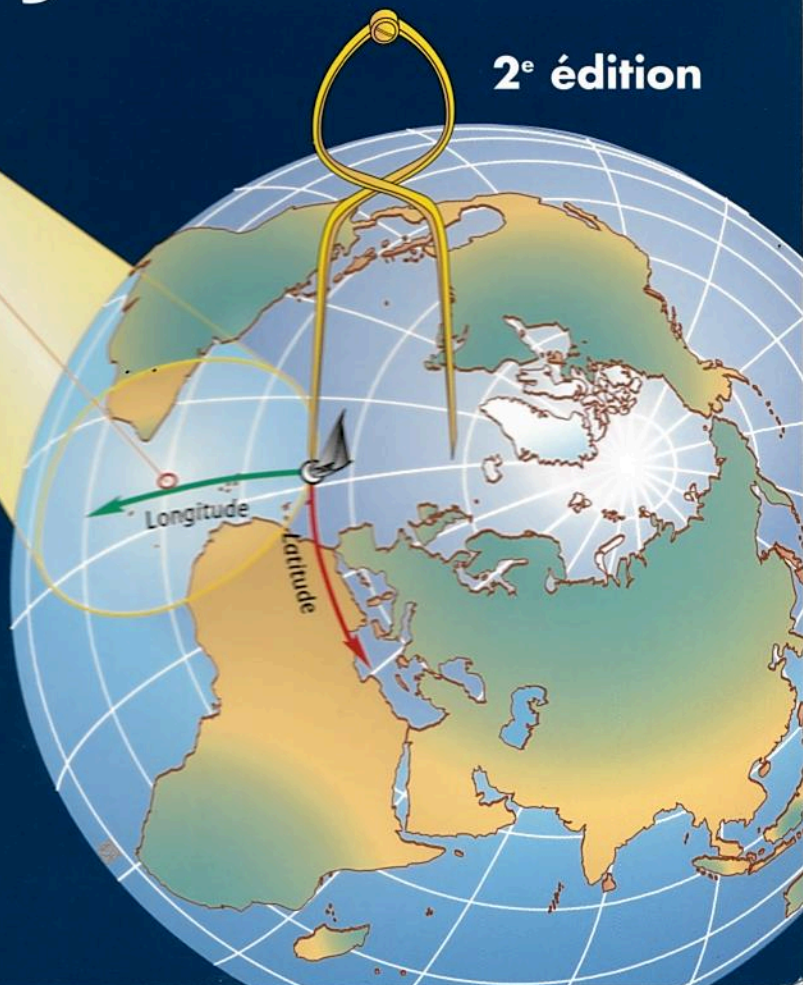


Ivar Dedekam

L'art de la
NAVIGATION
et le point astro

en 130 illustrations

2^e édition



VOILES
et
voiliers

I - Navigation côtière traditionnelle

p. 7

Comment fait-on une carte ?	p. 8
Latitude et longitude	p. 9
La notion de position	p. 10
Utiliser la carte	p. 12
Déclinaison et déviation	p. 14
Le compas de route	p. 16
Le loch, l'échosondeur	p. 17
Les instruments du point	p. 18
Dérive et courants	p. 19
Utiliser le compas de relèvement	p. 20
Triangulation	p. 21
Déterminer sa position à partir d'un point	p. 22

Pilotage	p. 24
Symboles des cartes	p. 25
Naviguer de nuit	p. 26
Alignements	p. 27
Naviguer de nuit dans un chenal balisé	p. 28
Le balisage international	p. 30
Marées, l'annuaire des marées	p. 32
Courants de marée	p. 35
Vecteurs de courants de marée	p. 36
Identifier les feux de navigation	p. 37
Aide-mémoire	p. 39
Graphique de marée	p. 40

2 - Navigation électronique

p. 43

GPS	p. 44
Récepteurs GPS	p. 46
Utiliser un GPS	p. 47
Lecteurs de cartes	p. 49
Utiliser un lecteur de cartes	p. 50

Les principales fonctions du lecteur de cartes	p. 52
Initialisation du GPS et du lecteur de cartes	p. 53
Radar	p. 54
Utiliser le radar	p. 56
Configurations d'écran	p. 60

3 - Navigation astronomique

p. 63

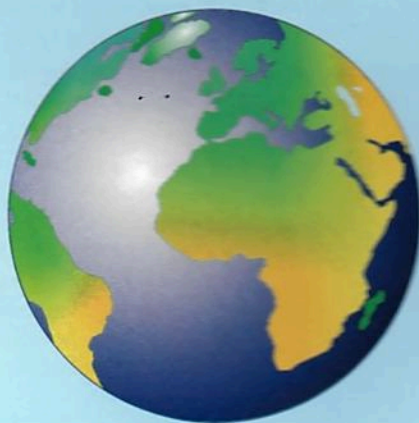
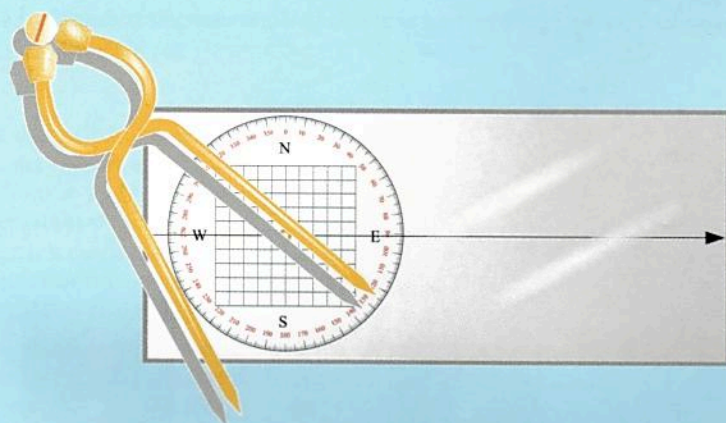
La position géographique du Soleil	p. 64
Le modèle astronomique	p. 65
Principes de la navigation astronomique	p. 66
Angles horaires	p. 67
Méridienne	p. 68
Mesurer la hauteur du Soleil	p. 69
Heure universelle, fuseaux horaires et heure légale ..	p. 70
Calcul de la droite de hauteur	p. 71
Exemple d'observation	p. 72
Les tables Ho 249	p. 73
Grille de calcul	p. 74
Faire une méridienne	p. 75

Comment construire un canevas Mercator	p. 76
Tracer les droites de hauteur	p. 76
Obtenir d'un coup latitude et longitude	p. 77
Corrections	p. 78
Erreurs coutumières... ..	p. 79
Les étoiles	p. 80
Calculs d'intercepts et construction de la droite ..	p. 82
L'étoile Polaire	p. 83
Utilisation d'une calculatrice	p. 84
Annexes	p. 85
Tableaux éphémérides	p. 85
Grille de calcul	p. 90

Navigation côtière traditionnelle

La navigation côtière traditionnelle suppose l'utilisation de cartes papier, compas de route, compas à pointes sèches, règle de navigation, loch, sondeur et bien d'autres choses encore. Il est essentiel d'acquérir une solide compréhension de ce mode de navigation afin de pouvoir déceler les dysfonctionnements ou les erreurs de manipulation des instruments électroniques du bord.

La seconde partie du manuel, consacrée à la navigation électronique, traitera des questions relatives au radar, au GPS et aux lecteurs de cartes. La troisième et dernière partie vous enseignera comment déterminer votre position en navigation astronomique à l'aide du sextant, des tables et du chronomètre.



Parce que la Terre n'est pas une sphère parfaite, mais légèrement aplatie aux pôles, il y a quelques difficultés à en dessiner des cartes exactes. Au fil du temps, beaucoup de données cartographiques et de systèmes de références ont été inventés pour parvenir à représenter cette planète pas tout à fait sphérique.

Comment fait-on une carte ?

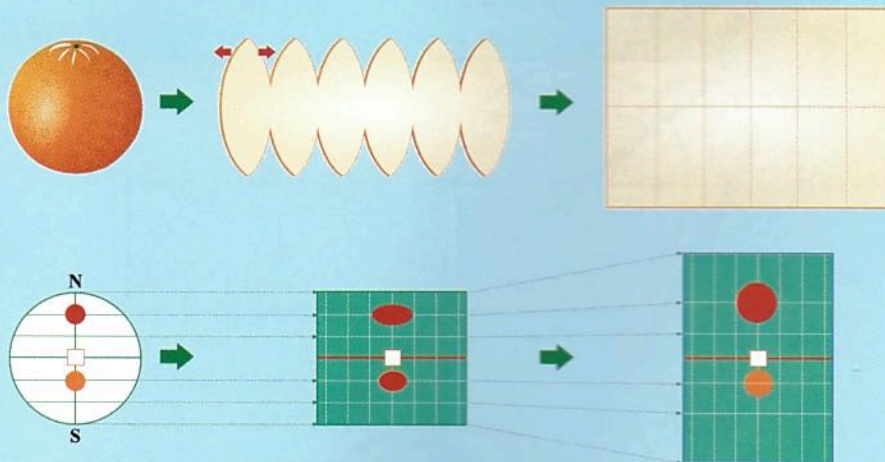
Plusieurs **projections** ont été utilisées au fil du temps pour représenter les contours de la Terre sur le papier. **Mercator*** développa la sphère comme un cylindre et en aplanit chaque segment courbe, de sorte que les méridiens soient tous parallèles.

Cela entraînait une déformation des masses terrestres, d'autant plus aplaties qu'elles étaient éloignées de l'équateur. Les cartes furent donc étirées au Nord et au Sud jusqu'à ce que les terres retrouvent des proportions convenables.

C'est la raison pour laquelle, sur une carte Mercator, la distance entre les parallèles de latitude augmente à mesure que vous allez vers le Nord ou vers le Sud. Cela, en revanche, induit une erreur de proportion entre les masses de terres émergées. Les surfaces situées loin de l'équateur paraissent légèrement plus grandes qu'elles le sont en réalité.

* Gerhard Mercator (1512-1594), mathématicien flamand, projeta la surface du globe sur un cylindre tangent à la Terre tout autour de l'équateur.

Les segments courbes sont aplanis et étirés... et la sphère devient une surface plane.



Les zones éloignées de l'équateur apparaissent plus larges qu'elles ne sont, la carte est étirée en hauteur pour compenser.

Différents types de projections



Conique



Plane (projection polaire)



Cylindrique (Mercator)

Latitude et longitude

Les cartes d'aujourd'hui utilisent un système de référence international basé sur un quadrillage constitué de grands cercles et de cercles parallèles.

Parallèles

Tout plan traversant le globe terrestre en passant par son centre détermine un **grand cercle** à la surface de celui-ci. L'exemple type du grand cercle est l'**équateur** qui divise la Terre en **hémisphères** Nord et Sud. Si l'on coupe ensuite le globe en tranches par des plans parallèles à l'équateur, on obtient des cercles plus petits appelés **parallèles**.

L'équateur est un grand cercle situé à égale distance des deux pôles et donnant la référence du **0° de latitude**. Les autres parallèles augmentent ensuite en degrés de latitude pour atteindre 90° aux pôles. La latitude s'exprime par un nombre de degrés au Nord ou au Sud de l'équateur, 45° Nord marque un parallèle à mi-chemin entre l'équateur et le pôle Nord.

Méridiens

Les grands cercles définis par des plans qui coupent le globe à angle droit par rapport au plan équatorial et passant par les pôles Nord et Sud (et par conséquent par le centre de la Terre) constituent ce qu'on appelle des **cercles de longitude**. Ces grands cercles se divisent à chaque pôle en deux demi-circonférences qui prennent le nom de **méridiens**.

Par commodité, les méridiens débutent au **méridien de référence 0** qui passe par l'observatoire de **Greenwich**, près de Londres. C'est le 0° de longitude.

Les méridiens sont désignés 10°, 20°, 30... à l'**Est** ou à l'**Ouest** de Greenwich. À 180° les méridiens Est et Ouest se rejoignent sur un méridien commun appelé également **ligne de changement de date**. Lorsqu'on franchit ce méridien, la date doit être ajustée.

Cela est dû au fait que la Terre tourne vers la droite (vers l'Est). Une révolution totale demande 24 heures, ce qui représente 15° par heure. Même si le Soleil demeure immobile, il paraît en une heure se déplacer de 15° d'Est en Ouest. Plus vous vous déplacez loin vers l'Est plus « vous retardez » dans la journée. Si vous vous déplacez suffisamment loin vers l'Est vous finirez tôt ou tard par franchir la ligne de changement de date pour entrer dans « hier ». Si vous franchissez la ligne d'Est en Ouest, vous devez sauter un jour.

Tout cela est de peu d'importance en navigation côtière, mais devient en revanche essentiel en navigation astronomique et lors de l'utilisation des annuaires de marées et des tables de navigation.

Parallèles et méridiens

Hémisphère Nord

Plan équatorial

Hémisphère Sud

Cercles de latitude (parallèles)

Équateur (grand cercle)

Hémisphère Ouest

Méridien 0 (Greenwich)

Hémisphère Est

Équateur

Cercles de latitude

Méridiens

La notion de position

Tout point à la surface du globe se définit par sa latitude et sa longitude. La latitude est déterminée par le parallèle qui passe par le point, et la longitude par le méridien qui passe par ce même point. Tous les points situés sur un même parallèle ont la même latitude, de même que ceux situés sur un même méridien ont la même longitude. Mais il n'y a qu'une **seule et unique position** qui puisse être déterminée par l'intersection des deux ! Cet endroit précis est **votre position** ou la **position du bateau**. Lorsqu'on mentionne cette position, on indique toujours la latitude en premier puis la longitude.

Dans l'illustration ci-contre, le bateau A se trouve par 33° N (latitude 33 degrés Nord) et 45° W (longitude 45 degrés Ouest, désigné par convention par le «W» de l'anglais «West»). La position du bateau s'écrit donc : 33° N 045° W.

Le bateau B navigue quant à lui en hémisphère Sud. Sa latitude est de 37° S et sa longitude de 18° E. Sa position s'écrit donc : 37° S 018° E.

Les positions données en degrés sont beaucoup trop approximatives pour la navigation, elles doivent donc être exprimées en degrés et en minutes. La position du bateau A pourrait être par exemple $33^{\circ} 23' \text{ N } 045^{\circ} 11' \text{ W}$, qu'on pourrait également écrire : $\text{N } 33^{\circ} 23' \text{ W } 045^{\circ} 11'$. Mais quel que soit le mode de présentation du point, la latitude reste toujours exprimée la première.

Chaque degré est divisé en 60 minutes qui, à leur tour, peuvent être divisées en 60 secondes. De nos jours, il arrive couramment d'adopter des décimales (des dixièmes de minutes) plutôt que des secondes.

- $1 \text{ degré} = 1^{\circ} = 60 \text{ minutes } (60')$.
- $1 \text{ minute} = 1' = 60 \text{ secondes } (60'')$.

ou bien

- $1'30'' = 1 \text{ minute } 30 \text{ secondes} = 1,5 \text{ minute} = 1,5'$.

Gardez cela à l'esprit lorsque vous calculez avec des minutes, d'éventuels dixièmes de minutes et des secondes.

Le mille nautique (M)

Un **mille nautique**, unité de longueur utilisée en navigation, correspond à une **minute d'arc** ou $1/60^{\text{e}}$ de degré de latitude.

À partir de l'équateur vers les pôles Nord et Sud, il y a :

$$90^{\circ} = 90 \times 60 = 5\,400 \text{ minutes d'arc} = 5\,400'$$

Le pourtour du grand cercle mesure quatre fois cette distance :

$$5\,400' \times 4 = 21\,600'$$

La circonférence de la Terre ayant été calculée comme mesurant 40 000 kilomètres soit 40 000 000 de mètres :

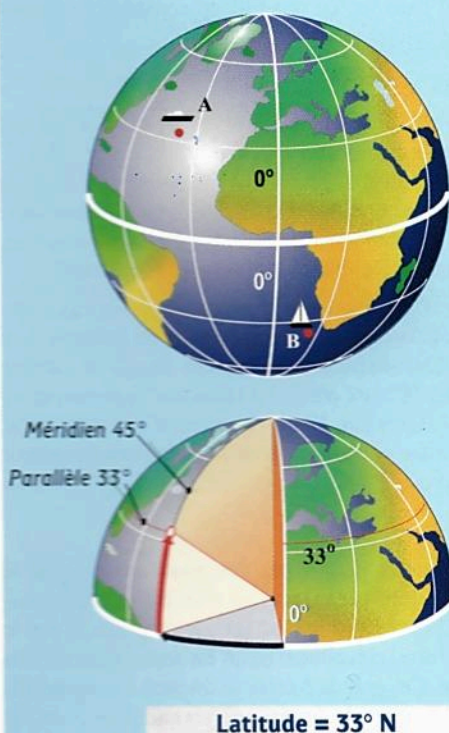
$$1 \text{ mille nautique} = 40\,000\,000 : 21\,600 = 1\,851,85 \text{ mètres.}$$

Ce qu'on arrondit ainsi :

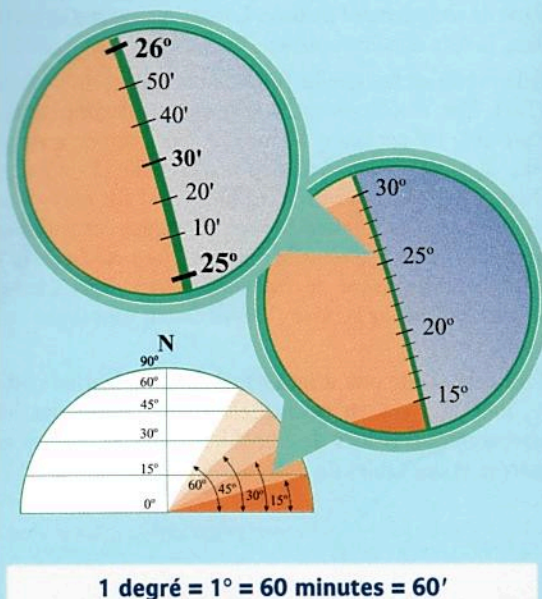
$$\text{► } 1 \text{ mille nautique} = 1 \text{ M} = 1\,852 \text{ m.}$$

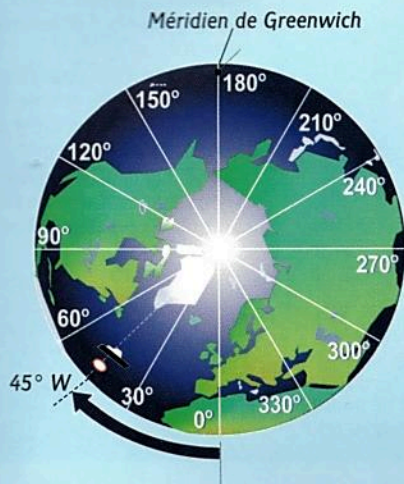
(L'encablure = $1/10^{\text{e}}$ de mille = 185 mètres. Cette mesure est moins fréquemment utilisée.)

Position

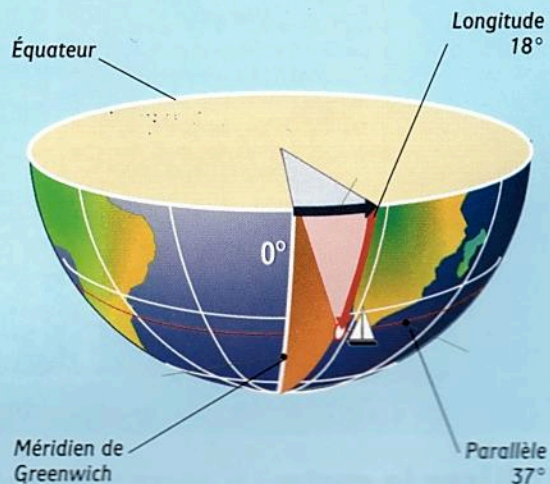


Degrés et minutes



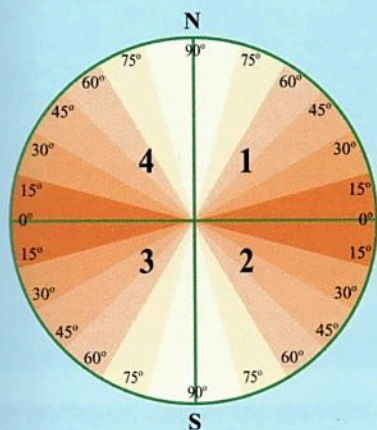


Longitude = 45° W
Position = 33° N 045° W



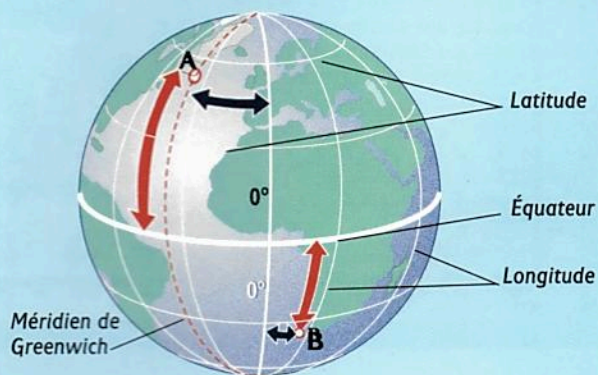
Latitude = 37° S
Longitude = 18° E
Position = 37° S 018° E

4



Grand cercle: $4 \times 90 \times 60' = 360 \times 60' = 21\,600'$ (minutes)

5



La latitude est la distance en degrés et minutes à partir de l'équateur.
La longitude est la distance en degrés et minutes à partir du méridien de Greenwich (méridien zéro).

6

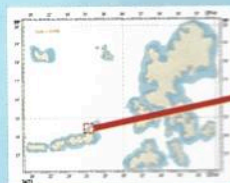
Échelle
1/1 000 000



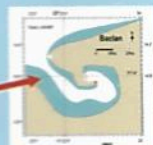
Routier: 1/10 000 000°



Carte d'atterrissage 1/350 000°



Carte de cabotage 1/50 000°



Carte de pilotage
côtier 1/10 000°

L'écartement des parallèles augmente (voir page 8). Notez la différence que représentent 10° (= $600'$ = 600 milles) mesurés à différentes latitudes. Cela apparaît davantage sur une carte à petite échelle, mais se remarque à peine sur la plupart des cartes au 1/50 000°. **Faites-en vous-même l'expérience avec un compas à pointes sèches!**

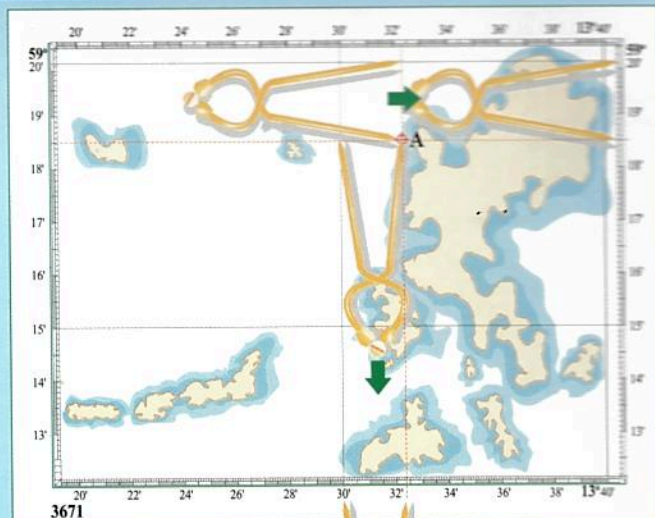
7

Utiliser la carte

Pour naviguer, vous utiliserez des cartes à différentes échelles. L'échelle détermine le rapport de réduction entre la distance sur le terrain et sa représentation sur la carte. L'échelle 1/50 000° est fréquente. Sur une telle carte, 1 millimètre =

50 mètres (50 000 mm) sur le terrain. D'autres cartes comme les cartes de pilotage côtier et les cartes de détails peuvent être à l'échelle de 1/10 000° ou 1/25 000°. Les cartes de cabotage à une échelle inférieure à 1/200 000° et les routiers à très petite échelle sont souvent employés. **Attention!** une carte au 1/10 000° est à plus grande échelle qu'une carte au 1/350 000°.

Mesurer latitude et longitude



Échelle 1/50 000

1. Placez l'une des pointes du compas à pointes sèches sur la plus proche ligne de latitude ou toute autre ligne horizontale. Ouvrez le compas pour que l'autre pointe atteigne votre position.
2. Reportez le compas à droite ou à gauche sur l'échelle en marge de la carte, pointez-le sur la ligne horizontale et relevez votre latitude:

Latitude: $59^\circ 18,5' N$

3. Placez l'une des pointes du compas sur le méridien le plus proche ou toute autre ligne verticale. De nouveau, placez l'autre pointe sur votre position.
4. Reportez le compas vers le haut ou le bas de la carte le long de l'échelle et relevez votre longitude:

Longitude: $013^\circ 32,4' E$

La position du bateau A est donc:

$59^\circ 18,5' N, 013^\circ 32,4' E$

Attention! Dans cet exemple, la longitude augmente vers la droite car la carte se situe à l'est de Greenwich!

8

Trouver une position sur la carte

Vous pouvez déterminer une position sur la carte en traçant une ligne horizontale à partir du point choisi sur la carte jusqu'au bord de celle-ci pour lire sa latitude. Tracez ensuite une ligne verticale (vers le haut ou le bas) pour lire sa longitude sur l'échelle. Toutefois, la plupart des navigateurs utilisent un compas à pointes sèches pour mesurer la distance jusqu'à la ligne la plus proche sur la carte (méridien ou parallèle) et reportent ensuite l'instrument sur l'échelle correspondante en bordure de la carte afin d'y lire la latitude puis la longitude.

Il existe plusieurs façons de lire sa position, mais assurez-vous juste que vous vous reportez bien aux bons endroits, à l'intersection exacte des lignes parallèles aux échelles des latitudes et des longitudes passant par votre point.



Éch

Mesure

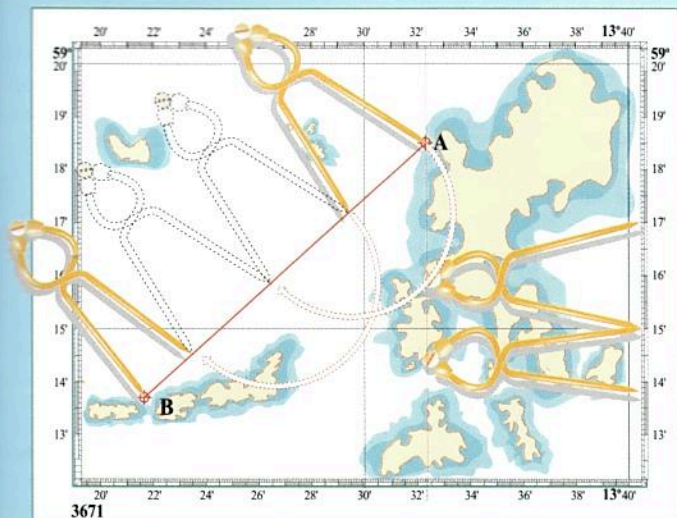
Vous pou
convenan
le plus co
des latitu

Cap et



Détern

Vous ave
suivre po
pour cel
explicati
damenta
guer d'u
cap déte



Échelle: 1/50 000

1. Vous pouvez mesurer la distance d'un seul coup si l'écartement du compas le permet. Sinon, recourez à la méthode la plus couramment employée: mesurez un nombre rond de milles sur l'échelle des latitudes à droite ou à gauche de la carte.
2. Placez ensuite l'une des pointes du rapporteur en A et reportez la distance vers B autant de fois que vous le pouvez.
3. Mesurez ce qui reste avec le rapporteur.
4. Reportez le rapporteur sur l'échelle, mesurez la distance et calculez l'intervalle total.

Distance = $3 \times 2 \text{ milles} + 1,2 \text{ mille} = 7,2 \text{ milles}$.

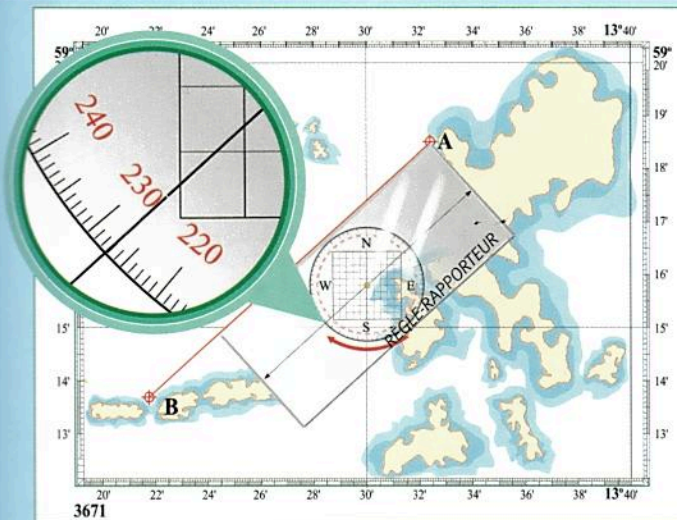
Exercez-vous à calculer cette distance par d'autres moyens.

Mesurer la distance de A à B

Vous pouvez mesurer la distance par tout moyen à votre convenance, mais c'est le compas à pointes sèches qui est le plus couramment employé. Utilisez toujours l'échelle des latitudes, à droite ou à gauche de la carte, au niveau de

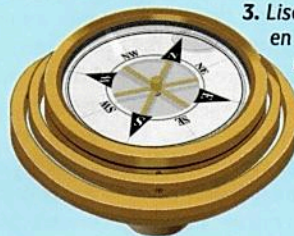
la distance à mesurer, en l'occurrence entre A et B. En effet, sur l'échelle de la carte, la taille des minutes de latitude augmente à mesure que l'on monte en latitude, même si cela se remarque peu sur une carte au 1/50 000. Exercez-vous sur diverses cartes jusqu'à ce que vous soyez assuré de maîtriser le principe.

Cap et route à suivre



1. Posez la règle-rapporteur le long d'une ligne reliant A à B en ajustant sa position de sorte qu'un méridien, ou une ligne parallèle à celui-ci, apparaisse sous la rose du compas mobile (ligne passant de préférence par le centre de la rose).
2. Tournez la rose jusqu'à ce que les lignes de son quadrillage s'alignent avec le méridien, ou sur toute autre ligne qui lui soit parallèle, en vous assurant que le N (Nord) se trouve bien vers le haut de la carte.

3. Lisez le cap, en l'occurrence **227°** sur la rose.



Déterminer un cap entre A et B

Vous avez maintenant à déterminer le cap que vous devez suivre pour faire route entre A et B. Vous pouvez utiliser pour cela divers modèles de règles de navigation (voir explications page 18). Nous touchons ici à la question fondamentale de la navigation traditionnelle: comment naviguer d'un point A vers un autre point B? Mais une fois le cap déterminé, suffit-il de gouverner en suivant les indica-

tions du compas de route et en contrôlant sa progression à l'aide du loch? Eh bien non!

Dans la réalité, vous devez effectuer des corrections en raison de plusieurs inexactitudes et d'ajustements relatifs à la déviation du compas, à la déclinaison, au courant, au vent, à la marée et à bien d'autres choses encore. C'est ce dont il va être question dans la suite de ce manuel!

Déclinaison et déviation

Il est admis que le **pôle Nord magnétique** se situe au Nord du Canada, mais qu'il se déplace lentement et en permanence dans les parages de ces zones septentrionales.

La déclinaison est la différence en degrés entre les indications du compas et le Nord vrai. Si le Nord magnétique avait coïncidé avec le Nord géographique, l'aiguille du compas indiquerait le Nord de manière invariable où que l'on soit le long du méridien où se trouve votre position. La déclinaison peut être importante et, en certains endroits, peut atteindre jusqu'à 20° !

La déviation

Le compas de route est également soumis à des influences locales, en fonction du bateau sur lequel il est installé. Les fers et les aciers du bord créent des **champs magnétiques**. Le réseau électrique et les haut-parleurs génèrent quant à eux des **champs électromagnétiques** qui font également dévier l'aiguille du compas du Nord magnétique. C'est ce que l'on appelle la déviation.

La déviation influe sur le compas en fonction du cap (et de la gîte) mais aussi au fil du temps. Beaucoup trop de plaisanciers négligent de la prendre en compte. C'est une habitude qui peut avoir de graves conséquences lorsqu'on doit se fier uniquement au compas, en pleine brume par exemple.

Une partie de la déviation peut être corrigée par un réglage du compas à l'aide d'aimants additionnels présents dans le corps de celui-ci, mais c'est un travail à confier à un expert.

Mettez chaque occasion à profit pour vérifier la déviation ! Établissez une courbe de déviation !

Même si vous n'avez pas la possibilité de réaliser une courbe complète, il est utile de noter la déviation pour les principaux caps de façon à acquérir une idée de l'approximation du compas. Vous trouverez ci-contre une méthode simple et rapide pour tracer une courbe de déviation.

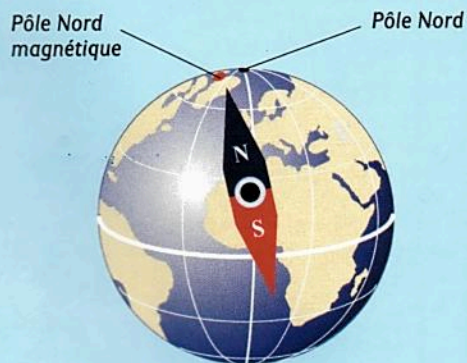
Méthode utilisant le compas de relèvement

Sortez un jour par petit temps et mer calme et placez-vous sur le pont à un endroit où il y a peu de déviation. Cela varie d'un bateau à l'autre, mais à bord d'un bateau muni d'étais en Inox (non-magnétiques) la plage avant est un emplacement favorable. Demandez à l'équipage de gouverner selon les principaux caps du compas de route pendant que vous notez les caps indiqués par le compas de relèvement tenu dans l'axe du bateau. Cela vous donnera de quoi établir une table de déviation à partir de laquelle vous pourrez tracer une courbe comme il est montré ci-contre.

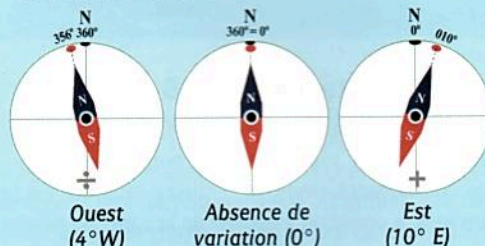
Remarquez comme la déviation varie à mesure que l'on change de cap. La présence du moteur exerce souvent beaucoup d'influence. Sur le schéma très simplifié du bas, vous pouvez constater à quel point il fait dévier l'aiguille du compas selon la route suivie.

Par principe, chaque fois que vous êtes sûr de votre cap vrai (lorsque vous suivez un alignement, par exemple), relevez votre déviation juste histoire de la vérifier.

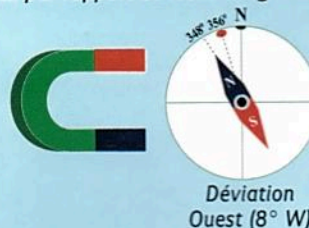
Déclinaison



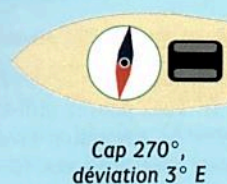
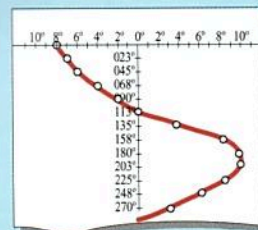
La déclinaison évolue en permanence et change suivant les endroits.



La **déclinaison** est la mesure de l'écart que les champs magnétiques du bateau font faire à l'aiguille du compas par rapport au Nord magnétique.



Compas	Déclinaison
000° (N) = 360°	8° W
023° (NNE)	7° W
045° (NE)	6° W
068° (ENE)	4° W
090° (E)	2° W
113° (ESE)	0° W
135° (SE)	4° E



11

Correct
la dévi:

Comme l
coïnciden
teurs pou

C
C
C

► Vers
► Vers
► Un n
se pos
moins

► Quar
autren
Cm au
Ouest
Donc

► Lors
dit qu
vous a
trayez
Invers

Du ca

Cap —
compas
(Cc) = 2

Cap m
(Cm) =

Corrections pour la déclinaison et la déviation

Comme le Nord magnétique et le Nord géographique ne coïncident pas, il vous faut tenir compte de plusieurs facteurs pour déterminer un cap :

Cv : le cap vrai.

Cm : le cap magnétique.

Cc : le cap compas.

- Vers l'Est, déclinaison et déviation sont positives.
- Vers l'Ouest, déclinaison et déviation sont négatives.
- Un moyen mnémotechnique de s'en souvenir est de se poser la question : « Est-ce plus, Ou-est-ce moins ? ».

► Quand vous calculez pour aller vers le cap vrai, autrement dit quand vous passez du Cc au Cm, ou du Cm au Cv, vous soustrayez déclinaison et déviation Ouest et ajoutez déclinaison et déviation Est. Donc gardez les signes !

► Lorsque vous calculez à partir du cap vrai, autrement dit quand vous passez du Cv au Cm ou du Cm au Cc, vous ajoutez déclinaison et déviation Ouest et soustrayez déclinaison ou déviation Est. Inversez les signes « + » en « - » et « - » en « + ».

Si vous naviguez d'un endroit à l'autre, par exemple de A à B comme dans la page 13, vous commencez par déterminer votre cap vrai sur la carte : $Cv = 227^\circ$.

Puis vous corrigez de la valeur de la déclinaison qui, dans cet exemple, est de $2^\circ W$, soit -2° .

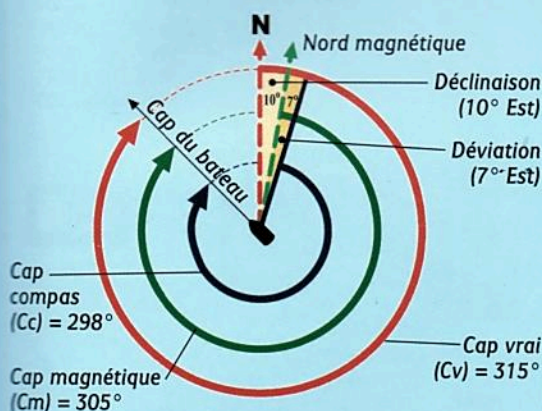
Si la déviation sur ce cap est de $6^\circ E$, cela se résume au calcul suivant :

Cv =	227° vrai
déclinaison =	+ 2°
Cm =	229° magnétique
déviati on =	- 6°
Cc =	223° compas

Cela signifie que si vous voulez vous rendre de A vers B, vous devez gouverner avec votre compas de route au 223° . En outre, vous allez devoir compter avec le vent et le courant comme cela sera précisé ultérieurement dans ce manuel.

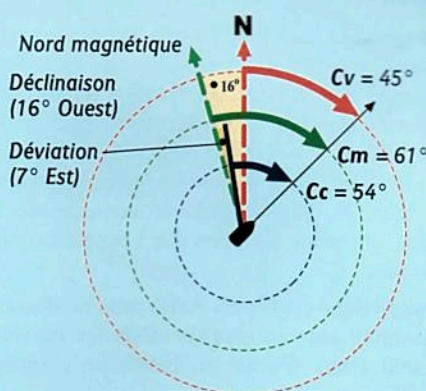
Les exemples ci-dessous sont volontairement exagérés afin de rendre les choses plus simples à comprendre. Beaucoup préfèrent apprendre par cœur les trois règles encadrées à gauche plutôt que de raisonner en passant du cap vrai au cap compas ou l'inverse.

Du cap compas au cap vrai



gardez les signes	Cc =	298° compas
	décl. =	- 7°
	Cm =	305° magnétique
	var. =	+ 10°
inversez les signes	Cv =	315° vrai

Déclinaison = 10° E, déviation = 7° E.



gardez les signes	Cc = 54° compas
	décl. = - 7°
	Cm = 61° magnétique
	var. = -16°
inversez les signes	Cv = 455° vrai

Déclinaison = 16° W, déviation = 7° E.

Le compas de route

Les trois instruments de base qui concernent le navigateur sont le loch (vitesse et distance), l'échosondeur (profondeur) et le compas de route (cap). Le compas de route est le plus important des trois car, sans visibilité, vous êtes perdus si vous n'en disposez pas.

Le **compas magnétique** fonctionne sur le même principe depuis des centaines d'années : une aiguille aimantée placée en équilibre dans un habitacle rempli d'huile ou d'alcool. L'aiguille pointe toujours obstinément vers le **pôle Nord magnétique** et la Terre peut être considérée comme un gigantesque aimant dont la polarité magnétique diffère du pôle géographique comme il a été exposé page 14.

À l'origine, la **rose du compas** ne portait pas de graduations. Autrefois, les marins mémorisaient trente-deux caps dont vous pouvez voir la moitié représentée sur la figure de droite. Chaque « **quadrant** » (quart) de rose était divisé en 8 secteurs, soit 32 secteurs en tout (1 secteur = $11^\circ 1/4$).

Autres types de compas

Il existe des compas autres que magnétiques. Le **compas flux-gate** utilise le **champ électromagnétique** qui environne la Terre. Il ne fonctionne pas avec des aimants fixes, mais avec une bobine.

Le magnétisme terrestre induit un faible courant dans la bobine qui peut être électroniquement mesuré et analysé. Les **pilotes automatiques** sont souvent équipés de ce type de compas. Vous pouvez prérégler le compas en ce qui concerne la déclinaison, et la plupart d'entre eux peuvent être corrigés de la déviation en faisant évoluer le bateau sur 360° .

On trouve des **gyrocompas** à bord de tous les grands navires, mais ils ne sont guère adaptés à la plaisance en raison de leur prix élevé et de leur encombrement. De surcroît, ils fonctionnent avec une alimentation électrique. Le gyrocompas utilise l'inertie d'un anneau rotatif et s'oriente de lui-même vers le Nord. Il fonctionne indépendamment des forces magnétiques et n'est sensible en conséquence à aucune variation, ni aucune déviation due à la présence de masses métalliques.

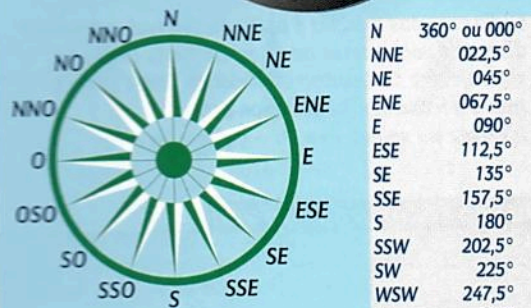
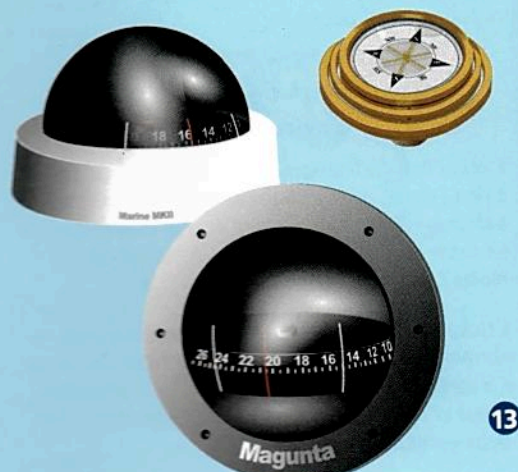
Le **compas magnétique** est le plus fiable dans la mesure où il ne consomme aucune énergie. Tous les navires homologués sont tenus d'avoir au moins un compas magnétique à bord.

Compas de relèvement

Le compas de relèvement peut être magnétique ou flux-gate. Ce dernier a la possibilité de **garder en mémoire** plusieurs relèvements qui peuvent être ensuite consultés à la demande.

La déviation d'un compas de relèvement n'est pas connue. Pour cette raison, placez-vous pour l'utiliser là où la déviation est la moins forte, plutôt vers l'avant, ou à l'étrave des bateaux qui ont des étais en Inox (non-magnétiques).

Compas magnétiques



Gyrocompas



Compas de relèvement



Le loch

Attention la vitesse la coque le dire, Si le bat 5 nœuds indique l'inverse rant de quer un le bate un cour En navi sur le f Il existe pièce er l'intérie par effe vitesse.

Le lo

Le mot pièce de bois). A muni de sus bord

L'éch

L'éch

L'échos particulie compas, votre po recourir :

Le loch

Attention ! La plupart des lochs mesurent la vitesse de défilement de l'eau contre la coque ou, comme on a coutume de le dire, la **vitesse-surface** du bateau. Si le bateau fait face à un courant de 5 nœuds sans gagner de terrain, le loch indiquera une vitesse de 5 nœuds. Ce sera l'inverse si le bateau est **poussé** par un courant de 5 nœuds. Le loch pourra même indiquer une vitesse de 2 nœuds alors que le bateau en filera 7 sur le fond avec un courant de 5 nœuds par l'arrière. En navigation, c'est toujours la **vitesse sur le fond** qui est considérée. Il existe des lochs dont les capteurs, sans pièce en mouvement, sont placés à l'intérieur de la coque. Ils fonctionnent par effet **Doppler** et mesurent la véritable vitesse sur le fond.



