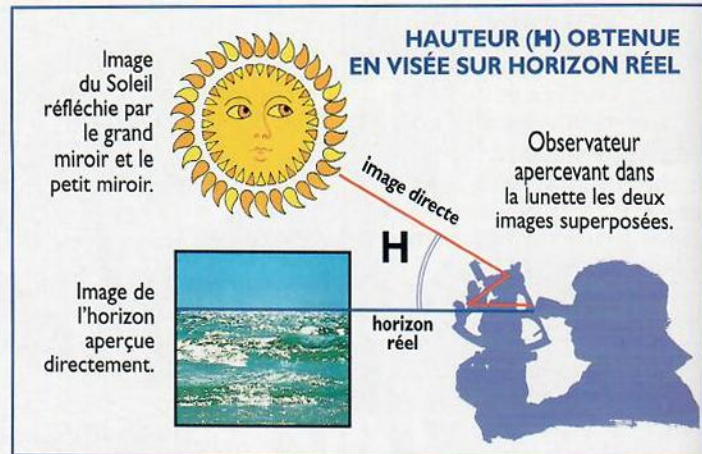
Plusieurs impératifs sont à respecter pour le choix de l'emplacement du récipient :

- **Le champ de vision.** Le baquet d'eau doit être disposé à un endroit d'où il est possible d'apercevoir le Soleil, à la fois en visée directe et par l'intermédiaire de son reflet renvoyé par la surface liquide.

- **Stabilité du reflet.** Rechercher un endroit abrité du vent : la moindre perturbation de l'atmosphère, même légère, fait frissonner la surface de l'eau, troublant l'image perçue au point de rendre toute visée impossible. Toute vibration du sol génère des effets similaires.

- **Déformations de l'image.** Éviter de se placer derrière une fenêtre fermée : l'image du Soleil doit se refléter à la surface du liquide sans être déformée par la présence d'une paroi vitrée.

- **Écran transparent.** Ne pas tenter de recouvrir la surface de l'eau d'une vitre protectrice : cet écran transparent peut produire un phénomène de réfraction susceptible de fausser la valeur de la hauteur lue au sextant.



À quel moment doit-on observer le Soleil ?

N'importe quelle heure de la journée peut être choisie, pourvu que l'image renvoyée par la surface liquide soit clairement distincte dans la lunette du sextant. Pour la raison déjà mentionnée plus haut, c'est finalement les caractéristiques des mouvements atmosphériques qui détermineront l'instant de la visée. Opérez avant la levée de la brise, ou profitez d'un moment d'accalmie. À ce stade de la recherche, rien ne presse réellement.

Attention : l'éclat du Soleil n'étant nullement atténué à l'écart de la mer, il faudra prendre soin de placer les filtres solaires devant le grand et le petit miroir, comme lors des observations en situation réelle.

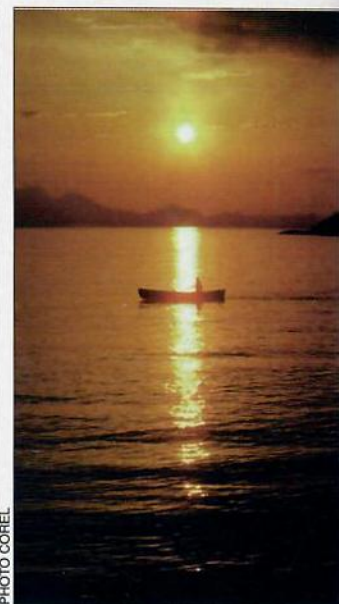


PHOTO COREL

Autrefois, les officiers des navires cap-horniers disposaient d'horizons artificiels à base de mercure pour s'entraîner à terre.

À quelle altitude opérer ?

À n'importe quelle altitude, même au sommet de l'Everest, dès lors que le Soleil pénètre dans le champ de visée et que la surface liquide soit suffisamment calme pour que l'image de l'astre reste nette. Il est d'ailleurs intéressant de noter qu'un lac, une piscine ou une simple flaque d'eau peuvent être utilisés pour nos observations, à condition que le reflet du Soleil soit stable. Ce qui, sauf exception, est rarement le cas.

Comment prend-on une hauteur ?

● **Placer l'alidade** en position de rangement (curseurs du limbe et du tambour face au zéro).

● **Disposer les filtres** entre le grand miroir et la lunette pour éliminer tout risque d'éblouissement ou d'aveuglement.

● **Viser directement l'astre** à travers la lunette, sans se préoccuper de son reflet, comme s'il s'agissait d'une longue-vue.

● **Débrayer l'alidade**, puis faire pivoter le corps du sextant vers le bas tout en conservant l'image de l'astre dans l'optique, de manière à diriger la lunette vers la surface liquide.

● **Lâcher le levier d'embrayage** de l'alidade lorsque le reflet du Soleil apparaît dans le champ de la lunette.

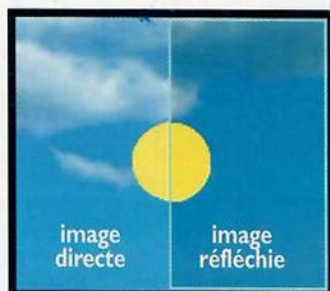
● **Superposer les deux images** en tournant le tambour à l'aide de la molette.

● **Lâcher la molette** lorsque les deux disques lumineux sont en parfaite coïncidence optique.

● **Noter l'heure UT** du top chrono, en commençant par les secondes, les minutes, puis les heures.

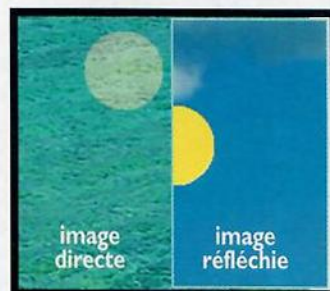
● **Noter la mesure inscrite** sur le sextant : c'est la hauteur mesurée Hm, qu'il faudra corriger de l'erreur instrumentale (excentricité + collimation) avant d'opérer les calculs. C'est tout.

COMMENT OPÉRER LA VISÉE SUR HORIZON ARTIFICIEL



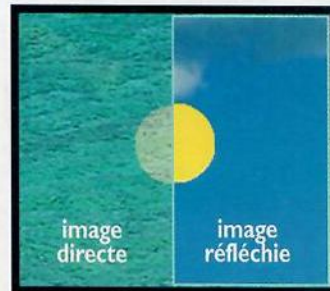
1 Visée directe sur l'astre

Les curseurs du limbe et du tambour étant face à zéro, disposer les filtres pour éviter l'éblouissement, puis diriger la lunette directement vers le Soleil.