Écran digital



Écran analogique

Capteur



15

Le loch

Le mot **loch** vient de l'anglais « log », désignant une pièce de bois (littéralement, une bûche, une bille de bois). Autrefois, une pièce de bois amarrée à un filin muni de nœuds à intervalles réguliers était jetée par-dessus bord. Le navigateur comptait le nombre de nœuds

filant par-dessus bord en un temps déterminé indiqué par un sablier. De là vient le terme de **nœud**, unité de vitesse valant **1 mille à l'heure**. Les lochs contemporains mesurent la vitesse de défilement de l'eau en utilisant une petite **roue à aubes** montée à l'extérieur de la coque du bateau. Les cadrans électroniques indiquent la distance et la vitesse.

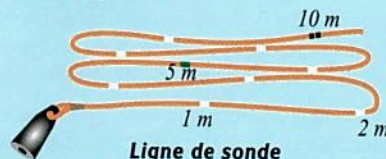
L'échosondeur



Type ancien
(diode rotative)
ou sondeur à éclats.



Type moderne
avec écran à cristaux liquides.



Ligne de sonde

16

L'échosondeur

L'**échosondeur** peut être d'une grande aide en navigation, particulièrement par visibilité réduite. Avec la carte et le compas, vous pouvez utiliser les sondages pour déterminer votre position. À basse vitesse, vous pouvez également recourir à la **ligne de sonde** faite d'un filin et d'un poids. La

profondeur mesurable est limitée. L'échosondeur fonctionne en émettant des ultrasons vers le fond et en mesurant le temps mis par ces ondes pour revenir. L'instrument calcule la profondeur avec ces données. L'élément qui émet et reçoit les ultrasons s'appelle un **transducteur** et se trouve dans la cale. Certains appareils permettent de sonder en avant ou sur les côtés du navire, mais ils ne sont pas étudiés ici.

Les instruments du point

On peut tracer le point sur la carte avec plusieurs types d'instruments. Le plus connu est la règle-rapporteur **Cras**. Transparente, munie de deux rapporteurs inversés et d'une flèche centrale mentionnant « Vers la route ou le point relevé », elle s'utilise en plaçant le centre du rapporteur le plus Sud (symbolisé par un petit cercle) sur un méridien ou un parallèle avec le bord de la règle le long de la route ou du relèvement. La lecture de l'angle s'effectue sur le même méridien ou parallèle, sur les **graduations extérieures** du rapporteur pour les **méridiens** et **intérieures** pour les **parallèles**.

Toutefois, à bord d'un bateau de plaisance une **règle-rapporteur** munie d'une rose mobile est sans doute le meilleur choix. Placez l'axe Nord-Sud de la rose en parallèle avec un méridien (ligne verticale sur la carte) et le bord de la règle le long de votre route. Votre cap s'affiche dans une fenêtre, à l'intersection de l'axe de la rose et de la rose mobile. Ce type de règle génère moins de risques d'erreurs de lectures.

Les Anglo-Saxons utilisent des **règles parallèles** qui nécessitent de recourir aux roses imprimées sur la carte. La règle parallèle, alignée sur la route, permet d'en transporter la direction jusqu'au centre de la rose la plus proche sur la carte pour en lire directement le cap. Toutefois, ce type de règle a tendance à glisser et déraiper à bord d'un petit bateau.

En fait, le choix d'une règle de navigation dépend entièrement de vos préférences. Il y a même des navigateurs anglo-saxons qui se contentent de deux équerres à 45° et les font coulisser l'une contre l'autre. Les lecteurs de cartes électroniques rendent aussi d'excellents services.

Des **crayons de papier** bien taillés (HB minimum et plutôt plus gras), un **taille-crayon**, une **gomme** et une **loupe** font partie de l'attirail nécessaire au travail sur la carte. Rappelez-vous que sur une carte au 1/50 000^e, 1 millimètre équivaut à 50 mètres ! Une petite île s'y réduit à un petit point qui peut facilement se confondre avec un trait de crayon.

Roses des cartes

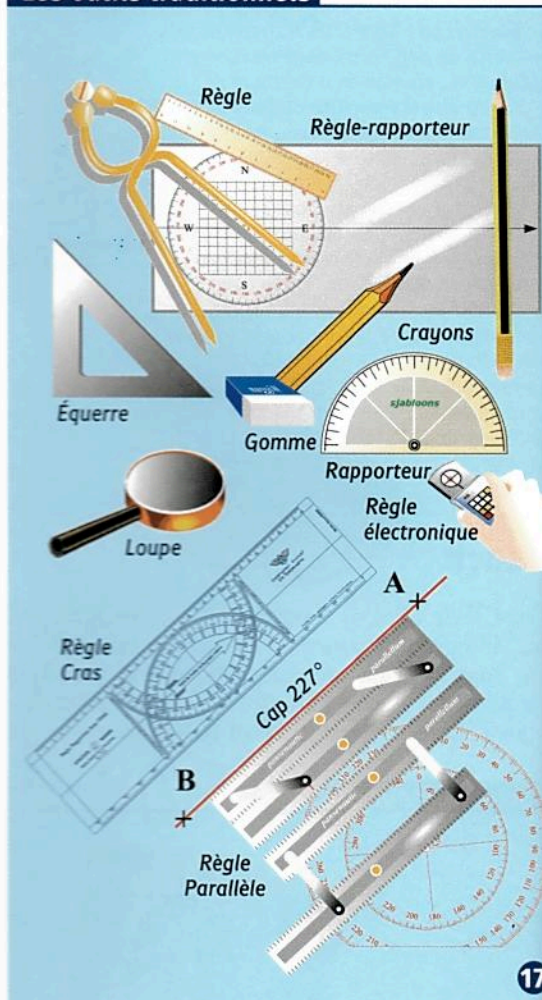
De nombreuses cartes portent des **roses de compas** imprimées qui sont une aide à la navigation. Cette rose est généralement **double**, l'une, **extérieure**, indique le **Nord géographique** (fournissant donc des caps et relèvements vrais) et l'autre, **intérieure**, orientée de la valeur de la déclinaison, indique le **Nord magnétique**. La déclinaison de cette seconde rose, représentée dans la figure ci-contre est mentionnée sous la forme : **2° 50' 2000 (8' E)**

Cela signifie que la déclinaison évolue de 8 minutes (8') vers l'Est chaque année. En 2008, la déclinaison pour la même zone sera autour de 1° 50' W (déclinaison Est, signe -, donc décroissante : 8' x 8 = 64', soit un peu plus de 1°).

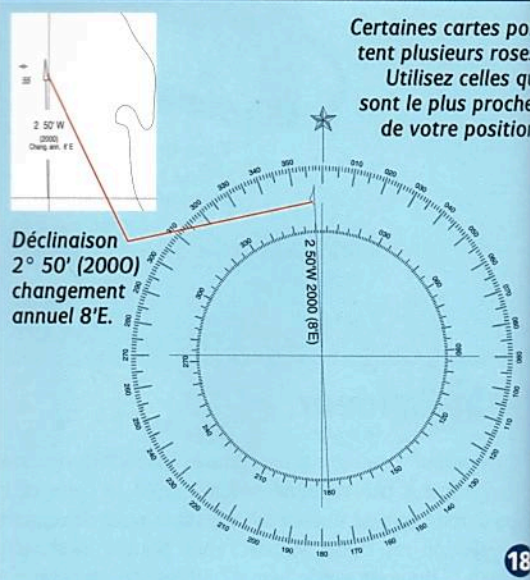
Sur de nombreuses cartes sans roses imprimées, la déclinaison est mentionnée à l'intersection d'un méridien et d'un parallèle par une simple flèche avec cette mention pour l'exemple ci-dessus : **2° 50' W (2000) chang. ann. 8' E**.

Lorsque vous effectuez un tracé sur la carte, utilisez toujours la rose extérieure.

Les outils traditionnels



Lire la déclinaison



Dériv

Il vous faut compenser due au vent direction. fait d'où respectivement

Quand on verse ! Un

un court « hale » à

La dérive direction.

de corrig (1 mètre/

que vous chaque u

condition

Dans l'ex Si l'on a

déduire p Il faudra

rester sur

Cap d' + dériv = Cap

Si le vent cap vrai e

Couran

Il existe p

niques co

vent, les c

courants p

Il vous fa

Si vous c

vous pouv

est mon

figures 52

Dans notr

5 nœuds a

fond est c

par le bat

Fréquemm

connues, v

ne à réali

Le cas de

exactement

route du b

avec un c

du loch pl

avec le co

moins cel

Dérive et courants

Il vous faut corriger votre cap en fonction de la **dérive** et le compenser en raison du vent et du courant. La dérive est due au vent et la correction doit se faire en fonction de sa direction. Quand on parle de la direction du vent, on dit en fait d'où il vient. Des vents d'Ouest ou de Sud viennent respectivement de l'Ouest ou du Sud.

Quand on se réfère au courant, c'est exactement l'inverse ! Un courant de Nord se déplace vers le Nord, et un courant d'Est «pousse» vers l'Est (on dit qu'il «hale» à l'Est).

La dérive due au vent est fonction de sa force et de sa direction. La pratique habituelle, sur un voilier au près, est de corriger le cap de 1° tous les 2 nœuds de vent (1 mètre/seconde). C'est une approximation très générale que vous adapterez en fonction de votre propre bateau, chaque unité dérivant de manière particulière selon les conditions.

Dans l'exemple ci-contre, le cap vrai de A à B est de 227° . Si l'on a un vent de Nord-Ouest de 20 nœuds, on peut déduire par expérience que la dérive sera de l'ordre de 10° . Il faudra donc naviguer plus près du vent pour parvenir à rester sur la route.

$$\begin{aligned} \text{Cap d'après la carte} &= 227^\circ \text{ vrai} \\ + \text{dérive} &= + 10^\circ \\ \hline &= \text{Cap à suivre} = 237^\circ \text{ vrai} \end{aligned}$$

Si le vent soufflait du Sud, vous auriez dû soustraire 10° du cap vrai et du cap compas.

Courants

Il existe plusieurs sortes de courants : les **courants océaniques** comme le Gulf Stream, les courants générés par le vent, les courants d'estuaires et les courants de marées. Les courants peuvent être complexes mais la plupart du temps il vous faut en tenir compte pour corriger votre route.

Si vous connaissez la vitesse et la direction du courant, vous pouvez calculer votre **route sur le fond** (Rf) comme il est montré dans les schémas ci-contre (ainsi que dans les figures 52 et 53 des pages suivantes).

Dans notre exemple, vous êtes cap au 227° à la vitesse de 5 nœuds avec un courant d'Est de 2 nœuds et votre route-fond est de 208° . La route-fond (Rf) est la route tracée par le bateau sur le fond de la mer.

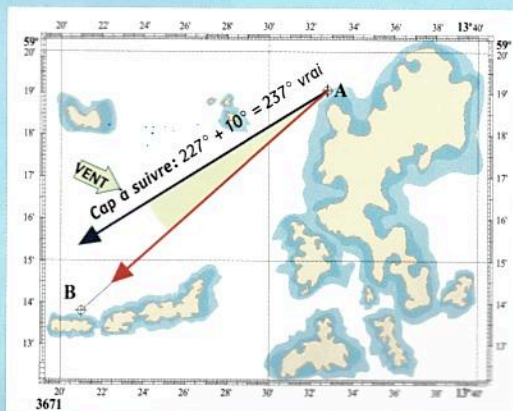
Fréquemment, quand la force et la direction du courant sont connues, vous souhaitez trouver quel cap suivre pour parvenir à réaliser la route-fond voulue comme sur la figure 53.

Le cas de figure le plus simple est lorsque le courant est exactement avec ou contre vous, car cela n'affecte pas la route du bateau.

Avec un courant par l'arrière, la vitesse-fond sera celle du loch plus celle du courant.

Avec le courant de face, la vitesse-fond sera celle du loch moins celle du courant.

Dérive



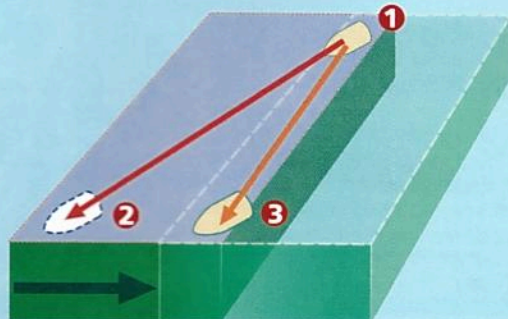
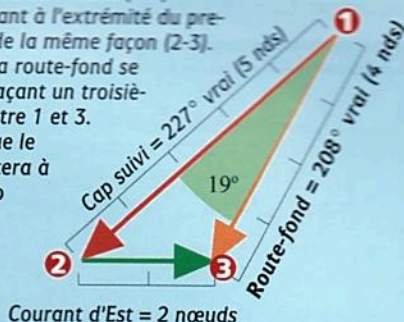
Cap à suivre : $227^\circ + 10^\circ = 237^\circ$ vrai
(le cap vrai doit ensuite être corrigé pour obtenir le cap compas)

Courants

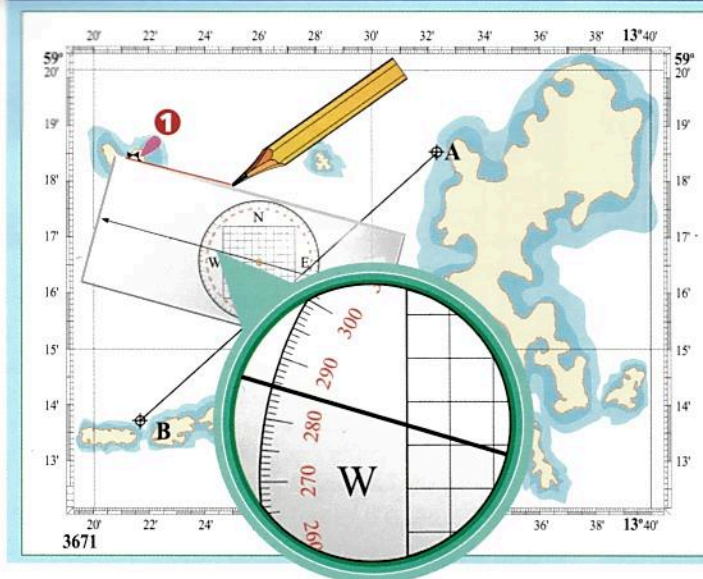
Tracez votre cap prévu à son angle exact sous forme d'un vecteur mesurant 1 centimètre ou 1 millimètre par nœud de vitesse (1-2).

Tracez le courant à l'extrémité du premier vecteur de la même façon (2-3). La vitesse et la route-fond se révèlent en traçant un troisième vecteur entre 1 et 3.

Remarquez que le bateau s'écartera à mesure du cap d'origine en raison du courant.



Le bateau se déplace à la surface de 1 vers 2. Dans le même temps, sous l'influence du courant, la masse d'eau sur laquelle le bateau navigue s'est déplacée de 2 en 3. En conséquence, la route sur le fond va de 1 en 3.



Utiliser le compas de relèvement

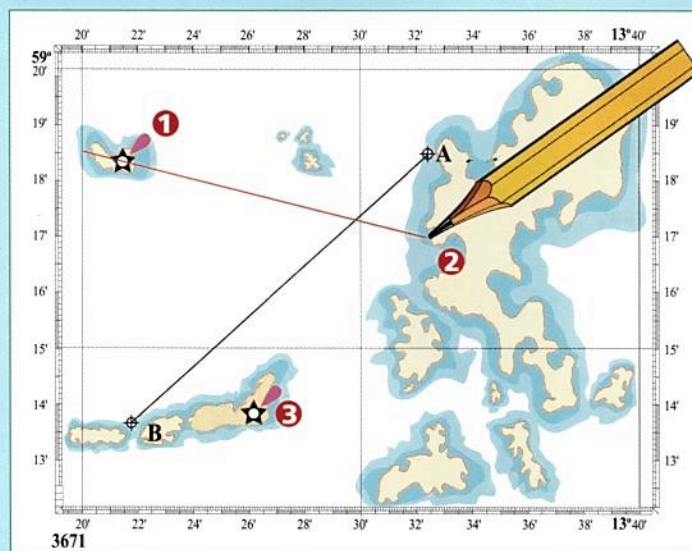
En cours de route entre A et B, vous voulez vous assurer que vous suivez bien le **cap prévu**. Pour cela, vous pouvez effectuer une série de relèvements avec le **compas de relèvement**. Choisissez un objet fixe – couramment appelé **amer** – un phare par exemple, et visez-le avec le compas de relèvement. La graduation de la rose du compas sur la ligne

de foi de ce même compas indique le gisement de l'amer. Dans l'exemple illustré ci-dessus il est au **287° compas**. **Attention!** Obtenir un point exact peut être relativement difficile en mer. Vous pouvez prendre plusieurs relèvements successifs et faire la moyenne des résultats. Les compas de relèvement électroniques intègrent cette fonction.

Triar

Le relèvement règle vers l'amer observé (le phare), réglez la rose mobile sur 285° vrai, en plaçant les lignes verticales de son quadrillage central parallèles à un méridien. Tracez un trait depuis l'amer jusqu'à une certaine longueur à l'opposé de l'objet observé (2). Ce trait s'appelle la **ligne de position**. Vous vous trouvez quelque part sur cette

Les routes possibles



Attention! Vous devez effectuer les corrections en tenant compte de la déclinaison. La déclinaison est considérée pour nulle dans la mesure où le compas de relèvement est par principe tenu loin du moteur ou d'autres masses de fer ou d'acier. Par convention, une mesure de relèvement est symbolisée par la lettre « Z ».

Admettons que la déclinaison soit de 2° W :

Relèvement compas: $Z_c = 287^\circ$ compas
Déviation: $dev. = 0^\circ$

Relèvement magnétique: $Z_m = 287^\circ$ magnétique
Déclinaison: $var. = -2^\circ W$

Relèvement vrai: $Z_v = 285^\circ$ vrai

En allant du relèvement compas vers le relèvement vrai on tient compte pour la déclinaison des signes **Ouest-moins** et **Est-plus**.

21

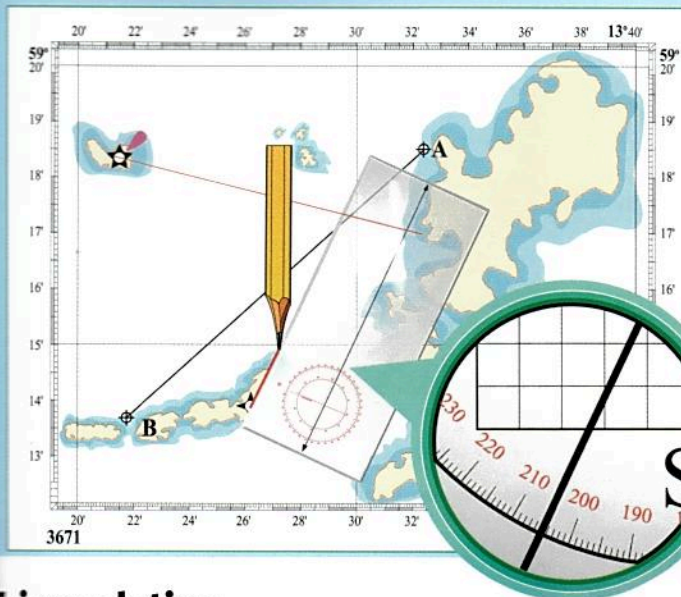
Placez la règle-rapporteur vers l'**amer observé** (le phare), réglez la rose mobile sur 285° vrai, en plaçant les lignes verticales de son quadrillage central parallèles à un méridien. Tracez un trait depuis l'amer jusqu'à une certaine longueur à l'opposé de l'objet observé (2). Ce trait s'appelle la **ligne de position**. Vous vous trouvez quelque part sur cette

ligne dans la mesure où votre relèvement de l'amer est au 285° vrai. Toutefois, cela ne vous permet pas de savoir où vous vous situez sur ce trait. Pour cela, vous devez effectuer un autre relèvement, par exemple sur le phare 3. **Attention!** Il est important que les deux relèvements fassent entre eux un angle aussi proche que possible de l'angle droit.



Pour plus de précision, le relèvement règle vers l'amer observé (le phare), réglez la rose mobile sur 285° vrai, en plaçant les lignes verticales de son quadrillage central parallèles à un méridien. Tracez un trait depuis l'amer jusqu'à une certaine longueur à l'opposé de l'objet observé (2). Ce trait s'appelle la **ligne de position**. Vous vous trouvez quelque part sur cette

Deux relèvements

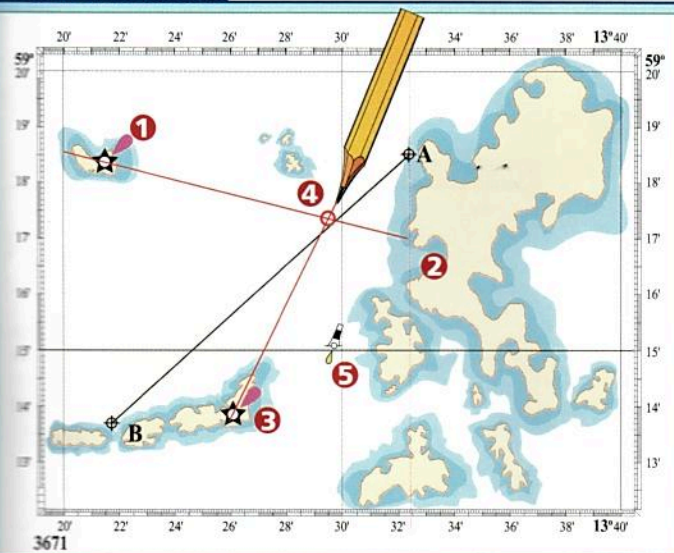


Triangulation

L'amer. Le relèvement du phare suivant est au 205° vrai. Placez la règle vers cet amer (3) à un angle de 205° tout en conservant les lignes verticales du quadrillage de la rose mobile en parallèle avec un méridien, le Nord vers le haut. Tracez un trait depuis le phare, le long de la règle, jusqu'à ce qu'il

coupe la première ligne de position. Vous disposez maintenant d'une nouvelle ligne de position sur laquelle, comme précédemment vous vous trouvez quelque part. Votre position est très précisément à l'intersection de ces deux traits (4) !

Trois relèvements



Relèvement compas:	$Z_c = 207^\circ$ compas
Déviations:	$dev. = 0^\circ$
Relèvement magnétique:	$Z_m = 207^\circ$ magnétique
Déclinaison:	$var. = -2^\circ W$
Relèvement vrai:	$Z_v = 205^\circ$ vrai

Triangle typique obtenu lors du tracé de trois relèvements:



Si les rochers submergés (5) sont les seuls dangers de la zone, faites comme si vous étiez en position (6) !

Deux relèvements qui se croisent à un angle trop faible ne permettent pas d'obtenir une intersection précise. Attention ! Des erreurs de relèvements et de reports sur la carte entraînent des bévues plus graves encore !

est au Pour plus de sécurité, vous pouvez prendre un troisième relèvement, par exemple sur la balise cardinale Ouest (5). Attention ! Évitez de prendre des relèvements sur des bouées flottantes dans la mesure où elles ont pu dériver de leur position portée sur la carte (mais utilisez-les tout de même avec précaution si vous n'avez rien de mieux à viser

autour de vous). Prendre trois relèvements vous amènera inmanquablement à tracer un triangle (les relèvements ne sont jamais assez précis). Par sécurité, il est préférable de partir du principe que vous vous trouvez du plus mauvais côté du triangle par rapport aux dangers alentours (rochers, hauts-fonds, récifs...).

Déterminer sa position à partir d'un seul point (estime)

Vous ne disposez que d'un seul amer pour prendre un relèvement le long de la côte. Supposons que vous vous trouviez au point 1, que vous releviez un feu au 330° vrai et que vous portiez ce relèvement sur la carte. Vous savez alors que vous vous trouvez quelque part sur cette **ligne de position**. Vous notez le chiffre du totalisateur du loch, 225 milles et poursuivez sur votre cap jusqu'à ce que vous parveniez au point 2 où vous effectuez un nouveau relèvement du même feu au 50° vrai avec un loch marquant 261 milles. Le second relèvement tracé sur la carte vous donne une nouvelle ligne de position sur laquelle vous vous trouvez. **Attention! Idéalement, les deux relèvements doivent former un angle de 90° l'un avec l'autre.**

La distance parcourue est de: $261 - 225 = 36$ milles. Cette distance est alors ajustée en parallèle à la ligne du cap suivi, jusqu'à ce qu'elle coïncide avec l'écartement entre les deux relèvements. Vous vous trouvez probablement au point 3, votre nouvelle **position observée**. Cette méthode n'offre pas une très grande précision, surtout s'il y a du courant!

Relèvement à 45°

Commencez par relever le feu (3) par 45° lorsqu'il se trouve par le **travers avant** du bateau (1) et notez les indications du loch. Consultez de nouveau le loch lorsque le feu se trouve à 90° par rapport au bateau et calculez la distance parcourue. Le triangle 1-2-3 est un triangle **isocèle** présentant des angles de $90^\circ/45^\circ/45^\circ$, ce qui signifie que la distance du phare au bateau en position (2) est équivalente à la route parcourue (1-2).

La distance par rapport au feu relevé en plein travers est égale à la distance parcourue entre chaque relèvement.

Attention! Cette méthode se révèle inexacte en présence d'une dérive importante ou d'un fort courant (vous pouvez également prendre vos relèvements en ordre inverse: d'abord à 90° par le travers, puis à 45° sur l'arrière).

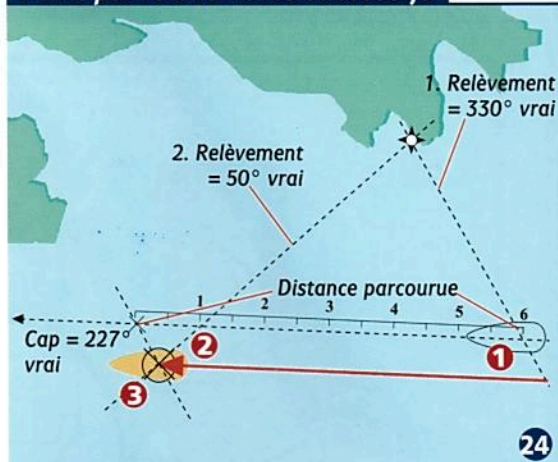
Un relèvement, une distance

En longeant le rivage, vous allez probablement apercevoir sur l'horizon la masse d'un grand phare côtier. Si vous prenez un relèvement à ce moment-là, vous allez pouvoir en trouver la distance avec **une relative exactitude**.

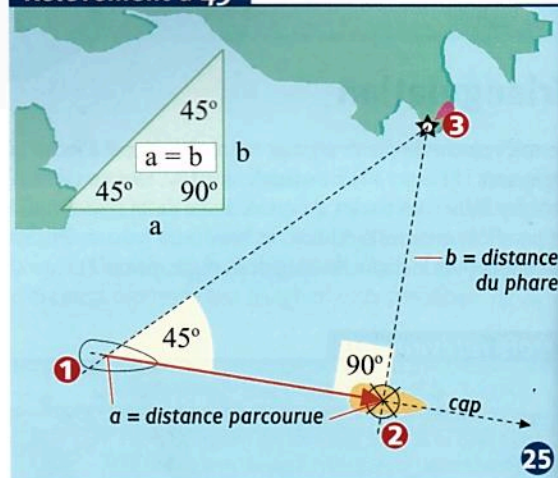
Dans l'exemple ci-contre, le relèvement du phare est au 075° vrai. Tracez votre ligne de position 1-2 passant par le phare comme sur l'illustration. Le feu s'élève à 18 mètres et vous vous trouvez à environ 4 mètres au-dessus de l'eau.

D'après les tables représentées dans le schéma, vous trouvez que la distance est de 13 milles. Avec le compas à pointes sèches, tracez un arc d'un rayon de 13 milles à partir du phare. Votre position se trouve à l'intersection de l'arc de cercle et de la ligne de position 1.

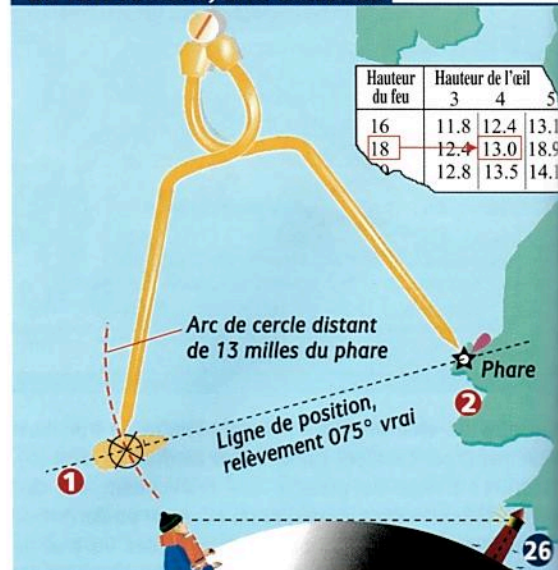
Point par relèvements successifs



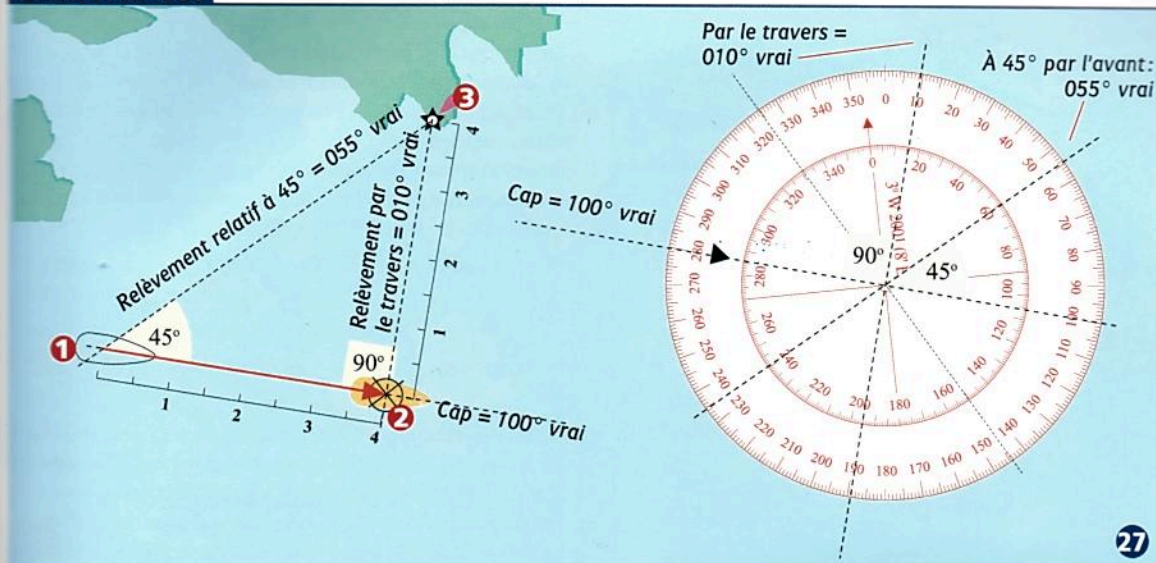
Relèvement à 45°



Un relèvement, une distance



Utiliser la rose

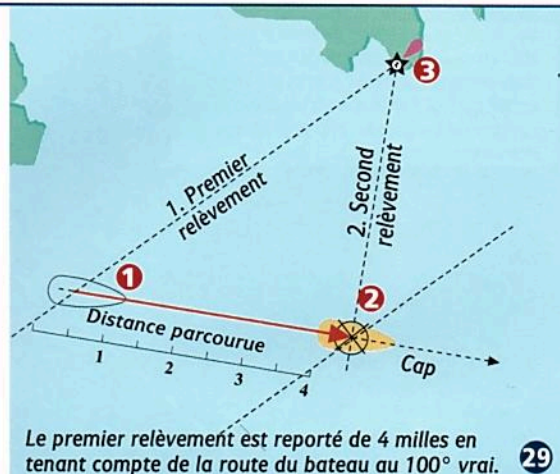


Relèvements relatifs

Dans l'exemple de la figure 25, vous avez relevé le feu une première fois à 45° puis une seconde fois à 90° par le travers de l'axe du bateau grâce à la méthode dite des **relèvements relatifs**. Vous pouvez pour cela créer des repères à bord à partir desquels vous pouvez déduire les **relèvements vrais** correspondants en utilisant la rose du compas.

Votre cap vrai est de 100°. Votre relèvement à 45° vers l'avant sera en conséquence : $Cv = 100 - 45 = (Zv) 55^\circ$ vrai. Par le travers il sera : $Cc = 100 - 90 = (Zv) 10^\circ$ vrai. Si vous aviez navigué en sens inverse, cap au 280° vrai, vous auriez obtenu : $Cv = 280 + 45 = (Zv) 325^\circ$ vrai et $Cc = 280 + 90 = 370^\circ$ soit $(Zv) 10^\circ$ vrai.

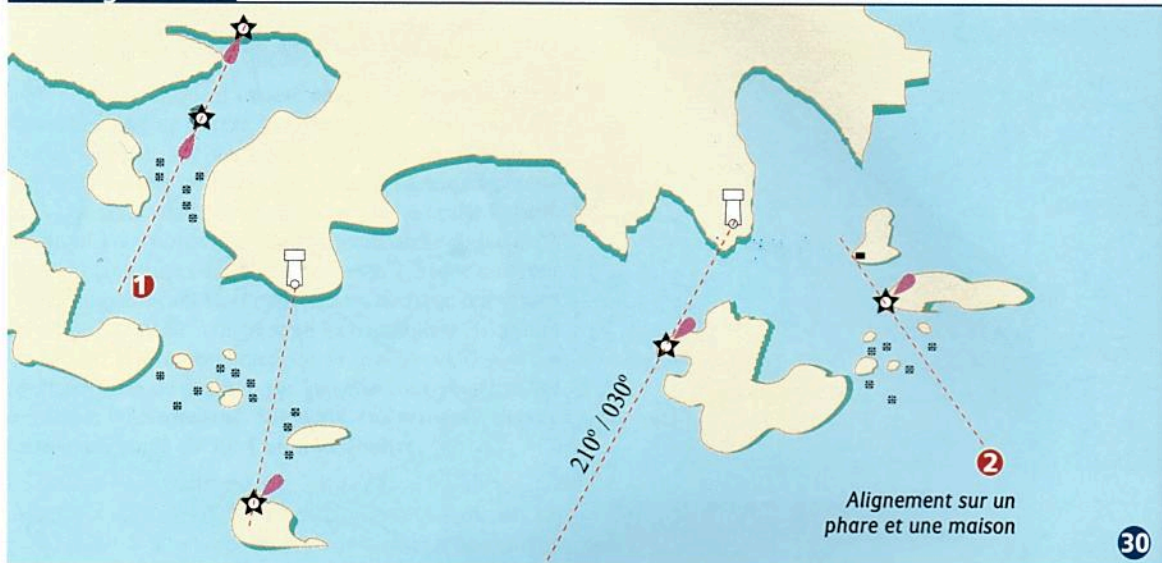
Transport de relèvement



Transport de votre ligne de position

Dans l'exemple de la figure 24, vous pouvez obtenir votre position en **reportant** votre première ligne de position en **fonction du déplacement du bateau**. Vous savez que vous vous trouvez quelque part sur la première ligne de position, mais pas exactement où, au moment où vous effectuez votre relèvement. Lorsque vous faites votre second relèvement, le bateau a navigué sur une certaine distance pendant un temps donné. Si vous reportez la première ligne de position en tenant compte de la distance parcourue sur votre

cap, vous devez à nouveau vous trouver quelque part sur cette ligne ! Dans le même temps, vous devez également vous trouver quelque part sur l'axe du **nouveau** relèvement ! **Votre position se situe à l'intersection de ces deux lignes**. Cette technique, dite du « transport de droite », est très employée en navigation, particulièrement en navigation astronomique. Elle est illustrée dans la figure 28. De même, l'exemple de la figure 25 est-il développé avec cette méthode dans la figure 29.



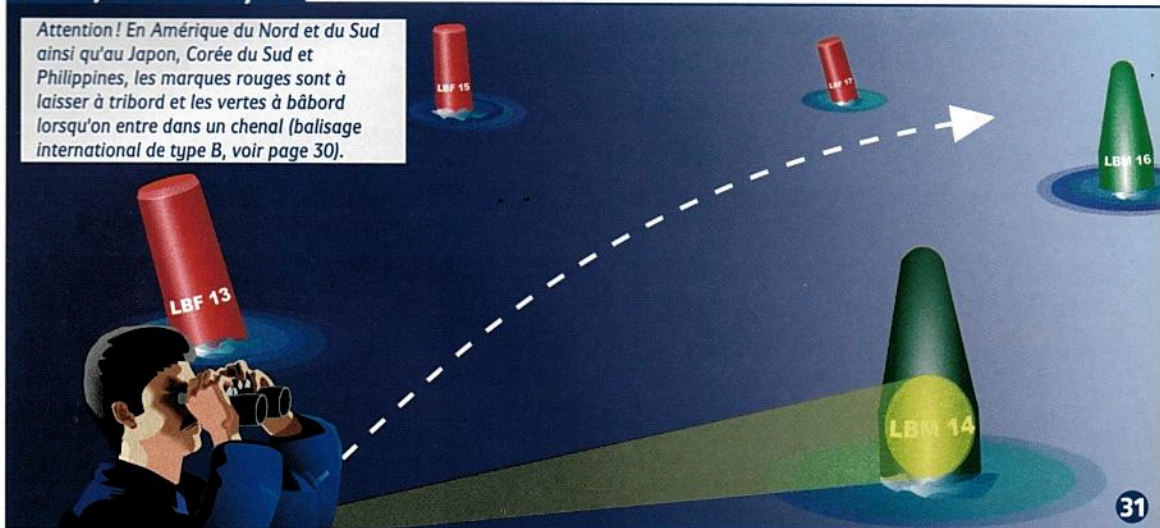
Pilotage

Les alignements de toutes sortes sont des aides précieuses au pilotage (navigation en vue des côtes), non seulement pour déterminer votre position, mais aussi pour vous guider hors des dangers tels que hauts-fonds ou autres obstacles. Avec les feux, les balises et les marques spécifiques,

vous pouvez utiliser les tours, clochers, châteaux d'eau, immeubles ou tout autre objet remarquable: **les amers**. Assurez-vous simplement que les repères que vous apercevez figurent bien sur la carte. Vous pouvez également prendre pour repère des îles ou tout autre élément naturel, mais en vous assurant une fois encore que vous les identifiez bien sur la carte.

Identifier les marques

Attention ! En Amérique du Nord et du Sud ainsi qu'au Japon, Corée du Sud et Philippines, les marques rouges sont à laisser à tribord et les vertes à bâbord lorsqu'on entre dans un chenal (balisage international de type B, voir page 30).



Naviguer dans un chenal ou une passe

Il est très important, particulièrement de nuit, de vérifier que les amers que vous observez sont bien ceux que vous croyez. Lorsque vous suivez un chenal sinueux, vérifiez les numéros et l'identification des bouées vertes et rouges à mesure que vous les passez. L'emploi d'une lampe-torche ou de jumelles est nécessaire. Prenez garde au courant qui peut vous entraîner sur l'une d'entre elles. Lorsque vous

navigatez en vous engageant dans le chenal ou la passe, les bouées rouges doivent se trouver à bâbord et les vertes à tribord (leur couleur doit coïncider avec celle des feux de position du bateau). Lorsque vous sortez de la passe ou du chenal, c'est exactement l'inverse. Reportez-vous toujours à la carte où la direction de la circulation dans le chenal est souvent précisée (voir fig. 44).

En plus d
tional no
Signalisa
31, les c
d'un pay
ceux qui
SHOM. U

Ouvrage

cartes ma

Pour les c

Chart 5

Admiralt

Profonde

par rappo

plus basse

quant la h

précis. Le

en italiqu

rement de

virgule).

portées e

ment indi

Altitudes

tées au ni

marée en

Couleurs

teintes oc

les profon

blanc. Ces

par des isc

Isobathes

de même

impropre

on trouve

Obstacles

naissent e

Dangers i

croix, leur

Nature di

nant la na

précisent

(sable); R

Câbles et

hauteur co

la pleine

Cotes. Le

ent une c

moyen de

basse port

rence au z

toujours s

rappor au

Symboles des cartes

En plus de la symbolique correspondant au balisage international normalisé AISM (Association Internationale de Signalisation Maritime, en anglais IALA) exposé pages 30-31, les cartes portent de nombreux symboles qui varient d'un pays à l'autre. Nous présentons ici quelques-uns de ceux qui sont les plus importants sur les cartes françaises du SHOM. Un livret particulier du SHOM leur est consacré :

Ouvrage 1 D : « Symboles et abréviations figurant sur les cartes marines françaises ».

Pour les cartes anglaises, on se procurera :

Chart 5011 : « Symbols and abbreviations used on Admiralty charts ».

Profondeurs. Les profondeurs sont exprimées en mètres par rapport au zéro des cartes correspondant au niveau des plus basses mers. Elles sont indiquées par des chiffres indiquant la hauteur d'eau aux plus basses mers en un endroit précis. **Les sondes certaines** sont indiquées par des chiffres en italique, les décimales étant précisées par un chiffre légèrement décalé au-dessous du chiffre principal (jamais de virgule). **Les sondes plus anciennes**, moins fiables, sont portées en caractères droits. **Les sondes douteuses**, purement indicatives, sont encadrées d'un trait pointillé.

Altitudes. Les altitudes des parties émergées sont rapportées au niveau moyen de la mer (NM) ou au niveau de marée en Manche et Atlantique.

Couleurs. Sur les cartes couleurs, la Terre figure dans des teintes ocrées (bistre). L'estran est en vert. La mer, suivant les profondeurs, apparaît en bleu soutenu, bleu clair puis en blanc. Ces zones sont, selon l'échelle de la carte, délimitées par des isobathes (lignes de sonde) de diverses profondeurs.

Isobathes. Les isobathes sont des lignes joignant des points de même profondeur, on les appelle aussi communément (et improprement) lignes de sonde. Sur une carte au 1/50 000^e, on trouvera la ligne des 5 mètres, la ligne des 10 mètres etc.

Obstacles. Les obstacles découvrant en permanence apparaissent en vert.

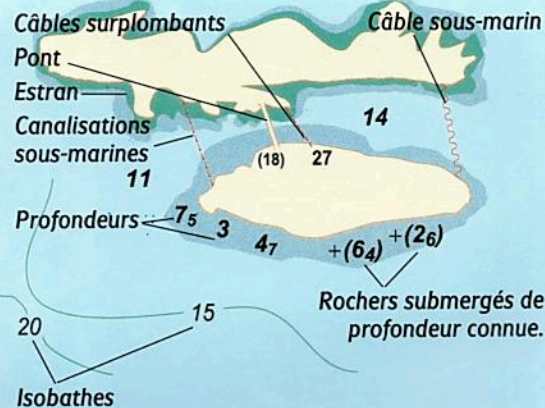
Dangers isolés. Les dangers isolés sont symbolisés par une croix, leur profondeur est indiquée à côté, souvent en italique.

Nature du fond. Les cartes portent des indications concernant la nature du fond. Les abréviations internationales qui précisent leur nature sont empruntées à l'anglais : S : sand (sable) ; R : rock (rocher) ; Wk : wreck (épave), etc.

Câbles et ponts surplombants portent une indication de hauteur correspondant au tirant d'air laissé par le niveau à la pleine mer moyenne de vive-eau (coef. 95).

Cotes. Les îlots et rochers qui émergent en permanence portent une cote qui précise leur altitude par rapport au niveau moyen de la mer. Les rochers découvrant seulement à marée basse portent une cote placée entre parenthèses, faisant référence au zéro des cartes. Le chiffre principal de ces cotes, toujours souligné, précise à quelle altitude ils émergent par rapport au niveau des plus basses mers.

Nomenclature



Attention ! Consultez toujours vos cartes très attentivement avant de vous en servir. Elles contiennent quantité d'informations !



Feu (les différents secteurs colorés d'un feu peuvent aussi apparaître sur une carte multicolore).

(18)



Rocher couvrant et découvrant. La hauteur au-dessus du zéro des cartes est mentionnée si elle est connue.



Rocher à fleur d'eau au niveau du zéro des cartes.

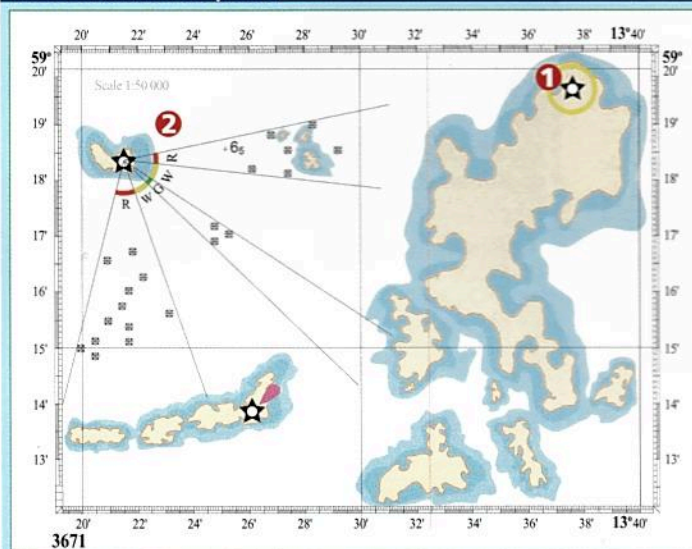


Rocher submergé à une profondeur inconnue.

+ (25) or 25 R



Rocher submergé de profondeur connue, à l'intérieur (en haut) et à l'extérieur (en bas) d'une zone de même profondeur.



Feu d'atterrissage



Feu (feu de chenal) à secteurs

Symbole de feu

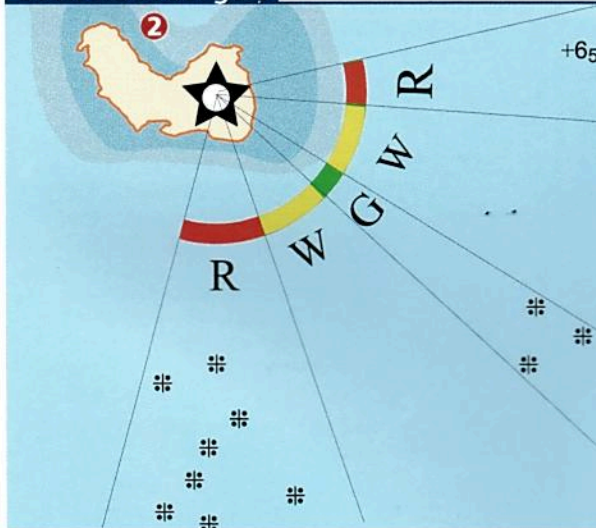
Attention ! Les feux blancs figurent en jaune afin de contraster avec le fond de carte. 34

Naviguer de nuit

En approchant d'une côte dans l'obscurité, vous allez logiquement apercevoir en premier lieu un **grand feu principal**, de caractéristique unique, couvrant l'horizon à 360° (feu d'atterrissage). Puis, à mesure de votre progression, vous distinguerez de plus **petits feux** portant

des **secteurs colorés**. Plus près encore, vous allez voir les lumières de la côte ainsi que des **marques fixes ou flottantes** portant des signaux lumineux à leur sommet. Les feux situés dans une même zone ont en général des **caractéristiques différentes** afin de les distinguer. On peut toutefois retrouver des caractéristiques similaires dans un autre bassin de croisière.

Secteurs et dangers



Les feux à secteurs ne sont pas toujours visibles de partout et sont parfois occultés dans certaines directions.

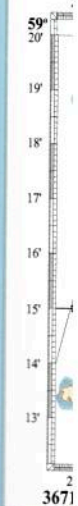
La croix sur la carte indique le point le plus haut d'un obstacle ou d'un rocher submergé. La profondeur est portée en mètres, sous la forme 65 sur les cartes contemporaines. (Dans cet exemple, ce haut-fond situé à 6,50 mètres sous la surface ne constitue aucun danger pour un petit bateau par temps calme.)

Symbole signalant un rocher à fleur d'eau au niveau du zéro des cartes. **Faites toujours très attention à ce symbole dans la mesure où il signale un danger, spécialement lorsque le rocher se couvre d'eau à marée haute.** 35

Feux à secteurs

Les feux à secteurs émettent des couleurs blanche, rouge et verte dans des directions très précises. Le blanc est le seul secteur qui assure une bonne sécurité. Si vous vous retrouvez dans une zone couverte par un secteur rouge ou vert, lesquels indiquent des aires semées de dangers, la carte vous précisera la correction de cap à appliquer pour regagner le secteur blanc. Les bateaux de plaisance et les plus

petites unités peuvent souvent se permettre de naviguer dans les secteurs rouge et vert, mais il faut impérativement consulter la carte pour localiser les dangers. Les secteurs rouge et vert couvrent souvent des zones suffisamment profondes pour que les navires de petit tonnage puissent s'y aventurer par temps calme. **Passer dans des zones de faible tirant d'eau par mer agitée présente toujours un risque ! Attention ! On peut aussi subir des mésaventures dans le secteur blanc !**



Align

Lorsque sion, on secteurs. avec le t sans dan

Corrig

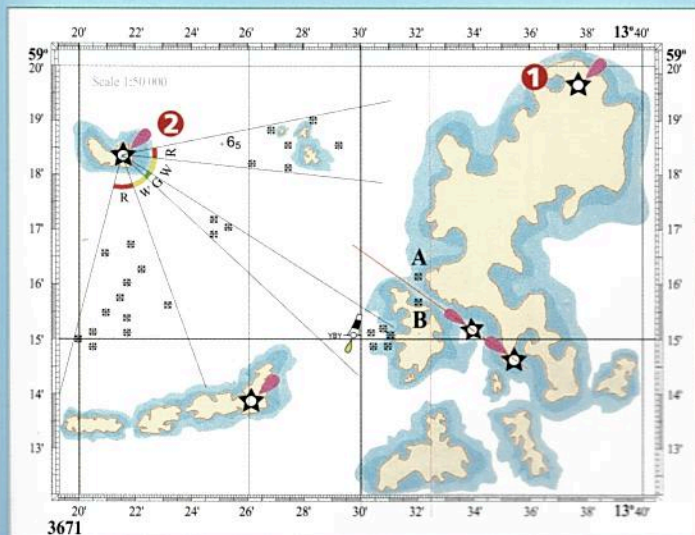
Les feux à secteurs ne sont pas toujours visibles de partout et sont parfois occultés dans certaines directions.

La croix sur la carte indique le point le plus haut d'un obstacle ou d'un rocher submergé. La profondeur est portée en mètres, sous la forme 65 sur les cartes contemporaines. (Dans cet exemple, ce haut-fond situé à 6,50 mètres sous la surface ne constitue aucun danger pour un petit bateau par temps calme.)

Symbole signalant un rocher à fleur d'eau au niveau du zéro des cartes. **Faites toujours très attention à ce symbole dans la mesure où il signale un danger, spécialement lorsque le rocher se couvre d'eau à marée haute.** 35

Feux à secteurs

Les feux à secteurs émettent des couleurs blanche, rouge et verte dans des directions très précises. Le blanc est le seul secteur qui assure une bonne sécurité. Si vous vous retrouvez dans une zone couverte par un secteur rouge ou vert, lesquels indiquent des aires semées de dangers, la carte vous précisera la correction de cap à appliquer pour regagner le secteur blanc. Les bateaux de plaisance et les plus



Si vous restez sur votre alignement (pointillés) vous éviterez les écueils A et B.

Alignements

Lorsque naviguer dans les chenaux demande de la précision, on a recours aux **alignements** plutôt qu'aux feux à secteurs. Les amers d'alignement sont portés sur la carte avec le tracé de leur axe montrant là où le passage est sans danger. Les **feux d'alignement** sont utilisés de nuit,

équipés de feux fixes ou clignotants, blanc, rouge ou vert. N'importe quel type de feu peut être utilisé, dès l'instant où les caractéristiques des marques se différencient et où la signalisation la plus éloignée est située la plus en hauteur.

Corriger sa route



Corrigez votre cap sur tribord !

Ici, le feu le plus éloigné est à bâbord. Il faut donc, gouverner vers tribord.



Corrigez votre cap sur bâbord !

Ici, le feu le plus éloigné est à tribord. Il faut donc, gouverner vers bâbord.



Parfait ! Continuez comme cela !



Appuyez à bâbord !

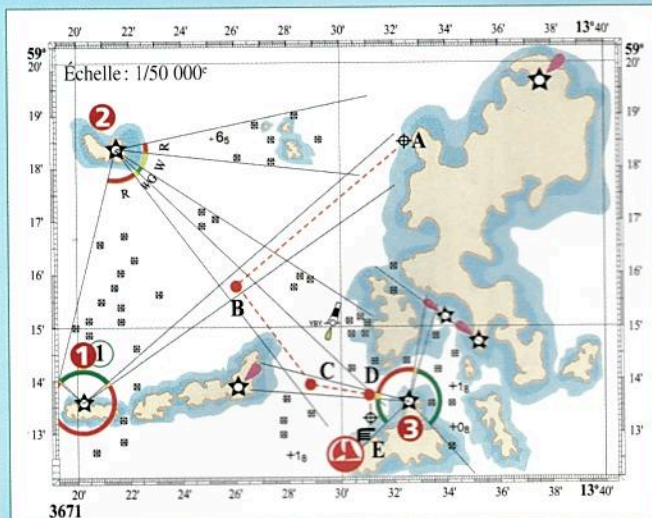
Ici, la marque la plus éloignée est à tribord. Il faut donc, gouverner vers bâbord.



Parfait ! Continuez comme cela !

Les alignements sont donnés en cap vrai, ce qui permet de vérifier la déviation du compas du bord comme il a été dit précédemment. Placez-vous droit sur l'alignement puis lisez le cap indiqué par le compas de route. Calculez ensuite votre déviation après avoir préalable-

ment intégré le calcul de la déclinaison mentionné sur la carte. De quel côté faut-il aller si les deux feux ou les deux marques ne sont plus alignés ? Appuyez votre route du côté opposé où semble se trouver la marque la plus éloignée.



Feu 1



Feu 2



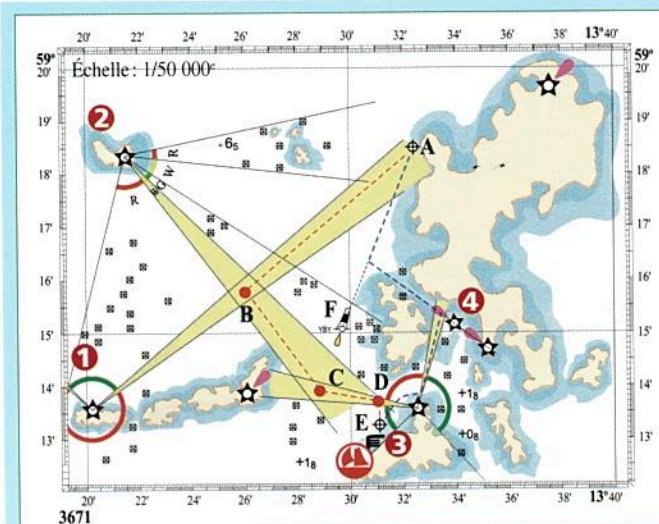
Vous pouvez déterminer le moment où vous vous trouvez à la limite d'un secteur blanc. La lumière va virer légèrement au rouge ou au vert selon l'endroit où vous vous trouvez. Reportez-vous à la carte! Vous serez à ce moment-là à la limite de deux secteurs, ce qui vous donnera une ligne de position! Mais s'il y a un peu de brume, cette ligne peut être imprécise.

38

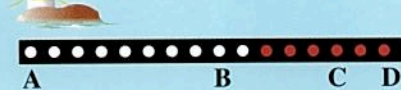
Naviguer de nuit dans un chenal balisé

Vous partez du point A pour vous rendre jusqu'à la marina E dans une totale obscurité. En premier lieu, vous naviguez dans le secteur blanc du feu n° 1 après vous être assuré (vérifiez plutôt deux fois qu'une) que vous avez bien repéré le bon phare avec ses caractéristiques exactes. Auparavant, vous avez également identifié le feu n° 2 et ses caractéristiques. Vous naviguez donc dans le secteur

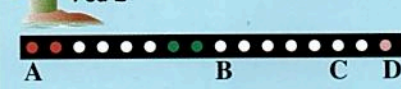
blanc du feu n° 1 jusqu'à ce que vous observiez que les secteurs du feu n° 2 passent du rouge au blanc, puis au vert. Lorsque vous entrez dans le second secteur blanc du feu n° 2, vous virez à près de 90° sur bâbord et faites route au Sud-Est dans ce secteur. À ce moment-là, vous devriez pouvoir identifier les caractéristiques particulières du feu n° 3. Vous poursuivez dans le secteur blanc du feu n° 2



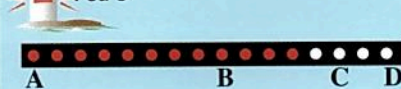
Feu 1



Feu 2



Feu 3



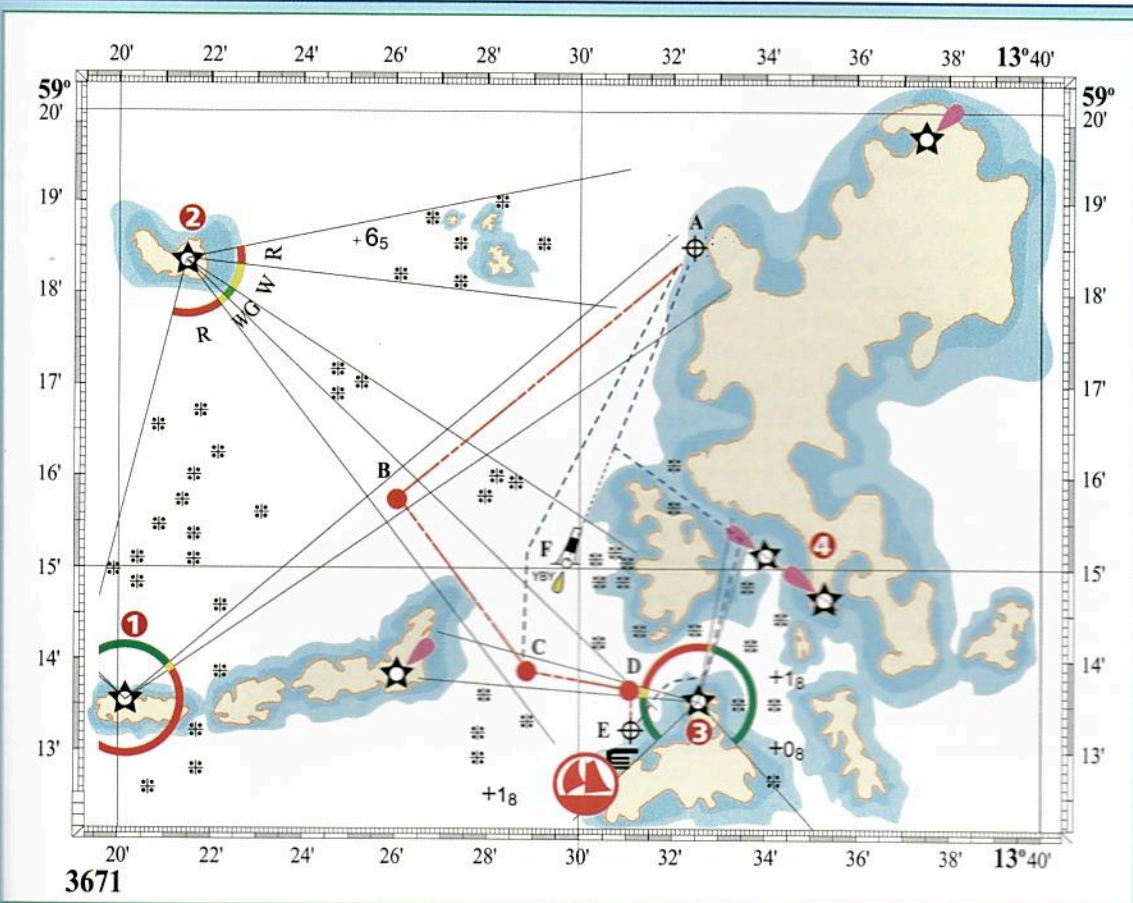
Pour plus de clarté, les secteurs blancs sont colorés en jaune dans le schéma ci-contre.

39

jusqu'à ce que vous voyiez le feu n° 3 passer du rouge au blanc (point C). Vous faites alors route vers le phare n° 3 jusqu'à ce que vous aperceviez les feux d'entrée de la marina au Sud de votre position (point D). Virez au Sud vers E et entrez dans la marina.

Telle est la route la plus sûre pour naviguer de A en E, mais il existe d'autres alternatives!

Vous pouvez naviguer à partir de A vers la cardinale Ouest (F) et pouvez ensuite suivre les feux d'alignement n° 4 qui vous guident dans un étroit chenal jusqu'à ce que vous aperceviez le secteur blanc du feu n° 3. Faites alors prudemment route dans le secteur blanc de ce feu, en le gardant éventuellement sur bâbord, jusqu'à ce que vous aperceviez les feux d'entrée de la marina.



Caractéristiques

1 Feu à occultations : une lumière fixe est masquée le nombre de fois indiqué entre parenthèses. Dans cet exemple, on a deux occultations toutes les 10 secondes. Utilisez un chronomètre ou comptez « 1001, 1002, 1003... » Comptez à partir du premier phénomène observé jusqu'à ce qu'il se reproduise.

2 Feu à éclats: l'obscurité est interrompue par un certain nombre d'éclats indiqués entre parenthèses. Dans cet exemple, nous avons un groupe de trois éclats toutes les 8 secondes.

3 Feu isophase: iso signifie «égal» en grec. Dans cet exemple, les périodes de lumière et d'obscurité se répètent toutes les 6 secondes.

Une route plus facile encore (pointillés verts) consiste à approcher la cardinale Ouest (F). Passez à l'Ouest de cette marque en poursuivant vers le Sud jusqu'au point C et suivez les instructions fournies précédemment.

Une route plus facile encore (pointillés verts) consiste à approcher la cardinale Ouest (F). Passez à l'Ouest de cette marque en poursuivant vers le Sud jusqu'au point C et suivez les instructions fournies précédemment.

Il y a souvent plusieurs routes possibles, mais la plus sûre est de naviguer en respectant les secteurs des feux. Des marques flottantes peuvent avoir dérivé ou avoir été endommagées

par une collision avec des navires. Les caractéristiques d'un feu sont portées sur la carte juste après son nom. Le feu n° 1, par exemple, est suivi de Oc(2) 10 s 16 m 12 M, où Oc(2) correspond à la caractéristique du feu, et 16 m à la hauteur du foyer au-dessus du niveau de la mer. Quant à 12 M, il s'agit de la distance maximale en milles nautiques à la laquelle le feu est visible dans des conditions optimales.

Le balisage international

Le système de balisage international de l'AIMS (Association Internationale de Signalisation Maritime) de **type A** est le plus répandu. Toutefois, les Amériques du Nord et du Sud, la zone Caraïbes et Antilles, le Japon, la Corée du Sud et les Philippines utilisent le balisage de **type B** où les bouées latérales vertes et rouges ont des significations opposées par rapport au système A.

Les **marques cardinales** des deux systèmes ne diffèrent pas et indiquent un passage sûr dans la direction correspondant à leur nom. En d'autres termes, **il est sûr de passer à l'Ouest d'une bouée ou d'une balise Ouest !**

Les **bouées latérales** sont faites pour baliser un chenal à l'entrée et à la sortie d'un port. Dans les eaux européennes, vous gardez les bouées rouges à bâbord et les vertes à tribord lorsque vous vous engagez dans le chenal en venant du large. C'est bien entendu le contraire lorsque vous naviguez **dans le sens contraire** du chenal (indiqué sur la carte) où lorsque vous naviguez dans des pays de système B.

Les bouées cardinales et latérales peuvent varier en forme, comme présenté ci-contre, mais leur code couleur reste toujours le même. Les symboles portés sur les cartes peuvent en revanche varier d'un pays à l'autre. Les bouées peuvent porter des feux pour les identifier de nuit. Gardez à l'esprit que les bouées peuvent dériver ! Attention ! Les voyants à leur sommet sont souvent absents !

A : CARDINALE NORD (BOUÉE CARDINALE)

- La zone de plus grande profondeur se trouve au Nord de la marque.
- Identification mnémotechnique : le voyant pointe vers le haut (le Nord). Noir en haut = Nord.
- Signal lumineux (blanc) : scintillement permanent rapide à très rapide.
- Dispositif réflectorisé : une bande bleue et une bande jaune au-dessous.

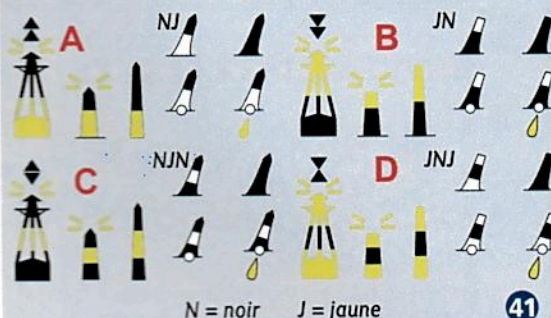
B : CARDINALE SUD (bouée cardinale)

- La zone de plus grande profondeur se trouve au Sud de la marque.
- Identification mnémotechnique : le voyant pointe vers le bas (le Sud). Noir en bas = Sud.
- Signal lumineux (blanc) : six éclats rapides et un long toutes les 15 secondes ou six éclats très rapides et un long toutes les 10 secondes. Rappel mnémotechnique : 6 éclats = 6 heures = Sud.
- Dispositif réflectorisé : une bande jaune et une bande bleue au-dessous.

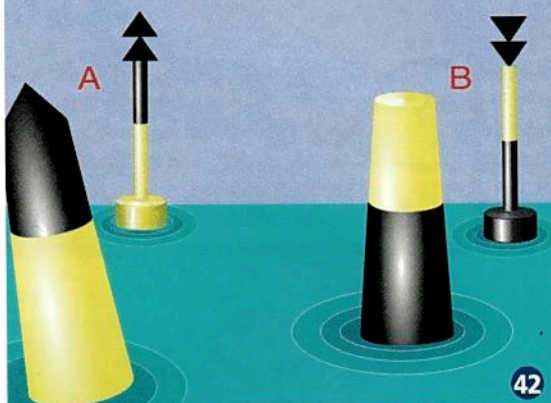
C : CARDINALE EST (bouée cardinale)

- La zone de plus grande profondeur se trouve à l'Est de la marque.
- Identification mnémotechnique : jaune au milieu = soleil levant = Est.
- Signal lumineux (blanc) : trois éclats rapides toutes les 10 secondes, ou trois éclats très rapides toutes les 5 secondes. Rappel mnémotechnique : 3 éclats = 3 heures = Est.
- Dispositif réflectorisé : deux bandes bleues.

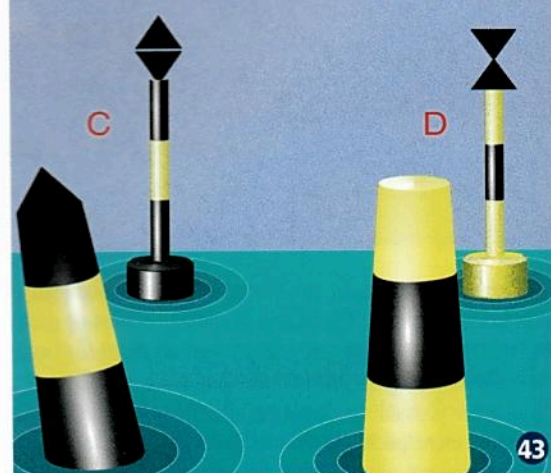
Bouées cardinales



A - Marques cardinales Nord ordinaires
B - Marques cardinales Sud ordinaires



C - Marques cardinales Est ordinaires
D - Marques cardinales Ouest ordinaires



D : CA
► La z
l'Oues
► Iden
= sole
► Sign
les 15
les 10
9 écla
► Disp

Les bou
naux et
laisse le
dans le s
de vos fe

F : MA
► Les
en nav
► Sign
► Disp

G : MA
► Les
en nav
► Sign
► Disp

I : DAH
► Eaux
signal
► Sign
► Disp

H : MA
► Eaux
pour n
aide g
► Sign
un lon
► Dispa
au-des

J : MAI
► Ces
et des
► Sign
► Disp

Les boué
la rigueur
des eaux
prudent d
Vérifiez
Attention
sont en sy

D: CARDINALE OUEST (bouée cardinale)

- La zone de plus grande profondeur se trouve à l'Ouest de la marque.
- Identification mnémotechnique: noir au milieu = soleil couchant = Ouest.
- Signal lumineux (blanc): neuf éclats rapides toutes les 15 secondes ou neuf éclats très rapides toutes les 10 secondes. Rappel mnémotechnique: 9 éclats = 9 heures = Ouest.
- Dispositif réflectorisé: deux bandes jaunes.

Les bouées latérales sont utilisées pour baliser les chenaux et les entrées de port. Dans les eaux européennes, on laisse le rouge à bâbord et le vert à tribord en naviguant dans le sens du chenal (ces couleurs coïncident avec celles de vos feux de navigation).

F: MARQUE BÂBORD (bouée latérale)

- Les marques bâbord rouges sont à laisser à bâbord en naviguant dans le sens du chenal.
- Signal lumineux: feu rouge de toute caractéristique.
- Dispositif réflectorisé: rouge.

G: MARQUE TRIBORD (bouée latérale)

- Les marques tribord vertes sont à laisser à tribord en naviguant dans le sens du chenal.
- Signal lumineux: feu vert de toute caractéristique.
- Dispositif réflectorisé: vert.

I: DANGER ISOLÉ

- Eaux libres tout autour de la marque. Employée pour signaler un rocher ou un danger isolé.
- Signal lumineux: deux éclats blancs groupés.
- Dispositif réflectorisé: un bleu + un rouge au-dessous.

H: MARQUE D'EAUX SAINES

- Eaux saines tout autour de la marque. Employée pour marquer le milieu d'un chenal ou comme aide générale à la navigation.
- Signal lumineux: feu blanc, deux occultations ou un long éclat toutes les 10 secondes.
- Dispositif réflectorisé: un rouge + un blanc au-dessous.

J: MARQUE SPÉCIALE

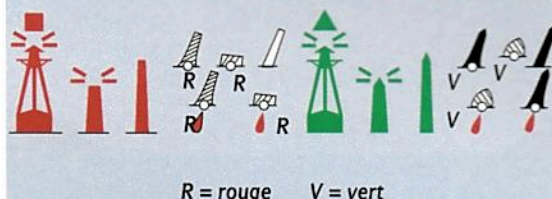
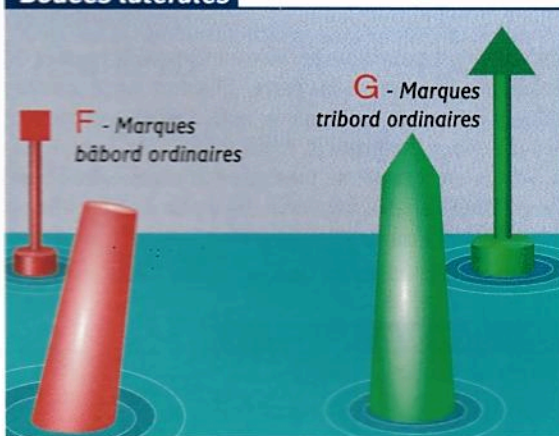
- Ces marques balisent des zones comme des plages et des espaces de loisir.
- Signal lumineux: feu jaune de toute caractéristique.
- Dispositif réflectorisé: jaune.

Les bouées sont ancrées sur le fond. Un petit bateau peut à la rigueur passer « du mauvais côté » d'une bouée. Dans des eaux sans beaucoup d'espace vital ou à fort trafic, il est prudent de rester bien à l'intérieur des marques.

Vérifiez toujours la profondeur sur les cartes!

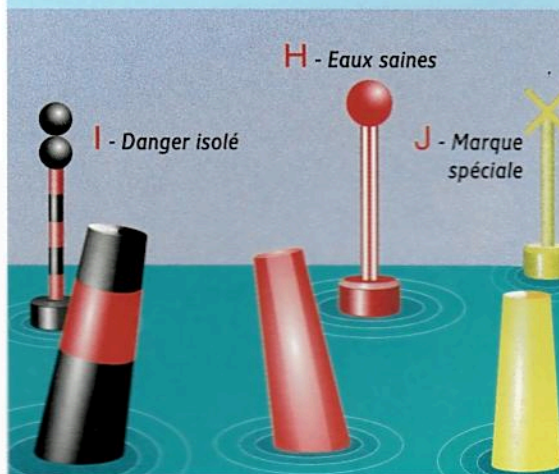
Attention! Les Antilles situées dans la zone « Amériques » sont en système de balisage B.

Bouées latérales



La direction du chenal est indiquée comme ceci sur la carte.

44



Symboles des cartes



R = rouge V = vert N = noir J = jaune B = blanc

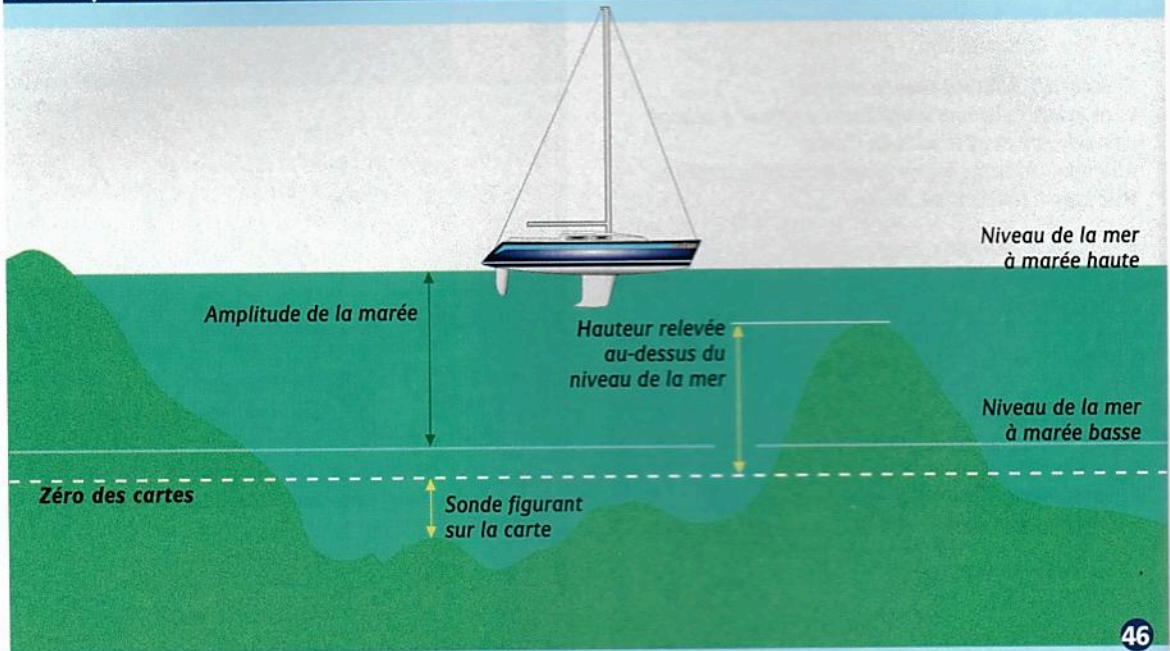
45

Marées

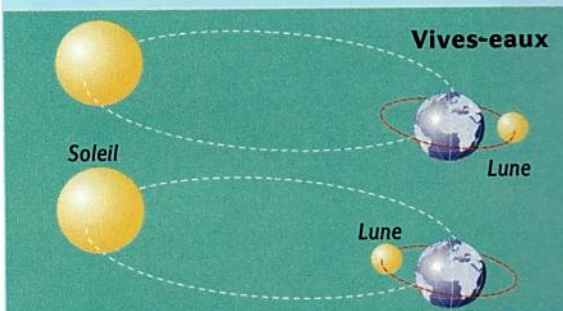
La marée est causée par les mouvements de la Lune et du Soleil par rapport à la Terre. D'autres corps célestes influent également sur la marée, mais c'est en tout premier lieu la Lune qui, tournant en orbite autour de la Terre, « attire » l'eau en vertu de sa force gravitationnelle. Le Soleil, qui est beaucoup plus important, mais plus éloigné, joue un rôle « d'amplificateur » lorsqu'il est aligné avec la Lune. Le niveau de la marée est indiqué sur des tables et sa hau-

teur exprimée par rapport au zéro des cartes. Celui-ci varie selon les pays, mais correspond la plupart du temps au plus bas niveau possible de la marée. Cela signifie que la plupart du temps il doit vous rester un tout petit peu d'eau sous la quille. L'heure de la marée haute et basse se décale d'environ 50 minutes chaque jour dans la mesure où la phase journalière de la Lune est de 50 minutes plus longue que celle du Soleil. Vous pouvez estimer à environ 12 heures 25 minutes le temps séparant deux marées hautes. Une bonne chose à savoir si vous n'avez pas d'annuaire de marée sous la main.

Les références de hauteur

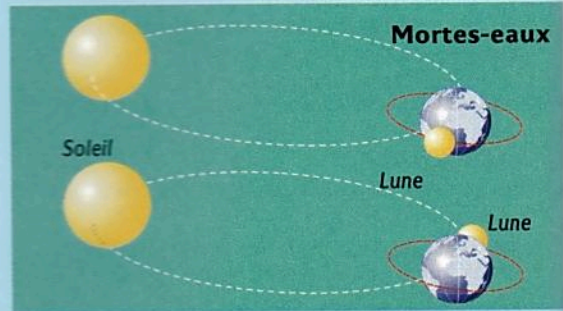


46



Vives-eaux

Les vives-eaux ont lieu lorsque la Lune, le Soleil et la Terre sont alignés. À ce moment, l'amplitude de la marée est à son maximum. Cela se produit lors de la **nouvelle Lune** et de la **pleine Lune** (ou pour être plus précis deux jours après une pleine ou une nouvelle Lune). Les vives-eaux (VE) se produisent environ tous les 14 jours.



Mortes-eaux

Les mortes-eaux ont lieu lorsque la Lune et le Soleil se trouvent à 90° l'un de l'autre par rapport à la Terre. L'amplitude de la marée est alors à son minimum. Cela se produit lorsque la Lune est à son **premier et dernier quartier**, avant et après la pleine Lune. Les mortes-eaux (ME) se produisent également environ tous les 14 jours.

L'ani

L'annuaire
hautes et
Il indiqu
sentent
ports de
Port-Tuc

Questio
l'année
qu'on si
Univers
Attention

Les hor
Universe
de référ
marée e
d'avoir
Convers

La table
proche e
mètres. I
mer. La c
ver pour
Multipli
rence de
teur et aj

I
I
A
I
+
I

Règle de
Il est gé
marée b
hauteur
seconde,
cinquien
Trois he
3
En empl

I
+
I

Ce qui n
vous ave
D'autres
résultat
douxien
de sécur
dans les

L'annuaire des marées

L'annuaire des marées vous indique les heures des marées hautes et basses, chaque jour, pour une **année déterminée**. Il indique de plus la hauteur de la marée. Les tables présentent des données pour des ports importants appelés **ports de référence**. Ce sont par exemple Le Havre, Brest, Port-Tudy, La Rochelle...

Question : quelle hauteur d'eau indiquent les tables de l'année en cours pour Le Havre, le 17 mai à 11 h 30, alors qu'on se trouve deux heures en avance sur le Temps Universel (UTC = Universal Time Coordinated) ?

Attention ! On dit alors qu'on est en « TU + 2 ».

Les horaires de marée sont toujours indiqués en Temps Universel (TU = heure GMT). **Vérifiez toujours le temps de référence ! Certains annuaires donnent les heures de marée en heures légales ! Ce peut être une bonne idée d'avoir à bord une montre à l'heure TU !**

Conversion en heure TU : 11 h 30 - 2 = 9 h 30 TU.

La table de l'annuaire indique que la pleine mer la plus proche est à 12 h 31 et qu'alors la hauteur d'eau est de 6,90 mètres. Il est 9 h 30, soit environ trois heures avant la pleine mer. La courbe de marée en bas à droite vous permet de trouver pour trois heures avant la pleine mer un indice de 0,55.

Multipliez l'amplitude de la marée, c'est-à-dire la différence de hauteur d'eau entre pleine et basse mer par ce facteur et ajoutez le résultat au niveau de la marée basse.

Haute mer	12 h 31 TU = 6,90 m
Basse mer	07 h 50 TU = 0,60 m
Amplitude	= 6,30 m
Basse mer	07 h 50 TU = 0,60 m
+ 6,30 m x 0,55	= 3,50 m (arrondi)
Hauteur d'eau à 09 h 30 TU	= 4,10 m

Règle des douzièmes

Il est généralement admis que, de la marée haute à la marée basse et de la marée basse à la marée haute, la hauteur d'eau varie de 1/12^e la première heure, 2/12^e la seconde, 3/12^e la troisième, 3/12^e la quatrième, 2/12^e la cinquième et 1/12^e la sixième heure (total 12/12^e).

Trois heures avant la marée haute, cela donne :

$$3/12^e + 2/12^e + 1/12^e = 6/12^e = 0,5$$

En employant un facteur 0,5, on obtient :

Basse mer	07 h 50 TU = 0,60 m
+ 6,30 x 0,5	= 3,20 m
Hauteur d'eau à 09 h 30	= 3,80 m

Ce qui ne donne pas un résultat très différent de celui que vous avez obtenu en utilisant la courbe de marée !

D'autres moyens de calcul permettent d'obtenir un résultat plus précis mais la plupart du temps, la règle des douzièmes suffit largement pour vous donner une marge de sécurité. On doit toutefois y recourir avec prudence dans les zones encombrées d'îles ou de faible profondeur.

La marée du lieu

HEURE TU

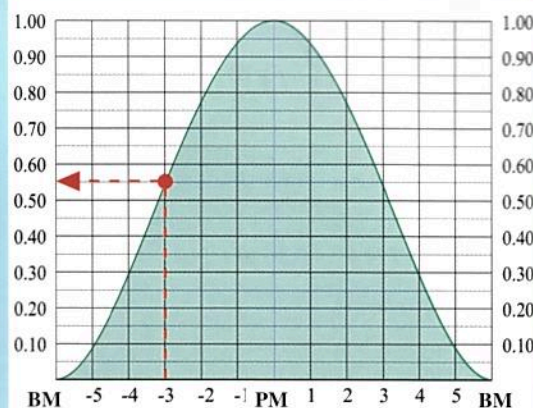
LE HAVRE

LAT 49°29' N LONG 0° 05' E

MAI

Heure	m	Heure	m	
1 0712	1.0	16 0704	0.5	Basse mer
1208	6.5	1143	6.9	Pleine mer
Lun 1921	1.1	Mar 1924	0.6	
2 0023	6.5	17 0005	7.0	Date
0735	1.1	0750	0.6	
Mar 1240	6.5	Mer 1231	6.9	Hauteur en mètres
1944	1.1	2010	0.6	Heure
3 0051	6.4	18 0055	6.8	
0759	1.2	0836	0.7	
Mer 1309	6.4	Jeu 1321	6.8	
2011	1.2	2058	0.7	
4 0114	6.2	19 0147	6.6	
0826	1.3	0923	0.9	

Courbe de marée



HEURES AVANT ET APRÈS LA PLEINE MER

L'amplitude varie considérablement selon l'endroit où vous vous trouvez. Il y a des endroits où elle est négligeable, alors que sur les côtes de Bretagne ou en Manche elle peut atteindre jusqu'à 12 mètres ! Dans ces zones, il est important de connaître au moins les heures de haute et de basse mer.

Attention ! La hauteur d'eau obtenue à partir des tables n'est pas la profondeur réelle que l'on trouve sur place, car elle doit être ajoutée à la profondeur indiquée par la carte.

Rappelez-vous : PM = pleine mer ; BM = basse mer.

Reportez-vous à la page 40 pour l'utilisation des graphiques correspondant aux ports de référence mentionnés dans la plupart des annuaires de marée.

Ports rattachés

Chaque marée est dotée d'un coefficient qui indique son importance. Les coefficients s'étagent de 20 (plus petite marée connue) à 120 (plus grande marée connue).

Pour une marée au-dessous du coefficient 70, on utilise les colonnes de corrections des mortes-eaux (ME), et celles des vives-eaux (VE) au-dessus de 70.

Port de référence : **ROSCOFF**

Port rattaché : **L'ABER ILDUT**

Coefficient de marée: 36
(Nous sommes en mortes-eaux)

Heure PM	Hauteurs	Heures BM	Hauteurs
0 h 40 TU	6,75 m	07 h 16 TU	3,55 m
13 h 39 TU	6,65 m	19 h 58 TU	3,70 m

Corrections Aber Ildut (colonne ME):

PM	Hauteur	BM	Hauteur
- 0 h 45	- 1,30 m	- 0 h 45	- 0,75 m

Pour le 27 août, nous avons:

PM Roscoff: 0 h 40 TU =	02 h 40 locales	6,75 m
Corrections Aber Ildut:	- 0 h 45	- 1,30 m
PM Aber Ildut:	01 h 55 locales	5,45 m

BM Roscoff: 7 h 16 TU =	09 h 16 locales	3,55 m
Corrections Aber Ildut:	- 0 h 45	- 0,75 m
BM Aber Ildut:	08 h 31	2,80 m

Il n'y a plus ensuite qu'à appliquer les calculs selon la règle des douzièmes indiquée page précédente pour connaître la hauteur d'eau à une heure donnée.

48

Quelles marées aurons-nous à l'Aber Ildut le 27 août ?

Dans certaines zones, l'heure de marée et la hauteur d'eau peuvent varier considérablement à 5 milles de distance. Les tables des annuaires seraient impraticables si on les établissait pour tous les ports et mouillages. Pour cette

raison, à chaque port de référence correspond une liste de ports rattachés qui indiquent les corrections à apporter aux heures de marée et aux hauteurs d'eau. **Attention !** La présentation de ces tables de corrections peut varier selon l'annuaire que vous utilisez.

Applications pratiques

Entrer dans un port avec une sonde à 0,80 m sur la carte:

Le bateau a un tirant d'eau de 2 m. Vous souhaitez garder une marge (dite « pied de pilote ») de 1 m sous la quille (= prof. mini: 3 m). Pouvez-vous entrer au port 3 heures après la PM, soit à 11 h ?

L'annuaire vous indique: PM 07 h 50, 4,20 m;

BM 13 h 18, 0,60 m.

Amplitude de la marée = 4,20 m - 0,60 m = 3,60 m.

Trois heures après la PM donne un facteur:

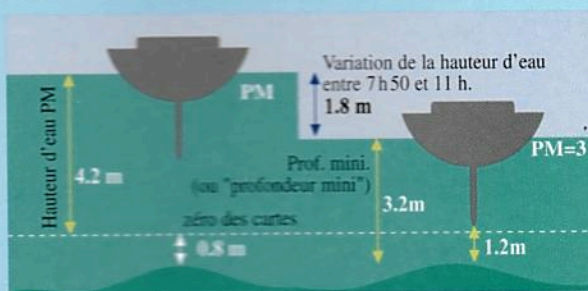
$1/12^e + 2/12^e + 3/12^e = 6/12^e = 0,5$.

La hauteur d'eau aura diminué de:

$3,60 \text{ m} \times 0,5 = 1,80 \text{ m}$

Profondeur à PM + 3 : $0,80 \text{ m} + (4,20 \text{ m} - 1,80 \text{ m}) = 3,20 \text{ m}$

Vous pouvez entrer !



Au mouillage: A 8 heures, vous avez mouillé dans 5,50 m de hauteur d'eau

et votre bateau a un tirant d'eau de 2 m. Aurez-vous assez d'eau sous la quille à marée basse ?

L'annuaire vous indique: PM 06 h 11, 5,10 m;

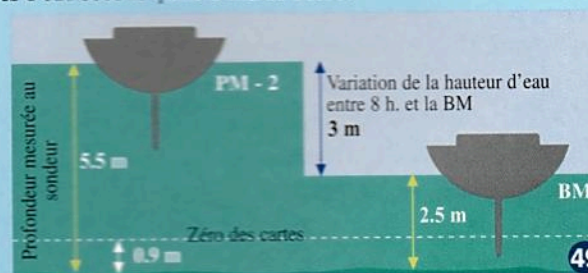
BM 12 h 38, 1,10 m.