2 Descente vers le plan d'eau

Actionner le levier de débrayage et faire coulisser l'alidade en conservant l'image du Soleil dans la lunette et en abaissant l'avant du sextant. L'image du baquet rempli d'eau entre dans le champ.



3 Superposition des deux images

Lorsque Soleil vrai et Soleil réfléchi sur l'eau coïncident exactement, affiner la visée au tambour et bloquer l'instrument. Noter l'heure (en commençant par les secondes), puis la hauteur mesurée Hm.



De nos jours, l'appareil Davis, diffusé par Topoplastic, procure une image stable en toutes circonstances.

Le chronomètre retarde de quatre minutes : l'erreur est de 60 milles en longitude...

« D'après mes calculs, je suis à 30 milles du banc Mintay ; je ne vois rien : chaque fois que je sors, la neige me fouette le visage et me chasse. Je n'ai donc qu'à rester dans la cabine. Le vent souffle entre 70 et 80 kilomètres/heure, avec toujours tendance à ouestir. J'espère qu'il s'y maintiendra, pour parer les Malouines.

« J'ai rarement attendu la venue d'un jour nouveau avec autant d'anxiété, car dans l'obscurité je ne peux savoir dans quoi je navigue, et redoute toujours de me jeter sur des dangers imprévus. Impossible de prendre une hauteur (...). Au moment de rentrer dans la cabine, je jette un regard circulaire, et, dans le grain, j'aperçois les îles San José. Quel soulagement ! J'ai passé les Malouines. Il reste les îles Sauvages, dans leur nord ; mais si le vent reste ainsi, je les aurai sans doute franchies à minuit.



« Le 30 juin, je puis faire un point observé qui me situe par 49° 55' nord et 62° 30' ouest. (...) J'ai dépassé Santa Cruz, et la côte est à quelque 200 milles dans l'ouest. Le cap Horn est loin (...).

« Le matin du 5 juillet (...), je suis occupé à l'agréable besogne de me préparer du chocolat, lorsque, je ne sais pas trop pourquoi, je jette un coup d'œil vers l'avant... Et je vois la côte à moins de 5 milles. Que s'est-il passé ?

« Le chronomètre retarde de quatre minutes sur son état, me donnant une différence de 60 milles en longitude. Je suis indigné, bien que cet écart soit compréhensible : le chronomètre a beaucoup souffert, secoué par tant de journées au plus près, et surtout son huile a gelé. Résolution immédiate : ramasser sextant, chronomètre, et dorénavant naviguer au « pifomètre ». Ma fureur épargne le compas, tout de même... J'oublie le chocolat et m'assois à la barre, pour une navigation en vue de terre. »

D'après « Seul par les mers impossibles », de Vito Dumas (éditions André Bonn).



RECHERCHE DE LA HAUTEUR VRAIE SUR HORIZON ARTIFICIEL		
 DATE de la visée		 HEURE UT de la visée
ligne	élément calculé et opération	signe degrés minutes
1	Hauteur mesurée Hm : faire coïncider dans la lunette l'image directe du soleil et l'image réfléchie.	○
2	Correction instrumentale Ci : due à la collimation et à l'excentricité (correction positive ou négative).	+ ○ - ○
3	Hauteur mesurée corrigée Hmc : additionner algébriquement la hauteur Hm et la correction Ci (lignes 1 et 2).	= ○
4	Hauteur corrigée Hc : diviser par 2 la hauteur mesurée corrigée Hmc (ligne 3).	= ○
5	Réfraction solaire en fonction de Hc : Hc 20° 30° 40° 50° 60° 70° Réfrac. 03' 02' 01' 01' 01' 00'	- 00 ○
6	Hauteur vraie Hv : soustraire la réfraction (ligne 5) de la hauteur corrigée HC (ligne 4).	= ○

Quelle différence entre hauteur mesurée Hm et hauteur observée Ho ?

● **La hauteur observée Ho** correspond à la valeur angulaire d'un astre au-dessus de l'horizon. C'est la mesure lue sur le sextant après une visée en situation réelle : face à un horizon marin.

● **La hauteur mesurée Hm** produite par une visée sur horizon artificiel est totalement différente puisque sa valeur atteint le double de Ho. Pourquoi ? Le dessin en fournit la raison mieux qu'une longue explication. Le reflet de l'astre doublant la valeur de l'angle formé par l'horizon vrai (imaginaire dans notre cas) et le Soleil, il suffira, à l'inverse, de diviser par deux la hauteur mesurée pour obtenir la hauteur observée.

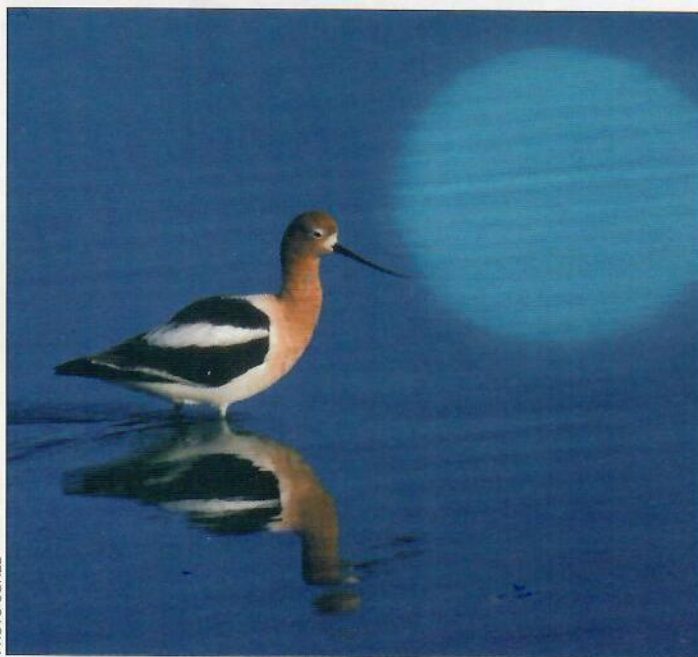


PHOTO COBEL

Il est très rare de trouver en pleine nature des plans d'eau dépourvus de rides ondulatoires. Leur surface, en perpétuel mouvement, renvoie une image du Soleil trop perturbée pour autoriser des résultats précis.