Amplitude de la marée = 5,10 m - 1,10 m = 4 m.

Deux heures après la PM donne un facteur: $1/12^e + 2/12^e = 3/12^e = 1/4$.

Au moment de jeter l'ancre, la marée avait déjà diminué de $1/4 \times 4 \text{ m} = 1 \text{ m}$. Elle va donc encore diminuer de 3 m.

Hauteur d'eau sous la quille à la BM = $5,5 \text{ m} - 3 \text{ m}$ (d'eau) - 2 m (de quille) = 0,5 m. **Vous pouvez rester au mouillage !**



Déduire la hauteur d'eau à un moment précis peut paraître un vrai casse-tête, la pression barométrique et le vent entraînant des variations qui sont autant de facteurs d'imprécisions. **Vous devez au moins être capable de déterminer l'état de la marée à n'importe quel moment pour un endroit donné.** Si vous suivez les exemples de cette page, cela deviendra un jeu d'enfant à condition que vous

vous réserviez toujours une certaine marge de sécurité.

Rappelez-vous, les sondes sont portées sur les cartes et la hauteur d'eau doit être **ajoutée** à la sonde ! Même à marée basse, il vous restera un peu d'eau sous la quille au-dessus d'une sonde qui correspond au niveau de la plus basse marée astronomique, autrement dit au plus bas niveau possible. **Reportez-vous aux tables et gardez une bonne marge !**

Reconnaître les courants

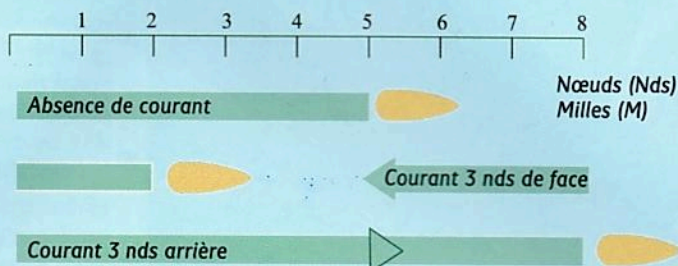


Observez les bouées pour déterminer la direction et la force du courant.



Courant

Les bouées peuvent être inclinées du mauvais côté si elles sont ancrées sur le fond, le courant pesant davantage sur la chaîne que sur la bouée elle-même.



L'influence du courant de marée

Un bateau filant 5 nds parcourra 5 M en une heure. Contre 3 nds de courant de face, il filera $5 - 3 = 2$ nds sur le fond, et parcourra 2 M en une heure. D'autre part, avec 3 nds de courant en direction de son cap, sa vitesse va monter à $5 + 3 = 8$ nds sur le fond et il parcourra 8 M en une heure!

Attention! Sachez que le vent contre le courant peut lever une mer courte et souvent dangereuse! 50

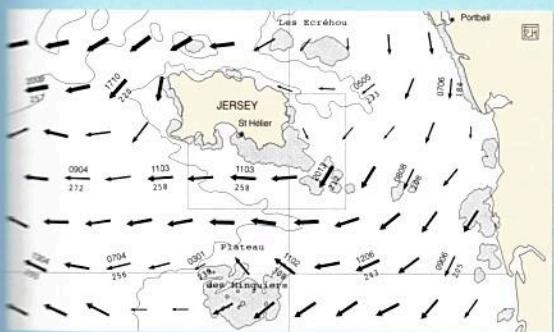
Courants de marée

Les zones soumises à des marées de grandes amplitudes et les côtes aux passages resserrés peuvent subir de forts courants de marée. On peut, en Manche, rencontrer des courants de plus 7 nœuds! Afin d'éviter des désagréments, il est par

conséquent important de connaître la direction et la force du courant. Il existe des **cartes de courants** spécifiques, mais vous pouvez souvent trouver des informations sur le courant sur la carte elle-même. Il est important d'observer les bouées systématiquement pour vérifier que la force et la direction du courant correspondent bien à ce qui est annoncé.

Cartes et tables des marées

Référence : La Rochelle						Référence : Pte de Grave					
Heure	Direction	Vitesse		Direction	Vitesse	Heure	Direction	Vitesse		Direction	Vitesse
		VE	ME					VE	ME		
-6	20°	0,4	0,2	285°	0,5	-6	7°	0,8	0,4	-6	7°
-5	40	0,3	0,2	20	0,3	-5	26	1,0	0,5	-5	26
-4	65	0,1	0,0	70	1,1	-4	51	1,1	0,6	-4	51
-3	210	0,2	0,1	105	1,1	-3	84	0,9	0,4	-3	84
-2	210	0,3	0,2	115	0,9	-2	107	0,8	0,4	-2	107
-1	230	0,4	0,2	135	0,7	-1	144	0,7	0,4	-1	144



Courants de marée par rapport à la PM de La Rochelle

Exemple: 4 heures avant la PM de La Rochelle vous vous trouvez dans la zone D. Dans la table de votre carte, vous trouvez que le courant de marée porte au 070° à 1,1 nœud en vives-eaux et 0,6 nœud en mortes-eaux.

5 heures avant PM Saint-Malo

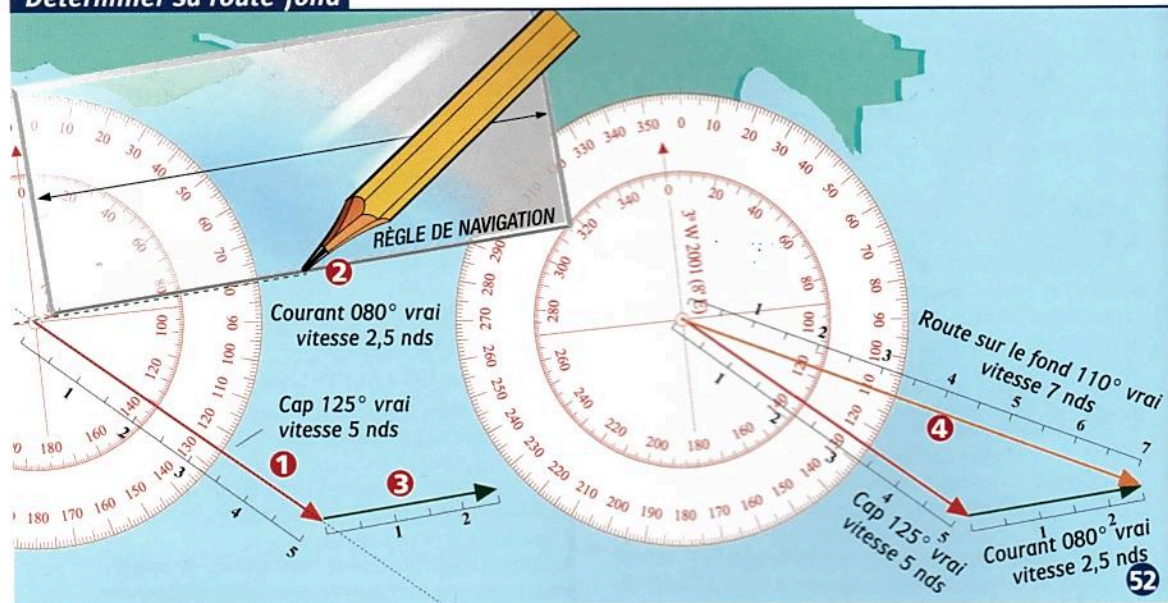
Les cartes de courants vous indiquent la direction et la vitesse du courant de marée d'heure en heure, 6 heures avant et après la PM d'un port de référence. Choisissez la carte pour l'heure la plus proche de celle du bord pour le port de référence correspondant à votre situation. Les flèches portent au-dessous leur vecteur la direction du courant (ex: 253 = 253°) et au-dessus un chiffre à quatre unités qui se décompose en deux parties: les deux premières unités expriment la vitesse en dixièmes de nœud du courant en VE moyenne (coef. 95) et les deux derniers sa vitesse en ME moyenne (coef. 45). Ex: 1405, soit 14 = 1,4 nd en VE moyenne et 05 = 0,5 nd en ME moyenne.

51

Les cartes informent sur les courants de marée. Les références encadrées (cercles ou losanges) A, B, C, D... dans le tableau « Courants de marées » renvoient sur la carte aux positions où les mouvements sont sensibles. Vous devez connaître l'heure de la PM pour le port de référence indiqué dans le tableau. Lisez l'information correspondante au nombre d'heures avant ou après la PM dans la colonne de la zone concernée.

Les cartes de courants font l'objet de recueils spécifiques, indépendants ou inclus dans les **almanachs nautiques**. Elles se réfèrent également à la PM d'un port de référence. Les mouvements des marées sont complexes et les informations obtenues d'après les cartes et les tables ne sont pas toujours précises. Sans GPS, il est souvent difficile de déterminer l'influence du courant sur sa **route-fond (Rf)**.

Déterminer sa route-fond

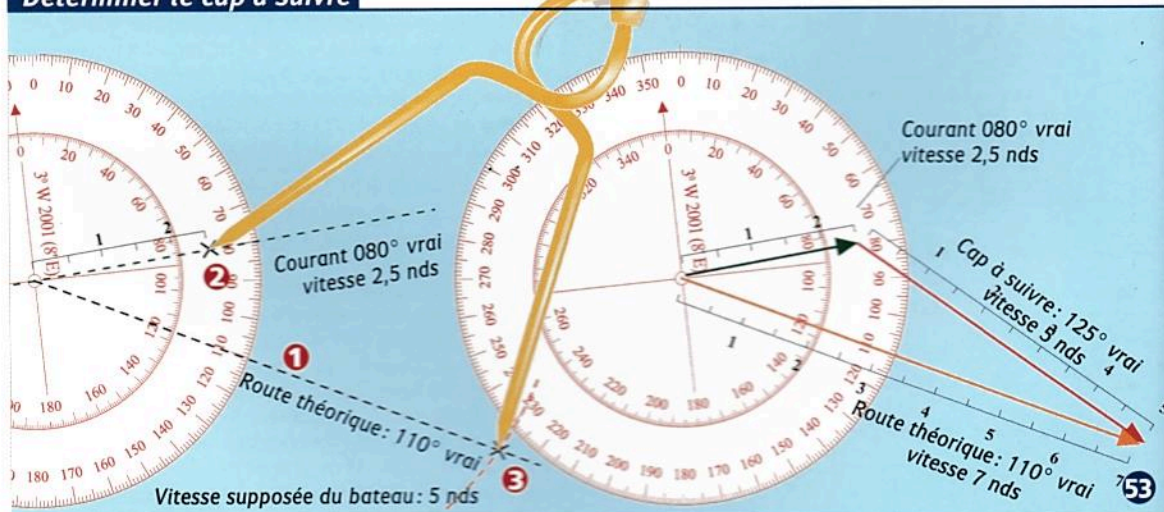


Vecteurs de courants de marée

En connaissant la vitesse et la direction du courant, vous pouvez calculer votre **route sur le fond** qui est celle que vous devez précisément savoir. Tracez votre cap vrai à partir du centre de la rose de compas imprimée sur la carte (1) et portez la vitesse du bateau le long de cette ligne. Vous

pouvez employer une échelle de 1 centimètre pour 1 nœud sur ce premier vecteur. Tracez la direction du courant depuis le centre de la rose (2) et portez-y la vitesse toujours avec 1 cm = 1 nd. Reportez parallèlement ce second vecteur à l'extrémité du premier (3). Tracez enfin une ligne du centre de la rose à l'extrémité du vecteur de courant, ce qui vous donnera une route-fond ainsi qu'une vitesse-fond.

Déterminer le cap à suivre



Nous avons assez souvent besoin de savoir **quel cap suivre** afin d'effectuer **une route donnée** en fonction de la direction et de la vitesse du courant. Tracez la route vraie à suivre à partir du centre de la rose (1). Tracez la direction et la vitesse du courant dans la rose (2). Ouvrez le compas à pointes sèches de la valeur de la vitesse du bateau: ici 5 nœuds. Tracez à partir du point 2 un arc, coupant le vecteur de la route vraie en (3). La ligne entre

les points (2) et (3) vous donne le **cap vrai à suivre pour la route voulue**. Mais rappelez-vous que vous devez **corriger votre cap** de l'importance de la **dérive**. Vous pouvez choisir n'importe quelle échelle représentant la vitesse tant qu'elle reste la même pour tous les vecteurs. Vous pouvez, si vous le souhaitez, employer l'unité qui représente 1 mille sur l'échelle des latitudes pour représenter la valeur exacte d'1 nœud sur la carte.

Il est ess
les navir
rité dans

Les feux
mittents
hovercra
périodiqu
Vous alle
les unes
répondre
qui pose
quent la

« Vert s
bouge »
feu vert
principe
Concent
raissant
« côté r

Attention
vert et r

Dans l'il
gers pot
« côté v
sans enc

Le bateau
(feu vert
deux feu
votre rot

Familiar
vire, ph
les feux

Tous le
remorqu
comme
ne voye
feu de p
un bateau

Attentio
nuit, spo
lore en

Les nav
rer deux
d'avant
de moin
n'y sont

Les rem
dessous
remorqu

Les voil
feux de
ou à l'ét

Identifier les feux de navigation

Il est essentiel de connaître les différents feux arborés par les navires et d'identifier ce que l'on aperçoit dans l'obscurité dans la mesure où cela influe sur les décisions du bord.

Les feux de navigation sont toujours fixes, jamais intermittents! (L'une des rares exceptions est le feu à éclats d'un hovercraft). Il n'y a que les phares et feux fixes qui sont périodiques de façon à leur attribuer une **caractéristique**.

Vous allez fréquemment rencontrer des lumières confondues les unes avec les autres. Triez-les. Déterminez celles qui correspondent à des bateaux (celles qui se déplacent) et celles qui posent problème. **Observez les feux latéraux** qui indiquent la vitesse sur l'eau et recourez à la formule suivante :

« **Vert sur vert tout est clair; rouge sur rouge, rien ne bouge** » : les bateaux montrant un feu vert du côté de votre feu vert et un rouge sur votre « côté rouge » ne sont pas, en principe, en route de collision avec vous.

Concentrez-vous d'abord sur tous les feux rouges apparaissant de votre « côté vert » et sur les feux verts de votre « côté rouge ».

Attention : si vous apercevez un navire montrant ses feux vert et rouge en même temps, il vous fonce droit dessus!

Dans l'illustration ci-contre, en haut, B, C, D sont des dangers potentiels car ils montrent des feux rouges sur votre « côté vert » et verts du « côté rouge », alors que A passe sans encombre (rouge sur rouge).

Le bateau B ne peut qu'être un voilier naviguant sous voiles (feu vert sans feu indiquant qu'il est au moteur) alors que les deux feux blancs superposés signalent un remorqueur croisant votre route. Le navire D est en remorque. Éloignez-vous.

Familiarisez-vous également avec la façon dont le bateau **vire**, phénomène fréquent avec les bateaux de pêche (voir les feux de mâts sur le schéma ci-contre).

Tous les bateaux ont un feu de poupe blanc, sauf les remorqueurs qui arborent un **feu additionnel jaune**, comme le montre l'illustration de la fig. 57. **Lorsque vous ne voyez qu'un feu blanc fixe**, c'est d'ordinaire soit un feu de poupe, un navire de moins de 50 mètres à l'ancre ou un bateau de moins de 7 mètres.

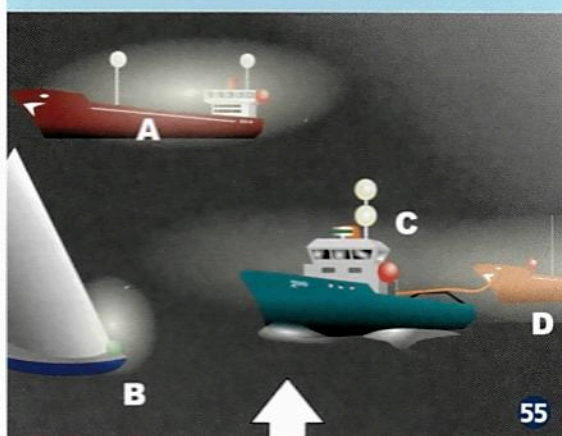
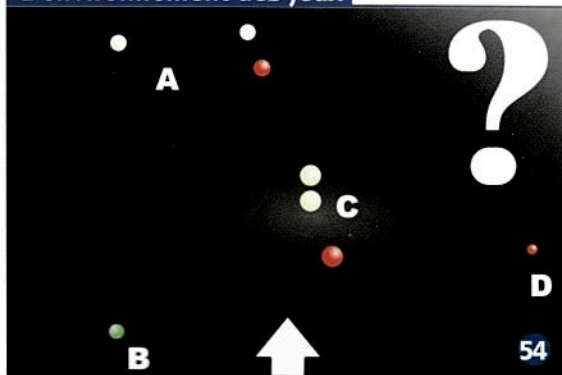
Attention! Il est très difficile d'apprécier les distances de nuit, spécialement avec les voiliers arborant un feu tricolore en tête de mât (les trois secteurs en tête de mât).

Les navires à moteur de plus de 50 mètres doivent arborer deux feux de tête de mât lorsqu'ils sont en route, celui d'avant plus bas que celui d'arrière. Attention! Les navires de moins de 50 mètres **peuvent** avoir deux feux de mât, mais n'y sont pas obligés.

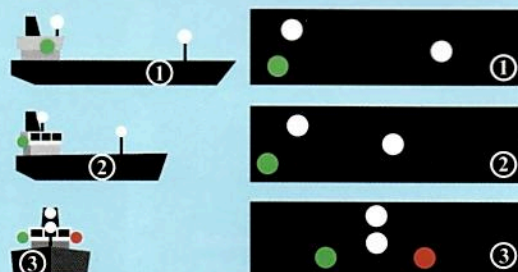
Les remorqueurs doivent arborer deux feux de mât l'un au-dessous de l'autre. Si la remorque excède 200 mètres, le remorqueur doit porter trois feux les uns au-dessus des autres.

Les voiliers de moins de 20 mètres peuvent arborer des feux de navigation « combinés » : rouge/vert dans le mât ou à l'étrave, soit tricolore en tête de mât.

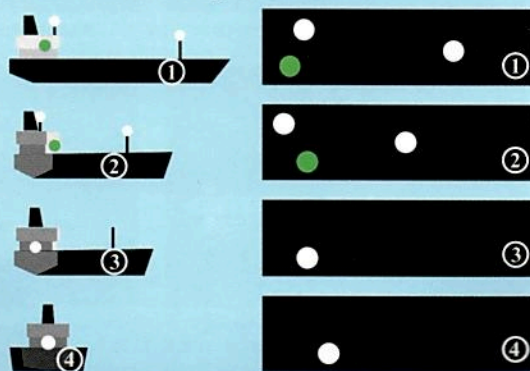
L'environnement des feux

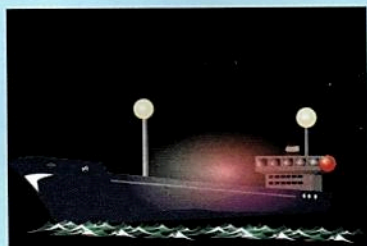


Le navire vire en venant vers vous



Le navire vire en s'éloignant de vous

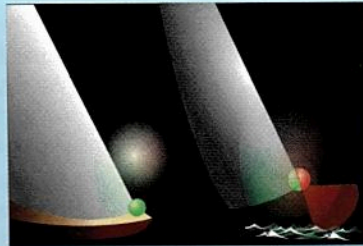




Navire à moteur, plus de 50 m de long.



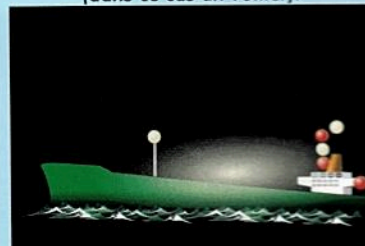
Navire* faisant route au moteur
(dans ce cas un voilier).



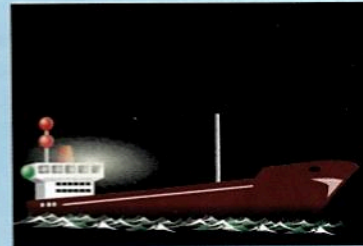
Voilier** vu par tribord et de face.



Navire gêné par son tirant d'eau.



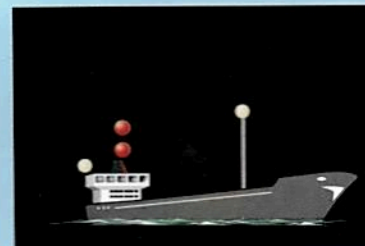
Navire faiblement manœuvrant.



Navire non maître de sa manœuvre.



Chalutier ne pêchant pas.



Navire échoué.



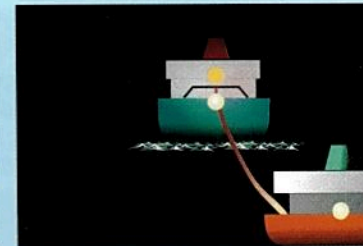
Chalutier en pêche.



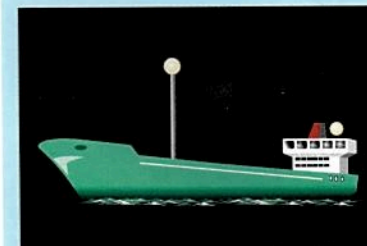
Bateau pilote* en opération.



Remorqueur avec remorque
de moins de 200 m.



Remorquage vu de l'arrière. Le feu
additionnel du remorqueur est jaune !



Navire à l'ancre de + de 50 m.



Bateau* à l'ancre.



Navire procédant à
des travaux sous-marins.
Tous les bateaux doivent passer sur
son « côté vert ».

(* - de 50 m de long; ** - de 20 m de long)

Cap vi
Cap m
Cap ca
Déclin
Déclin

Il est fac
ser « Es
visualise

DE LA
Lorsqu
les va
de la
et le -

DU CC
Lorsqu
on soi
Est de
Donc,

Il n'es
ces ét
pouve
N'oub
de sé
de la

Aide-mémoire

Cap vrai (Cv) = ni déclinaison, ni déviation
 Cap magnétique (Cm) = Cv +/- déclinaison
 Cap compas (Cc) = Cm +/- déviation

Déclinaison et déviation Est: **signe +**

Déclinaison et déviation Ouest: **signe -**

Il est facile de commettre une erreur. Essayez de mémoriser « Est-ce plus, Ou-est-ce moins » ou mieux encore, visualisez et comprenez le processus.

DE LA CARTE AU COMPAS (Cc → Cm → Cv)

Lorsque l'on va de la carte au compas on ajoute les valeurs Ouest et on soustrait les valeurs Est de la déclinaison et de la déviation. Changez le + en - et le - en +.

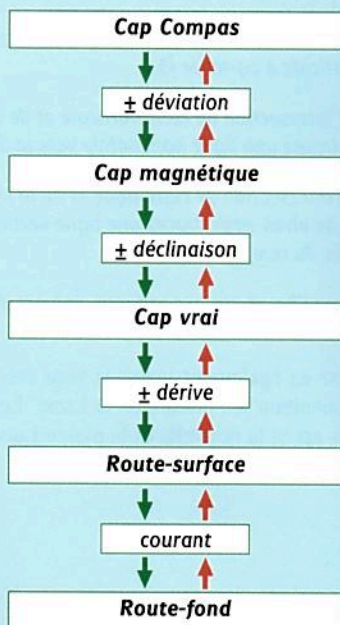
DU COMPAS VERS LA CARTE (Cc → Cm → Cv)

Lorsque l'on va du compas vers la carte, on soustrait les valeurs Ouest et on ajoute les valeurs Est de la déclinaison et de la déviation.

Donc, ne changez pas les signes.

Il n'est pas toujours nécessaire de passer par toutes ces étapes. Mais le canevas est celui-ci et vous pouvez l'utiliser à titre de modèle ou de référence.

N'oubliez pas de garder une bonne marge de sécurité si vous ne tenez pas compte de la dérive ou du courant.



Exemples

var = 5° W, dev. = 6° E

Cv	120°
± dev	- 6°
Cm	114°
± décl	+ 5° (W)
= Cc	119°

Visualisez de la façon suivante: 5° de déclinaison Ouest signifient que l'aiguille du compas est entraînée vers l'Ouest. En fait, elle indique 355° alors qu'elle « prétend » pointer pile au Nord. Si vous voulez faire route au Nord, il vous faut donc gouverner au 000° + 5° = 005° compas. Ajoutez la déclinaison Ouest lorsque vous passez du Cv au Cc.

Cc	116°
± décl	- 5° (W)
Cm	111°
± dev	+ 6° (E)
= Cv	117°

Lorsque vous gouvernez cap au Nord avec le compas, vous faites en réalité du 355° sur la carte. Soustrayez la déclinaison Ouest en passant du Cc au Cv.

Cc	116°
± décl	- 5° (W)
Cm	111°
± dev	+ 6° (E)
= Cv	117°
± dérive	+ 11°
= Rs	128° vrai

Dans cet exemple, considérons que le vent souffle du NNE force 6 et que vous estimez votre dérive à 11°. En d'autres termes, votre route-surface (Rs) excède la valeur de votre cap. S'il n'y a pas de courant, la route-surface (Rs) est équivalente à la route-fond (Rf). S'il y a du courant, recourez aux vecteurs de courant pour déduire votre route.

Rs	128°
± dérive	- 11°
= Cv	117°
± décl	+ 5° (W)
= Cm	122°
± dev	- 6° (E)
= Cc	116°

Si vous souhaitez réaliser une route déterminée à la surface, disons 128°, les signes sont inversés comme l'explique l'encadré ci-dessous. Vous en déduisez le cap compas (Cc) à suivre pour tracer la route voulue.

↓ Ouest moins, Est plus.
Conservez les signes!

↑ Ouest plus, Est moins.
Inversez les signes!

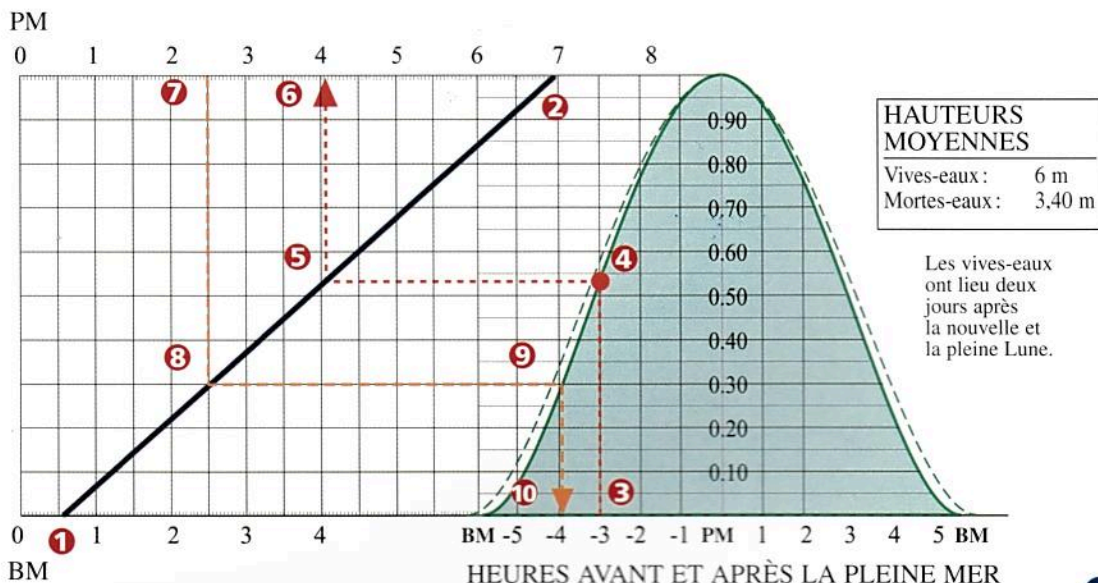
Le calcul le plus simple est de partir du principe:

Cap compas = route

Tout en négligeant déviation, déclinaison, dérive et courant! Vous pouvez procéder ainsi s'il n'y a pas de variation importante là où vous naviguez, si la déviation vous est inconnue et s'il n'y a pour ainsi dire ni vent ni courant!

La correction minimum est celle de la déclinaison qui peut être importante en certaines zones.

Beaucoup trop de navigateurs ignorent la déviation de leur compas de route! Cela peut être d'une importance capitale quand la brume tombe si vous ne disposez pas d'aide extérieure: GPS, radar ou autre aide électronique!



Emploi des graphiques des annuaires de marées pour les ports de référence

Trouver une hauteur d'eau

► (voir exemple p. 33)

- 1 Marquez la hauteur de la BM sur l'échelle de BM.
 - 2 Marquez la hauteur de la PM sur l'échelle de PM et tracez une ligne (en bleu) entre les points 1 et 2.
 - 3 Repérez -3 heures sur l'échelle du temps et élevez une ligne verticale.
 - 4 À l'intersection de la ligne verticale et de la courbe, tracez une ligne horizontale.
 - 5 À l'intersection de cette ligne horizontale et de la ligne bleue, tracez une ligne verticale vers le haut (ou le bas) jusqu'à l'échelle des hauteurs.
 - 6 Lisez la hauteur d'eau pour 3 heures avant la PM = 4,10 m
- Effectuez les corrections heure locale/heure d'été.
- Si c'est une marée de vives-eaux, utilisez la ligne continue de la courbe.
- Si c'est une marée de mortes-eaux, utilisez la ligne pointillée de la courbe.
- Vous pouvez savoir si vous êtes en VE ou ME en consultant l'amplitude de la marée du jour et en comparant avec les hauteurs moyennes indiquées dans le graphique.

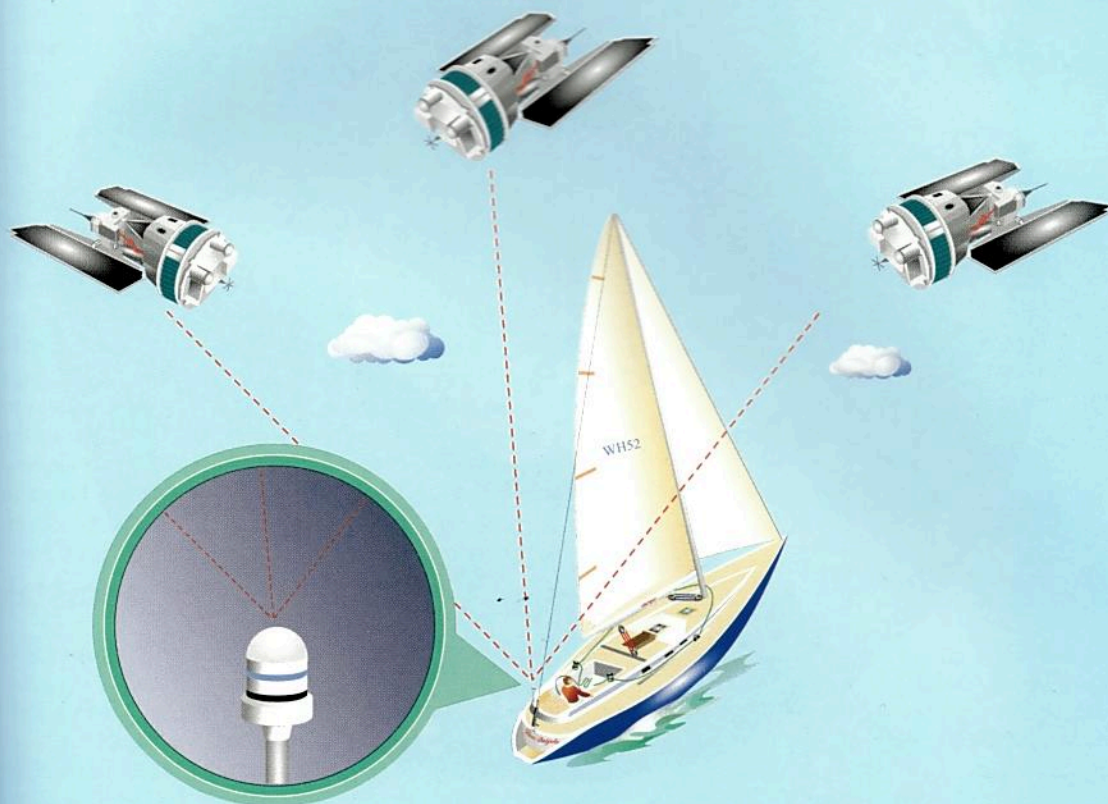
Trouver l'heure d'une hauteur d'eau donnée

► Exemple : à quelle heure aura-t-on 2,50 mètres d'eau ?

- 1 Marquez la hauteur de la BM sur l'échelle de BM.
 - 2 Marquez la hauteur de la PM sur l'échelle de PM et tracez une ligne (en bleu) entre les points 1 et 2.
 - 7 Repérez 2,5 m sur l'échelle des hauteurs et tracez une verticale à partir de là.
 - 8 À l'intersection de cette verticale et de la ligne bleue, tracez une ligne horizontale vers la droite.
 - 9 À l'intersection de cette ligne et de la courbe de marée de vives-eaux, tracez une ligne verticale vers l'échelle du temps.
 - 10 Lisez l'heure correspondante, soit environ 4 heures avant la PM.
- Vous pouvez également savoir si vous êtes en VE ou ME en consultant les phases de la Lune. Les VE ont lieu deux jours après la nouvelle et la pleine Lune.

Navigation électronique

Le **GPS** est de nos jours le système de navigation le plus employé. Le Decca peut être oublié et la couverture Loran, déjà supprimée en Méditerranée, est en voie de disparition imminente en Europe du Nord. La terminologie propre à la navigation électronique telle que « waypoint », « route », « cross track error », etc., a la même signification dans tous les systèmes, même si la technologie diffère. La navigation à l'aide du **radar** sera également évoquée dans ces pages, ainsi que la manière de l'utiliser afin d'éviter la collision avec d'autres navires. Nous traiterons de même des **cartes numériques** utilisées avec un lecteur de cartes ou un **PC**.



Le dessus de l'**antenne du GPS** ne doit pas être masqué afin de capter des signaux clairs des satellites. Il est en conséquence conseillé de la monter à l'arrière, sur un mâtreau ou directement sur le balcon arrière, afin de la dégager du plan de voilure (la tête de mât est aussi une possibilité). Assurez-vous qu'elle est éloignée d'au moins un mètre de toute autre antenne et qu'elle ne se trouve pas dans le champ du radar.

GPS : Global Positioning System

- 24 satellites tournent sur 6 orbites fixes (4 satellites par orbite).
- Les orbites sont situées à une altitude de 20 200 kilomètres.
- Les satellites se déplacent à vitesse constante.
- Chaque révolution demande environ 24 heures.



- P** = « **Précision Code** » (ou PPS, Precise Positioning Service): exprime le signal le plus précis réservé pour des usages militaires.
- C/A** = « **Coarse Acquisition** » (ou SPS, Standard Positioning System): exprime le signal utilisable par les civils, moins précis, mais permettant néanmoins un positionnement à 15 mètres 95 % du temps.
- S/A** = « **Selective Availability** ». Les deux types de signaux mentionnés ci-dessus sont ceux qui étaient à l'origine émis par les satellites. Peu après leur mise en service, on s'avisa que même le signal C/A était trop précis. Les Américains ont donc ajouté un brouilleur supplémentaire pour dégrader le signal. La « Selective Availability » (S/A) dégradait ainsi la précision à usage civil autour de 100 mètres, 95 % du temps. En l'an 2000, les USA ont supprimé ce brouilleur après un certain temps, revenant désormais à une précision de l'ordre de 15 mètres, 95 % du temps. Sachez toutefois que les Américains peuvent dégrader le signal n'importe quand, voire le bloquer totalement dans leurs zones d'actions militaires, si cela leur chante!

2

Comi

Les 24 :
tout auto
Cela per
satellite
soit votr

Chaque
re indiqu
te à 100
cule sa c
cercle de
position
position:
troisièm
position

Les horl
être insta
ces appa
100 %. L
qués sur
cis. Le r
en appo
(schéma
mode de

L'exacti
propriét
des Éta
une pos
teurs ci
précisio
Pentago
possède
la mise
qui sera

Syst

Dans la
parce qu
mer) les
d'accord
donné li
centre de

La référé
System)
vez égal
Datum)
des carte

Il est es
pour na
vous uti
GPS. Ne
de posit
cartes si
dant pai

Comment fonctionne le GPS ?

Les 24 satellites tournant en orbite constituent un réseau tout autour de la Terre à une altitude de 20 200 kilomètres. Cela permet à votre antenne de capter au minimum **trois satellites indispensables** pour obtenir un point, quelle que soit votre position à la surface du globe.

Chaque satellite informe le GPS de sa position et de l'heure indiquée par son **horloge atomique hyperprécise** (exacte à 100 nanosecondes près). Avec ces données, le GPS calcule sa distance par rapport aux satellites qui aboutit à un **cercle de position** pour chacun d'entre eux. **Les cercles de position** obtenus à partir de deux satellites fournissent deux positions possibles, comme le montre le schéma n° 3. Un troisième satellite permet d'établir un troisième cercle de position indiquant un point exact (schéma n° 4).

Les horloges atomiques sont beaucoup trop onéreuses pour être installées dans un récepteur GPS, aussi les horloges de ces appareils n'indiquent pas toujours une heure exacte à 100 %. En conséquence, les trois cercles de position indiqués sur le diagramme ne se coupent pas en un point précis. Le récepteur calcule de nouveaux cercles de position en apportant de petites corrections à sa propre horloge (schéma n° 5). Ceci est une explication très sommaire du mode de fonctionnement du GPS.

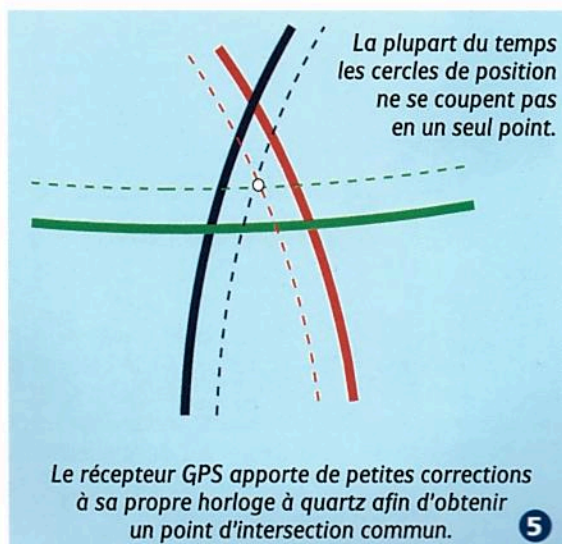
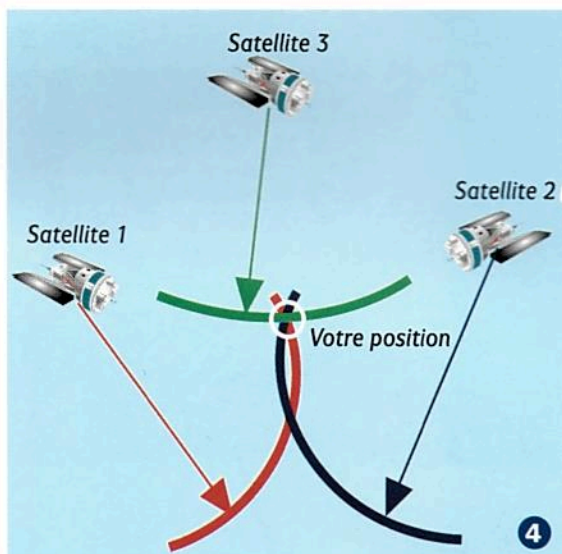
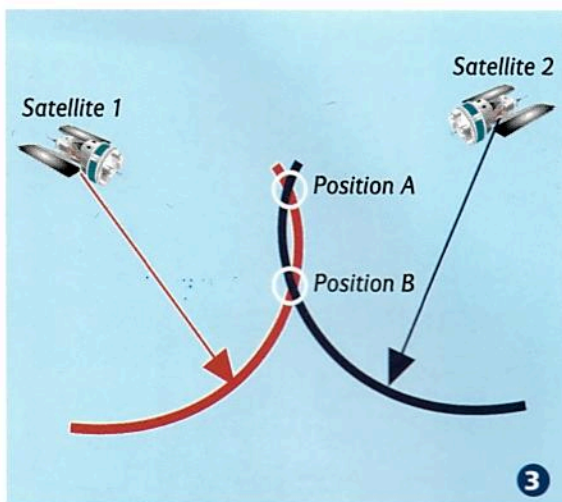
L'exactitude du GPS à usage civil est déterminée par le propriétaire du système : le Département de la Défense des États-Unis. Le signal militaire P (ou PPS) donne une position à un mètre près. Tous les autres utilisateurs civils sont soumis au risque de réactivation de la précision sélective dans des zones déterminées par le Pentagone selon la situation internationale. La Russie possède son propre système GPS et l'Europe travaille à la mise au point du système Galiléo (pour 2008-2010) qui sera compatible avec le système existant.

Systèmes géodésiques

Dans la mesure où la Terre n'est pas une sphère parfaite et parce que sa surface est pleine d'anfractuosités (même en mer) les cartographes doivent décrire la Terre en se mettant d'accord sur **un système géodésique de référence**. Cela a donné lieu à quelques débats quant à savoir où se situait le centre de la Terre (son épicentre).

La référence américaine **WGS-84** (World Geodetic System) est la référence la plus employée. Mais vous pouvez également rencontrer le système ED-50 (European Datum) ainsi que d'autres systèmes, particulièrement sur des cartes plus anciennes.

Il est essentiel d'utiliser le bon système de référence pour naviguer avec un GPS. Vérifiez quel type de carte vous utilisez et entrez la référence de la carte dans le GPS. Négliger cette précaution peut amener des écarts de position allant jusqu'à 500 mètres. La plupart des cartes se réfèrent à un système géodésique correspondant par défaut au WGS-84.



La plupart du temps les cercles de position ne se coupent pas en un seul point.

Le récepteur GPS apporte de petites corrections à sa propre horloge à quartz afin d'obtenir un point d'intersection commun.

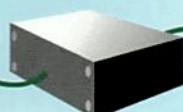
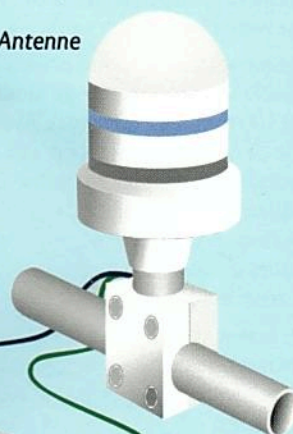
Récepteurs GPS

Écran GPS avec récepteur intégré

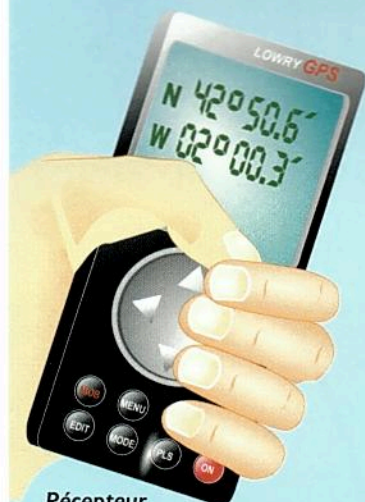


Répétiteur GPS

Antenne



Récepteur GPS



Récepteur GPS portable



Montre-GPS

Le marché offre toutes sortes de **récepteurs GPS**. Tous requièrent **une antenne**, mais la plupart des **GPS portatifs** sont équipés d'une **antenne interne**. Le récepteur GPS lui-même peut être une « boîte noire » connectée à un **écran** ou un **PC**. Si le récepteur est placé à l'intérieur du bateau, une antenne montée à l'extérieur (sur le balcon arrière par exemple) est essentielle pour que le système fonctionne convenablement, l'antenne interne de l'appareil pouvant pâtir d'une mauvaise réception.

6

Utilis

La façon
position (
cis possib
tes figure
quent gén
te s'affich
me de mi

Waypoi

Un waypo
haitez uti
près de la
encore l'e
Un récept
Si vous ne
WP1, WP
chaque wa
pourraien

Et
rai
32
B.

Attention
des menu
une proci
votre inst

Vous pouv
partir du n
lire le relè
dé) et la di
lement affi
qui vous ir

Attention
Ground) e
était préc
terme de «
dans le sei

Vous pouv
Good (CM
= route-fo
Speed Ove

Abbréviatio

► BRG (Br
vers le wa

► XTE (Cro
de mille) p
WP de des

► DIST (I
RNG) = di

► COG (C
= route-fo

► SOG (Sp

► DTG (D

Utiliser un GPS

La façon la plus simple d'utiliser le GPS consiste à lire la position (1) et de la reporter sur la carte. Soyez le plus précis possible. Notez que dans l'exemple ci-contre, les **minutés** figurent avec des **décimales**: 18,5'. Les cartes indiquent généralement des dixièmes de minute. Si une minute s'affiche avec **deux décimales**, arrondissez. Un centième de minute ne représente que 18,50 mètres !