1

Visée sur horizon réel

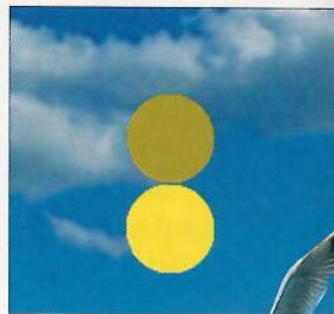
Lors d'une observation en situation réelle, l'image du Soleil doit tangenter la ligne d'horizon.



2

Visée sur horizon artificiel : NON

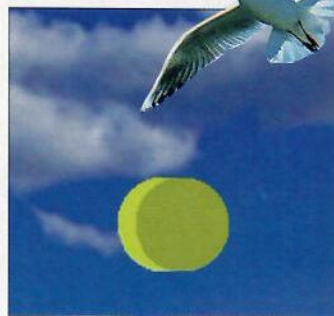
Dans cet exercice, il ne faut jamais faire tangenter le Soleil direct et son image réfléchie.



3

Visée sur horizon artificiel : OUI

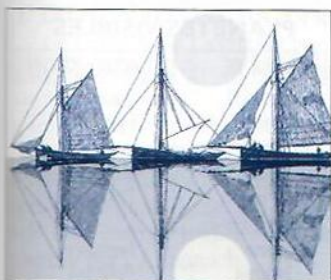
Les deux images du Soleil doivent se trouver à la même hauteur optique à l'instant du top chrono.



Réfraction moyenne

(à soustraire de la hauteur Hc)

Hauteur apparente du Soleil en degrés	Réfraction moyenne en minutes et dixièmes
20°	2'6
21°	2'5
22°	2'4
23°	2'2
24°	2'1
25°	2'0
26°	1'9
27°	1'8
28°	1'7
29°	1'6
30°	1'4
35°	1'2
40°	1'0
45°	0'9
50°	0'8
55°	0'7
60°	0'6
65°	0'5
70°	0'4
75°	0'3
80°	0'2



Comment se déroulent les calculs ?

EXEMPLE PRATIQUE

Nous sommes le 28 avril. À 11 h 38 min 17 s, nous effectuons une visée sur le Soleil en opérant à l'aide d'un horizon artificiel et d'un sextant dont les corrections instrumentales s'élèvent de + 3 minutes d'arc. La hauteur lue sur l'instrument est de $84^{\circ} 25'$. Quelle est la hauteur vraie H_v ?

● **Déterminer la hauteur mesurée corrigée (H_{mc}).** Comme toute hauteur lue sur le sextant, la valeur H_o sera tout d'abord corrigée de l'erreur instrumentale (collimation et excentricité). Dans notre exemple : $84^{\circ} 25' + 0,3' = 84^{\circ} 28'$.

Cette valeur H_{mc} est une mesure arbitraire propre au procédé de visée sur horizon artificiel.

● **Calculer la hauteur corrigée (H_c).** Le chiffre obtenu précédemment (H_{mc}) sera divisé par 2, la visée sur le reflet du Soleil fournissant en effet un angle égal à deux fois la hauteur de l'astre au-dessus de l'horizon (voir croquis). Dans notre exemple : $84^{\circ} 28' : 2 = 42^{\circ} 14'$.

Cette valeur H_c est une mesure concrète, qui correspond à la hauteur corrigée que nous avons obtenue face à un horizon marin au même lieu et à la même heure.

● **Déterminer la hauteur vraie (H_v).** Soustraire à cette hauteur corrigée (H_c) la valeur de la réfraction astronomique mentionnée dans la table imprimée ci-contre. Le résultat correspond à la hauteur vraie (H_v). Dans notre exemple : $42^{\circ} 14' - 00^{\circ} 01' = 42^{\circ} 13'$.

Cette hauteur vraie H_v nous permet de commencer un calcul de position astro (méridienne ou droite de hauteur).

Les corrections optiques sont-elles particulières ?

Oui. Les corrections atmosphériques ou physiques habituellement appliquées à la hauteur observée se bornent en effet à la seule réfraction (voir tableau). Rappel des corrections habituellement appliquées en visées sur horizons marins.

- **La parallaxe** apparaît si faible qu'elle est négligeable. Il n'en sera pas tenu compte.
- **La dépression**, indépendante de l'altitude de l'œil, ne doit pas être prise en compte pour ces calculs.
- **Le demi-diamètre**, dont la valeur est normalement comptabilisée dans les corrections astronomiques à appliquer en mer, est inutile ici puisque l'astre ne tangente pas le bord de l'image réfléchi, mais y superpose sa surface.

La visée est-elle plus facile qu'en situation réelle ?

En apparence seulement. Car en dépit du confort matériel qui accompagne les conditions d'observation terrestre, la visée sur horizon artificiel se montre plus délicate qu'en situation réelle. Même en opérant sur une mer aussi turbulente que celle qui accompagne une traversée sous les alizés.

Les difficultés proviennent essentiellement de la similitude des deux images visibles dans la lunette. Dans ce procédé, le Soleil et son reflet se distinguent à peine l'un de l'autre sur leur fond de ciel, alors qu'en navigation réelle les deux sujets à rapprocher ont des apparences distinctes grâce à la présence de l'horizon marin. Seule l'utilisation efficace des filtres améliore singulièrement ce manque de différenciation.



Jack London à bord du Snark en compagnie de son oncle (au centre) et de sa femme Charmain (à droite).

En croisière avec Jack London

On l'oublie trop souvent, Jack London fut un excellent marin. Après s'être fait construire le *Snark* avec ses droits d'auteur, le romancier quitta la baie de San Francisco en avril 1907 pour une croisière de deux ans à travers le Pacifique en compagnie de son épouse Charmain. « N'allez pas croire que je connaisse tous les secrets de la navigation. À bord du *Snark*, une vingtaine de bouquins fascinants m'attendent, qui permettent de trouver, sans erreur possible, la position du bateau. « Il nous arriva de commettre des bévues qui expliquent en grande partie la conduite désordonnée du *Snark*. Par exemple, le jeudi 16 mai, l'alizé nous faussa compagnie. Pendant quarante huit heures, nous avions parcouru moins d'un demi-mille à l'heure en nous basant sur l'estime. Pourtant, voici nos points à midi pendant les deux jours, d'après nos observations : jeudi, $20^{\circ} 57' 9''$ de longitude nord et $152^{\circ} 40' 30''$ de latitude ouest. Vendredi, $21^{\circ} 15' 33''$ de longitude nord et $154^{\circ} 12'$ de latitude ouest. La différence entre les deux positions atteignait approximativement quatre-vingts milles, et cependant nous n'avions pas couvert vingt milles. Après plusieurs vérifications, notre calcul fut reconnu exact. Mais nos visées au sextant étaient erronées par suite des mouvements violents du bateau et de la difficulté, pour l'observateur, de voir loin devant lui. »

D'après « La Croisière du Snark », de Jack London (Éditions Hachette).

RECHERCHE DE LA HAUTEUR VRAIE SUR HORIZON ARTIFICIEL		
DATE de la visée		HEURE UT de la visée
28 avril		11 h 38 m 17 s
ligne	élément calculé et opération	signe degrés minutes
1	Hauteur mesurée H_m : faire coïncider dans la lunette l'image directe du soleil et l'image réfléchie.	$84^{\circ} 25'$
2	Correction instrumentale C_i : due à la collimation et à l'excentricité (correction positive ou négative).	$+ 00^{\circ} 03'$
3	Hauteur mesurée corrigée H_{mc} : additionner algébriquement la hauteur H_m et la correction C_i (lignes 1 et 2).	$= 84^{\circ} 28'$
4	Hauteur corrigée H_c : diviser par 2 la hauteur mesurée corrigée H_{mc} (ligne 3).	$= 42^{\circ} 14'$
5	Réfraction solaire en fonction de H_c : Hc 20° 30° 40° 50° 60° 70° Réfrac. 03' 02' 01' 01' 01' 00'	$- 00^{\circ} 01'$
6	Hauteur vraie H_v : soustraire la réfraction (ligne 5) de la hauteur corrigée H_c (ligne 4).	$= 42^{\circ} 13'$

Cette grille de calcul fournit, en ligne 6, la hauteur vraie H_v . Cette valeur permet de poursuivre les calculs opérés dans les chapitres précédents à partir des éléments, comme sur horizons marins.



L'Almanach nautique de Voiles et Voiliers

Depuis 20 ans, paraît tous les mois dans Voiles et Voiliers l'incontournable Almanach nautique offrant ses services aux navigateurs soucieux d'effectuer une navigation précise. Et son succès est tel que notre rubrique a fait des émules dans la plupart des autres revues spécialisées...



Les valeurs intermédiaires

Le tableau de conversion simplifié annexé à chaque Almanach permet de déterminer les valeurs intermédiaires pour l'Angle horaire local et la déclinaison, indiquées toutes les 6 heures. Le calcul n'est pas le plus rapide, mais le résultat est garanti. Voici la manière de procéder à l'aide du tableau de conversion présenté dans chaque Almanach.

Exemple

Nous opérons une visée le 6 juin et souhaitons connaître le GHA (AHV0) et la Déclinaison D du Soleil aujourd'hui à 9 h 23 min 44 s.

DÉROULEMENT DES CALCULS

Pour GHA : l'Almanach indique un GHA de 270° 20' 3" à 6 heures UT.

● **Différence horaire** : + 3 h 23 min 44 s.

● **Conversion en degrés** d'arc selon le tableau :

● 3 heures : 15° pour 1 heure x 3 heures = 45°.

● 23 minutes : 5° pour 20 minutes + 0° 45' pour 3 minutes = 5° 45'.

● 44 secondes : 10' pour 40 secondes + 1' pour 4 secondes = 11'.

● Total pour 3 h 23 min 44 s : 45° + 5° 45' + 11' = 50° 56'.

● GHA à 9 h 23 min 44 s = 270° 20' 3" + 50° 56' = 320° 76' 3" soit 321° 16' 3".

Quelles sont les données astro ?

Les horaires des marées et les hauteurs d'eau, avec les phases de la Lune, constituent sans aucun doute les renseignements les plus utilisés par les lecteurs. Mais nombre de plaisanciers nous écrivent pour commenter les informations relatives au point astro, et parfois nous demander des explications complémentaires. C'est le moment ou jamais de développer le sujet.

Les données destinées à la navigation astronomique concernent uniquement le Soleil. Elles fournissent, pour chaque jour du mois, plusieurs sources d'information indispensables :

● **L'Angle horaire local** (GHA ou AHV0) à 0 heure, 6 heures, 12 heures et 18 heures UT.

● **Le Temps de passage du Soleil** à Greenwich (T. Pass).

● **La Déclinaison solaire** à 6 heures, 12 heures et 18 heures UT, accompagnées de l'indication cardinale nord ou sud (selon la période de l'année).

Ces données sont suffisantes pour réaliser un calcul de latitude et de longitude à la méridienne en toute région, ou une droite de hauteur de Soleil à toute heure du jour, sans faire appel aux Ephémérides nautiques.

PLANÈTES VISIBLES	
PLANÈTE	CONSTITUTION
Vénus (1) Jupiter (crépuscule)	Taureau Sagittaire
Jupiter Saturne (2) (toute la nuit)	Sagittaire Poissons
Jupiter Saturne Vénus (3) Mars (aube)	Sagittaire Poissons Taureau Taureau

(1) Seulement jusqu'au 4 Juin.
(2) A partir du 29 en début de nuit.
(3) A partir du 17 Juin.

Remarque : Le nom de la planète est accompagné de la période de la nuit durant laquelle il est possible de l'apercevoir entre le 60e parallèle Nord et le 60e parallèle Sud.