Waypoint

Un waypoint peut être **n'importe quel point** que vous souhaitez utiliser comme référence. Ce peut être une bouée près de laquelle vous avez débuté votre traversée ou bien encore l'entrée de votre port de destination.

Un récepteur GPS peut enregistrer de nombreux waypoints. Si vous ne les baptisez pas, ils seront identifiés sous la forme WP1, WP2... Entrez les coordonnées en **Lat et Long** de chaque waypoint. **Soyez précis afin d'éviter des erreurs qui pourraient avoir de sérieuses conséquences !**

Exemple 1 : Vous vous trouvez au point A figurant sur la carte de la page 29 (59° 18,5' N, 013° 32,5 E) et vous souhaitez vous rendre au point B. Entrez B en waypoint et appelez-le WPB.

Attention ! Chaque type de GPS offre des fonctions et des menus différents. Nous ne faisons référence ici qu'à une procédure générale. Reportez-vous au manuel de votre instrument personnel pour plus de détails.

Vous pouvez à tout moment définir un waypoint et choisir à partir du menu GO TO WAYPOINT (fonction GoTo) afin de lire le **relèvement vrai** (BRG ou CAP = soit le cap demandé) et la **distance** DIST jusqu'à ce WP (5). Vous pouvez également afficher la **route** et la **vitesse-fond**, (COG et SOG) qui vous informent sur l'évolution de la traversée en cours.

Attention ! Le cap sur le fond (ou COG pour Course Over Ground) est la même chose que la route-fond à laquelle il était précédemment fait référence dans ce manuel. Le terme de « route » est employé en navigation électronique dans le sens de « route-fond réellement parcourue ».

Vous pouvez également rencontrer les termes Course Made Good (CMG), qui signifient la même chose que COG = route-fond, et Speed Made Good (SMG) qui équivaut à Speed Over Ground (SOG) = vitesse-fond.

Abréviations communément rencontrées :

- **BRG** (Bearing to waypoint, ou CAP) = relèvement (cap) vers le waypoint.
- **XTE** (Cross Track Error, ou XTK) = écart (en milles et 1/10^e de mille) par rapport à la route joignant le WP d'origine au WP de destination. On parle aussi de « distance hors trace ».
- **DIST** (Distance to waypoint, ou DIS, DTG, RGE ou RNG) = distance jusqu'au waypoint.
- **COG** (Course Over Ground, ou HDG, RTE ou TRK) = route-fond.
- **SOG** (Speed Over Ground, ou VIT, ou SPD) = vitesse-fond.
- **DTG** (Distance to go) = DIST = distance jusqu'au WP.



1. La position A est affichée.



2. Entrez la latitude du point B. Les degrés N ou S doivent être entrés avec deux chiffres, ex : 59°.



3. Entrez la longitude du point B. Les degrés E ou W doivent être entrés avec trois chiffres, ex : 013°.



4. Sauvegardez le WP sous le nom de votre choix.

7



5. Le relèvement du WP (donc le cap vrai à suivre), BRG, est de 227° et sa distance, DIST, est de 4,2 milles.



6. À mi-chemin du WP, on peut lire : COG (route-fond) = 217° SOG (vitesse-fond) = 6,2 nds

Attention !
nm = nautical mile = mille.

(ou kn. pour « knot » = nœud).
DIST (distance) = 2,14 nm (milles).

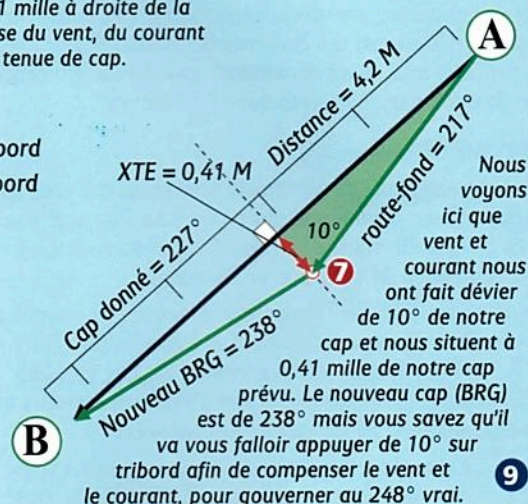
XTE (votre écart de route)

(7) Si on se réfère à l'écran que nous avons précédemment (5) le relèvement du waypoint (BRG) est désormais de 238° et l'écart de route (XTE) est passé de 0.00 à 0,41 mille. Nous constatons que nous nous sommes écartés de 0,41 mille à droite de la route prévue à cause du vent, du courant ou d'une mauvaise tenue de cap.



Appuyez à bâbord
Appuyez à tribord

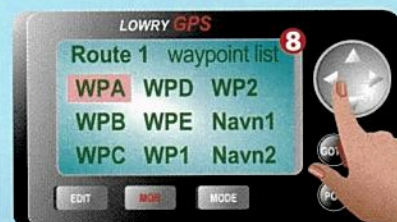
Lorsque vous constatez que votre route-fond (COG) diffère du cap prévu (BRG), vous effectuez d'ordinaire une correction de cap pour compenser l'effet du courant ou de la marée. La plupart des récepteurs actuels affichent un écran graphique indiquant votre position par rapport au cap prévu. Sinon, l'écart de route est signalé par des symboles comparables à ceux indiqués ci-dessus.



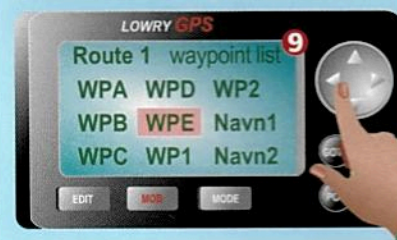
Lorsque vous naviguez vers un WP, ayez l'œil sur votre route-fond (COG) et sur votre écart de route (XTE) afin de corriger votre cap vers le but. Si vous comparez simultanément votre vitesse-surface (SOG) et les indications du loch, vous obtenez une indication sur la situation du vent et

du courant. Dans l'exemple ci-dessus, vous êtes à mi-chemin du waypoint et notez que la dérive est de 10° . Mais comme vous avez déjà un écart de route de 0,41 mille, il vous faut gouverner au $238^\circ + 10^\circ = 248^\circ$ vrai afin de conserver une route-fond (COG) correcte.

Routes



(8) Entrez le premier WP de votre route, A. Entrez ensuite les WP suivants, B, C, D...



(9) Entrez le dernier WP de la route, E. Sauvegardez la route sous le nom de votre choix.



NB. Tous les WP sont enregistrés dans une liste de WP. À partir de là, ils peuvent être sélectionnés dans n'importe quel ordre pour constituer la route de votre choix.

Si, avant votre traversée, vous entrez dans votre liste de waypoints les points A, B, C, D et E qui figurent sur l'exemple de la page 29, vous pouvez créer une route, en utilisant la fonction ROUTE. L'appareil vous demandera les waypoints pour cette route, du départ jusqu'à l'arrivée. La route peut alors être sauvegardée sous le nom de votre choix. Lors de l'appareillage, sélectionnez cette route enregistrée comme votre route active. Le GPS vous indiquera alors le cap donné

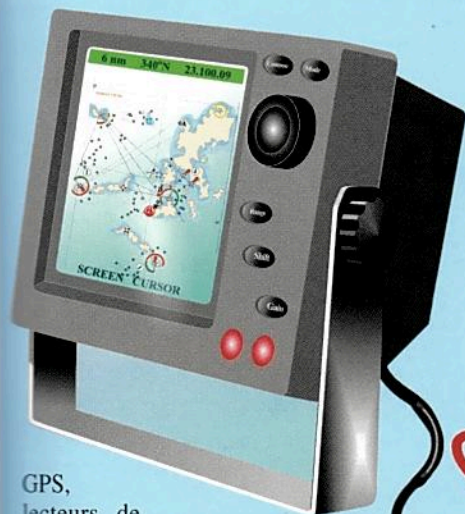
(BRG) et la distance (DIST) pour le premier waypoint de la route. Lorsque vous parvenez au WP, l'appareil bascule sur le WP suivant, indiquant le nouveau cap donné (BRG) et la distance (DIST) pour celui-ci. Certains appareils permettent de préciser le rayon de proximité à partir duquel le basculement d'un waypoint à l'autre s'opère. D'autres signalent le changement de WP par une alarme sonore.

Attention! Cela varie d'un récepteur GPS à l'autre!

Lecteurs de cartes



Un PC peut être relié à un GPS et à d'autres instruments via un câble de série ou un logiciel approprié. Les possibilités sont infinies. Le plus gros inconvénient pourrait être une diminution en conséquence de la capacité des navigateurs à recourir à des méthodes traditionnelles !



Ordinateur portable



Lecteur de cartes portable

Récepteur GPS

GPS, lecteurs de cartes, échosondeurs, anémomètres et radars communiquent généralement entre eux via la norme NMEA 0183 (pour National Marine Electronics Association). Il s'agit de la norme internationale d'interface entre les instruments de navigation.

Utiliser un lecteur de cartes

Lorsque vous allumez le lecteur de cartes, la carte apparaît. Vous pouvez **zoomer** en avant ou en arrière en utilisant le bouton permettant de modifier l'échelle. Un signal vous prévient s'il n'y a pas de détails disponibles pour la zone que vous avez sélectionnée. Ce manuel fait référence à un certain type de lecteur de cartes qui peut ne pas correspondre au vôtre, mais les principes généraux de fonctionnement restent les mêmes.

Si vous souhaitez **centrer** la carte, pressez la touche FIND SHIP. Le symbole du bateau apparaît au milieu de l'écran. C'est votre position grâce à l'interface GPS. À mesure que vous naviguez, le bateau se déplace vers les bords de la carte. Vous pouvez vous recentrer en utilisant, selon les appareils, les touches FIND SHIP, HOME ou CENTER. De nombreux appareils conservent le bateau au centre et font défiler la carte à mesure de la progression.

En haut de l'écran, votre position est affichée ainsi que d'autres informations comme la route-fond et la distance. Sur le lecteur ci-contre, si vous déplacez le curseur, l'information VES POS (vessel position, **position du bateau**) se modifie pour indiquer la **position du curseur** CRS POS. Le curseur, représenté ici sous la forme d'une croix, peut revêtir diverses formes. Le déplacement du curseur est commandé par des touches, un track-ball ou une souris.

Les cartes électroniques sont de deux ordres :

► **Les cartes scannées** qui sont des copies numérisées de cartes papier. Elles sont scannées en millions de couleurs et de points (pixels) et peuvent être lues sur votre écran d'ordinateur avec un logiciel de navigation. C'est la méthode la plus rapide et la plus économique pour réaliser une carte électronique. Elles sont commercialisées, entre autres, par les firmes NOAA (USA), ARCS (GB), Mapmedia (cartes du SHOM) et par les cartes BSB de MapTech.

L'inconvénient des cartes scannées est que toutes les informations se situent au même niveau et qu'il est difficile d'isoler des éléments et d'effectuer des mises à jour. Si vous zoomez, vous n'obtenez qu'une image agrandie sans détail supplémentaire. Vous n'avez pas le choix de l'information que vous souhaitez afficher. Ces cartes utilisent beaucoup de mémoire, leur temps de chargement est long et les mises à jour peu fréquentes.

► **Les cartes vectorielles** fonctionnent avec la plupart des lecteurs de cartes. Elles sont réalisées à partir de bases de données cartographiques sous la forme de tracés, les vecteurs, représentant la taille et la structure de chaque élément de la carte (trait de côte, sondes, balisage, etc.). Des liens numériques entre les divers éléments en font des cartes dynamiques, dont les informations se situent à divers niveaux, ce qui permet de sélectionner ce que l'on désire privilégier. Les cartes vectorielles (produites, entre autres, par Navionics et C-MAP) sont plus chères que les cartes scannées, mais vous offrent davantage de contrôle sur le choix de l'information et de meilleures précisions sur les points importants de votre trajet.

Centrer la carte



Si vous appuyez sur le bouton marqué FIND SHIP (ou HOME parmi d'autres appellations), la carte va s'orienter d'elle-même avec le bateau en son centre. Notez que la position du bateau est affichée au sommet de l'écran (VES POS = VESsel POSition : position du bateau). BRG (cap vers le waypoint) et DIST (distance du waypoint) sont également indiqués. 12

Commande de curseur

Si vous appuyez entre les flèches, le curseur se déplace à la fois verticalement et horizontalement.

Vers le haut
Vers la droite
Vers la gauche
Vers le bas

Zoom avant/arrière

Autre disposition de commande de curseur

Symbole du curseur (modifié lors de certaines fonctions)

Position actuelle

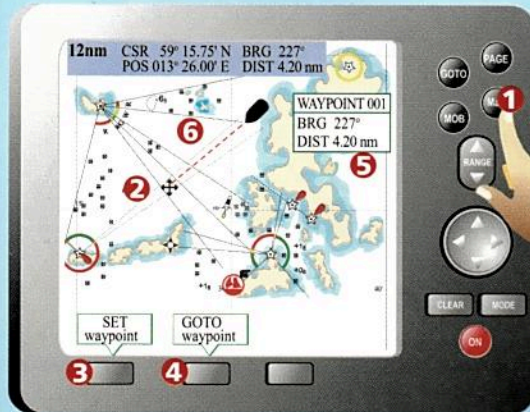
13

Cartes électroniques

14

Carte vectorielle
Lorsque vous zoomez, la carte conserve sa netteté et sa lisibilité.

Carte scannée
Lorsque vous zoomez, la carte devient imprécise et floue. Le texte s'empâte et devient indéchiffrable.



En sélectionnant la fonction **WP** (1), déplacez le curseur vers sa nouvelle position (2) comme le montre le schéma. Appuyez ensuite sur la touche indiquée **SET waypoint**. **Attention ! La procédure peut être différente selon les lecteurs de cartes.**



En sélectionnant la fonction **Route** (7) déplacez le curseur vers le premier WP de votre route (2) et appuyez sur la touche **PLACE waypoint** (8). Déplacez ensuite le curseur vers le second WP (9) et répétez l'opération.

15

Vous pouvez créer des waypoints à l'aide du curseur. Positionnez-le à l'endroit du waypoint (4) et enregistrez-le dans la liste des waypoints. Si vous choisissez la fonction **GOTO**, le cap vrai demandé (BRG) et la distance (DIST) apparaîtront sur l'écran (5) ainsi qu'une ligne (pointillée rouge) matérialisant votre route jusqu'au WP (6).

La fonction **Route** vous permet de créer une route avec le curseur. Déplacez le curseur là où vous souhaitez situer les différents waypoints et validez en pressant une touche. Ces touches, souvent anonymes dans la mesure où leurs fonctions apparaissent à l'écran, sont appelées « soft keys ».

Plan de route



Continuez jusqu'au dernier waypoint. Appuyez sur la touche **FOLLOW route** (10) et vous êtes prêt à faire route vers le premier waypoint. Le lecteur de cartes désigne les waypoints sous les numéros 01, 02, 03..., vous pouvez les remplacer par des noms de votre choix.

INFO FOR ROUTE POINT A - MARINA				
WPT	POSITION	BRG °T	DISTANCE nm	TOTAL nm
01	59° 15.8' N 013° 26.0' E	227°	4.20	4.20
02	59° 13.9' N 013° 28.9' E	145°	2.30	6.50
03	59° 13.7' N 013° 31.1' E	100°	1.10	7.60
04	59° 13.3' N 013° 31.1' E	180°	0.40	8.00

Distance jusqu'au waypoint suivant.

Temps estimé jusqu'au waypoint suivant*.

Distance totale = 8 milles

Temps total estimé = 1 h 20 mn.

* à environ 6 nœuds

16

Il est important de garder à l'esprit que nous n'exposons ici que les grands principes et ne fournissons que des exemples de fonctions et d'appellations. Vous devez étudier le mode d'emploi de votre lecteur de cartes ! Une fois que vous avez sélectionné tous les waypoints, vous pouvez enregistrer la route sous le nom de votre choix afin de la retrouver facilement. Vous pouvez procéder de même avec les waypoints. Utilisez des noms dont

vous êtes certains de vous souvenir. Une fois que vous avez créé une route, vous pouvez afficher l'information la concernant incluant distance (DIST), cap vrai demandé (BRG) et temps de parcours du départ à l'arrivée. C'est très utile afin de vérifier qu'il n'y a pas d'erreur. Il est important de recourir à votre connaissance de la navigation et votre bon sens pour vérifier l'information affichée par le lecteur de cartes.

Les principales fonctions

Fonction trace

La **trace** donne des informations sur la façon dont le bateau navigue par rapport au cap prévu. Une indication très utile, notamment en ce qui concerne la dérive due au vent et au courant. Vous pouvez faire apparaître et disparaître la trace et même la sauvegarder pour vous en servir de référence ultérieure.

Fonction partage d'écran

La plupart des lecteurs de cartes offrent la possibilité de partager l'écran pour vous permettre de visualiser simultanément la carte et le radar. Choisir l'option NORTH-UP sur le radar, comme indiqué dans la partie suivante consacrée à cet instrument, facilite la comparaison des deux images.

Fonction Overlay (superposition)

Certains lecteurs de cartes vous permettent de superposer l'image radar sur celle de la carte, faisant apparaître les échos radar ainsi que votre position sur la zone affichée.

Déterminer l'orientation de la carte

Les lecteurs vous permettent ordinairement de choisir le mode d'affichage de la carte. Si vous choisissez HEADING UP (vers le haut), votre route filera toujours vers le haut de l'écran. En conséquence, la carte défilera devant vous à partir du haut de l'écran, ce qui facilite la comparaison entre ce que vous voyez à l'écran et l'évolution du paysage autour de vous.

Attention ! Sachez que le choix de ce mode d'affichage de la carte rend plus difficile la mesure des distances et des caps dans la mesure où la carte évolue en permanence.

Fonction journal de bord

Les lecteurs peuvent être programmés pour sauvegarder les données d'un parcours à intervalles déterminés, par exemple toutes les demi-heures. Ce journal de bord apparaît sous forme d'un tableau.

Les croches

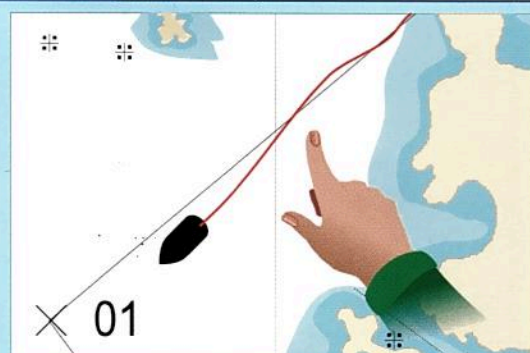
Les lecteurs permettent de porter des annotations personnelles (changement de balisage, commentaire sur un mouillage, bon lieu de pêche, etc.) appelées « croches », qui apparaissent dans des fenêtres sur la carte. Les lecteurs offrent une iconothèque faite de pictogrammes, d'outils d'écriture et de dessins vectoriels, permettant la personnalisation des informations.

Nous avons évoqué quelques-unes des fonctions offertes par les lecteurs de cartes. De nouveaux appareils dotés de fonctions toujours plus complètes apparaissent en permanence sur le marché, mais leurs principes de fonctionnement restent globalement les mêmes.



Fonction MOB (Man Over Board). Lorsqu'on appuie sur cette touche, un waypoint s'affiche avec un symbole particulier. La distance et le relèvement de ce point sont affichés en permanence.

La trace



La **trace** indique la route-fond que vous êtes réellement en train de suivre. C'est très utile pour déterminer les influences du vent et du courant.

17

Partage d'écran



Ici, le radar apparaît dans la partie supérieure de l'écran et la carte en dessous. Choisir l'option NORTH-UP (voir p. 60) pour le radar facilite la comparaison.

Superposition radar (overlay)



L'image radar se superpose à celle de la carte pour une compréhension immédiate.

18

Voici
de car
Une fi

Liste

Il est i
dont la
pas vo
peut er
Essay
le navi
assure

Voici

La réfi
matiqu
nent pa
carte di

* Le G

Initialisation GPS/Lecteur de cartes

Voici quelques considérations générales sur la façon d'initialiser correctement votre GPS ou votre lecteur de cartes (également appelé navigateur).

Une fois encore, nous vous recommandons de vous reporter aux modes d'emploi de vos appareils.

Liste des touches le plus souvent rencontrées :

ON/OFF : allume et éteint l'appareil. Restez appuyé deux secondes pour le démarrage.

NAV : débute ou termine une navigation avec des waypoints.

MOB (Man Over Board) : employée pour marquer un endroit important. Un waypoint est créé automatiquement et l'écran affiche son relèvement (BRG) et sa distance (DIST).

ZOOM : employée pour « zoomer » en avant ou en arrière dans la carte. Même fonction que la touche « RANGE » illustrée dans ce manuel.

PAGE : employée pour consulter des pages d'informations importantes. Également employée pour terminer une opération et retourner à la page principale.

MENU : employée pour afficher une page de menu en rapport avec la page principale.

ENTER : peut avoir des fonctions multiples. Active un champ de données pour enregistrer un élément ou vérifier une action.

SETUP : employée pour entrer des chiffres, des formats, des données cartographiques et d'autres paramètres dans le navigateur.

Il est très important d'effectuer une initialisation correcte du navigateur. Cela joue un rôle vital dans la façon dont la position du bateau et les autres informations s'affichent à l'écran. **C'est un domaine où vous ne pouvez pas vous permettre de vous aventurer à l'aveuglette.** L'initialisation mise à part, presser les différentes touches peut en revanche être un bon moyen d'explorer les diverses possibilités de votre appareil.

Essayez toutefois d'éviter cette méthode pour l'initialisation dans la mesure où cela détermine la façon dont le navigateur interprète les cartes et l'affichage de l'information. Avant de vous lancer dans une navigation, assurez-vous que les données de bases sont correctement entrées.

Voici à titre d'exemples quelques éléments d'initialisation :

Language/Langue : français.

Date Format/Affichage date : dd/mm/yy ou jj/mm/aa (jour/mois/année).

Time/Affichage heure : 24 h.

Time Zone/Heure locale : + 1 (heure d'hiver) ou + 2 (heure d'été).

Height/Altitude* : mètre.

Speed unit/Affichage vitesse : knot/nœud.

Distance units/Unité de distance : nautical mile/mille nautique.

Chart datum/Format carte : WGS 84.

La référence géodésique de la carte est l'élément le plus important. Les lecteurs de cartes obtiennent automatiquement cette information à partir de la carte numérique qu'ils utilisent. Pour les récepteurs qui ne fonctionnent pas en réseau, cette information doit être enregistrée pour chaque carte utilisée. Vérifiez la référence de la carte dans le menu d'initialisation chaque fois que vous changez de carte.

* Le GPS calculera également votre altitude. Cela ne présente pas grand intérêt en mer.

RADAR

(Radio Detection And Ranging)

Pour beaucoup de navigateurs, le radar vient en tête de liste du « meilleur équipement » dans la mesure où il peut « voir » la terre et les autres bateaux à travers la brume ou l'obscurité et indiquer les relèvements (BRG) et distances (DIST) des marques de balisage et des feux.

Les prix et les consommations électriques des radars adaptés à la plaisance ont baissé au point de permettre à de plus en plus de pratiquants de les installer à leur bord. Ils sont devenus plus compacts et même les modèles « bon marché » rendent de bons services.



L'écran radar intègre d'ordinaire en un seul bloc émetteur, récepteur et boîtier de commande. À l'origine, les écrans étaient des tubes cathodiques. Aujourd'hui, ils sont à cristaux liquides tout comme ceux qui équipent désormais télévisions et ordinateurs. Ces écrans consomment moins d'énergie et sont plus faciles à lire à la lumière du jour.

Le radar émet et reçoit de courtes ondes radio hautes fréquences d'une longueur d'onde comprises entre 3 et 10 centimètres (on parle à leur propos de « radar 3 centimètres » ou de « radar 10 centimètres »).

3 cm = X-Band, soit 10 GHz environ.

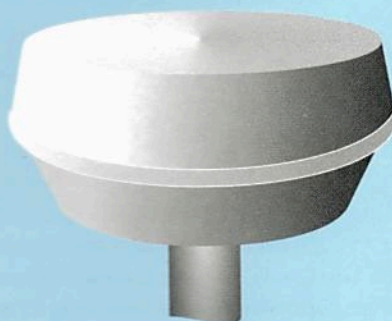
10 cm = S-Band, soit 3 GHz, environ.

Les échos renvoyés par les navires, les balises et la côte apparaissent en surbrillance.



Le radar est composé d'un émetteur, d'un récepteur, d'un boîtier de contrôle et d'une **antenne**. Les trois premiers éléments sont généralement intégrés à l'écran. L'antenne est quant à elle située en hauteur, là où elle est le moins masquée et tourne grâce à un moteur électrique entre 15 et 35 tours/minute.

L'antenne émet des impulsions radio et en reçoit l'écho une fraction de seconde plus tard. Le flot des impulsions se succède à très grande vitesse dans toutes les directions. Le calcul du temps écoulé entre l'émission et le retour de l'écho permet de connaître la **direction et la distance** de l'objet repéré.



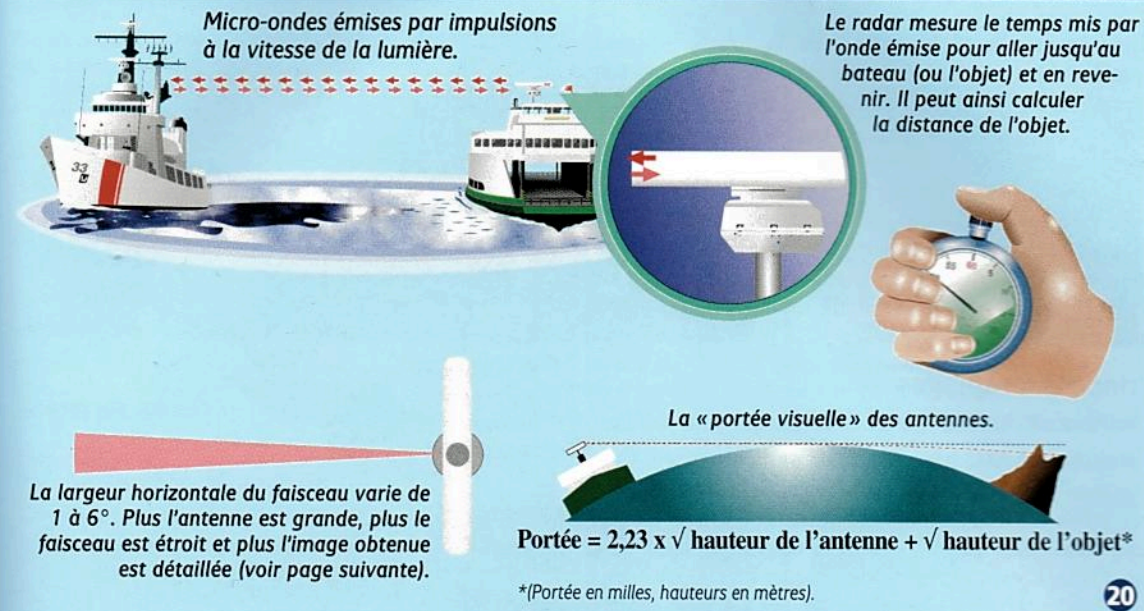
L'antenne doit être montée assez haut en évitant qu'elle soit masquée. Les mâts et les superstructures peuvent entraîner une « ombre » ou un « faux écho ». À bord d'un bateau de plaisance, on considère que 4 mètres est une hauteur satisfaisante. L'antenne est abritée sous un radôme.



Les plus grandes antennes (avec un rayon horizontal plus étroit) sont à découvert et tournent sur leur axe moteur.

Les radars les moins chers destinés à la plaisance ont une puissance d'émission de l'ordre de 1 à 2 kW. Cela correspond à une portée de l'ordre de 16 à 24 milles. Les radars plus importants d'une puissance d'émission de 4 kW, ont une portée allant jusqu'à 36 milles.

Radar, principe de fonctionnement

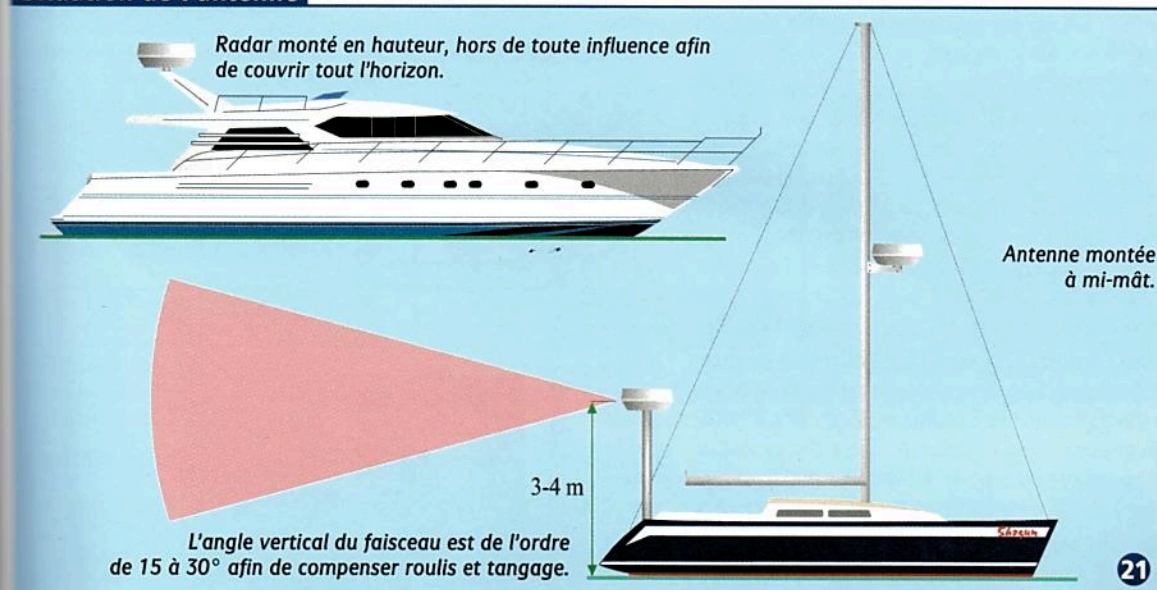


20

Les impulsions sont émises par l'antenne à la vitesse de la lumière (300 000 kilomètres/seconde soit 162 000 milles/seconde). C'est si rapide que l'antenne s'est à peine déplacée au moment où l'écho lui revient. L'antenne tour-

ne à vitesse constante, ainsi le radar « sait » à quel angle par rapport à son axe l'impulsion a été émise et l'écho reçu (angle en réalité identique). Le radar est capable de calculer à la fois la distance et le gisement de l'objet.

Situation de l'antenne



21

En principe, l'antenne doit être installée le plus haut possible afin de porter le plus loin possible. Mais si elle est montée trop haut, les effets du roulis et du tangage réduisent cette portée. Le poids de l'antenne dans les hauts impose aussi de ne pas la monter trop haut. Trois à quatre mètres au-dessus du niveau de la mer est la norme à bord d'un bateau de plaisance. Écartez-vous d'au moins 2 mètres de l'antenne pour éviter d'être « rôti » par le

faisceau des micro-ondes! La portée du radar dépend davantage de sa « portée visuelle » que de sa puissance en watts. Le radar peut « voir » un peu plus loin qu'en ligne droite à cause de la réfraction des micro-ondes dans l'atmosphère (un peu supérieure à celle de la lumière), mais sa portée est souvent limitée à 10 ou 15 milles, correspondant à la « portée visuelle » due à la courbure de la Terre, même si les fabricants prétendent qu'elle peut atteindre 24 milles.

Utiliser le radar

Après avoir allumé le radar avec la touche «**power on/off**», il faut de 1 à 3 minutes pour que l'appareil soit opérationnel. Il se met ensuite en mode **STANDBY** (veille). Tout est alors paré à fonctionner mais aucune impulsion n'est émise. Lorsque vous appuyez sur **TRANSMIT** (touche TX), l'antenne commence à tourner et le radar émet et reçoit des ondes. **Attention!** Certains radars nécessitent pour cela d'appuyer sur «**POWER**» ou sur tout autre bouton. C'est à ce moment qu'il est important de régler le radar (certains appareils le font plus ou moins automatiquement).

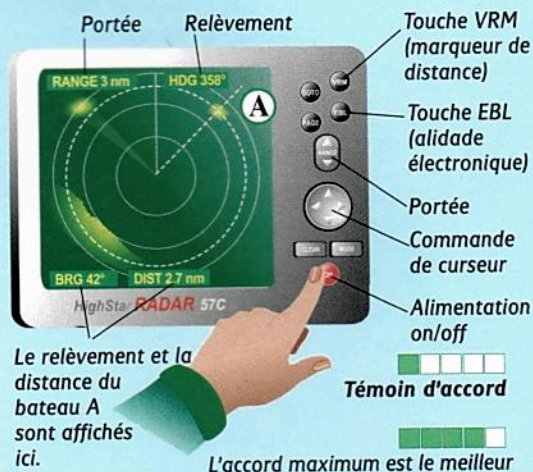
Principaux réglages

- **Brilliance/Brillance.** Ajustez au niveau que vous préférez.
- **Gain/Sensibilité.** Important pour un bon réglage. Cela joue sur l'amplification de l'écho reçu. Si la sensibilité est trop basse, les échos des petits objets risquent de ne pas apparaître. Trop élevé, l'écran se couvre de nombreux petits points qui empêchent de distinguer les échos de petite taille. Le meilleur réglage est lorsque les petits points sont à peine visibles.
- **Range/Portée.** Cela détermine la distance à laquelle «voit» le radar, depuis une distance très faible (1/8^e à 1/4 de mille soit de 230 à 460 mètres) jusqu'à 1/2, 1, 2, 3, 6, 8 ou 24 milles sur un navire de plaisance type. Commencez par régler votre radar sur une portée de l'ordre de 3 à 6 milles. Choisissez une cible comprise dans cette portée pour contrôler le réglage.
- **Tuning/accord.** Crucial pour la réception des échos des objets environnants. On considère que l'accord est bon lorsque l'image est la plus nette possible. Certains radars disposent d'indicateurs (fig. 24) pour aider au réglage. Il faut répéter l'opération chaque fois que vous changez de portée, mais vous avez souvent une bonne aide sous la main, l'**ACCORD AUTOMATIQUE**, monté sur de nombreux radars et qui fait le travail pour vous chaque fois que vous allumez le radar ou que vous modifiez sa portée.

► **Sea Clutter (SEA ou STC)/Antiretour de mer.** Ce réglage peut créer des difficultés. En raison de la largeur verticale du faisceau (de l'ordre de 25 à 30°) il arrive que les vagues proches du bateau renvoient des échos, surtout si le bateau roule ou tangue. Utilisez ce réglage avec parcimonie! Trop de diminution peut faire disparaître des échos.

► **Rain Clutter (ARP OU FTC)/Antiretour de pluie.** Ce réglage n'est pas si exigeant que le précédent. L'eau de pluie renvoie un écho différent d'une vague plus dense. Une averse produit une image plus «estompée» qu'un objet dur. Le radar peut servir à éviter les grains de pluie par temps variable!

Commandes



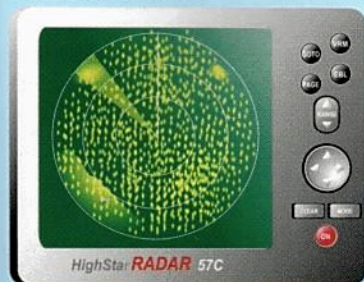
Le radar est réglé et la portée choisie est de 3 milles. Des **cercles de distances** précisent l'éloignement à partir du centre (votre position) à intervalles réguliers (1 mille). Ces cercles facilitent l'interprétation de la distance des objets situés dans vos parages immédiats. Si vous avez besoin de préciser la distance et le relèvement du bateau A, actionnez la fonction **VRM** (Variable Range Marker = marqueur de distance variable) et avec la **commande de curseur** positionnez un cercle (en pointillés) passant par la cible. Une distance de 2,7 milles s'affiche. Utilisez ensuite la fonction **EBL** (Electronic Bearing Line = alidade électronique) et, avec la commande du curseur, tracez une ligne pointillée du centre vers la cible. Un **relèvement relatif** s'affiche (042° dans le cas présent). Vous pouvez afficher un **relèvement vrai** si le radar reçoit des indications de cap grâce à une interface avec d'autres instruments. **Attention! Touches et menus varient selon les marques de radar même si les fonctions essentielles sont les mêmes.**

Variété d'échos

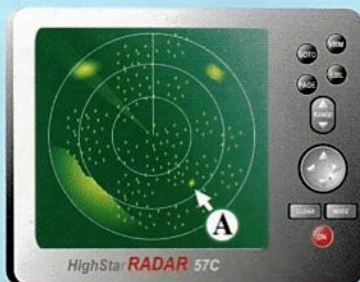


Les échos provenant des grains de pluie (B) apparaissent plus vastes et de contours plus découpés que les objets solides. Leurs bords sont aussi plus imprécis et, sur certains écrans, ils se teignent de bleu ou de rouge.

Gain/Sensibilité



Trop de sensibilité. La « neige » apparaissant sur l'écran masque l'écho du bateau A.



Bonne sensibilité. Un peu de « neige » mais le faible écho du bateau A est visible.



Pas assez de sensibilité. La « neige » a disparu... mais le faible écho A aussi.

Tune/Accord



Accord insuffisant. Aucun écho.



Bon accord. Échos visibles avec un bon contraste.

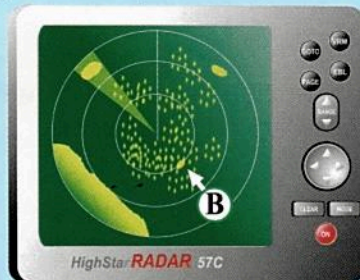


Mauvais accord. Quelques échos sont invisibles, les autres sont flous.

Sea Clutter/Antiretour de mer (utiliser avec précaution !)



Pas assez d'antiretour de mer. Beaucoup de « neige » autour du bateau masque l'écho B.



Bon antiretour de mer. Un peu de « neige », mais l'écho B est visible.



Trop d'antiretour de mer. Presque plus de « neige »... mais l'écho B n'apparaît plus.

Rain Clutter/Antiretour de pluie (utiliser avec précaution !)



Pas assez d'antiretour de pluie. Beaucoup de « neige » causée par la pluie ou les grains.

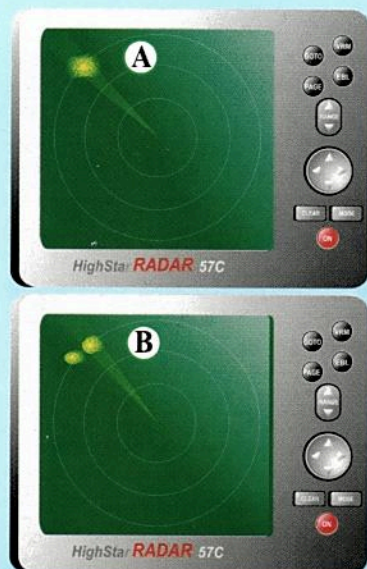


Bon antiretour de pluie. Vous distinguez les averses et l'écho C est visible.



Trop d'antiretour de pluie. Toute la neige induite par les averses est effacée... mais l'écho C aussi.

Discrimination du relèvement



Largeur du faisceau de 6°
Le faisceau radar reflète les deux bateaux simultanément pour en faire **un seul et même écho**. C'est la raison pour laquelle les entrées de port ne se distinguent pas tant que vous n'en êtes pas très près.
Plus le faisceau est étroit, meilleurs sont les détails!

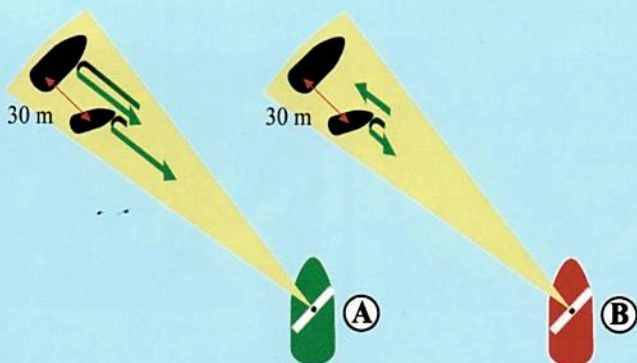
Largeur du faisceau de 3°
Le faisceau radar reflète les deux bateaux l'un après l'autre et produit **deux échos**.

25

La largeur horizontale du faisceau est importante en ce qui concerne la faculté du radar à distinguer des objets proches l'un de l'autre. Avec une largeur de 6°, le faisceau du bateau A renvoie un seul écho pour les deux bateaux noirs.

Le bateau B émet un faisceau de 3° de large. Une impulsion atteint le premier bateau et produit un écho. Puis une autre impulsion détecte l'autre bateau et produit un nouvel écho distinct du précédent.

Discrimination de la distance



Impulsion longue (0,2 μ s)
Le début de l'écho renvoyé par le bateau le plus éloigné rattrape la fin de l'écho renvoyé par le bateau le plus proche avant qu'il ne l'ait tout à fait quitté. L'écran du radar ne révèle qu'un **seul écho**.

Impulsion courte (0,08 μ s)
L'impulsion a déjà reflété le premier bateau avant d'avoir atteint le second. Il en résulte **deux échos** sur l'écran. **Plus l'impulsion est courte, mieux les objets sont identifiés séparément!**

26

La **longueur d'onde** de l'impulsion (mesurée en μ s = microseconde) est essentielle en ce qui concerne la capacité des radars à distinguer deux objets alignés l'un avec l'autre. Le radar du bateau A émet une impulsion d'une longueur d'onde de 0,2 μ s. À cette fréquence, le faisceau radar parcourt 60 mètres entre deux impulsions. Si les deux bateaux se situent à 30 mètres l'un de l'autre, la même

impulsion va refléter la cible la plus lointaine et va au retour se confondre avec l'écho revenant de la cible la plus proche. Le radar analysera cela **comme un seul écho**. Le bateau B émet une impulsion de 0,08 μ s (24 mètres entre deux impulsions). Le retour de l'écho de la cible la plus proche s'effectuera avant celui de la plus éloignée. Le radar détecte **deux échos**.

Problème

Il est important d'être attentif à l'affichage des échos si vous êtes à bord d'un bateau. Quiconque sait que, lorsqu'ils sont réalisés par vous, les échos ne sont pas consécutifs.

Les balises sont bien nettes sur la page suivante. L'esprit qui figurent les sommets de vent bien enseigner de l'écran.

Les angles peuvent au révéler si cela figure du faux écho. Le faux écho rencontre la distance que.

L'interférence de l'écran profite pour observer ce qui figure sur.

Distance

Chaque fois que vous êtes afin d'éviter les collisions, les échos sont courts et se minimisent de distance.

Naviguer

Une balise est visible l'identité. Ceux-ci traversent la seconde après-midi là où le signal n'est pas clair. quatre balises et d'éviter les exemples de la méthode. vous qu'un écho peut abréger la distance de.

Problèmes rencontrés sur l'écran radar

Il est impératif que vous appreniez à interpréter l'information affichée sur l'écran. Beaucoup d'objets renvoient un écho si atténué qu'ils n'y apparaissent même pas. Les bateaux en bois et en polyester produisent de faibles échos. Quiconque s'est trouvé sur la passerelle d'un grand navire sait que, la plupart du temps, les petits bateaux ne se matérialisent pas à l'écran. **Partez toujours du principe que vous n'êtes pas vu des autres navires et agissez en conséquence.**

Les balises fixes et flottantes apparaissent généralement bien nettes. **Les ombres radar** et les échos indistincts (voir page suivante) posent en revanche des difficultés. Gardez à l'esprit que les lignes de côtes et les configurations des îles figurent très différemment par rapport aux cartes, et que les sommets élevés à l'intérieur des terres apparaissent souvent bien avant la côte. **La pratique seule peut vous enseigner à interpréter correctement les informations de l'écran !**

Les angles morts créés par le mât ou les superstructures peuvent aussi générer des incertitudes. **Les faux échos** se révèlent souvent en relation avec les angles morts comme cela figure dans l'illustration ci-contre où le mât est cause du faux écho. L'onde radar est déviée par le mât et si celle-ci rencontre une cible, l'écho revient par le même chemin. Le faux écho (E) apparaît dans l'axe du mât à la même distance que celui de la « bonne » cible (D).