DATE	MARÉE à BREST				PHASES DE LA LUNE	SOLEIL (UT)	
	phase	HEURE LÉGALE	HAUTEUR en mètres	coef		GHA (AHV0)	T.PASS et DÉCL
DIM 16	BM	00 h 07	1,50 m	79	NL	00 h 179°50'8"	T.pass: 12.00.43
	PM	06 h 02	6,35 m	80		06 h 269°49'9"	D 06 h N. 23°21'
	BM	12 h 20	1,55 m			12 h 359°49'1"	D 12 h N. 23°22'
	PM	18 h 18	6,50 m			18 h 80°48'3"	D 18 h N. 23°22'
LUN 17	BM	00 h 44	1,45 m	80	☾	00 h 179°47'5"	T.pass: 12.00.57
	PM	06 h 38	6,35 m	79		06 h 269°46'7"	D 06 h N. 23°23'
	BM	12 h 55	1,55 m			12 h 359°45'9"	D 12 h N. 23°24'
	PM	18 h 53	6,50 m			18 h 89°45'1"	D 18 h N. 23°24'
MAR 18	BM	01 h 19	1,50 m	78	☾	00 h 179°44'2"	T.pass: 12.01.10
	PM	07 h 13	6,30 m	77		06 h 269°43'4"	D 06 h N. 23°25'
	BM	13 h 30	1,60 m			12 h 359°42'6"	D 12 h N. 23°25'
	PM	19 h 27	6,45 m			18 h 89°41'8"	D 18 h N. 23°25'
MER 19	BM	01 h 53	1,55 m	75	☾	00 h 179°41'0"	T.pass: 12.01.23
	PM	07 h 47	6,20 m	73		06 h 269°40'1"	D 06 h N. 23°26'
	BM	14 h 04	1,70 m			12 h 359°39'3"	D 12 h N. 23°26'
	PM	20 h 01	6,35 m			18 h 89°38'5"	D 18 h N. 23°26'
JEU 20	BM	02 h 28	1,70 m	71	☾	00 h 179°37'7"	T.pass: 12.01.36
	PM	08 h 22	6,05 m	68		06 h 269°36'9"	D 06 h N. 23°26'
	BM	14 h 39	1,85 m			12 h 359°36'0"	D 12 h N. 23°26'
	PM	20 h 35	6,15 m			18 h 89°35'2"	D 18 h N. 23°26'
VEN 21	BM	03 h 03	1,85 m	65	☾	00 h 179°34'4"	T.pass: 12.01.49
	PM	08 h 58	5,85 m	62		06 h 269°33'6"	D 06 h N. 23°26'
	BM	15 h 15	2,05 m			12 h 359°32'8"	D 12 h N. 23°26'
	PM	21 h 12	5,95 m			18 h 89°31'9"	D 18 h N. 23°26'
SAM 22	BM	03 h 40	2,05 m	59	☾	00 h 179°31'1"	T.pass: 12.02.02
	PM	09 h 37	5,65 m	56		06 h 269°30'3"	D 06 h N. 23°26'
	BM	15 h 55	2,25 m			12 h 359°29'5"	D 12 h N. 23°26'
	PM	21 h 53	5,75 m			18 h 89°28'7"	D 18 h N. 23°26'
DIM 23	BM	04 h 22	2,25 m	52	☾	00 h 179°27'9"	T.pass: 12.02.15
	PM	10 h 23	5,50 m	50		06 h 269°27'1"	D 06 h N. 23°25'
	BM	16 h 42	2,40 m			12 h 359°26'3"	D 12 h N. 23°25'
	PM	22 h 41	5,55 m			18 h 89°25'5"	D 18 h N. 23°25'

DÉROULEMENT DES CALCULS POUR D

L'Almanach indique une Déclinaison de 22° 41' nord à 6 heures et de 22° 42' nord à 12 heures UT.

● Notre heure de visée est plus proche de 12 heures.

● D arrondi à la minute d'arc = 22° 42' nord.

Utiliser maintenant la table de conversion présentée sur cette double page pour transformer les mesures de temps en mesures d'arc.

Peut-on calculer une méridienne avec l'Almanach ?

Parfaitement. Pour une telle recherche, le matériel requis est le suivant : un sextant, une montre réglée en UT, une carte et notre Almanach. C'est tout. Point n'est besoin d'Ephémérides nautiques ou de Tables de navigation. Avec un tel équipement, votre position à la méridienne est à portée de lunette immédiate.

1/ DONNÉES NÉCESSAIRES POUR LE CALCUL DE LATITUDE :

- la *Hauteur observée* (elle est lue sur le sextant),
- les *corrections instrumentales* (vous devez les détenir),
- les *corrections optiques* (elles sont sur la grille de calculs),
- la *Déclinaison solaire* : elle est fournie par l'Almanach.

Opérer comme indiqué dans le paragraphe précédent pour déterminer la valeur de la Déclinaison D à l'instant de la visée, et se reporter au chapitre expliquant la manière de procéder pour obtenir la latitude locale.

2/ DONNÉES NÉCESSAIRES POUR LE CALCUL DE LONGITUDE :

- la *Hauteur observée* (elle est lue sur le sextant),
- l'*heure de deux visées successives* (précises et en UT),
- le *Temps de passage à Greenwich* : il est fourni par l'Almanach.

La longitude locale sera obtenue en procédant comme indiqué dans le chapitre consacré à ce sujet. Aucune difficulté particulière à ce stade : les informations mentionnées dans l'Almanach sont clairement énoncées et les calculs n'exigent pas d'explications supplémentaires.



Peut-on calculer une droite de Soleil ?

Sans la moindre difficulté, à condition de disposer, en plus du matériel déjà cité, des Tables HO 249. Rappelons que ces Tables de navigation sont permanentes, ce qui signifie qu'il n'est pas nécessaire de les renouveler chaque année. L'investissement a lieu une seule fois pour plusieurs dizaines d'années.

Il n'en est pas de même pour les coûteuses Ephémérides nautiques, dont la parution est annuelle. C'est la raison pour laquelle il peut être intéressant d'utiliser les données de l'Almanach pour un apprentissage à la navigation astro ou une utilisation occasionnelle du sextant.

1 heure	15°	5 heures	75°	9 heures	135°
2 heures	30°	6 heures	90°	10 heures	150°
3 heures	45°	7 heures	105°	11 heures	165°
4 heures	60°	8 heures	120°	12 heures	180°

	0 à 9 minutes	10 à 19 minutes	20 à 29 minutes	30 à 39 minutes	40 à 49 minutes	50 à 59 minutes
0 mn	0° 00'	2° 30'	5° 00'	7° 30'	10° 00'	12° 30'
1 mn	0° 15'	2° 45'	5° 15'	7° 45'	10° 15'	12° 45'
2 mn	0° 30'	3° 00'	5° 30'	8° 00'	10° 30'	13° 00'
3 mn	0° 45'	3° 15'	5° 45'	8° 15'	10° 45'	13° 15'
4 mn	1° 00'	3° 30'	6° 00'	8° 30'	11° 00'	13° 30'
5 mn	1° 15'	3° 45'	6° 15'	8° 45'	11° 15'	13° 45'
6 mn	1° 30'	4° 00'	6° 30'	9° 00'	11° 30'	14° 00'
7 mn	1° 45'	4° 15'	6° 45'	9° 15'	11° 45'	14° 15'
8 mn	2° 00'	4° 30'	7° 00'	9° 30'	12° 00'	14° 30'
9 mn	2° 15'	4° 45'	7° 15'	9° 45'	12° 15'	14° 45'

	0 à 9 secondes	10 à 19 secondes	20 à 29 secondes	30 à 39 secondes	40 à 49 secondes	50 à 59 secondes
0 sec	0' 0	2' 5	5' 0	7' 5	10' 0	12' 5
1 sec	0' 2	2' 7	5' 2	7' 7	10' 2	12' 7
2 sec	0' 5	3' 0	5' 5	8' 0	10' 5	13' 0
3 sec	0' 7	3' 2	5' 7	8' 2	10' 7	13' 2
4 sec	1' 0	3' 5	6' 0	8' 5	11' 0	13' 5
5 sec	1' 2	3' 7	6' 2	8' 7	11' 2	13' 7
6 sec	1' 5	4' 0	6' 5	9' 0	11' 5	14' 0
7 sec	1' 7	4' 2	6' 7	9' 2	11' 7	14' 2
8 sec	2' 0	4' 5	7' 0	9' 5	12' 0	14' 5
9 sec	2' 2	4' 7	7' 2	9' 7	12' 2	14' 7

Exemple d'utilisation des tableaux de conversion.
Pour les heures, aucun problème, la lecture étant directe.
Pour les minutes et les secondes (même principe), les dizaines se lisent verticalement et les unités horizontalement.
Pour transformer 48 secondes, lire dans la colonne « 40 à 50 secondes », face à la ligne « 8 sec. » Résultat : 12' d'arc.

- DONNÉES NÉCESSAIRES POUR CALCULER UNE DROITE DE SOLEIL :**
- la *Hauteur observée* (elle est lue sur le sextant),
 - les *corrections instrumentales* (vous devez les détenir),
 - les *corrections optiques* (elles sont sur la grille de calculs),
 - la *Déclinaison solaire* : elle est fournie par l'Almanach,
 - l'*Angle horaire local* : il est fourni par l'Almanach,
 - les *données des Tables* : elles sont fournies par les HO 249.

Pour déterminer la Déclinaison D et l'Angle horaire local (GHA ou AHvo) à l'heure de la visée, opérer comme indiqué plus haut.

Nous limiterons nos explications de l'Almanach nautique de *Voiles et Voiliers* à ces quelques applications de navigation astro. D'autres informations concernent les planètes visibles chaque mois, accompagnée de la période de la nuit où elles apparaissent et la constellation au sein de laquelle on peut les apercevoir. ■



Le commandant Louis Bernicot.

Bernicot évite les récifs du détroit de Torrès grâce à un point d'étoile

En juillet 1937, Louis Bernicot poursuit son tour du monde à bord de son sloop *Anahita*. Aux abords du dangereux détroit de Torrès, parsemé d'écueils, le doute sur sa position en longitude ralentit sa marche solitaire.

« Le 7 juillet, le temps fut encore plus désagréable. Il me fut impossible d'obtenir une hauteur convenable de Soleil pour faire un calcul de longitude. Par une chance inespérée une éclaircie se fit aux abords de midi et je pus prendre deux hauteurs circumméridiennes qui me donnèrent l'une 9° 9', l'autre 9° 11' sud. En égalisant les bordées, j'avais donc réussi à me maintenir en latitude. (...)

« Néanmoins, l'incertitude sur ma longitude me préoccupait car je pouvais n'être pas bien éloigné du récif isolé Goldie, sur lequel on rapporte que des petits navires ont touché, mais dont la position est restée douteuse. De plus, la carte porte des brisants à 7 milles dans son nord-nord-ouest. (...)

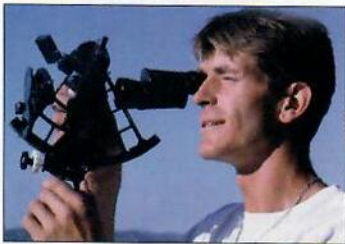
« Le lendemain, j'attendis de pouvoir suivre une étoile. Cette étoile, Achernar, je la suivis au sextant une heure durant afin d'être certain de l'obtenir au moment voulu. Dès que la ligne d'horizon se précisa, j'en pris trois hauteurs successives ; c'était encore avant le jour, et la houle gênait considérablement la prise de contact de l'astre avec le niveau de la mer. Néanmoins, les calculs terminés, je constatai que les résultats obtenus des trois hauteurs concordèrent entre eux à trois minutes près. C'était suffisant. »

D'après « La Croisière d'Anahita », par Louis Bernicot (Éditions Gallimard).



Annexe

Voici les six feuilles de calculs mises en pratique au cours des différentes phases d'initiation développées dans ce hors-série. Nous les avons regroupées sur cette double page, vierges de toute inscription. Rien que pour vous.



Ces grilles sont d'un format légèrement réduit, faute de place disponible. À vous de les reproduire à la photocopieuse (seulement pour un usage privé, bien entendu), de préférence agrandies d'environ 20 %. Bon courage et excellentes navigations au grand large !

POINT D'ÉTOILES

DONNÉES DE BASE COMMUNES à l'instant des trois visées

1 DATE du jour des visées

2 LOCH à l'instant des visées

3 CAP COMPAS moyen du bateau

4 LONGITUDE estimée à l'instant des visées

5 LATITUDE estimée à l'instant des visées

6 LATITUDE arrondie au degré proche

cases rectangulaires : éléments trouvés dans les éphémérides ou les tables,
cases arrondies : éléments déterminés par l'observation ou le calcul.