L'interférence avec d'autres radars peut également perturber l'écran. **En conséquence, mettez toute occasion à profit pour vous entraîner à interpréter ce que vous observez sur l'écran. De jour ou par temps clair, comparez ce que vous voyez de vos propres yeux avec ce qui figure sur l'écran et rapportez tout cela à la carte.**

Distance minimum de détection.

Chaque fois qu'une onde est émise, le récepteur est bloqué afin d'éviter de percevoir un écho avant que l'onde soit totalement envoyée. C'est la raison pour laquelle les ondes sont courtes et très rapprochées. Ordinairement, la distance minimum de détection est un peu plus grande que la distance de discrimination, soit autour de 20 à 30 mètres.

Naviguer au radar

Une balise radar (ou racon = RAдар beaCON) rend possible l'identification spécifique d'un feu ou d'une balise. Ceux-ci transmettent un code morse, une fraction de seconde après que l'écho revient vers le radar. La balise est située là où le signal morse est émis.

Le signal n'est transmis vers votre radar que tous les trois ou quatre balayages du faisceau. Ceci afin d'économiser l'énergie et d'éviter d'encombrer votre écran de signaux en morse.

Les exemples décrits ci-contre sont caractéristiques de la méthode de navigation avec un radar. Mais souvenez-vous qu'une grande largeur de faisceau horizontale (4-6°) peut aboutir à des incohérences de relèvements. La distance détectée est en revanche beaucoup plus exacte.

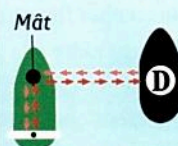
Ombre radar

Vous ne pourrez pas voir la baie sur votre écran tant que vous n'aurez pas progressé légèrement sur votre route.



Le bateau A ne sera pas détecté dans la mesure où le faisceau radar ne peut « voir » au travers du bateau B. L'écran ne fait apparaître qu'un seul écho.

Faux écho



Un mât profilé peut refléter l'onde radar et la faire rebondir vers le bateau D en produisant un faux écho.

En plus du véritable écho produit par le bateau D, un faux écho se matérialise dans l'axe du mât E.

Balise radar



La balise cardinale Nord de Katten émet un signal morse N: _ .

Le relèvement vrai de la balise de Katten est 081° à une distance de 1,8 mille. Le cap vrai du bateau est de 303°. Attention ! Si le bateau est équipé d'un compas fluxgate, par exemple, le radar peut afficher des relèvements vrais (relèvement suivi à l'écran de la lettre T pour « True »). Si on ne dispose pas de ce type d'information, le relèvement indiqué est relatif, de l'ordre de 138° dans le cas présent.

Les marques cardinales équipées de balises radar émettent un signal morse correspondant à leurs caractéristiques:

N = Nord: _ . S = Sud: ... E = Est: . W = Ouest: . _ _

Configurations d'écran

La plupart des radars de plaisance sont configurés de façon à ce que le bateau soit situé au **centre** avec la **ligne de foi du bateau en haut** de l'écran. Tout ce qui figure à droite de l'écran se trouve à tribord, et tout ce qui figure à gauche se trouve à bâbord. Ce qui apparaît au bas de l'écran se trouve derrière vous.

Cette configuration est appelée **HEAD-UP** (HU = ligne de foi du bateau en haut) dans la mesure où le cap que vous suivez est toujours situé au sommet de l'écran. L'image radar défile vers le bas de l'écran à mesure que le bateau progresse et tourne lorsque le bateau vire. C'est une **image non stabilisée**. Cette configuration a l'avantage d'être plus facile à interpréter par les nouveaux utilisateurs. En revanche, si le barreur (ou le pilote) ne parvient pas à conserver un cap constant, il peut être difficile de prendre des relèvements et des distances.

À mesure que vous vous familiarisez avec la pratique, il peut être judicieux d'opter pour une **image stabilisée** comme à bord des plus gros navires. Cette configuration est baptisée **NORTH-UP** (NU = Nord en haut). Le radar doit alors recevoir des informations d'un gyrocompas ou d'un compas fluxgate. Les avantages sont les suivants :

- L'image radar a la même orientation que la carte, ce qui facilite la comparaison avec ce que vous voyez à l'écran.
- Les échos sont stationnaires. Même si le barreur fait des écarts, l'image est stabilisée.
- Vous êtes immédiatement informé d'un changement de cap.

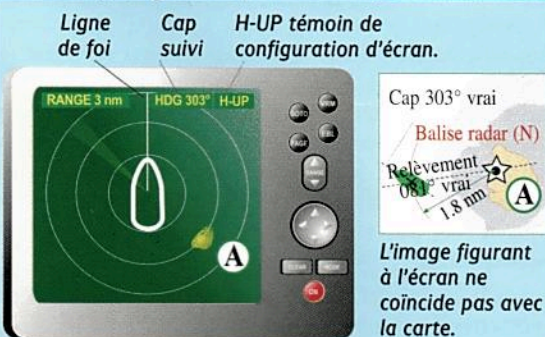
La configuration **COURSE UP** (CU = Cap en haut) privilégie le cap suivi d'un waypoint à l'autre lors d'un parcours sur une route et présente une image stable. Le segment de route en cours est axé vers le haut.

À bord des navires, les grands radars utilisent souvent la configuration **TRUE MOTION** (TM = Mouvement vrai). Les côtes et les marques de navigations y figurent fixes, comme sur la carte, alors que les échos provenant des autres bateaux et votre propre embarcation se déplacent sur l'écran.

Éviter les collisions

La règle traditionnelle veut que si le **relèvement** d'un navire en route convergente demeure **constant dans le temps**, les deux bateaux sont en **route de collision**. Il importe peu que vous recouriez à des relèvements vrais, compas ou magnétiques où que vous référeriez à des marques fixes à bord du bateau. Vous découvrirez page suivante comment utiliser ce principe avec le radar.

Head-Up (ligne de foi en haut)



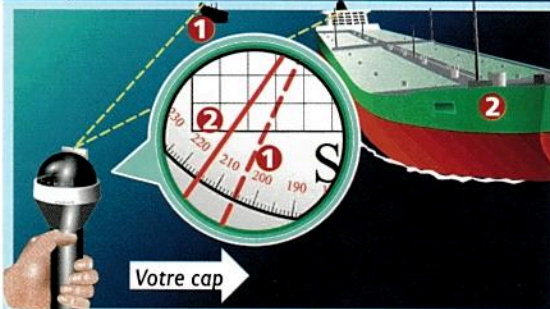
Le radar est configuré sous la forme **HEAD-UP** (ligne de foi en haut) comme cela se pratique souvent en plaisance.

North-Up (Nord en haut)



Le radar est configuré sous la forme **NORTH-UP** (Nord en haut) ce qui présente de nombreux avantages. **Attention ! La silhouette blanche du bateau n'apparaît pas sur votre écran !**

Risque de collision ?



Avec un compas de relèvement
Le pétrolier en route convergente va passer devant vous. Le relèvement augmente de 205° (1) à 215° (2). Il se déplace vers l'avant.

Avec des repères fixes à bord
La femme à bord voit le navire reculer de (3) en (4). Son bateau va passer largement devant l'autre (4) si tous deux respectent une vitesse et un cap constants, dans la mesure où le relèvement à vue se décale vers l'arrière.

Éviter



Vous détectez à 042° relèvement (1) à une distance de 1,8 nm et un secouru à bâbord, c'est-à-dire à 180°.

Estimer la vitesse relative par rapport à votre propre bateau.

Pointage

Vitesse est



La feuille de papier sur laquelle se trouve la carte doit être effacée à 1/10° d'erreur multiplier

Le pointage des vraies des vitesses (en bleu) aux vecteurs de l'ordonnée de l'ordonnée à 1/10° d'erreur les erreurs

Éviter la collision



Vous détectez un premier écho à 042° relatif sur votre avant tribord (1) à une distance de 3 milles, et un second à 315° relatif sur bâbord, à la même distance (4).



Six minutes plus tard, le premier bateau s'est rapproché et son relèvement est constant (2). Cela révèle une route de collision. L'autre bateau est par le travers et plus près encore (5) mais paraît passer sans encombre.



Six autres minutes plus tard, le premier bateau n'est plus qu'à 1 mille et toujours selon le même relèvement (3). Vous devez virer à tribord pour éviter la collision. Même alors, l'autre bateau (6) passera sur votre arrière et ne représentera aucun danger.

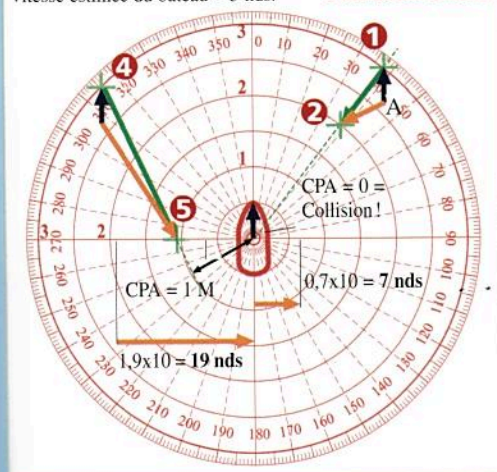
31

Estimer la vitesse et le cap des autres bateaux sur l'écran est difficile dans la mesure où tout y figure en **mouvement relatif** par rapport à votre bateau et où, de plus, vous ignorez votre propre vitesse (sauf dans la configuration TRUE

MOTION). Vous observez qu'un écho se déplace de (1), puis en (2) puis en (3), mais estimer la vitesse et le cap vrai est impossible. Le pointage radar vous donnera une **image claire de la situation** (voir ci-dessous).

Pointage radar/ARPA

Vitesse estimée du bateau = 5 nds. **POINTAGE RADAR**



La feuille de pointage est une rose de compas sur laquelle sont portés des cercles de distance en milles. Si vous effectuez un pointage toutes les 6 minutes = 1/10° d'heure, tout ce que vous avez à faire est de multiplier par 10 pour obtenir votre vitesse en nœuds.

1. relevez et reportez sur la feuille de pointage la distance et le relèvement (utilisez pour cela les fonctions VRM et EBL) du bateau aux positions successives (1) puis (2) et tracez la ligne 1-2.
2. Tracez votre vecteur de vitesse (5 nds dans le cas présent) de (1) vers la position A (toujours verticalement).
3. Tracez une ligne de A vers (2): cela vous donne la route de l'autre bateau. Mesurez la distance A-2 et multipliez par 10: vous avez maintenant sa vitesse.

Utilisez la même procédure pour déterminer la route et la vitesse du second bateau (positions 4 et 5). Faites de même pour les positions (2) et (3) ainsi que (5) et (6). Les lignes pointillées prolongeant les vecteurs 1-2 et 4-5 montrent comment les bateaux qui sont autour vont vous approcher. Le CPA (Closest Point of Approach = Point d'Approche le plus Proche) est respectivement de 0 et 1 mille.

Le système ARPA est activé et vous obtenez les vitesses et caps relatifs de deux bateaux (7) et (8). Vous constatez que l'un des bateaux est en route de collision avec vous alors que l'autre passera largement sur votre arrière.



La ligne indique le cap et sa longueur la vitesse.

32

Le pointage radar vous informe sur la route et la vitesse vraies des navires que vous visez. La route relative et la vitesse (en vert) combinées avec vos propres cap et vitesse (en bleu) aboutissent au graphique ci-dessus (comparable aux vecteurs de courants). Utilisez des intervalles d'observation de l'ordre de 6 ou 12 minutes dans la mesure où cela correspond à 1/10° ou 1/15° d'heure. Il est ainsi plus facile d'éviter les erreurs. Les gros radars des navires sont souvent

même de fournir le cap et la vitesse vrais des cibles (système ARPA, Automatic Radar Plotting Aid). N'accordez pas une confiance aveugle à l'électronique et en particulier au système ARPA. Le radar peut ne pas avoir été initialisé correctement et peut ne pas fonctionner parfaitement. Votre interprétation peut également être inexacte. Soyez vigilant, utilisez l'ensemble de vos connaissances en navigation et vérifiez l'information donnée par le radar!

Navigation astronomique

La navigation astronomique vous permet de trouver votre position en utilisant sextant, chronomètre, Éphémérides nautiques et tables de calcul. Vous mesurez la hauteur du Soleil ou d'un autre corps céleste et notez l'heure exacte de votre visée. Puis, grâce aux éphémérides, aux tables et à des calculs simples, vous obtenez votre position.

À l'inverse des équipements de navigation électronique comme le GPS, la navigation astronomique ne dépend d'aucune alimentation électrique. Il est bon, par principe, d'emporter avec soi les instruments nécessaires au point astro lors d'une navigation au long cours.

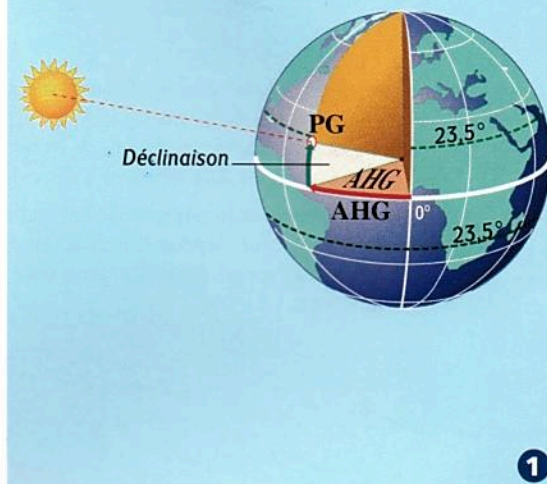


La position géographique du Soleil

Le Soleil paraît tourner autour de la Terre en 24 heures. À tout moment, il se trouve pile quelque part au-dessus de la Terre : on dit qu'il est au **Zénith**. Les zones au-dessus desquelles le Soleil peut être au zénith se situent entre les $23,5^\circ$ de latitude Nord et $23,5^\circ$ de latitude Sud. Les cercles de latitude correspondants sont le **tropique du Cancer** et le **tropique du Capricorne**.

Le point précis où une ligne imaginaire allant du centre du Soleil au centre de la Terre perce la surface de la Terre, s'appelle la « **position géographique du Soleil** » (PG). Cette position géographique se déplace en permanence vers l'Ouest, prend 24 heures pour accomplir un tour complet et l'angle qu'il forme avec le méridien de Greenwich est désigné par les initiales **AHG** (Angle Horaire à Greenwich). Il se déplace lentement vers le Nord et le Sud selon l'époque de l'année et l'angle qu'il forme avec l'équateur est appelé **déclinaison** (D).

Position géographique



1

L'écliptique

D = déclinaison

21/22 juin (solstice d'été).

Saison chaude dans l'hémisphère Nord.
Saison froide dans l'hémisphère Sud.

20/21 mars (équinoxe de printemps).

Printemps en hémisphère Nord –
automne en hémisphère Sud.

21/22 décembre (solstice d'hiver).

Hiver en hémisphère Nord –
été en hémisphère Sud.



22/23 septembre (équinoxe d'automne).

Automne en hémisphère Nord –
printemps en hémisphère Sud.

Soleil de minuit
Dans cette zone, le Soleil
brille 24 heures par jour.



21/22 juin
D = $23,5^\circ$ N

Équinoxes de printemps et d'automne.
Jour et nuit sont égaux partout.



20/21 mars et
22/23 septembre
D = 0°

Dans cette zone,
le Soleil est sous l'horizon
24 heures par jour.



21/22 décembre
D = $23,5^\circ$ S

2

La Terre tourne autour du Soleil en un an. Le plan de l'orbite terrestre, ou **écliptique**, forme un angle d'environ 23° avec l'équateur. Cela explique le rythme des saisons comme indiqué dans le schéma ci-dessus. Lorsque l'inclinaison de l'axe de la Terre pointe vers le Soleil, c'est l'été en hémisphère Nord avec des jours plus longs et un Soleil plus haut sur l'horizon. En hiver (ainsi que dans l'hémisphère Sud) la situation est inversée.

La déclinaison maximale est de $23,5^\circ$ en été et en hiver. Lors des équinoxes de **printemps** et d'**automne**, les nuits et les jours sont d'égale durée partout sur la Terre. La déclinaison est alors de 0° .

Soleil de minuit et nuit hivernale sont également dus à l'écliptique et se produisent en été et en hiver dans les deux hémisphères.

Le m

La Terre tourne autour du Soleil en 24 heures. Les étoiles du Soleil, la manence port aux Dans la r au rayon l'observa l'équateur positions contre la Ce modè corps céle 100 %. L nir une p avec le se objets céle

Les étoiles du Soleil, la manence port aux Dans la r au rayon l'observa l'équateur positions contre la

Ce modèle des corps célestes est basé sur l'observation de la Terre. Ce modèle est basé sur l'observation de la Terre. Ce modèle est basé sur l'observation de la Terre.

La hauteur

La hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon. Même si l'angle de déclinaison change, la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon reste la même.

Azimuth

En hémisphère Nord, l'azimuth du Soleil est mesuré à partir du Nord. En hémisphère Sud, l'azimuth du Soleil est mesuré à partir du Sud.

L'angle de déclinaison, pour le mouvement du Soleil, est mesuré à partir de l'équateur. L'angle de déclinaison, pour le mouvement du Soleil, est mesuré à partir de l'équateur.

Le modèle astronomique

La Terre tourne autour du Soleil et, dans le même temps, tourne autour de son axe en 24 heures. En navigation astronomique, on part du principe que la Terre occupe un point central et immobile au cœur d'une immense sphère, appelée sphère céleste, dans laquelle sont disposés Soleil, Lune, planètes et étoiles. Cette sphère tourne autour de nous en 24 heures.

Les étoiles sont considérées comme fixes, alors que le Soleil, la Lune et les planètes changent de position en permanence les uns par rapport aux autres ainsi que par rapport aux étoiles.

Dans la mesure où le rayon de la Terre est infime comparé au rayon de la sphère céleste, on fait comme si l'œil de l'observateur se trouvait au centre de la Terre. De là, l'équateur, les cercles de latitudes, les méridiens et les positions de la surface apparaissent comme « projetés » contre la sphère céleste.

Ce modèle inexact nous permet de naviguer à l'aide des corps célestes, même si nos calculs ne sont pas précis à 100 %. Des tables de corrections nous permettent d'obtenir une précision suffisante à partir de visées effectuées avec le sextant dont on se sert pour mesurer la hauteur des objets célestes.

La hauteur

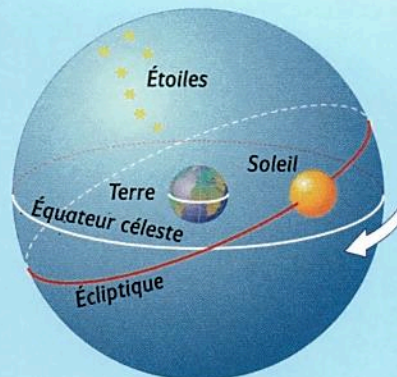
La hauteur d'un corps céleste est l'angle qu'il forme au-dessus de l'horizon, mesuré en degrés avec le sextant. Même si dans ce manuel nous nous concentrons essentiellement sur le Soleil, la plupart des principes énoncés s'appliquent aux autres corps célestes mentionnés à la fin de ces pages.

Azimut

En hémisphère Nord, l'azimut est l'angle que forme sur l'horizon le Nord vrai avec une ligne verticale passant par le corps céleste. En hémisphère Sud, c'est l'angle formé sur l'horizon par le Sud vrai et une ligne verticale passant par le corps céleste. En d'autres termes, l'azimut est le chemin le plus court pour rallier la verticale passant par le corps céleste à partir du Nord ou du Sud vrai.

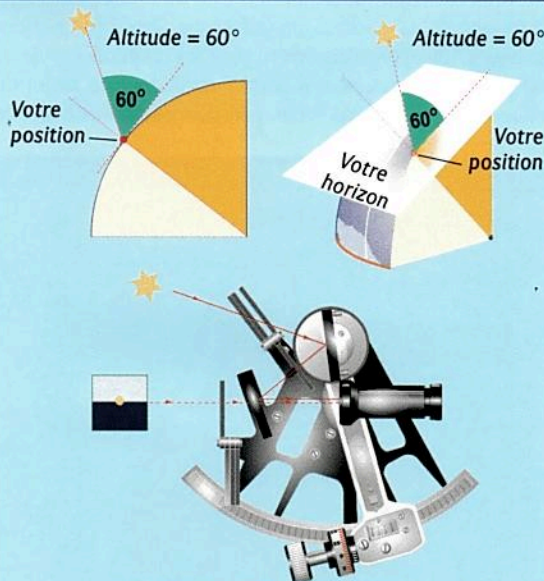
L'angle de l'azimut (Z) se trouve dans les tables. Il vous faut, pour faire le point sur la carte, convertir cet angle en relèvement vrai, **azimut (AZ)**. Il est expliqué dans les tables représentées dans la figure 18 comment convertir Z en AZ en différentes situations. Si vous doutez de vos calculs, vérifiez le gisement de l'astre avec votre compas de relèvement !

Sphère céleste



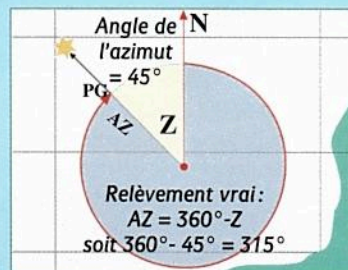
La navigation astronomique utilise un modèle où tous les corps célestes, Soleil, Lune, étoiles et planètes sont disposés sur une sphère imaginaire qui tourne autour de la Terre en 24 heures.

Hauteur



La hauteur des corps célestes est d'ordinaire mesurée avec le sextant.

Azimut



La posi
à raisor
360° en
les 23,5
née. L'a
est appe

La dista
par rap

«angle»
considé
éphémé
chaque
se lisen
colonne

La dista
Soleil es
re vers l'

Ces deu
du mérid
mesurée

L'AHLE
dans les
votre poi
ne se cor
«à l'esti
par l'usa
de latitud

L'heure

Coordina
est menti

dénomin
manuel)

dans cert
UT et U'

L'AHLE
tion de l'

entrez da
Pub. n° 2

la latitud
vement c

observée

Cette ha
mesurée

vous port
prochant

portez la
tracée à 9

point con

Il est très
bon AHL

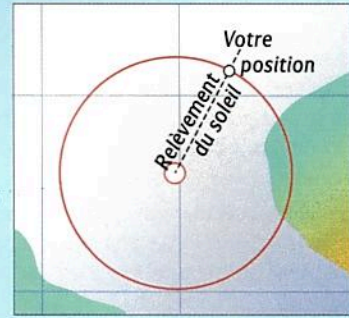
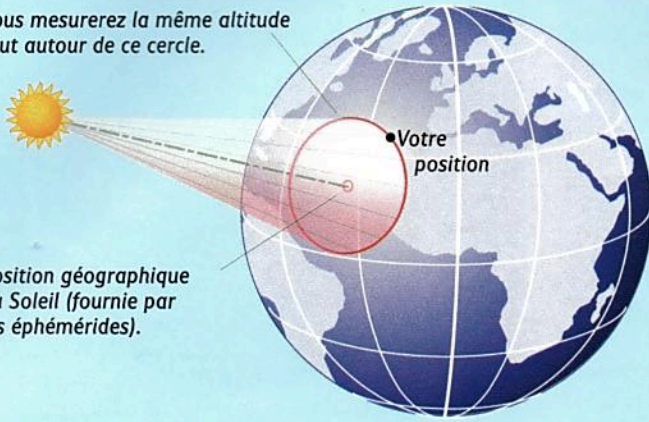
mettant
perdre, n

figure 8,

Le cercle d'égale hauteur

Vous mesurerez la même altitude tout autour de ce cercle.

Position géographique du Soleil (fournie par les éphémérides).



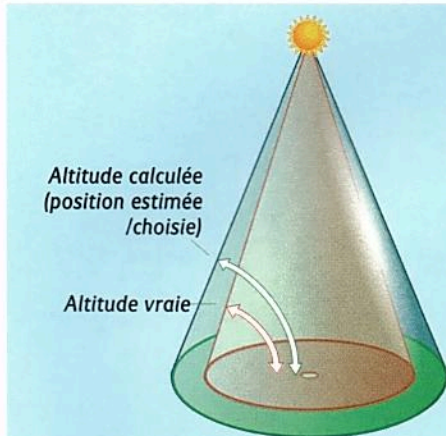
La position géographique du Soleil est le centre d'un cercle, dit «cercle d'égale hauteur» sur le pourtour duquel la hauteur mesurée de l'astre est partout constante.

5

Principes de la navigation astronomique

En observant (mesurant) la hauteur du Soleil vous concluez que vous vous trouvez quelque part sur un cercle précis centré autour de sa position géographique. Les Éphémérides nautiques vous permettent de trouver les coordonnées de ce point géographique, ce qui permet de déduire le rayon du cercle. Avec le compas, vous pourriez trouver et tracer le

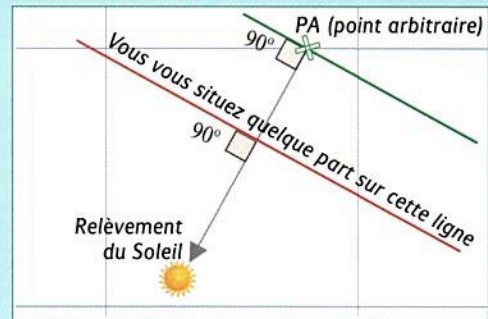
relèvement de la position géographique. Votre position se situerait à l'endroit où ce rayon coupe le cercle. Cette méthode demanderait des cartes immenses dans la mesure où le cercle peut avoir un rayon de plusieurs centaines de milles. En conséquence, nous devons emprunter un petit détour pour trouver notre position...



Dans cet exemple, la hauteur réelle est plus grande que la hauteur calculée avec les tables sur la base du point arbitraire. Or, pour avoir une hauteur plus importante, il nous faut être plus proches de la position géographique du Soleil. Nous devons nous trouver sur un cercle de hauteur (en rouge) plus rapproché du Soleil (un mille pour une minute de différence de hauteur).

Mesurez la hauteur du Soleil avec le sextant, puis choisissez une position à 100 milles de notre position réelle. On appelle cela le **point arbitraire** et on le détermine sur le plus proche degré de latitude et pour une latitude adaptée aux tables (voir plus loin dans le manuel). En vous reportant aux éphémérides et aux tables, vous trouvez ce que la hauteur du Soleil et son relèvement vrai **auraient pu être** sur ce point

Les droites de hauteur coupent toujours le relèvement du Soleil à 90°. On peut les considérer comme des tangentes au cercle de hauteur au point d'intersection du relèvement.



Sur une feuille de point à grande échelle, des segments de cercle sont représentés sous forme de droites (lignes verte et rouge) dans la mesure où ce ne sont que des portions infimes d'un cercle gigantesque. Au terme d'une nouvelle observation, la droite de hauteur rouge nous donnera notre point à l'endroit de son intersection avec une seconde droite.

6

arbitraire à l'heure exacte de la mesure. Cela est à comparer avec le résultat de votre propre observation. Avec un peu de travail sur la carte, la différence des hauteurs vous donne une ligne de position appelée **droite de hauteur**. Procédez ensuite à une nouvelle observation pour obtenir une autre droite de hauteur. La combinaison de ces deux droites vous fournira votre point. Tel est le principe de la navigation astronomique.

Angles horaires

La position géographique du Soleil se déplace vers l'Ouest à raison de 15° par heure, décrivant un tour complet de 360° en 24 heures. Il se déplace également lentement entre les 23,5° Nord et les 23,5° Sud selon les périodes de l'année. L'angle que forme le Soleil avec le plan de l'équateur est appelé, comme on l'a déjà dit, la **déclinaison (D)**.

La distance en degrés de la position géographique du Soleil par rapport au méridien 0 de Greenwich est appelée «**angle horaire à Greenwich**» (AHG). Vous pouvez considérer l'AHG comme la «longitude» du Soleil. Les éphémérides vous indiquent la déclinaison et l'AHG pour chaque heure et pour chaque jour de l'année. Ces données se lisent heure par heure dans les pages quotidiennes, colonne «Soleil», sous-colonnes AHvo (= AHG) et D.

La distance en degrés entre votre longitude et la longitude du Soleil est appelée «**angle horaire local**» (AHL). On le mesure vers l'Ouest de votre longitude, vers la longitude du Soleil.

Ces deux angles horaires sont mesurés vers l'Ouest, à partir du méridien 0° jusqu'à 360°, par rapport à la longitude, mesurée de 0° à 180° à l'Est ou à l'Ouest du méridien 0°.

L'AHL est utilisé conjointement avec la latitude pour entrer dans les tables qui vous indiqueront la hauteur du Soleil pour votre point arbitraire. Le point arbitraire en navigation astro ne se confond pas avec un point déduit lors d'une navigation «à l'estime», même s'il s'en inspire. Il est rendu nécessaire par l'usage des tables qui sont éditées pour des degrés ronds de latitude et d'AHL afin d'en limiter le volume.

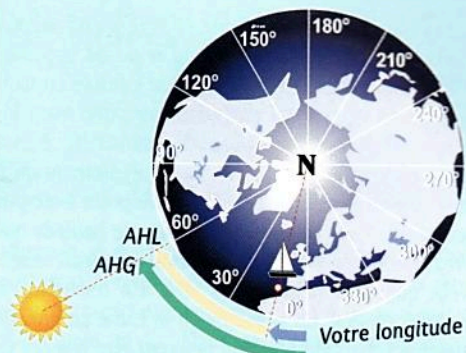
L'heure de référence est l'heure UTC (Universal Time Coordinated) ou heure UT, (Universal Time, ainsi qu'elle est mentionnée dans les Éphémérides nautiques françaises, dénomination que nous reprendrons dans la suite de ce manuel) ou encore heure GMT (Greenwich Mean Time) dans certaines éphémérides étrangères. Les dénominations UT et UTC tendent à devenir la norme.

L'AHL est choisi sur le degré rond le plus proche en fonction de l'AHG et de la longitude du point arbitraire. Vous entrez dans les tables américaines «Sight Reduction Tables, Pub. n° 249», dites Ho 249, avec l'AHL, la déclinaison et la latitude du point arbitraire. Vous y trouvez alors le relèvement du Soleil (Azimut) et la hauteur que vous auriez observée si vous vous étiez trouvé sur votre point arbitraire.

Cette hauteur est à comparer avec celle que vous avez mesurée avec le sextant. Si la hauteur vraie est supérieure, vous portez la différence (1 minute = 1 mille) en vous rapprochant le Soleil. Si la hauteur vraie est inférieure, vous portez la différence en vous éloignant du Soleil. Une ligne, tracée à 90° du relèvement du Soleil à partir de ce nouveau point constituera votre nouvelle droite de hauteur (fig 6).

Il est très important que vous soyez capable de trouver le bon AHL. Il peut être judicieux de réaliser un croquis permettant de visualiser votre travail. Il est facile de s'y perdre, mais si vous suivez le principe tout simple de la figure 8, vous devriez y parvenir sans encombre.

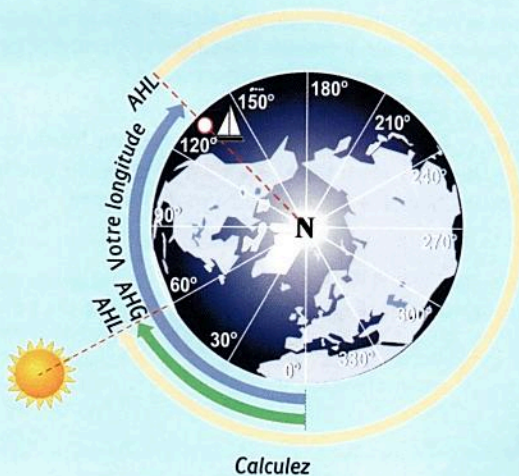
AHG et AHL



7

Angles horaires et longitudes

Principes fondamentaux :
 $AHL = AHG - \text{longitude W (Ouest)}$
 $AHL = AHG + \text{longitude E(st)}$



Calculez

$$AHL = 60^\circ - 135^\circ = -75^\circ ?$$

$$AHL = -75^\circ + 360^\circ = 285^\circ$$

Si le résultat est négatif ajoutez 360°.
 Si le résultat dépasse 360°, ôtez 360°.

8

Méridienne

Le Soleil est au plus haut à midi. Il marque le Sud vrai (relèvement 180°) ou le Nord vrai (360°). Si vous mesurez la hauteur du Soleil au moment où il culmine, il vous est facile de trouver votre latitude. À partir de la déclinaison trouvée dans les éphémérides, vous déduisez votre latitude. C'est la forme la plus simple de la navigation astronomique.

Lorsque le Soleil est observé au moment où il est le plus haut, il se situe au-dessus du méridien sur lequel vous vous trouvez. Le Soleil est sur **votre méridien**, nous avons un **passage méridien** ou une **culmination**.

Notez que la formule pour la latitude changera en fonction de différentes combinaisons de latitude et de déclinaison. La figure 9 montre comment la formule se décline en trois situations différentes. Il n'est pas nécessaire que vous les mémorisiez mais il est important de choisir la bonne lorsque vous calculez votre latitude. Notez également qu'il ne vous est pas possible de déterminer votre point avec une seule observation. Vous obtenez une droite de hauteur que vous pouvez combiner avec l'observation suivante, effectuée souvent quelques heures plus tard. En revanche, si vous utilisez les étoiles, les planètes ou la Lune en plus du Soleil, plusieurs lignes de position peuvent être tracées en un court espace de temps.

Dans la mesure où la distance jusqu'au Soleil est infiniment plus grande que le rayon de la Terre, votre ligne de position par rapport au Soleil et la ligne allant du centre de la Terre au Soleil en passant par la position géographique sont considérées comme parallèles. Cela figure comme deux soleils dans la figure ci-contre.

DZ, la **Distance Zénithale**, correspond à 90° moins la hauteur du Soleil. Nous découvrons également que la distance zénithale est l'angle formé par deux lignes partant du centre de la Terre vers le Soleil et notre position.

Par l'expression «**de même nom**» nous signifions que la latitude et la déclinaison sont toutes deux soit Nord soit Sud. «**De noms contraires**» exprime en revanche que la latitude est Sud et la déclinaison Nord ou l'inverse.

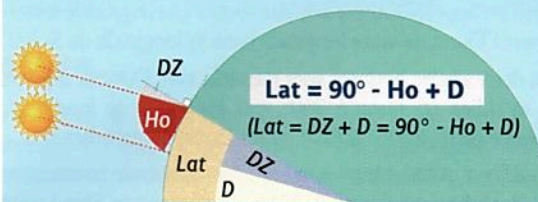
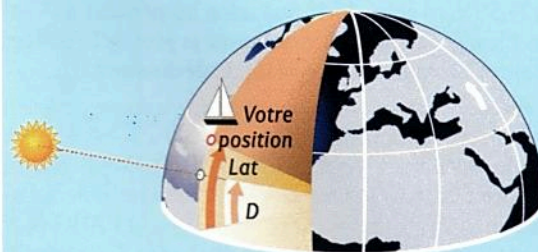
Dans la figure ci-contre :

Ho = hauteur observée.

D = déclinaison.

Lat = latitude.

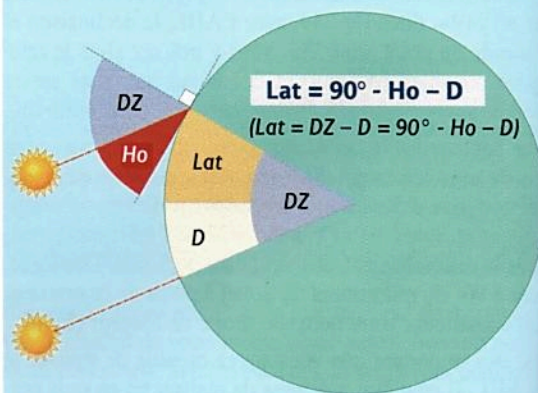
Latitude à la méridienne



- 1 Latitude et déclinaison de même nom.
Latitude plus importante que la déclinaison.



- 2 Latitude et déclinaison de même nom.
Latitude inférieure à la déclinaison.



- 3 Latitude et déclinaison de noms contraires.

9

Rég

pro

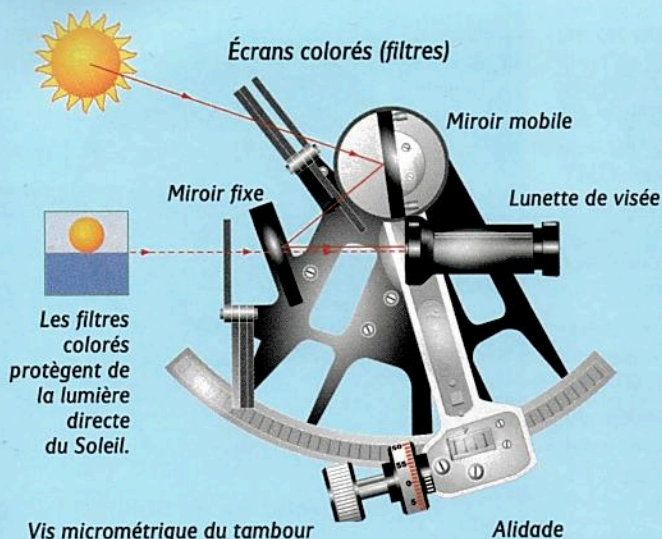
v

Mes

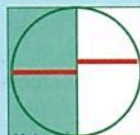
Avant d
erreur i
Tous les
en matiè
vent être
vous obi

Si vous
sextant
léger a
pouvez
une me
rée. Bal
l'autre. I
montre
sous l'h
l'heure e
le temps
«observ
effectue

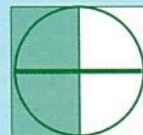
Choisisse
sécurité.
Validade
le Soleil
dade jusc
Procédez
tambour



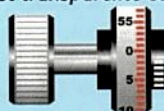
Horizon décalé
(collimation = -2')



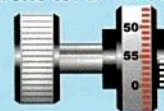
Horizon continu
(collimation = 0')



Réglez l'alidade sur 0' et visez l'horizon. Si la ligne d'horizon apparaît discontinue (en rouge) vous devez ajuster le réglage avec la vis micrométrique jusqu'à ce qu'elle devienne continue (en vert). Attention ! la partie gauche est transparente et la droite est un miroir.



Collimation = -2'



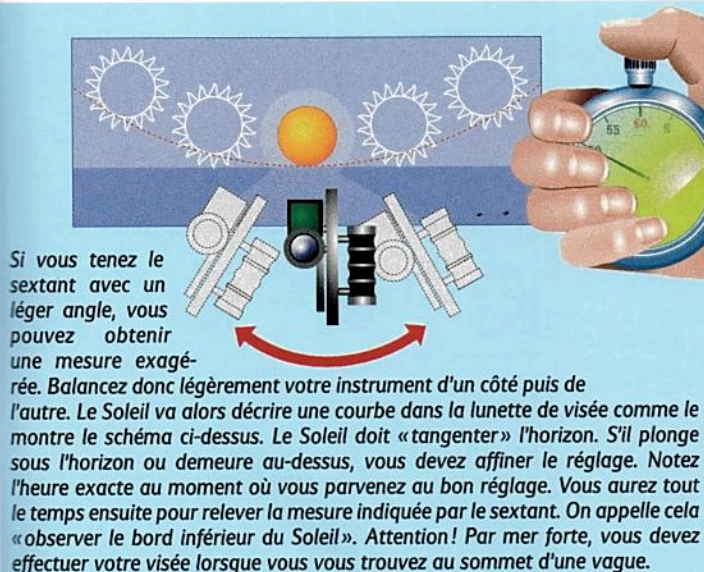
Collimation = + 4'

10

Mesurer la hauteur du Soleil

Avant de vous servir du sextant, vous devez relever son **erreur instrumentale** (erreur de parallélisme du sextant). Tous les sextants en ont une, en particulier les instruments en matière plastique (de construction moins stable) qui doivent être régulièrement vérifiés. Lorsqu'en visant l'horizon vous obtenez dans la lunette une ligne discontinue comme

illustrée ci-dessus, notez l'erreur instrumentale, appelée collimation (coll.). Souvenez-vous que vous devez ajouter ou soustraire cette collimation afin de parvenir à 0' d'un instrument exact. Dans le premier exemple, vous devez soustraire 2' et dans le second vous devez ajouter 4' pour arriver à 0'. La collimation est la même quel que soit l'angle mesuré. En revanche, elle peut évoluer dans le temps et il est recommandé de la contrôler avant chaque observation.



Notez l'heure au moment exact où le Soleil tangente l'horizon. Le mieux est que quelqu'un d'autre note l'heure au moment où vous dites : « top ! ». Pour éviter les erreurs, il est recommandé d'écrire d'abord les secondes, puis les minutes et enfin l'heure. Prenez plusieurs visées de cette façon et travaillez celle qui vous paraît la meilleure.



Les degrés se lisent sur le limbe courbe du sextant, alors que les minutes d'arc se lisent sur le tambour du micromètre.

11

Choisissez un endroit à bord où vous serez bien calé et en sécurité. Prenez le sextant dans la main droite et déplacez l'**alidade** (le bras mobile) jusqu'à ce que vous aperceviez le Soleil dans la moitié droite de la lunette. Déplacez l'alidade jusqu'à ce que vous aperceviez également l'horizon. Procédez au réglage fin de l'alidade avec le micromètre à tambour jusqu'à ce que le Soleil « tangente » l'horizon

comme démontré ci-dessus. Au départ, il peut être un peu difficile de trouver le Soleil, mais avec un peu d'entraînement, de préférence dans des conditions diverses, vous allez rapidement prendre le coup de main.

Attention ! Assurez-vous d'utiliser les bons filtres colorés devant les miroirs. La lumière non filtrée du Soleil risque d'endommager vos yeux !

Heure universelle (UT), fuseaux horaires et heure légale

La Terre est divisée en 24 fuseaux horaires, de 15° chacun. Greenwich est le fuseau 0 ou Z (Zoulou). Le fuseau 12 est divisé en deux parties de 7,5° chacune, + 12 et - 12.

L'heure UT (Universal Time), anciennement GMT (Greenwich Mean Time) est celle du fuseau horaire où se trouve le méridien de Greenwich. Si vous voulez connaître le fuseau horaire pour d'autres méridiens, vous devez vous reporter à leur longitude.

En ouvrant les **éphémérides**, dans la partie «**Renseignements annuels**», la table intitulée «**Passage au méridien de Greenwich**», colonne «**Soleil**», donne pour chaque jour de l'année l'heure exacte du passage du Soleil sur le méridien de référence. Vous devez vous reporter à votre longitude pour savoir à quelle heure UT à lieu le passage au-dessus de votre propre position.

L'heure légale est employée par certains pays afin de mieux tirer partie des périodes de jour, par exemple au cours de l'été. Ils ajoutent une, voire deux heures, à celle de leur fuseau horaire pour avoir des soirées plus longues. Cela signifie que l'heure du fuseau horaire n'est pas toujours celle qui est indiquée par les horloges du lieu. Un détail bon à savoir quand on a prévu d'aller à terre procéder au ravitaillement, faire le plein de carburant ou se payer une dernière virée au pub local !

Il règne parfois un peu d'incertitude en ce qui concerne les différentes heures. En conséquence, il est prudent de disposer à bord d'une horloge réglée sur l'heure UT et de vous y reporter pour tout ce qui concerne vos calculs de marées et de navigation astronomique.

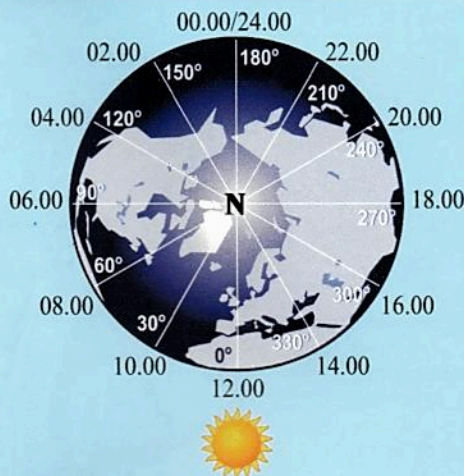
On peut même aller jusqu'à disposer de trois horloges : l'une à l'heure UT, une seconde pour l'heure de votre port d'attache, et la troisième pour l'heure légale du lieu où vous vous trouvez... chacune d'entre elles distinctement identifiée bien entendu !