OBSERVATIONS étoile 1

7 Nom de la première étoile visée
constellation:

8 Hauteur observée HO lue sur le sextant.

9 Heure chrono UT de la visée sur étoile 1
h m s

OBSERVATIONS étoile 2

7 Nom de la deuxième étoile visée
constellation:

8 Hauteur observée HO lue sur le sextant.

9 Heure chrono UT de la visée sur étoile 2
h m s

OBSERVATIONS étoile 3

7 Nom de la troisième étoile visée
constellation:

8 Hauteur observée HO lue sur le sextant.

9 Heure chrono UT de la visée sur étoile 3
h m s

CALCULS à l'aide des Ephémérides

10 Corrections pour erreur instrumentale
± 00

11 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrumentale

12 Corrections optiques Table VIII des Ephémér.

13 Hauteur vraie HV (addition de 11 et 12)

14 AHso approché à l'heure ronde infér.

15 Complément de temps (pages jaunes)

16 AHso complet à l'heure de la visée

17 Longitude arbitraire 1

à l'aide des HO 249

19 Hauteur calculée Hc des HO 249

20 INTERCEPT 1 soustraire HV de Hc

CALCULS à l'aide des Ephémérides

10 Corrections pour erreur instrumentale
± 00

11 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrumentale

12 Corrections optiques Table VIII des Ephémér.

13 Hauteur vraie HV (addition de 11 et 12)

14 AHso approché à l'heure ronde infér.

15 Complément de temps (pages jaunes)

16 AHso complet à l'heure de la visée

17 Longitude arbitraire 2

à l'aide des HO 249

19 Hauteur calculée Hc des HO 249

20 INTERCEPT 2 soustraire HV de Hc

CALCULS à l'aide des Ephémérides

10 Corrections pour erreur instrumentale
± 00

11 Hauteur HO corrigée de l'erreur instrumentale

12 Corrections optiques Table VIII des Ephémér.

13 Hauteur vraie HV (addition de 11 et 12)

14 AHso approché à l'heure ronde infér.

15 Complément de temps (pages jaunes)

16 AHso complet à l'heure de la visée

17 Longitude arbitraire 3

à l'aide des HO 249

19 Hauteur calculée Hc des HO 249

20 INTERCEPT 3 soustraire HV de Hc

LONGITUDE A LA MÉRIDienne

DATE	Conversion des mesures horaires en mesures d'arc (pour la ligne 8)					
	1 h = 15° 2 h = 30° 3 h = 45° 4 h = 60°	5 h = 75° 6 h = 90° 7 h = 105° 8 h = 120°	1 mn = 0° 15' 2 mn = 0° 30' 3 mn = 0° 45' 4 mn = 1° 00'	5 mn = 1° 15' 10 mn = 2° 30' 20 mn = 5° 00' 30 mn = 7° 30'	2 sec = 0° 5' 4 sec = 1° 0' 6 sec = 1° 5' 8 sec = 2° 0'	10 sec = 2° 5' 20 sec = 5° 0' 30 sec = 7° 5' 40 sec = 10° 0'
ligne	élément calculé et opération		signe	mesure		
1	HAUTEUR OBSERVÉE (Ho) : relevé la hauteur du soleil 1 ou 2 heures avant sa culmination. Caler le sextant sur cette mesure.		→	o		
2	HEURE UT DE LA 1^{ère} VISÉE : heure chrono (en temps universel) à l'instant de la visée ayant fourni la hauteur HO notée en ligne 1.		→	h	m s	
3	HEURE UT DE LA 2^{ème} VISÉE : heure chrono à l'instant où le soleil repasse à cette hauteur HO (ligne 1) après sa culmination.		+	h	m s	
4	SOMME DES 2 TEMPS : additionner les heures de la première visée (notée en ligne 2) et de la seconde visée (en ligne 3).		=	h	m s	
5	HEURE DE LA CULMINATION : diviser par deux le résultat de la ligne 4 pour obtenir l'heure UT du passage du soleil à la méridienne.		=	h	m s	
6	T. PASS. A GREENWICH : inscrire le temps de passage du soleil à Greenwich, fourni par l'Almanach de Voiles ou les éphémérides.		-	h	m s	
7	LONGITUDE EN TEMPS : retrancher T. Pass. à Greenwich (ligne 6) de l'heure de la culmination (ligne 5).		=	h	m s	
8	CONVERSION EN DEGRÉS convertir le résultat précédent en utilisant le tableau abrégé présenté en haut de cette grille ou sur celui présenté dans ce chapitre (plus détaillé).		longitude en temps	longitude en degrés		
			heures	=	o	
			minutes	=	o	
9	LONGITUDE A LA MÉRIDienne (G) : additionner les trois lignes du résultat précédent. Heure de culmination > T. Pass = longitude Ouest. Heure de culmination < T. Pass = longitude Est.		=	o	W ou E	

LATITUDE A LA MÉRIDienne

DATE	HEURE UT	CORRECTION SOLAIRE opérée en ligne 4 (parallaxe, réfraction, demi-diamètre)				
		Hauteur observée Ho	20°	30°	40°	60°
		Altitude de l'œil : 2 m Altitude de l'œil : 4 m				
		+11' +12' +13' +13' +14' +10' +11' +12' +12' +13'				
ligne	élément calculé et opération	symbole	signe	degrés minutes		
1	HAUTEUR OBSERVÉE Ho : relevé au sextant la hauteur du soleil à l'instant de sa culmination.	Ho	→	o		
2	ERREUR INSTRUMENTALE Ei : correspondant à la valeur de Ho (correction positive ou négative).	Ei	±	o		
3	HAUTEUR CORRIGÉE Hc : opérer la somme algébrique de la hauteur Ho et de l'erreur Ei (lignes 1 et 2).	Hc	=	o		
4	CORRECTION SOLAIRE : à lire sur le tableau ci-dessus en fonction de la hauteur Ho et de l'altitude de l'œil.	cor	+	o		
5	HAUTEUR VRAIE Hv : additionner la hauteur corrigée Hc (ligne 3) et la correction solaire (ligne 4).	Hv	=	inscrire le résultat en ligne 7		
6	VALEUR DU ZÉNITH : cette case mentionne l'angle de 90° (transformé ici en 89°60').	90°		89°	60'	
7	HAUTEUR VRAIE Hv : inscrire ici le résultat de l'opération posée dans la ligne 5.	HV	-	o		
8	DISTANCE ZÉNITHALE dz : retrancher la hauteur vraie Hv (ligne 7) de la valeur du zénith (ligne 6).	dz	=	o		
9	DÉCLINAISON SOLAIRE D : à l'heure UT de la culmination, arrondie à la minute (Ephémérides, Almanach Vet V).	D	N S ±	o		
10	LATITUDE : ajouter dz à D si déclinaison D nord, retrancher dz de D si déclinaison D sud.	L	N S =	o		

DROITE DE HAUTEUR DE SOLEIL

● cases rectangulaires : éléments trouvés dans les éphémérides ou les tables,
● cases arrondies : éléments déterminés par l'observation ou le calcul.

DONNÉES DE BASE à l'instant de la visée

- DATE du jour de la visée
- HEURE UT corrigée de l'erreur instrument.
h mn s
- LOCH à l'heure de la visée
CAP COMPAS
- Longitude estimée du lieu de la visée
E W
- Latitude estimée du lieu de la visée
N S
- Hauteur observée HO relevée au sextant
- Hauteur HO corrigée de l'erreur instrument.