L'heure exacte

Obtenir une position exacte suppose d'avoir à bord une montre précise. Les modèles de poignet perdent parfois plusieurs secondes par jour et il sera nécessaire en traversée de se régler régulièrement sur les tops horaires des radios telles que France Inter, RFI ou la BBC. Détenir à bord un GPS (et pratiquer donc l'astro pour le plaisir !) permet aussi d'utiliser l'horloge interne de l'appareil.

La table d'interpolation et de transformation Xlb des **Éphémérides nautiques**, intitulée «**Transformation des unités de degrés en unités d'heure**» permet de convertir rapidement degrés et minutes de degrés en unités de temps.

L'heure de passage du Soleil



La révolution du Soleil

24 heures	= 360°
1 heure	= 15°
4 minutes	= 1°
1 minute	= 15'

Cela n'est pas tout à fait exact dans la mesure où le Soleil n'accomplit pas une révolution complète en 24 heures exactement.

Exemple 1 (45° 00' W)

Heure à Greenwich	= 12 h 00
- Conversion des degrés en heures pour 45° soit	45 : 15 = 3 h 00
Heure à la longitude 45° 00' W	= 9 h 00

Exemple 2 (62° 30' E)

Heure à Greenwich	= 14 h 20
+ conversion des degrés en heures pour 60° soit	60 : 15 = 4 h
+ Conversion pour les minutes pour 24 30' soit	150' : 15 = 0 h 10
Heure à la longitude 62° 30' E	= 16 h 10



Sept des vingt-quatre fuseaux horaires sont symbolisés ci-dessus. Si vous voulez connaître l'heure UT alors qu'il est 11 h locales dans la zone + 2 vous devez ajouter deux heures. L'heure est donc 13 h UT. S'il est 11 h locales dans la zone - 2, il est 11 - 2 = 09 h UT et ainsi de suite.

Exemple (également utilisé dans la fig. 20)

Vous vous trouvez le 22 mai 2005 par 24° 47' W. Les éphémérides, dans les pages relatives au méridien de Greenwich, vous informent que le passage du Soleil s'y effectue à 11 h 56'. À quelle heure le Soleil passera-t-il à la méridienne pour votre longitude ?

Passage à la méridienne à Greenwich :	11 h 56 UT
+ conversion deg./h. et min. de deg. pour	24° 47' = 01 h 39
Heure du passage à la méridienne du lieu =	13 h 35 UT

Calcul de la droite de hauteur

Mesurer une altitude exacte est la plus grosse difficulté de la navigation astronomique. Comprendre le détail de la théorie n'est en vérité pas nécessaire dans la mesure où vous vous en tenez à une procédure en ce qui concerne l'utilisation des éphémérides et des tables. Il est toutefois plus

facile de déceler des erreurs si vous avez une petite idée du pourquoi et du comment. Un schéma de la procédure à suivre est exposé ci-dessus, depuis l'observation au sextant jusqu'au tracé de la droite de hauteur. L'observation d'un passage à la méridienne est moins complexe. Les étapes 3, 4 et 5 ne sont pas nécessaires, mais la latitude observée se trace sur la carte comme une droite de hauteur horizontale.

De la visée à la droite

1 Observez la hauteur de l'astre (Ho) et notez l'heure...



Correction de l'altitude

La hauteur observée est corrigée de la valeur de la collimation et d'autres erreurs (hauteur de l'œil au-dessus de l'eau, etc.). Les corrections se trouvent dans les Éphémérides nautiques.

Il en résulte...

Hauteur vraie (Hv)

Voir fig. 14.

2 Entrer dans les Éphémérides nautiques avec la date et l'heure UT:

ÉPHÉMÉRIDES
NAUTIQUES

Entrez dans la colonne «Soleil» à la page du jour et à l'heure (UT). Trouvez d'abord l'AHG (dans la colonne «Ahvo») pour les heures. Dans les tables d'interpolation des éphémérides, vous trouverez une correction pour les minutes et secondes qui vous permettra de calculer l'AHG exact. La déclinaison retenue est celle de la plus proche minute d'arc.

**AHG (AHvo:
angle horaire
vrai zéro)
Déclinaison**

Voir fig. 14.

3 Calcul de l'AHL + latitude arbitraire:

**AHG
+ long.
arbitraire
= AHL**

Vous avez trouvé votre angle horaire local en soustrayant votre longitude W de l'angle horaire à Greenwich (ou en ajoutant votre longitude E!) Attention! nous prenons une longitude arbitraire qui nous donne un AHL au plus proche degré arrondi. Nous procédons ainsi dans la mesure où la table est conçue pour des degrés exacts d'AHL. Nous choisissons une latitude estimée en chiffres ronds pour la même raison.

**AHL
(angle horaire
local)**

Voir fig. 14.

4 Entrez dans les tables de calculs avec l'AHL, la déclinaison et la latitude arbitraire:

TABLES
HO 249
VOLUME 3

Trouvez les pages qui correspondent à votre latitude. Dans la colonne correspondant à votre déclinaison pour le degré le plus proche, notez la hauteur calculée, Hc. C'est la hauteur que vous auriez pu mesurer si vous vous étiez réellement trouvé au point arbitraire. Notez l'azimut du Soleil, Z, sur la ligne correspondant à votre AHL. La hauteur Hc est corrigée de la valeur des minutes de déclinaison.

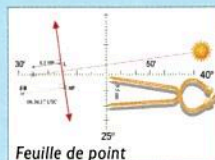
**Hc
(hauteur
calculée)
Z
(azimut)**

Voir fig. 14-15

5 Calculez l'intercept et AZ...

**Hauteur vraie
- hauteur
calculée
= différence
de hauteur**

Calculez la différence entre la hauteur vraie (Hv) et la hauteur calculée (Hc). Travaillez le relèvement vrai du Soleil, AZ et tracez-le sur la carte à partir du point arbitraire. Portez ensuite une distance équivalente à la différence de hauteur, appelée intercept, à partir du point estimé, vers le Soleil ou à son opposé. En ce point, tracez une ligne coupant à 90° celle du relèvement du Soleil, AZ: c'est votre droite de hauteur.



Voir fig. 16.

Voir fig. 15.

Exemple d'observation

1. Hauteur vraie

Au cours d'une traversée entre les Açores et Concarneau, le 22 mai 2005, une visée du Soleil a été effectuée à 08 h 30 min 15 s UT, heure du bord, pour une hauteur observée de $22^{\circ} 42,5'$. Le loch indique 2573 milles et la position supposée du bateau déduite de l'estime des heures précédentes est de $39^{\circ} 54' N$ et $25^{\circ} 29' W$. La collimation du sextant est de $-2'$. L'œil de l'observateur se situe entre 2,7 mètres et 3 mètres au-dessus de l'eau. Le chronomètre du bord retarde de 2 secondes sur l'heure UT.

Correction de la hauteur observée. Après avoir corrigé la hauteur observée de la valeur de la collimation (soit $22^{\circ} 42,5' - 2' = 22^{\circ} 40,5'$) ouvrez les Éphémérides nautiques. Entrez d'abord en fin de volume « Partie permanente, tables de navigation ». Dans la table VII « Correction des hauteurs observées du Soleil » cherchez dans le tableau « Première correction » pour une hauteur d'œil autour de 3 mètres. Par interpolation entre les hauteurs données pour 2 et 4 mètres, vous obtenez en face de la hauteur observée de 22° une correction de $+10,7'$. Reportez-vous en dessous au tableau « Deuxième correction (bord inférieur) ». Nous sommes en mai, la correction est de $-0,2'$. Le total de la correction est $(+10,7' - 0,2') = +10,5'$. Cela nous permet d'obtenir la hauteur vraie soit: $H_v (22^{\circ} 40,5' + 10,5') = 22^{\circ} 51'$.

(Des éclaircissements sur la raison et le total des corrections peuvent être trouvés p. 78.)

2. Trouver l'AHG (angle horaire à Greenwich)

Corrigez d'abord l'heure de la visée effectuée à 08 h 30 min 15 s soit exactement 08 h 30 min 17 s en tenant compte des 2 secondes de retard du chronomètre. Dans les éphémérides, à la page du dimanche 22 mai 2005, on lit que l'AHG (Ahvo) à 8 h UT est $300^{\circ} 50,6'$. La déclinaison est de $20^{\circ} 26' N$ (arrondi à la minute la plus proche). Corrigez l'AHG pour les 30 minutes 17 secondes dans la mesure où nous n'avons trouvé pour l'instant qu'un AHG pour 08 h mais pas pour 08 h 30 min 17 s. Reportez-vous en fin de volume aux tables d'interpolation générales, **tableau des 30 minutes**. La correction se lit dans la colonne « Soleil planètes » en face de 17' soit: $7^{\circ} 34,3'$. Cela s'ajoute à l'AHG.

L'AHG exact pour le 22 mai 2005 à 08 h 30' 17" est $308^{\circ} 24,9'$. **Attention!** Certaines éphémérides donnent l'AHG toutes les 2 heures et d'autres toutes les 6 heures.

3. Calculer l'ABL

Choisissez votre longitude arbitraire par $25^{\circ} 24,9' W$ afin d'obtenir un ABL en degrés ronds: 283° . La latitude arbitraire est la plus proche en degrés ronds de la position supposée du bateau, soit $40^{\circ} N$. Vous disposez maintenant de trois éléments pour entrer dans les tables de navigation afin d'y trouver la hauteur calculée (Hc) et l'Azimut (Z). Comme il a été dit précédemment, ce sont la hauteur et le relèvement que vous auriez observés si vous vous étiez trouvé au point arbitraire.

De la hauteur observée à l'angle horaire

1 La hauteur observée au sextant est de $22^{\circ} 42,5'$ et vous devez calculer la hauteur vraie H_v :

Hauteur instrumentale = $22^{\circ} 42,5'$
Collimation = $-2,0'$

= Hauteur observée (H_o) = $22^{\circ} 40,5'$

Corrections (Table VII des éphémérides)

Première correction = $+10,7'$

Deuxième correction = $-0,2'$

Total des corrections = $+10,5'$

Hauteur vraie = $22^{\circ} 51'$

Date: 22.05.05 -

Loch: 1573

Corrections pour l'élévation de l'œil (-Réfraction moyenne - dépression + parallaxe + demi-diamètre).

Correction pour le bord inférieur du Soleil (variable selon le mois).

Heure UT lors de l'observation 08 h 30' 17"

2 Trouvez ensuite l'AHG et la déclinaison dans les éphémérides nautiques, à la page du dimanche 22 mai 2005:

D				
Heure	SOLEIL			
U.T.	Ahvo	D	Ahvo	v
00	180° 50,9	N 20° 21,8	25° 36,4	11,0
01	195 50,9	20 22,2		
02	210 50,8			
03	225 50,8			
04	240 50,7	20 23,7		
05	255 50,7	20 24,2		
06	270 50,6	N 20 24,7		
07	285 50,6	20 25,2		
08	300 50,6	20 25,7		
09	315 50,5	20 26,2		
10	330 50,5	20 26,7		
11				

Declinaison = $20^{\circ} 25,7' N$ 30m

GHA = $300^{\circ} 50,6'$

Correction moyenne à l'angle horaire			
Soleil	Point vernal	Lune	
Planètes			
30 min.			
17 s	7° 30,3	7° 31,2	7° 09,5
01	7° 30,3	7° 31,5	7° 09,7
02		7° 31,7	7° 10,0
16	7° 34,0	7° 35,2	7° 13,3
17	7° 34,3	7° 35,5	7° 13,6
18	7° 34,5	7° 35,7	7° 13,8
19	7° 34,8	7° 36,0	7° 14,0
20	7° 35,0	7° 36,3	7° 14,3
21	7° 35,3	7° 36,5	7° 14,5

Correction = $7^{\circ} 34,3'$

3 Calculez l'ABL:

AHG à l'heure ronde (08 h) = $300^{\circ} 50,6'$

+ correction AHG = $7^{\circ} 34,3'$

= AHG à 08 h 30 min 17 s = $308^{\circ} 24,9'$

- Lat W ou + Lat arbitraire = $25^{\circ} 24,9'$

= ABL = $283^{\circ} 00,0$

Point estimé

Choisissez la latitude arrondie au plus proche degré: $40^{\circ} N$.

Choisissez une latitude de façon à obtenir un ABL en degrés ronds: $25^{\circ} 24,9' W$.

Rappel. L'utilisation des tables de calcul américaines Ho 249 impose le choix d'une position arbitraire. Celle-ci est une position fictive inspirée de la position estimée entretenue au fil de la navigation. La latitude arbitraire est la latitude ronde la plus proche de la latitude estimée. La longitude arbitraire est celle choisie pendant le calcul, du moins en ce qui concerne les minutes et les secondes.

4. Trouver la hauteur calculée (Hc) et l'azimut (Z)

Ouvrez le volume 2 des Ho 249. Trouvez la page correspondant à votre latitude estimée 40° N portant la mention «Declination (15-29°) same at lat» car dans cet exemple, latitude et déclinaison sont toutes les deux Nord. Trouvez la colonne correspondant à la déclinaison de 20° (degré rond le plus proche de votre déclinaison). Descendez le long de la table. Enfin, trouvez dans le tableau des valeurs de Hc (hauteur calculée), D (Déclinaison) et Z (Azimut).

L'UTILISATION DES TABLES HO 249 (Pub. n° 249, volume 1-3)

Vous devez maintenant corriger la hauteur calculée (Hc) des 25,7' restantes de la déclinaison qui était de 20° 25,7' dans la mesure où vous avez utilisé la colonne des 20° pour trouver la valeur de Hc. Arrondissez 25,7' à la minute ronde la plus proche, soit 26'. Entrez dans la table 5 de corrections (Correction to Tabulated Altitude for Minutes of Declination) située à la fin du volume et lisez le chiffre à l'intersection de l'indice d = 35 de la ligne horizontale, en haut, et de la valeur de 26' de la colonne verticale droite au gauche. Ce chiffre est de 15' que vous ajoutez à la hauteur calculée.

Attention! La correction d s'ajoute à Hc si latitude et déclinaison sont de même nom (same name) mais se soustrait si toutes deux sont de noms contraires (contrary name).

Same name (même nom): déclinaison et latitude toutes deux N ou S.

Contrary name (nom contraire): déclinaison N et latitude S ou l'inverse.

5. Calculer l'intercept et tracer le résultat

La hauteur calculée (Hc) totale est de 22° 42'. La hauteur vraie (Hv) se révèle être de 12' plus grande. Cela signifie que le point arbitraire doit être déplacé de 12 milles vers le Soleil. D'ordinaire, on utilise une carte spéciale, appelée «canévas Mercator» ou «plotting sheet» ne couvrant que quelques degrés de latitude et blanche à l'exception du carroyage des méridiens et parallèles (voir comment faire un tel canévas vous-même, fig. 17).

► **Sur le canévas Mercator**, portez 9 milles vers le Soleil à partir du point arbitraire (Azimut 082°).

► **Tracez** un trait au point K, coupant le relèvement du Soleil à 90°. C'est votre **droite de hauteur** à 08 h 30 min 17 s.

► **Transportez** parallèlement le relèvement du Soleil jusqu'à votre position donnée par la navigation à l'estime au fil des heures précédentes: **votre position vraisemblable** se trouve là où cette ligne coupe la droite de hauteur.

Attention! Pour limiter les risques de confusion, le trait de la droite de hauteur est généralement doublé.

4 Relevez la hauteur calculée (Hc) et l'azimut (Z)

PUB.No.249, Volume 1-3, Sight Reduction Tables

DECLINATION (15-29°) SAME NAME AS LATITUDE LAT 40°

Hc	d	Z	Hc	Same name	Hc	d	LHA
27 47	+34		28 01		27 01	35	290
27 01	35	86	26 15		27 01	35	289
26 15	35	85	25 20		26 15	35	288
25 20	35	85	24 17		25 20	35	287
Hc=22°27'		84	23 58		24 17	35	286
			23 12		23 58	35	285
			22 27		23 12	35	284
					22 27	35	283

d = +35

15

Pub. n° 249, volume 3 Sight Reduction Tables

TABLE 5.-Correction to Tabulated Altitude

d	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
23	0	1	1		
24	0	1	1		
25	0	1	1		
26	0	1	1		

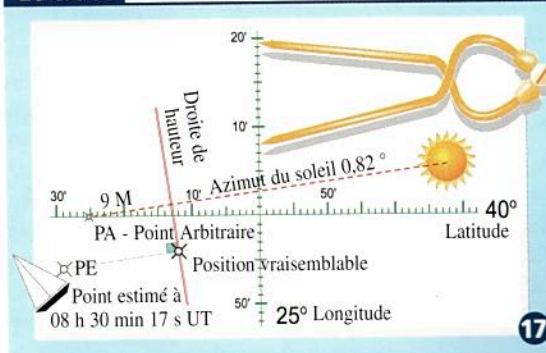
15' sont ajoutées à Hc afin de terminer la correction de la hauteur calculée.

Hc corrigée des 25' de déclinaison restante:

Hc (hauteur calculée)	=	22° 27'
+ correction indice d	=	+ 15'
= Hc corrigée	=	22° 42'
Hauteur vraie	=	22° 51'
= Intercept	=	- 9' Intercept

16

Le tracé



17

Grille de calcul

Hauteur vraie

Hauteur instrumentale:	22° 42,5'
Collimation:	- 2,0'
= Hauteur observée (Ho):	22° 40,5'
Première correction (Table VII):	+ 10,7'
Deuxième correction (Table VII):	- 0,2'
= Total des corrections:	+ 10,5'
Hauteur vraie:	22° 51'

À partir des éphémérides

AHG à l'heure ronde (08 h):	300° 50,6'
+ corrections AHG (30 min 17 s):	7° 34,3'
= AHG à 08 h 30' 17":	308° 24,9'
- lat. W ou + lat. E arbitraire:	25° 24,9'
= AHL:	283° 00,0'

À partir des Ho 249

Hc (hauteur calculée):	22° 27'
+ correction indice d:	+ 15'
= Hc corrigée:	22° 42'
- Hauteur vraie (Hv):	22° 51'
= Intercept (Hv - Hc):	- 9'

Chronomètre

Heure UT de l'observation:	08 h 30 min 15 s
correction (±) de l'heure: (retard 2")	+ 2 s
= Heure UT exacte:	08 h 30 min 17 s

Latitude méridienne

90°	= 89° 60'
- Hauteur vraie:	70° 10,5'
= Distance zénithale (Dz):	19° 49,5'
+ Déclinaison:	20° 28,5'
= Latitude:	40° 17,5'

Point arbitraire

25° 25,2' W
Long. arbitraire W/E

40° N	
Lat. arbitraire N/S	
d = + 35'	082° Z
+ Sens inverse du soleil	082° AZ
- Vers le soleil	

Date:	22 05 05	Loch:	1573 M
Point arbitraire:	40° N	25° 29' W	
Heure de visée UT:	08 h 30' 17" UT		
Déclinaison:	20° 25,7' N (arr. 20° 26' N)		
Loch à 12 h locales:	1599 M		
Heure passage Greenwich	11 h 56 min UT		
Heure estimée méridienne	13 h 35 min UT		

Azimut vrai du Soleil (AZ)

Latitude N:	
AHL > 180°	Az = Z
AHL < 180°	Az = 360° - Z
Latitude S:	
AHL > 180°	Az = 180° - Z
AHL < 180°	Az = 180° + Z

La correction de l'indice d s'ajoute si la latitude et la déclinaison sont de même nom (same name), et se soustraient s'ils sont de noms contraires (contrary name). La droite de hauteur doit être tracée vers le soleil si la hauteur vraie (Hv) est plus grande que la hauteur calculée (Hc). Elle doit être tracée en sens inverse du Soleil si la hauteur vraie (Hv) est inférieure à la hauteur calculée (Hc).

18

Vous trouverez ci-dessus une grille de calcul de point remplie avec les données de l'exemple précédent. Celle qui figure ci-dessous est vierge. Vous la retrouverez en page 90 pour en faire des copies pour votre usage personnel. Chaque année sont édités divers almanachs ou Éphémérides nautiques. Les tables américaines Ho 249 – ou AP 3270 pour l'édition britannique – (Sight Reduction Tables for air navigation, Pub. 249, volumes 1 à 3) ont été établies pour la navigation aérienne.

ne. Simples, car ne nécessitant que deux entrées qui limitent les erreurs d'étourderies, elles s'appliquent parfaitement à nos besoins. Le volume 1 est consacré aux étoiles, les volumes 2 et 3 concernent le Soleil, la Lune et les planètes mais peuvent également être utilisés pour les étoiles. Le volume 2 couvre les latitudes de 0 à 40°, alors que le volume 3 concerne les latitudes de 39 à 89° (Nord et Sud). Le volume 1 est valable cinq ans, les volumes 2 et 3 sont perpétuels.

Grille de calcul

Hauteur vraie

Hauteur instrumentale:	° ' "
Collimation:	° ' "
= Hauteur observée (Ho):	° ' "
Première correction (Table VII):	° ' "
Deuxième correction (Table VII):	° ' "
= Total des corrections:	° ' "
Hauteur vraie:	° ' "

À partir des éphémérides

AHG à l'heure ronde:	° ' "
+ corrections AHG:	° ' "
= AHG:	° ' "
- lat. W ou + lat. E arbitraire:	° ' "
= AHL:	° ' "

À partir des Ho 249

Hc (hauteur calculée):	° ' "
+ correction indice d:	+ ° ' "
= Hc corrigée:	° ' "
- Hauteur vraie (Hv):	° ' "
= Intercept (Hv - Hc):	° ' "

Chronomètre

Heure UT de l'observation:	h min s
correction (±) de l'heure:	
= Heure UT exacte:	

Latitude méridienne

90°:	° ' "
- Hauteur vraie:	° ' "
= Distance zénithale (Dz):	° ' "
+ Déclinaison:	° ' "
= Latitude:	° ' "

Point arbitraire

Long. arbitraire W/E

Lat. arbitraire N/S	
d = ° ' "	° Z
+ Sens inverse du soleil	° AZ
- Vers le soleil	

Date:	Loch:
Point arbitraire:	° ' "
Heure de visée UT:	UT
Déclinaison:	° ' "
Loch à 12 h locales:	° ' "
Heure passage Greenwich	UT
Heure estimée méridienne	UT

Azimut vrai du Soleil (AZ)

Latitude N:	
AHL > 180°	Az = Z
AHL < 180°	Az = 360° - Z
Latitude S:	
AHL > 180°	Az = 180° - Z
AHL < 180°	Az = 180° + Z

La correction de l'indice d s'ajoute si la latitude et la déclinaison sont de même nom (same name), et se soustraient s'ils sont de noms contraires (contrary name). La droite de hauteur doit être tracée vers le Soleil si la hauteur vraie (Hv) est plus grande que la hauteur calculée (Hc). Elle doit être tracée en sens inverse du soleil si la hauteur vraie (Hv) est inférieure à la hauteur calculée (Hc).

19

Faire

Vous devez faire le Soleil sur est suffisant avant l'heure, touchez par la suite le Soleil est à qu'à ce qu'il soit méridien, après, débutez.

Exemple: ge du Soleil pages de Greenwich née est 11 Dans la m 25° W de l tude s'effe que l'on cc « Tables d' rides nauti face de 25° passera doi vers 13 h 3 matin. Coi moyenne. ces 5 derni votre cap, 13 h 37 mi

Cela, grâce à un passag arrondi à 1 Cela vous précise de mental pou son attente Recherchez mériques, rel inférieure 1 éphéméride sons D, un indique la v mte de 0 servir pour dans les Tal tableau des la variation che, en l'oc même ligne 35°: (20° 28 La visée au observée (F tenu des co

Faire une méridienne

Vous devez en premier lieu trouver l'heure du **passage du Soleil** sur votre méridien. Une précision à une minute près est suffisante. Mesurez la hauteur du Soleil deux minutes avant l'heure estimée pour le passage sur le méridien. Ne touchez pas au réglage du sextant. Attendez une minute, puis procédez à une nouvelle visée. Vous constaterez que le Soleil est un peu plus haut dans le ciel. Continuez ainsi jusqu'à ce que le Soleil ne monte plus. Vous avez pris **une méridienne**. Si vous n'êtes pas certain du passage à la méridienne, vous pouvez pour l'exemple développé ci-après, débiter votre observation à partir de 13 h 30 min UT.

Exemple : méridienne du 22 mai 2005. L'heure de passage du Soleil au méridien de Greenwich figure dans les pages des éphémérides « Passage au Méridien de Greenwich » dans la colonne « Soleil ». L'heure mentionnée est 11 h 56 min 39 s UT arrondie à 11 h 57 min.

Dans la mesure où vous vous trouvez aux alentours des 25° W de longitude, le passage au méridien de cette longitude s'effectuera 25° « plus tard » que Greenwich, valeur que l'on convertit sans calcul en unités de temps grâce aux « Tables d'interpolation et de transformation » des Éphémérides nautiques, table XIb située en toute fin de volume. En face de 25°, on trouve l'équivalence : 1 h 40 min. Le Soleil passera donc au méridien du lieu 1 h 40 min plus tard soit vers 13 h 37 min UT, soit environ 5 heures après la visée du matin. Considérons que vous naviguez à 5 nœuds de moyenne. Vous aurez donc couvert 25 milles au cours de ces 5 dernières heures. Si vous portez cela sur la carte avec votre cap, vous allez aboutir à une longitude estimée pour 13 h 37 min UT. Celle-ci se révèle être 24° 47' W.

Cela, grâce à un nouveau passage dans la Table XIb revient à un passage au méridien du lieu 1 h 39 min 8 s plus tard, arrondi à 1 h 39 min (24° = 1 h 36 + 47 min = 3 min 8 s). Cela vous donne une heure de passage au méridien plus précise de **13 h 35 min UT**. Ce calcul, nullement fondamental pour la position, permet au navigateur de limiter son attente de la culmination.

Recherchez ensuite la déclinaison. Pour cela, dans les éphémérides, relevez la valeur de la déclinaison à l'heure ronde inférieure **13 h UT** soit 20° 28,1'. Dans le même tableau des éphémérides, notez, tout en bas de la colonne des déclinaisons D, un petit indice en italique : *d* = 0,5'. Cet indice, indique la variation horaire de la déclinaison (celle-ci augmente de 0,5' par heure). Cette variation horaire va nous servir pour tenir compte des 35 minutes restantes. Entrez dans les Tables d'interpolation générales en fin de volume, tableau des 35 minutes, cherchez dans la colonne « *v ou d* » la variation horaire relevée 0,5' ou son chiffre le plus proche, en l'occurrence 0,6' et notez la correction portée sur la même ligne : 0,4'. Ce qui donne une déclinaison pour 13 h 35' : (20° 28,1' + 0,4) = 20° 28,5'.

La visée au moment de la culmination du Soleil hauteur observée (Ho) est de 70°. La hauteur vraie (Hv), compte tenu des corrections, se révèle être de 70° 10,8', que nous

Conversion de la longitude en unités de temps

(24° 47' W)

24° = 24 x 4 min = 96 min = 1 h 36 min

+ ajout pour 47' soit 47 : 15 = 3 min.

Reste 2' = 120'' soit 120 : 15 = 8 s.

= Total 24° 47' = 1 heure 39 min 8 s.

22 mai 2005

Passage au méridien de Greenwich = 11 h. 56 min 39 s UT

Longitude W convertie en temps = 1 h 39 min.

Passage au méridien 24° 47' = 13 h 35 min UT.



Le Soleil va culminer au moment du passage au méridien du lieu. Nous effectuons une série de visées jusqu'à ce qu'il ne monte plus. Il paraît demeurer stable quelque temps avant de décroître.

Correction de la hauteur observée :

Hauteur mesurée	=	70° 00,0'	Date: 22.05.05
Collimation	=	- 2,0'	Loch: 1573
= Hauteur observée (Ho) = 69° 58,0'			
Corrections (Table VII des éphémérides)			
Première correction	=	+ 12,7'	
Deuxième correction	=	- 0,2'	
Total des corrections	=	+ 12,5'	
Hauteur vraie	=	70° 10,5'	

Recherche de la déclinaison

Variation horaire de la déclinaison:	D =	0,5'
Déclinaison à l'heure ronde inférieure:	13 h UT =	20° 28,1'
Correction pour les minutes *:		0,4'
Déclinaison à 13 h 35 UT	=	20° 28,5'

* Dans les tables d'interpolation générale, tableau des minutes colonne *v ou d*

Calcul de la latitude à midi, heure locale

90° =	89° 60'	On écrit souvent 90° sous la forme 89° 60' pour faciliter les opérations de soustraction.
Hauteur vraie:	70° 10,5'	
Distance zénithale (Dz):	19° 49,5'	
+ déclinaison:	20° 28,5'	
= Latitude:	40° 17,5'	

20

arrondissons à 70° 11'. Si vous soustrayez cela de 90° et ajoutez la déclinaison* vous trouvez votre latitude. La droite que vous tracez représente également un segment d'un parallèle de latitude.

Vous n'avez pas vraiment besoin d'un chronomètre pour trouver votre latitude. Lorsque le Soleil paraît haut dans le ciel, vous commencez à observer jusqu'à ce qu'il ne monte plus. Lorsqu'il paraît stabilisé dans sa culmination, vous avez la mesure de la hauteur observée au méridien (midi) du lieu.

1* Latitude et déclinaison toutes deux Nord, mais la valeur de la latitude est supérieure (voir fig. 9).

Comment construire un canevas Mercator

Une méthode graphique toute simple permet de représenter la portion d'océan sur laquelle on désire travailler. Sur une feuille blanche, tracez une ligne horizontale : ce sera votre échelle des longitudes. À gauche, élevez une ligne formant avec la première un angle d'une valeur égale à la latitude : ici 40° . Graduez en bas l'échelle des longitudes (un intervalle de 60 millimètres permet de représenter chaque minute d'arc par 1 millimètre) et élevez des perpendiculaires : ce sont vos méridiens. Leur intersection avec la ligne supérieure vous fournit l'échelle des latitudes.

Tracer les droites de hauteur

Sur la base de l'exemple précédent de la méridienne, portez votre latitude sur la carte ou sur un canevas Mercator (1). C'est votre nouvelle droite de hauteur. Transportez parallèlement la droite du matin (2) jusqu'à ce qu'elle rejoigne votre **position estimée à midi** (3). Cette position se détermine en fonction du cap et de la vitesse parcourue en un temps donné. L'intersection des deux droites est votre nouvelle position observée (4) à midi.

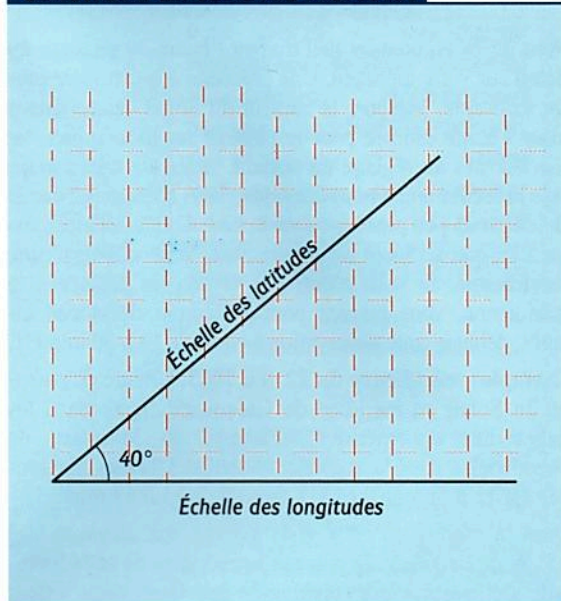
La position déterminée par l'estime est fonction du cap et de la distance parcourue à compter de votre position vraisemblable de 08 h 30 UT. Supposons que le cap soit de 048° , la distance parcourue se déduit d'après le loch : $1599 - 1573 = 26$ milles. Déterminer cap et distance, en tenant compte des variables de vent et de courant est essentiel. Tracez le nouveau cap à partir du point observé pour la suite du parcours. Changez de cap aussi souvent que vous le souhaitez, tant que vous notez vos caps et les distances parcourues.

Si vous effectuez une visée de fin de journée, vous transportez parallèlement votre latitude à midi (la droite de hauteur correspondante) jusqu'à ce qu'elle passe par votre position estimée au moment de la visée.

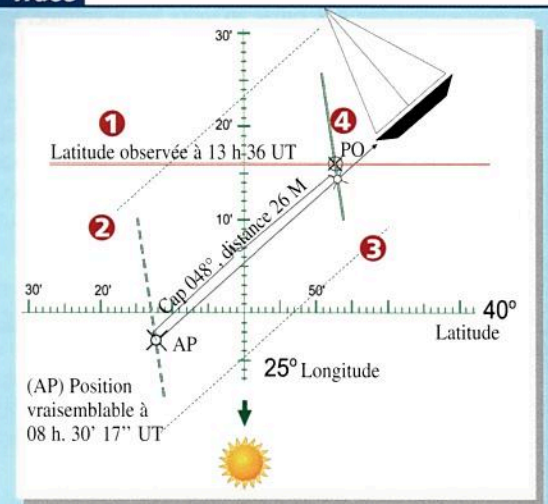
Erreurs communes lors du tracé des droites :

- ▀ Vous tracez l'azimut du Soleil à partir du point estimé et non du point arbitraire, et y portez ensuite votre droite de hauteur. Rappelez-vous que la latitude arbitraire est exprimée en degrés ronds et que la longitude arbitraire est choisie pour pouvoir arrondir l'AHL au plus proche degré rond.
- ▀ Vous utilisez le même point arbitraire pour plusieurs observations. Sauf pour la méridienne, à chaque observation doit correspondre un point arbitraire. Plusieurs observations peuvent avoir la même latitude arbitraire, mais jamais la même longitude arbitraire.
- ▀ Vous déterminez la distance d'après l'échelle des longitudes et non celle des latitudes.

Construire un canevas Mercator

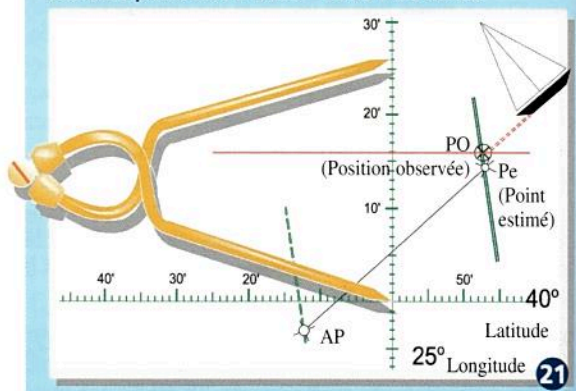


Tracé



Route-fond = 048° (cap corrigé des influences du courant et de la dérive).

Distance parcourue = $1599 - 1573 = 26$ milles.



Obter et lon

Si vous p
méridien,
Lorsque l
horaire lo
horaire à
de. Donc,
re du pass
votre long
nautiques.

Au momen
dant 4 à 5
qui repré
coup trop
vous effec
la visée de
le même l
l'angle hor
la moyenn
votre long

Attention !
vations ava
à 12 h 37,
troisième d
fois mesur
ment. Prére
relevée ava
dans la lur
position co
ge ! Notez
teurs. Calc
res de visée

Telle est la
complet. V
tiques, ni t
Vous coure
au moment
sextant, re
C'est pour
chances d'e

Attention !
tion de la c
hauteur. Si
l'Est ou l'C
En revanch
corriger la
1 minute p
Si vous na
1 minute p
À bord d'u
erreurs imp
gue autour
site pas qu'

Obtenir d'un coup latitude et longitude

Si vous pouvez déterminer l'heure exacte du passage au méridien, vous pouvez aussi calculer votre longitude. Lorsque le Soleil est au-dessus de votre méridien l'angle horaire local (AHL) est de 0°. À ce moment-là, l'angle horaire à Greenwich (AHG) est identique à votre longitude. Donc, si vous connaissez avec assez de précision l'heure du passage du Soleil au méridien, vous pouvez trouver votre longitude dans la colonne AHG des Éphémérides nautiques.

Au moment de sa culmination, le Soleil paraît stable pendant 4 à 5 minutes. Ces minutes représentent 1° (= 60') ce qui représente l'erreur maximale de 60 milles. C'est beaucoup trop imprécis pour déterminer une longitude ! Mais si vous effectuez une visée du Soleil environ une heure avant la visée de midi et que vous mesurez la même hauteur dans le même laps de temps suivant, vous pouvez déterminer l'angle horaire du Soleil à Greenwich (AHG) en effectuant la moyenne des deux temps de visée. **Cela vous donne votre longitude !**

Attention ! Il est recommandé d'effectuer plusieurs observations avant et après midi, par exemple une première visée à 12 h 37, suivi d'une deuxième 5 minutes plus tard et une troisième de nouveau 5 minutes plus tard en notant à chaque fois mesures et heure UT. Faites votre méridienne normalement. Préréglez ensuite votre sextant sur la dernière mesure relevée avant la méridienne, par exemple à 14 h. 30, suivez dans la lunette la « descente » du Soleil jusqu'à ce que sa position corresponde à la mesure. Ne touchez pas au réglage ! Notez l'heure. Procédez de même avec les autres hauteurs. Calculez le temps moyen pour chacune des trois paires de visée puis faites la moyenne des trois résultats.

Telle est la technique la plus simple pour obtenir un point complet. Vous avez juste besoin des Éphémérides nautiques, ni tables ni canevas Mercator ne sont nécessaires. Vous courez le risque que des nuages voilent le Soleil juste au moment où il approche des hauteurs préréglées sur le sextant, rendant impossible le relevé de l'heure exacte. C'est pourquoi trois séries d'observations augmentent vos chances d'en avoir au moins une de bonne.

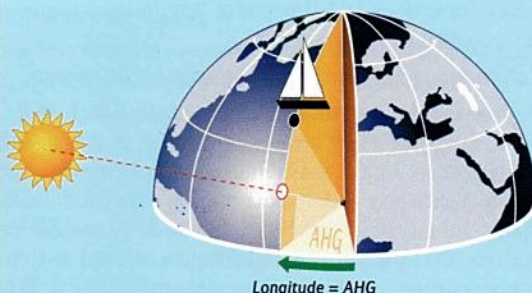
Attention ! Vous devez effectuer une correction en fonction de la distance parcourue entre deux visées de même hauteur. Si vous êtes immobiles ou que vous naviguez vers l'Est ou l'Ouest, il est inutile de corriger.

En revanche, si vous naviguez vers le Soleil vous devez corriger la hauteur préréglée sur le sextant en ajoutant 1 minute par mille parcouru depuis la première visée.

Si vous naviguez en sens inverse du Soleil, retranchez 1 minute par mille parcouru.

À bord d'un bateau filant 20 nœuds, on peut subir des erreurs importantes si on ne corrige pas. Lorsqu'on navigue autour de 5 nœuds, l'erreur est négligeable et ne nécessite pas qu'on en tienne compte.

Autour de la méridienne

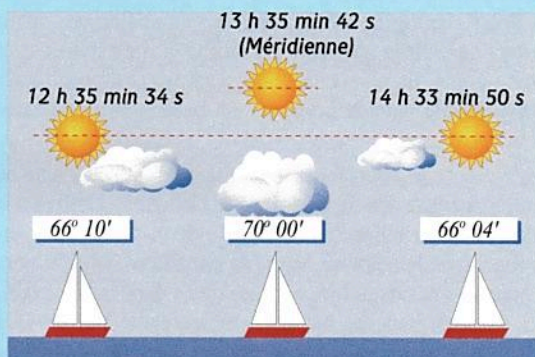


Lorsque le Soleil passe au méridien : AHL = 0°.
L'AHG = votre longitude.

Heure de passage calculée au méridien du lieu 13 h 36 min 00 s.

Heure de visée du Soleil avant la méridienne:	12 h 37 min 34 s UT
Heure de visée du Soleil après la méridienne:	14 h 33 min 50 s UT
Heure de visée moyenne (12 h 37' 34" et 14 h 33' 50")	13 h 35 min 42 s UT
AHG à 13 h UT:	15° 50,7'
+ ajout pour 35 min 42 s *	8° 55,5'
= AHG à 13 h. 35' 42" = votre longitude:	24° 46,2'

* D'après les Tables d'interpolation générales



Visez le Soleil environ une heure avant la méridienne et notez l'heure précise. Après la méridienne, le sextant a été préréglé sur la hauteur précédente. L'heure à laquelle le Soleil atteint cette altitude est également notée. Le passage au méridien est la moyenne entre la première et la seconde visée.

Correction pour une route Nord ou Sud

Exemple. En deux heures de temps vous avez couvert 10 milles à 5 nœuds. Avec un cap au 048° vous pouvez dire que vous vous êtes grosso modo éloigné du Soleil de 6 milles entre la première visée et la seconde. Vous devez en conséquence soustraire 6 minutes avant de prérégler le sextant pour la seconde visée.

(66° 10' - 6' = 66° 04').

Attention ! Autour de 5 nœuds vous pouvez ne pas tenir compte de cette correction, tant que vous gardez à l'esprit que votre position ne sera pas d'une exactitude rigoureusement exacte.

Corrections

Quelles corrections faut-il apporter à la hauteur mesurée avec le sextant ?

► **Collimation** : inexactitude de l'instrument de mesure.

► **Dépression Apparente de l'Horizon** : lors de la visée, vous n'apercevez pas l'horizon vrai dans la mesure où votre regard est surélevé. L'altitude que vous mesurez est en conséquence trop importante en raison de la courbure de la Terre. La correction pour la Dépression Apparente de l'Horizon (DAH) qui croît avec la hauteur de l'œil de l'observateur corrige cela. La DAH est toujours soustraite de la hauteur mesurée au sextant.

► **Réfraction** : la lumière du Soleil est déviée en traversant l'atmosphère. Pour les faibles hauteurs, cette déformation est très prononcée. Évitez en conséquence les hauteurs inférieures à 6° et traitez avec circonspection les angles inférieurs à 10° (cela s'applique à tous les corps célestes).

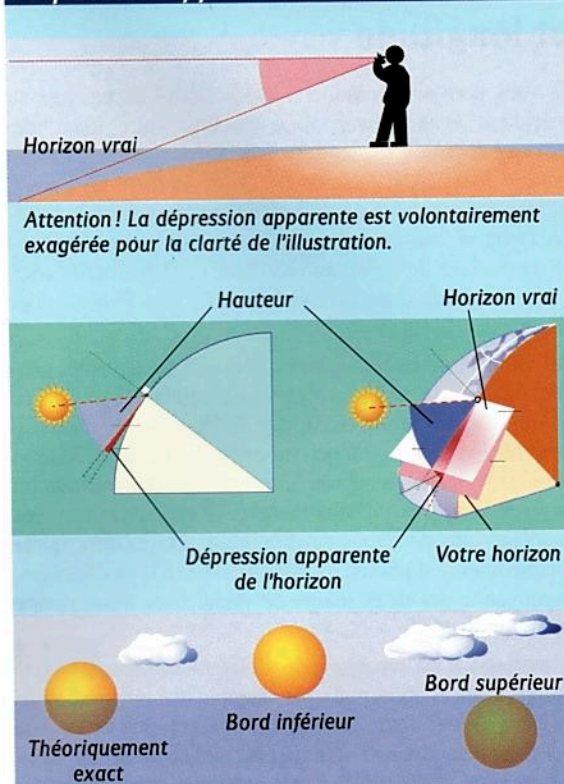
► **Demi-diamètre** : la hauteur du Soleil se termine en fonction de son centre, mais lors de la visée, il est plus facile d'utiliser son bord inférieur ou supérieur. La correction est donc nécessaire. Cela est également vrai pour la Lune mais pas pour les étoiles et les planètes.

► **Parallaxe** : nous partons du principe que les rayons lumineux provenant des corps célestes frappent la Terre en lignes parallèles (voir fig. 9). Ce n'est pas entièrement vrai. Le Soleil, les étoiles et les planètes sont si éloignés que la correction pour la parallaxe est infime et il est inutile d'en tenir compte. En revanche, cette correction est absolument indispensable pour la Lune qui est beaucoup plus proche de la Terre.

Les corrections sont données de manière indépendante ou combinées par les Éphémérides nautiques. **Dépression** (table IV), **réfraction** (tables I à III), **demi-diamètre** (page du jour, sous la colonne Ahvo) et **parallaxe** (table V pour le Soleil) sont rassemblés et précalculés dans la seule table VII « Corrections des hauteurs observées du Soleil ». On entre successivement les deux corrections de la table en fonction de l'élévation de l'œil et du bord du Soleil choisi pour l'observation pour obtenir la **hauteur vraie** (Hv).

Cette table VII, qui offre une excellente précision, simplifie grandement les calculs en évitant les erreurs dues à de multiples entrées. Les résultats que vous obtiendrez s'amélioreront au fil de la pratique, mais vous devez toujours compter avec une approximation à 2 milles près. Souvenez-vous de même que même si le point fourni par l'estime est inexact à 100 milles près, vous pouvez toujours situer un point exact dès l'instant où vos observations et vos calculs sont corrects.