ÉLÉMENTS A CHERCHER DANS LES ÉPHÉMERIDES NAUTIQUES de l'année en cours (cases rectangulaires)

- AHvo approchée à l'heure ronde inférieure
- Complément de temps (pages jaunes)
- AHvo complet à l'heure de la visée
- Longitude arbitraire
- D Déclinaison approchée à l'heure ronde inférieure
- Complément de temps (pages jaunes)
- Déclinaison complète à l'heure de la visée
- D Déclinaison arrondie au degré le + proche
- Reliquat de D arrondie en 18 (minutes seules)

ÉLÉMENTS A CHERCHER DANS LES TABLES HO 249 tome II si latitude < 40°, tome III si latitude > 40°

- Hc hauteur cherchée (Tables HO 249)
- d indice de correction
- Z azimut des Tables HO 249
- Corr. Table 5 des HO face à d (21) et au reliquat de D (19)
- HC hauteur calculée (Hc corrigée)
- INTERCEPT soustraire HV de HC

à la date du jour

et à l'heure de la visée

ajouter si longitude EST

soustraire si longitude OUEST

soit, arrondi à la minute

additionner HO (case 7) et les corrections (case 9) pour obtenir HV

Rentrer dans les Tables HO 249 avec :

- la latitude arbitraire (case 8),
- l'angle horaire local LHA (case 14),
- la déclinaison arrondie D (case 18).

Très important. Utiliser les pages :

- Same si la latitude arbitraire (case 8) et D de même pôle N ou S,
- Contrary si la latitude arbitraire (case 8) et D de pôles contraires.

Rechercher les éléments :

- page LAT correspondant à la valeur de la latitude arbitraire (case 8),
- face à la valeur de l'angle horaire local LHA (case 14),
- colonne correspondant à la valeur de D arrondie (case 18).

En hémisphère Nord,
si LHA < 180° (case 14) retrancher Z (case 22) de 360°,
si LHA > 180° Z = AZ (reporter 22 en 27)

L'intercept se trace à partir du point arbitraire (8 et 13)
● Si HV > HC, tracé en direction du soleil.
● Si HV < HC, tracé à l'opposé du soleil.

HO	élévation de l'œil 2 m	4 m
20°	11'	10'
30°	12'	11'
40°	12' 5"	11' 5"
60°	13'	12'
80°	13' 5"	12' 5"

▲ Pour déterminer la longitude arbitraire (case 13), transformer la longitude estimée (4) de manière à obtenir un LHA (14) arrondi au degré, après avoir :

- additionné 12 et 13 si la longitude est EST,
- retranché 13 de 12 si la longitude est OUEST.

RECHERCHE DE LA HAUTEUR VRAIE SUR HORIZON ARTIFICIEL

ligne	élément calculé et opération	signe degrés minutes
1	Hauteur mesurée Hm : faire coïncider dans la lunette l'image directe du soleil et l'image réfléchie.	○
2	Correction instrumentale Ci : due à la collimation et à l'excentricité (correction positive ou négative).	+ ○
3	Hauteur mesurée corrigée Hmc : additionner algébriquement la hauteur Hm et la correction Ci (lignes 1 et 2).	= ○
4	Hauteur corrigée Hc : diviser par 2 la hauteur mesurée corrigée Hmc (ligne 3).	= ○
5	Réfraction solaire en fonction de Hc : Hc 20° 30° 40° 50° 60° 70° Réfrac. 03' 02' 01' 01' 01' 00'	- 00 ○
6	Hauteur vraie Hv : soustraire la réfraction (ligne 5) de la hauteur corrigée HC (ligne 4).	= ○

DROITE DE HAUTEUR DE LUNE

DONNÉES DE BASE à l'instant de la visée

- DATE du jour de la visée
- HEURE UT corrigée de l'erreur instrument.
h mn s
- LOCH à l'heure de la visée
CAP COMPAS
- Longitude estimée du lieu de la visée
E W
- Latitude estimée du lieu de la visée
N S
- Hauteur observée HO relevée au sextant
- Hauteur HO corrigée de l'erreur instrument.

ÉLÉMENTS A CHERCHER DANS LES ÉPHÉMERIDES NAUTIQUES de l'année en cours (cases rectangulaires)

- AHao approchée à l'heure ronde inférieure
- Complément de temps (pages jaunes)
- AHao complet à l'heure de la visée
- Longitude arbitraire
- D Déclinaison approchée à l'heure ronde inférieure
- Complément de temps (pages jaunes)
- Déclinaison complète à l'heure de la visée
- D Déclinaison arrondie au degré le + proche
- Reliquat de D arrondie en 18 (minutes seules)

ÉLÉMENTS A CHERCHER DANS LES TABLES HO 249 tome II si latitude < 40°, tome III si latitude > 40°

- Hc hauteur cherchée (Tables HO 249)
- d indice de correction
- Z azimut des Tables HO 249
- Corr. Table 5 des HO face à d (21) et au reliquat de D (19)
- HC hauteur calculée (Hc corrigée)
- INTERCEPT soustraire HV de HC

à la date du jour

et à l'heure de la visée

ajouter si longitude EST

soustraire si longitude OUEST

soit, arrondi à la minute

additionner HO (case 7) et les corrections (cases 8 et 9) pour obtenir HV

Rentrer dans les Tables HO 249 avec :

- la latitude arbitraire (case 8),
- l'angle horaire local LHA (case 14),
- la déclinaison arrondie D (case 18).

Très important. Utiliser les pages :

- Same si la latitude arbitraire (case 8) et D de même pôle N ou S,
- Contrary si la latitude arbitraire (case 8) et D de pôles contraires.

Rechercher les éléments :

- page LAT correspondant à la valeur de la latitude arbitraire (case 8),
- face à la valeur de l'angle horaire local LHA (case 14),
- colonne correspondant à la valeur de D arrondie (case 18).

En hémisphère Nord,
si LHA < 180° (case 14) retrancher Z (case 22) de 360°,
si LHA > 180° Z = AZ (reporter 22 en 27)

L'intercept se trace à partir du point arbitraire (8 et 13)
● Si HV > HC, tracé en direction du soleil.
● Si HV < HC, tracé à l'opposé du soleil.

élévation de l'œil au-dessus de la mer	2 mètres	4 mètres
	-2'	-3'

▲ Pour déterminer la longitude arbitraire (case 13), transformer la longitude estimée (4) de manière à obtenir un LHA (14) arrondi au degré, après avoir :

- additionné 12 et 13 si la longitude est EST,
- retranché 13 de 12 si la longitude est OUEST.