Dépression apparente de l'horizon



On devrait théoriquement mesurer le centre du Soleil. Une mesure difficile et peu pratique. En conséquence, on mesure la plupart du temps la hauteur du Soleil lorsque son bord inférieur touche l'horizon. Si le bord inférieur du Soleil est obscurci, on peut utiliser à sa place son bord supérieur. Dans ce cas, il vous faut entrer dans la table VII des éphémérides nautiques et choisir « Deuxième correction (bord supérieur) ».

23

La correction de la hauteur de l'œil

Hauteur observée	ÉLÉVATION DE L'ŒIL				
	0 m	2 m	4 m	6 m	8 m
7° 00'	+ 8,7	+ 6,2	+ 5,1	+ 4,3	+ 3,7
20	9,0	6,5	5,4	4,6	4,1
40	9,3	6,8	5,7	4,9	4,4
8° 00'	9,6	7,1	6,0	5,2	4,7
20	9,8	7,3	6,3	5,4	4,9
40	10,1	7,5	6,5	5,7	5,2
9° 00'	+10,3	+ 7,7	+ 6,7	+ 5,9	+ 5,4
20	10,5	7,9	6,9	6,1	5,6
40	10,7	8,1	7,1	6,3	5,8
10° 00'	10,8	8,3	7,3	6,5	6,0
20	11,0	8,5	7,4	6,6	6,1

Pour une hauteur de 4 mètres et une mesure sextant de 9° 20', on rajoute 6,9'.

24

Erreurs

La navigation de se tromper que d'autre navigation, les rattrapage de la cécité. Utilisez la fin de vos mesures nautiques long de la



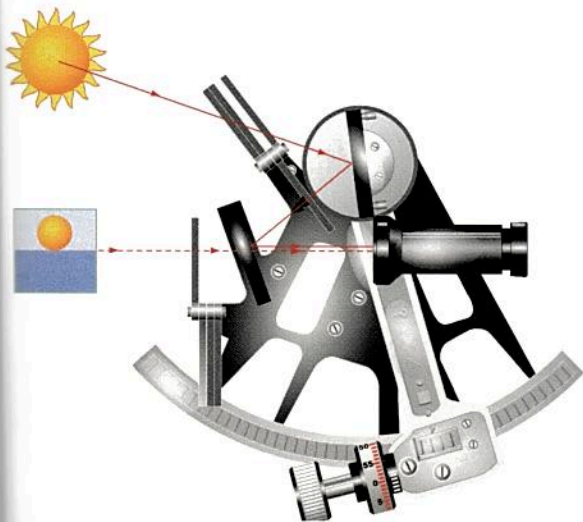
Erreurs

Les erreurs de degrés et secondes. Pour les calculs nous calculons pour 50,5' chose, mais minutes et secondes, augmentent et gagnent en secondes. Les calculs.

Erreurs coutumières...

La navigation astronomique offre de nombreuses occasions de se tromper. Certaines erreurs ont plus de conséquences que d'autres. Plus vous comprenez le principe de l'astronavigation, plus il vous est facile de détecter les erreurs et de les rattraper à temps. Il est essentiel de s'imposer une procédure systématique afin de minimiser les risques.

Utilisez la grille de calcul proposée fig. 19 et reproduite en fin de volume ou faites-vous en une afin de n'omettre ni mesure ni élément de calcul. Conservez cette grille tout au long de la traversée.



Erreurs de calculs...

Les erreurs se produisent facilement en jonglant avec degrés et minutes pour les angles et les heures, minutes et secondes pour le temps.

Pour les angles, 1 degré = 60 minutes d'arc (60'), mais nous calculons les minutes avec des décimales, comme pour 50,5' par exemple. Pour le temps nous avons la même chose, mais nous sommes accoutumés à 1 heure = 60 minutes et 1 minute = 60 secondes.

Minutes et secondes ne peuvent dépasser le chiffre 60 ! Au-delà, augmentez les degrés, les heures ou les minutes d'une unité et gardez ce qui dépassait le chiffre 60 en minutes ou secondes. Être méticuleux et systématique est l'assurance de calculs exacts.

Erreurs coutumières

Erreurs de visée:

- Vous n'avez pas correctement posé le Soleil sur l'horizon (fig. 11).
- Vous n'avez pas tenu le sextant à la verticale (fig. 11).
- Vous n'avez pas vérifié la collimation du sextant (fig. 10).
- Vous n'avez pas employé une heure UT exacte (fig. 12).

Erreurs dans l'emploi des tables:

- Vous vous êtes trompé de date en entrant dans les éphémérides.
- Vous avez pris les chiffres d'une autre colonne que celle du « Soleil ».
- Vous avez confondu les pages intitulées « Contrary name » avec celles marquées « Same name » dans les HO 249.
- Vous n'avez pas relevé la bonne valeur de la déclinaison dans les tableaux.
- Vous avez oublié que dans les Ho 249 la valeur de l'indice d se soustrait de la hauteur si on est dans « Contrary name » et qu'on l'ajoute si on est dans « Same name ».

Comment repérer les erreurs?

Si vous aboutissez à une différence entre hauteur calculée et hauteur vraie supérieure à 40', autrement dit si vous obtenez un intercept de plus de 40 milles, il vous faut revoir vos calculs. Cet écart ne signifie pas qu'il y ait fatalement une erreur, mais il doit vous inviter à la prudence.

Si l'azimut du Soleil est de plus de 180° lors de la visée du matin, ou inférieur à 180° lors de la visée du soir, vous avez commis une erreur quelque part.

Angle degrés/minutes	Temps heures/minutes/secondes
25,0'	25,0 s
+ 38,5'	+ 28,5 s
= 63'5'	= 63,5 s
= 1°03,5'	= 1 min 3,5 s

Si on se retrouve avec plus de 60 minutes, on ajoute 1 degré (pour les angles) ou 1 heure (pour le temps) et on garde le reste en minutes.

Angles supérieurs à 360°

314° 42,5'	403° 10,5'
- 92° 28,0'	- 360° 00,0'
= 402° 70,5'	= 43° 10,5'

Si vous aboutissez à des angles supérieurs à 360°, ôtez 360° afin de trouver l'angle exact.

Soustraire des degrés et des minutes

314° 18,5'	313° 78,5'
- 33° 52,0'	- 33° 52,0'
= 280° 26,5'	= 280° 26,5'

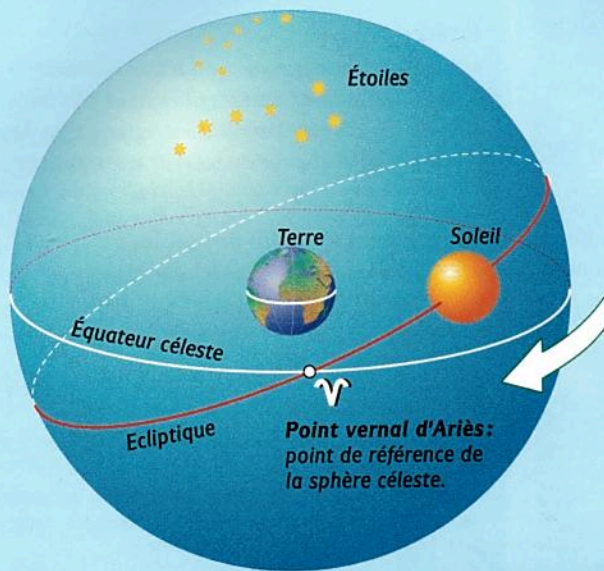
Calcul (identique) à droite:
Nous empruntons un degré, soit 60 minutes, que nous ajoutons aux 18,5' aboutissant à 78,5'. Cela simplifie la procédure.

Angles de moins de 0°

- 48° 12,5'	359° 60,0'
+ 360° 00,0'	ou - 48° 12,5'
= 311° 47,5'	= 311° 47,5'

Si vous aboutissez à un angle négatif (par ex. pour l'AHl) ajoutez 360° à l'angle négatif pour trouver l'angle exact.

Attention ! Vos résultats ne doivent jamais laisser apparaître de chiffres supérieurs à 60 pour les minutes et les secondes. Les angles ne peuvent être ni négatifs, ni supérieurs à 360°.



Une sphère céleste imaginaire effectue un tour complet autour de la Terre en 24 heures. Soleil, Lune planètes et étoiles sont considérés comme répartis le long de la paroi de la sphère. Le Soleil, la Lune et les planètes changent de positions relativement les uns par rapport aux autres ainsi que par rapport aux étoiles. Les étoiles sont fixes par rapport à la sphère.

26

Les étoiles

La navigation astronomique **part du principe** que la Terre est fixe au centre de l'univers et que les corps célestes tournent autour de nous dans une **sphère céleste imaginaire**. Les étoiles, qui sont infiniment lointaines, sont rivées à cette sphère alors que Soleil, Lune et planètes changent de

position les uns par rapport aux autres ainsi que par rapport aux étoiles. Dans la mesure où le rayon de la Terre est infinitésimal par rapport à celui de la sphère céleste, nous partons du principe que l'œil de l'observateur se trouve au centre de la Terre. Cette simplification facilite la navigation à l'aide des corps célestes et évite de s'encombrer d'inexactitudes mineures.

Observations d'étoiles

À l'inverse du Soleil, les étoiles ne peuvent être observées que pendant 20 à 30 minutes deux fois par jour, au petit jour et le soir. L'avantage est que cela vous donne la possibilité d'observer plusieurs étoiles en un court laps de temps. En conséquence, vous pouvez obtenir un **point immédiat** sans attendre d'observation ultérieure.

Calcul d'un point d'étoiles

- ▶ Trouvez l'AHG ∇ et calculez l'AHL ∇ estimé au moment de l'observation.
- ▶ Entrez dans les Ho 249, Volume 1, avec la latitude estimée et l'AHL ∇ arrondi au plus proche degré et choisissez trois étoiles faciles à observer.
- ▶ Réglez le sextant sur la hauteur indiquée pour chacune des étoiles et trouvez-les successivement en vous tournant dans la direction indiquée par leur relèvement vrai.
- ▶ Réglez le sextant pour amener les étoiles sur l'horizon. relevez l'heure exacte et la hauteur. Calculez la hauteur vraie en corrigeant les valeurs de la collimation, de la dépression apparente de l'horizon et de la réfraction.
- ▶ Calculez l'AHL ∇ exact de chaque étoile (arrondi au plus proche degré). Entrez de nouveau dans la table et trouvez la hauteur calculée et l'azimut.
- ▶ Corrigez les hauteurs mesurées au sextant et comparez-les aux hauteurs calculées. L'intercept est porté sur la carte le long de l'azimut comme dans la fig. 30.

Attention ! Vous pouvez également utiliser les volumes 2 et 3 des Ho 249 de la même manière que vous trouvez votre position avec le Soleil, mais vous devez utiliser les corrections de hauteur pour les étoiles. La déclinaison des étoiles et leur Angle Horaire Sidéral figurent dans les éphémérides. Les calculs, au moyen d'une calculatrice, sont décrits fig. 33 et 34.

27

Les tables ont été établies pour le soi-disant **point vernal d'Ariès** comme s'il s'agissait d'un corps céleste. En fait, c'est un **repère fictif** sur la sphère céleste qui correspond avec le point d'intersection entre l'équateur céleste et le plan de l'écliptique à l'équinoxe de printemps. L'angle horaire entre le point verbal d'Ariès et les autres étoiles est

constant. Ainsi, pour toute heure donnée, nous pouvons connaître l'AHG pour Ariès (AHG ∇) et calculer l'AHL pour Ariès (AHL ∇). Avec l'AHL ∇ arrondi au plus proche degré et une latitude estimée, vous entrez dans le volume 1 des tables HO 249 où vous trouvez hauteur calculée et azimut pour un grand nombre d'étoiles.

Le 22 ma
et Conca
pour l'aul
latitude e
tude Nord
23, coloni
pour la va
vous indi

Corrig

2 D'a

AHL ∇

278°

279°

280°

Régler le
pour la p
tournez-
par l'azim
trouvé l'
qu'à ce q
Notez l'h
procédez

3 Réca

Heure (U

04 h 02 mir

04 h 06 mir

04 h 12 mir

Choisissez
losange ($\diamond$)
ges précise
azimuts. L

Préparer les observations

Point par estime à 04 h 01min UT: 41° 03' N 23° 30' W

1 Calculer l'AHL du point vernal

AHG $\checkmark$ pour 04 h 00:	300° 52,2'
Ajout pour 1 minute*:	1° 45,3'
AHG $\checkmark$ à 04 h 01:	302° 37,5'
- Longitude W estimée:	- 23° 30'
AHL $\checkmark$ pour 04 h 01:	279° 07,5'

* Tables d'interpolation générales colonne « Point vernal ».

Comme nous savons que l'AHL augmente de 1° toutes les 4 minutes (15° en 1 h, 360° en 24 h) nous pouvons dresser un tableau d'AHL $\checkmark$ en degrés ronds:

Heure (UT)	AHL	Heure (UT)	AHL
04 h 01'	278°	04 h 17'	282°
04 h 05'	279°	04 h 21'	283°
04 h 09'	280°	04 h 25'	284°
04 h 13'	281°	04 h 29'	285° etc.

Vous ne pouvez observer les étoiles que lorsqu'il fait suffisamment sombre pour les distinguer et alors qu'il vous est encore (ou déjà !) possible de distinguer l'horizon. Cela vous laisse environ entre 20 et 30 minutes chaque matin et chaque soir pour effectuer des visées. **Attention !**

Les heures des levers et couchers de Soleil sont fournies tous les deux jours: lever, pages paires; couchers pages impaires.

La limite du coucher ou lever de Soleil légal est établie lorsque le soleil se trouve 6° au-dessous de l'horizon. À ce moment, la lumière que nous recevons est reflétée par les couches supérieures de l'atmosphère.

Heure U.T.	Point vernal A _{hso}	A _{hso}
00	240° 42,3'	166° 14'
01	255° 44,8'	181° 13'
02	270° 47,3'	196° 12'
03	285° 49,7'	211° 11'
04	300° 52,2'	226° 10'
05	315° 54,7'	241° 09'
0 AHG $\checkmark$ = 300° 52,2' 08		
07	345° 59,6'	271° 08'
08	1° 02,0'	286° 07'
09	16° 04,5'	301° 06'
10	31° 07,0'	316° 05'
11	46° 09,4'	331° 04'

28

Le 22 mai 2005, au cours d'une traversée entre les Açores et Concarneau, vous préparez une observation d'étoiles pour l'aube du 23. Votre estime de la nuit vous fournit une latitude estimée vous situant en fin de nuit par 41° de latitude Nord. Vous trouvez dans les éphémérides, à la date du 23, colonne « Lever du Soleil », l'heure du début de l'aube pour la valeur ronde la plus proche de 40° N. 04 h 07'. Cela vous indique l'heure à laquelle il faudra débiter l'observation.

Dans les éphémérides, vous trouvez dans le tableau inférieur l'AHG $\checkmark$ du point vernal (Colonne « Point vernal A_{hso} ») pour 04 h 00 UT, qui est 300° 52,2'. Reportez-vous à la table d'interpolation générale pour l'AHL $\checkmark$ comme indiqué ci-dessus. Vous devez y trouver l'heure qui vous intéresse. Puis entrez dans les Ho 249, volume 1 à la page de la latitude estimée 41° Nord, pour un AHL $\checkmark$ entre 277° et 279° et choisissez trois étoiles.

Corriger les observations

2 D'après les Ho 249, vol. 1:

AHL $\checkmark$	ÉTOILE	Hc	Az
278°	Alpheratz	22° 47'	071°
279°	ANTARÈS	16° 26'	209°
280°	Alkaid	39° 48'	306°

Réglez le sextant sur la hauteur indiquée pour la première étoile et, pour la visée, tournez-vous dans la direction indiquée par l'azimut (Z). Une fois que vous avez trouvé l'étoile, réglez le micromètre jusqu'à ce qu'elle vienne toucher l'horizon. Notez l'heure exacte et la hauteur puis procédez de même avec les autres étoiles.

3 Récapitulatif des observations:

Heure (UT)	ÉTOILE	Hauteur mesurée
04 h 02 min 16 s	Alpheratz	22° 47,5'
04 h 06 min 22 s	ANTARÈS	16° 27,5'
04 h 12 min 35 s	Alkaid	39° 44,0'

4 Hauteurs corrigées

	Alpheratz	ANTARÈS	Alkaid
Hauteur mesurée	22° 47,5'	16° 27,5'	39° 44,0'
Erreur instrumentale	- 2,0'	- 2,0'	- 2,0'
= Hauteur observée (Ho)	22° 45,5'	16° 25,5'	39° 42,0'
- Correction dépression apparente (Table IV)*	- 3,0'	- 3,0'	- 3,0'
= Hauteur apparente	22° 42,5'	16° 22,5'	39° 39,0'
- Réfraction (Table I)**	- 2,6'	- 2,8'	- 0,9'
= Hauteur vraie	22° 39,9'	16° 19,7'	39° 38,1'

* Table IV « Dépression apparente de l'horizon » (correction seule).

** Table I « Réfractions astronomiques moyennes » entrée par la colonne « Hauteur apparente ».

Attention ! Ne choisissez que des étoiles dont la hauteur calculée est supérieure à 10° sinon votre réfraction sera importante et votre hauteur inexacte. Lorsque la hauteur d'une étoile est supérieure à 45°, vous pouvez ne pas tenir compte de la correction pour la réfraction (erreur maximum = 1' soit 1 mille!).

29

Choisissez les trois étoiles qui sont marquées par un petit losange (◇) : **Alpheratz**, **ANTARES** et **Alkaid**. Les losanges précisent qu'il y a une différence de 120° entre leurs azimuts. Les droites de hauteur obtenues à partir de ces

étoiles fourniront de bonnes intersections. Les lettres capitales d'ANTARES indiquent qu'il s'agit d'une étoile brillante. Les autres le sont moins. Notez les hauteurs calculées de chaque étoile et leurs azimuts.

Calculs d'intercepts

Vous devez trouver l'AHG pour chacune des trois étoiles pour l'heure exacte de la visée. Vous choisissez alors **votre longitude** (comme pour les observations du Soleil) pour aboutir à l'AHL **arrondi au degré le plus proche**. Entrez dans les tables, volume 1, avec la longitude arbitraire et l'AHG et trouvez la hauteur calculée (Hc), pour chaque étoile.

Notez l'azimut (Z) ou **relèvement vrai** de chacune des trois étoiles. Calculez l'**intercept** entre hauteur vraie et hauteur calculée. Enfin, voyez si l'intercept se situe **vers le Soleil** ou **à l'opposé** sur votre canevas Mercator ci-dessous.

Attention ! Choisissez une longitude arbitraire coïncidant avec le tableau que vous avez établi fig. 28.

Construire la droite

Commencez par porter la droite de la première étoile, Alpheratz (bleu). Tracez l'azimut de l'étoile passant par votre **point arbitraire** (croix noire) au moment où vous avez visé cette étoile. Portez 7,1 milles à partir de cette position le long de l'azimut **en sens inverse** de l'étoile. Pour finir, tracez une ligne perpendiculaire à l'azimut sur ce point. C'est la **droite de hauteur pour Alpheratz**.

Renouvelez l'opération pour les deux autres étoiles à partir de deux autres points arbitraires – croix verte et croix orange (attention, pour Alkaid, l'intercept 27,1 étant positif, le report le long de l'azimut doit se faire dans le sens de l'étoile). Vous allez déterminer un triangle créé par les trois droites de hauteur. On considère que le point se situe au centre de ce triangle. Si vous êtes **proche d'un obstacle**, privilégiez l'angle du triangle le plus proche de l'obstacle ! Dans cet exemple, votre point est :

41° 10,5' N 23° 33,5' W

Attention ! Vous pouvez combiner une ou plusieurs droites d'étoiles avec une droite du Soleil.

N'oubliez pas que vous devez transporter parallèlement vos droites de hauteur en fonction du temps écoulé entre chaque observation.

Le point d'étoiles

5 Calculer l'AHL

	Alpheratz	ANTARÈS	Alkaid
Heure (UT)	04 h 02 min 16 s	04 h 06 min 22 s	04 h 12 min 35 s
AHG (pour l'heure ronde)	300° 52,2'	300° 52,2'	300° 52,2'
+ AHG (min + sec)*	34,1'	1° 35,8'	3° 09,3'
= AHG	301° 26,3'	302° 28'	304° 01,5'
- Longitude W arbitraire	23° 26,3'	23° 28'	23° 01,5'
= AHL	278° 00,0'	279° 00,0'	281° 00,0'

Vers les Ho 249, Vol 1

D'après les Éphémérides (fig. 30)

* D'après les Tables d'interpolation générales, colonne « Point Vernal ».

6

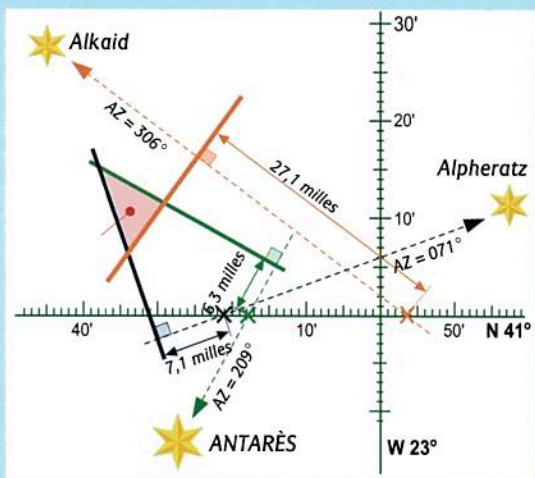
	Alpheratz	ANTARÈS	Alkaid
Hauteur vraie	22° 39,9'	16° 19,7'	39° 38,1'
- hauteur calculée	22° 47,0'	16° 26,0'	39° 11,3'
Intercept	-7,1'	-6,3'	27,1'
Azimut	0,71°	209°	306°

En sens inverse de l'étoile

En sens inverse de l'étoile

Vers l'étoile

Attention ! Les droites de hauteur se situent vers l'étoile lorsque la hauteur vraie est supérieure à la hauteur calculée (signe +) et en sens inverse de l'étoile lorsqu'elle lui est inférieure (signe -).



- Droite de hauteur pour Alpheratz.
- Droite de hauteur pour Alkaid.
- Droite de hauteur pour ANTARÈS.

30

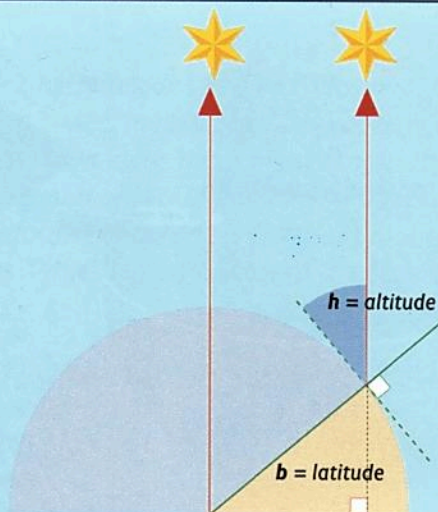
Exemple. Le 23 mai 2005, au cours d'une traversée au départ des Açores, l'étoile polaire est visée et mesurée à une hauteur de $41^{\circ} 15'$ à 20 h 50 UT. Cette hauteur est corrigée de l'erreur instrumentale, de la dépression apparente de l'horizon et de la réfraction.

Étoile Polaire

Hauteur mesurée	$41^{\circ} 15,0'$
collimation	- $2,0'$
= Hauteur observée (H_o)	$41^{\circ} 13,0'$
- Dépression apparente*	- $3,0'$
= Hauteur apparente	$41^{\circ} 10,0'$
- Réfraction**	- $1,2'$
= Hauteur vraie	$41^{\circ} 08,8'$

* Table IV

** Table I entrée par la colonne « Hauteur apparente »



Comme la distance de l'étoile Polaire est infiniment plus grande que le rayon de la terre, les deux droites qui s'élèvent vers la Polaire peuvent être considérées comme parallèles. Cela signifie que $b = h$ (angles dont les côtés sont à 90° l'un de l'autre).

31

L'étoile Polaire

En hémisphère Nord, il existe un moyen tout simple de connaître votre latitude grâce à l'étoile Polaire. Mesurez sa hauteur, notez l'heure exacte arrondie à la plus proche minute et trouvez sa hauteur vraie. Puis trouvez son AHG^A dans les éphémérides et calculez son AHL^A (angle horaire

sidéral local indiqué Ahsg). Toutes les corrections nécessaires se trouvent dans les tables « Latitude calculée par la hauteur de la polaire » (deuxième partie des éphémérides). Si la Polaire était toujours située au zénith du pôle, sa hauteur serait égale à votre latitude ! Mais l'étoile Polaire « oscille » et peut se trouver à 1 ou 2° Est ou Ouest du Nord vrai. C'est pourquoi il est nécessaire d'appliquer une correction.

Calcul de la latitude d'après l'étoile Polaire

Calculer l'AHL

	Étoile Polaire
Heure (UT)	20 h 05 min
AHG (pour l'heure ronde)*	$181^{\circ} 31,6'$
+ AHG (minutes rondes)**	$1^{\circ} 15,2'$
= AHG à 20 h 05' UT	$182^{\circ} 46,8'$
- Longitude W du point estimé	$23^{\circ} 30'$
= AHL	$159^{\circ} 16,8'$

* Page éphémérides, colonne « Point vernal » (Ahso).
 ** Table d'interpolation colonne « Point vernal ».

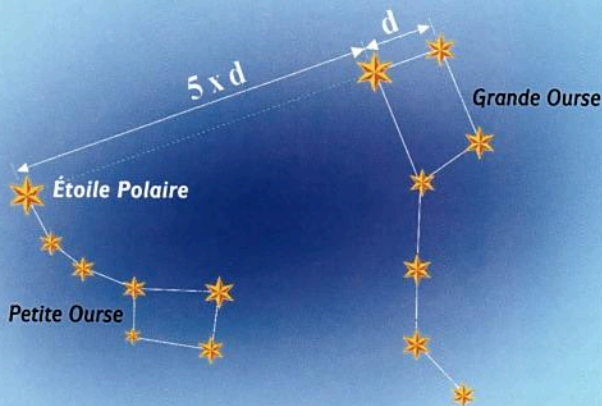
Entrez dans les éphémérides aux pages « Étoile Polaire » avec l'AHL^A arrondi à la plus proche minute.

	Étoile polaire
Hauteur vraie	$41^{\circ} 08,8'$
+ corrections (Table A)	$1^{\circ} 15,2'$
= Latitude	$42^{\circ} 24'$

D'après le calcul de la fig. 33.

Votre latitude.

On ne peut apercevoir l'étoile Polaire que dans l'hémisphère Nord (pile au Nord). L'étoile fait partie de la constellation de la Petite Ourse. Si vous reportez environ cinq fois la mesure de la base de la Grande Ourse vous trouvez la polaire (étoile Polaire = étoile du Nord).



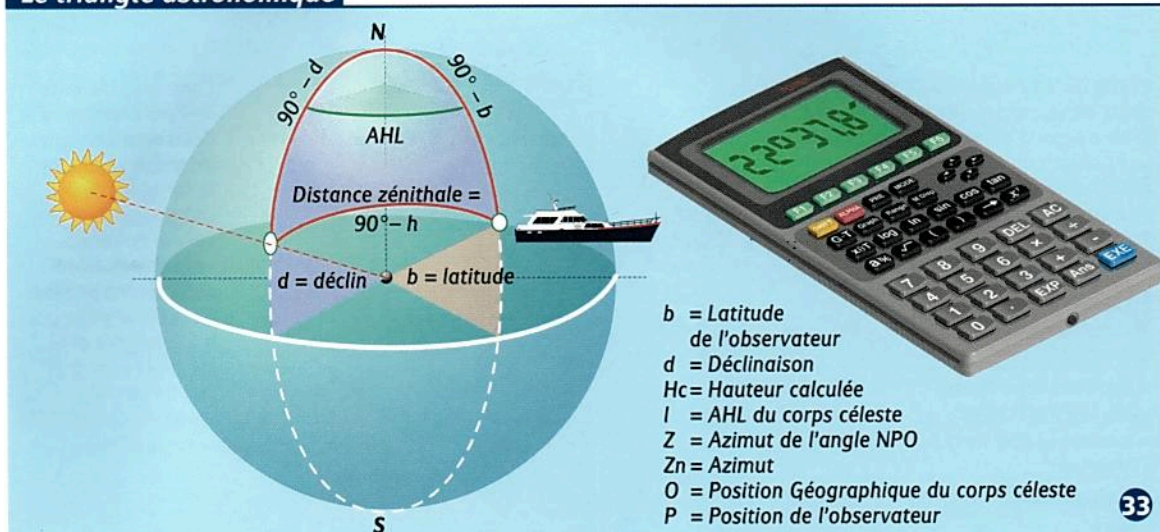
Vous avez juste besoin des éphémérides.

Aucune table de navigation n'est nécessaire pour trouver votre latitude à partir de la Polaire, mais gardez en mémoire que toutes les éphémérides ne sont pas présentées de la même façon.

32

L'étoile Polaire étant moyennement brillante, il est parfois difficile de la trouver. Au couchant, réglez le sextant sur la latitude du point donné par votre navigation à l'estime. Tournez-vous vers le Nord et visez l'étoile. Pour trouver

des relèvements plus précis, utilisez la « Table des azimuts de la polaire » (deuxième partie des éphémérides), où vous pouvez apporter des corrections pour l'AHL^A (Ahsg) et votre latitude en cours d'observation.



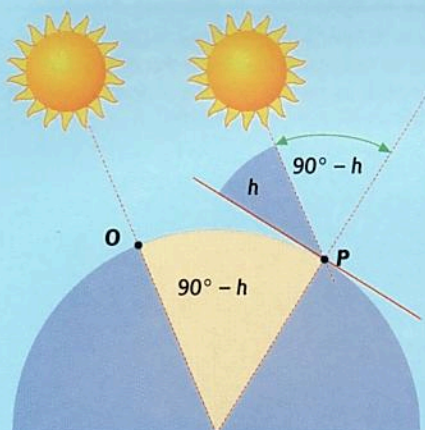
Utilisation d'une calculatrice

Nous déterminons notre position en calculant ce qu'on appelle le **triangle astronomique** OPN (ou OPS dans l'hémisphère Sud). Les Ho 249 sont conçues sur la base de ce calcul. Vous pouvez vous passer de tables grâce à une **calculatrice**. Observez la hauteur normalement puis

trouvez l'AGH et la **déclinaison** du corps céleste dans les **éphémérides**. Mais en revanche, vous pouvez ensuite utiliser votre **position estimée** comme point arbitraire de référence dans la mesure où des degrés ronds de latitude et d'AHL ne sont plus requis par des tables de calcul. Hauteur et azimut vous sont donnés par les formules ci-dessous.

Formules utilisables

Attention ! D'autres formules existent qui fournissent les mêmes résultats.



Il peut être difficile d'imaginer que la **distance zénithale** $= 90^\circ - h$. Si vous visualisez le grand cercle entre O et P vous pouvez vous assurer de la véracité de la formule (nous partons du principe que les deux droites venant du Soleil sont parallèles).

Calcul de la hauteur:

$$Hc = \arcsin (\sin b \times \sin d + \cos b \times \cos d \times \cos l)$$

Calcul de l'azimut :

$$Z = \arccos ((\sin d - \sin b \times \sin h) \cos b \times \cos h)$$

Attention ! En cas de latitude Nord, une déclinaison Sud est entrée avec le signe - dans la calculatrice. En cas de latitude Sud, une déclinaison Nord est aussi entrée avec le signe - ($\sin b \times \sin d$ est négatif si leurs noms sont contraires). Vous devez également savoir comment la calculatrice exprime degrés et minutes. On trouve en général des dixièmes de degrés.

(Exemples: $0,54^\circ = 60' \times 0,54 = 32,4'$; $25' = 25 : 60 = 0,417^\circ$; $52,6^\circ = 52,6 : 60 = 0,877^\circ$)

Latitude Nord: AHL $> 180^\circ$: $Zn = Z$, AHL $< 180^\circ$: $Zn = 360^\circ - Z$
 Latitude Sud: AHL $> 180^\circ$: $Zn = 180^\circ - Z$, AHL $< 180^\circ$: $Zn = 180^\circ + Z$

Heure	
U.T.	
00	h
01	01
02	02
03	03
04	04
05	05
06	06
07	07
08	08
09	09
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
	1/2

Annexes

Les annexes présentées ici, extraites des *Éphémérides nautiques* calculées par le Bureau des Longitudes, rassemblent les pages nécessaires à la résolution des points astronomiques de ce manuel pour les dates des 22 et 23 mai 2005. Elles permettent de se familiariser avec la présentation particulière de ces informations et de s'entraîner à refaire les calculs. Les pages utiles des Tables Ho 249 figurent quant à elle dans le corps du manuel.

Publiées par les éditions Edinautic, les *Éphémérides nautiques* rassemblent des informations indispensables à la navigation astronomique. Edinautic, 13 rue du Vieux-Colombier, 75006 Paris, tél. 01.45.44.40.36. E-mail: edinautic@orange.fr

Les *Éphémérides nautiques* sont établies annuellement par le Bureau des Longitudes de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides qui, via son serveur Internet, diffuse de nombreuses informations périodiquement remises à jour: <http://www.imcce.fr>

DIMANCHE 22 MAI 2005

Heure	SOLEIL			LUNE					Coucher du Soleil			LATITUDE	Lever et coucher de la Lune			
	U.T.	AHvo	D	AHao	v	D	d	π	coucher	Z	fin du crépus.		lever	Var p. 10° G	coucher	Var p. 10° G
00	h	180° 50,9	N 20° 21,8	25° 36,4	11,0	S 15° 02,9	14,1	58,2	h m	°	h m	70° N	h m	m	h m	m
01	195	50,9	20 22,2	40 06,4	10,9	15 17,0	14,0	58,2	22 59	346	C.T.N.	68	21 17	-	1 27	1,4
02	210	50,8	20 22,7	54 36,3	10,8	15 31,0	13,9	58,3	22 03	333	C.T.N.	66	20 36	-	1 46	0,8
03	225	50,8	20 23,2	69 06,1	10,7	15 44,9	13,9	58,3	21 30	326	C.T.N.	64	20 08	4,1	2 01	0,4
04	240	50,7	20 23,7	83 35,8	10,6	15 58,8	13,8	58,3	21 07	320	22 39	62° N	19 47	3,5	2 14	0,2
05	255	50,7	20 24,2	98 05,4	10,4	16 12,6	13,7	58,4								
06	270	50,6	N 20 24,7	112 34,8	10,3	S 16 26,3	13,7	58,4	20 48	316	22 00	60° N	19 30	3,1	2 25	0,0
07	285	50,6	20 25,2	127 04,1	10,2	16 40,0	13,6	58,4	20 32	313	21 33	58	19 16	2,9	2 35	0,2
08	300	50,6	20 25,7	141 33,3	10,1	16 53,6	13,5	58,5	20 19	310	21 13	56	19 03	2,7	2 43	0,3
09	315	50,5	20 26,2	156 02,4	10,0	17 07,1	13,4	58,5	20 08	308	20 56	54	18 53	2,6	2 51	0,4
10	330	50,5	20 26,7	170 31,4	9,9	17 20,5	13,4	58,5	19 58	306	20 42	52° N	18 44	2,5	2 58	0,5
11	345	50,4	20 27,2	185 00,3	9,7	17 33,9	13,2	58,5	19 49	304	20 30	50° N	18 35	2,4	3 04	0,6
12	0	50,4	N 20 27,6	199 29,0	9,6	S 17 47,1	13,2	58,6	19 30	300	20 05	45	18 18	2,3	3 17	0,7
13	15	50,3	20 28,1	213 57,6	9,5	18 00,3	13,1	58,6	19 15	298	19 46	40	18 03	2,1	3 29	0,9
14	30	50,3	20 28,6	228 26,1	9,4	18 13,4	13,1	58,6	19 02	296	19 31	35	17 51	2,0	3 38	1,0
15	45	50,2	20 29,1	242 54,5	9,2	18 26,5	12,9	58,7	18 51	294	19 17	30° N	17 41	1,9	3 47	1,1
16	60	50,2	20 29,6	257 22,7	9,2	18 39,4	12,8	58,7	18 32	292	18 56	20° N	17 23	1,8	4 01	1,2
17	75	50,1	20 30,1	271 50,9	9,0	18 52,2	12,8	58,7	18 15	291	18 38	10° N	17 07	1,7	4 14	1,3
18	90	50,1	N 20 30,5	286 18,9	8,8	S 19 05,0	12,7	58,8	18 00	290	18 22	0	16 53	1,5	4 26	1,5
19	105	50,0	20 31,0	300 46,7	8,8	19 17,7	12,5	58,8	17 45	290	18 08	10° S	16 39	1,4	4 38	1,6
20	120	50,0	20 31,5	315 14,5	8,6	19 30,2	12,5	58,8	17 29	291	17 53	20° S	16 24	1,3	4 51	1,7
21	135	49,9	20 32,0	329 42,1	8,5	19 42,7	12,4	58,8	17 11	293	17 37	30° S	16 06	1,2	5 06	1,9
22	150	49,9	20 32,5	344 09,6	8,4	19 55,1	12,2	58,9	17 00	294	17 28	35	15 56	1,1	5 15	2,0
23	165	49,8	20 33,0	358 37,0	8,2	20 07,3	12,2	58,9	16 48	296	17 18	40	15 45	1,0	5 24	2,1
24	180	49,8	N 20 33,4	13 04,2	8,2	S 20 19,5	12,0	58,9	16 34	298	17 07	45	15 32	0,9	5 36	2,2
									16 17	301	16 54	50° S	15 16	0,7	5 51	2,4
									16 09	303	16 47	52° S	15 09	0,6	5 57	2,5
									16 00	304	16 41	54	15 00	0,5	6 05	2,6
									15 50	306	16 34	56° S	14 51	0,4	6 13	2,7

½ Diam. = 15,8 $d = 0,5$

½ Diam. = 15,9 Age = 13,6

PL

LUNDI 23 MAI 2005

Heure	SOLEIL			LUNE					Lever du Soleil			LATI- TUDE	Lever et coucher de la Lune			
	U.T.	AHvo	D	AHao	ν	D	d	π	début de l'aube	lever	Z		lever	Var p. 10° G	coucher	Var p. 10° G
h									h m	h m	°		h m	m	h m	m
00		180 49,8	N 20 33,4	13 04,2	8,2	S 20 19,5	12,0	58,9	C.T.N.	S.A.H.	-	70 N	L.S.H.	-	L.S.H.	-
01		195 49,7	20 33,9	27 31,4	7,9	20 31,5	12,0	59,0	C.T.N.	0 53	13	68	L.S.H.	-	0 35	-
02		210 49,7	20 34,4	41 58,3	7,9	20 43,5	11,8	59,0	C.T.N.	1 50	26	66	L.S.H.	-	1 17	-
03		225 49,6	20 34,9	56 25,2	7,7	20 55,3	11,7	59,0	C.T.N.	2 22	33	64	22 36	-	1 46	0,8
04		240 49,6	20 35,3	70 51,9	7,6	21 07,0	11,6	59,0	1 14	2 46	39	62 N	21 52	-	2 09	0,2
05		255 49,5	20 35,8	85 18,5	7,5	21 18,6	11,5	59,1								
06		270 49,5	N 20 36,3	99 45,0	7,4	S 21 30,1	11,4	59,1	1 53	3 05	43	60 N	21 23	3,2	2 27	0,1
07		285 49,4	20 36,8	114 11,4	7,2	21 41,5	11,3	59,1	2 20	3 20	46	58	21 00	2,9	2 42	0,4
08		300 49,4	20 37,3	128 37,6	7,1	21 52,8	11,1	59,2	2 40	3 34	49	56	20 42	2,7	2 55	0,5
09		315 49,3	20 37,7	143 03,7	7,0	22 03,9	11,0	59,2	2 57	3 45	52	54	20 27	2,5	3 06	0,6
10		330 49,3	20 38,2	157 29,7	6,8	22 14,9	10,9	59,2	3 11	3 55	54	52 N	20 14	2,4	3 16	0,7
11		345 49,2	20 38,7	171 55,5	6,7	22 25,8	10,7	59,2	3 23	4 04	55	50 N	20 02	2,4	3 25	0,8
12		0 49,2	N 20 39,1	186 21,2	6,6	S 22 36,5	10,7	59,3	3 48	4 23	59	45	19 39	2,2	3 44	1,0
13		15 49,1	20 39,6	200 46,8	6,4	22 47,2	10,4	59,3	4 07	4 38	62	40	19 20	2,1	4 00	1,1
14		30 49,1	20 40,1	215 12,2	6,4	22 57,6	10,4	59,3	4 23	4 51	64	35	19 04	2,0	4 13	1,2
15		45 49,0	20 40,6	229 37,6	6,2	23 08,0	10,2	59,3	4 36	5 02	65	30 N	18 50	2,0	4 25	1,3
16		60 49,0	20 41,0	244 02,8	6,0	23 18,2	10,1	59,4	4 57	5 21	67	20 N	18 27	1,9	4 45	1,4
17		75 48,9	20 41,5	258 27,8	6,0	23 28,3	9,9	59,4	5 15	5 38	68	10 N	18 07	1,8	5 02	1,5
18		90 48,8	N 20 42,0	272 52,8	5,8	S 23 38,2	9,8	59,4	5 31	5 53	69	0	17 49	1,7	5 19	1,6
19		105 48,8	20 42,4	287 17,6	5,7	23 48,0	9,6	59,4	5 46	6 08	69	10 S	17 30	1,6	5 35	1,7
20		120 48,7	20 42,9	301 42,3	5,6	23 57,6	9,5	59,5	6 01	6 24	68	20 S	17 11	1,5	5 53	1,8
21		135 48,7	20 43,4	316 06,9	5,4	24 07,1	9,4	59,5	6 17	6 43	66	30 S	16 49	1,4	6 13	2,0
22		150 48,6	20 43,8	330 31,3	5,4	24 16,5	9,2	59,5	6 26	6 53	65	35	16 35	1,3	6 25	2,0
23		165 48,6	20 44,3	344 55,7	5,2	24 25,7	9,0	59,5	6 36	7 05	63	40	16 21	1,3	6 39	2,1
24		180 48,5	N 20 44,8	359 19,9	5,1	S 24 34,7	8,9	59,5	6 47	7 20	60	45	16 03	1,1	6 56	2,3
		½ Diam. = 15,8	$d = 0,5$	½ Diam. = 16,1	Age = 14,6	PL			7 00	7 37	57	50 S	15 41	1,0	7 16	2,4
									7 07	7 45	56	52 S	15 31	0,9	7 26	2,5
									7 13	7 55	54	54	15 19	0,8	7 37	2,6
									7 21	8 05	52	56 S	15 06	0,7	7 50	2,7

Heure	Point vernal Aiso	VÉNUS		MARS		JUPITER		SATURNE		Heure
U.T.		AHao	D	AHao	D	AHao	D	AHao	D	U.T.
^h										^h
00	240 42,3	166 14,0	N 23 08,7	253 01,3	S 7 26,2	51 40,5	S 2 17,3	125 10,4	N 21 34,4	00
01	255 44,8	181 13,1	23 09,2	268 02,0	7 25,5	66 43,1	2 17,3	140 12,6	21 34,3	01
02	270 47,3	196 12,3	23 09,6	283 02,8	7 24,9	81 45,6	2 17,3	155 14,8	21 34,3	02
03	285 49,7	211 11,5	23 10,0	298 03,6	7 24,2	96 48,2	2 17,2	170 17,1	21 34,3	03
04	300 52,2	226 10,6	23 10,4	313 04,4	7 23,5	111 50,8	2 17,2	185 19,3	21 34,2	04
05	315 54,7	241 09,8	23 10,9	328 05,2	7 22,9	126 53,3	2 17,2	200 21,5	21 34,2	05
06	330 57,1	256 08,9	N 23 11,3	343 06,0	S 7 22,2	141 55,9	S 2 17,2	215 23,7	N 21 34,1	06
07	345 59,6	271 08,1	23 11,7	358 06,8	7 21,6	156 58,4	2 17,1	230 25,9	21 34,1	07
08	1 02,0	286 07,3	23 12,1	13 07,6	7 20,9	172 01,0	2 17,1	245 28,1	21 34,1	08
09	16 04,5	301 06,4	23 12,5	28 08,3	7 20,2	187 03,6	2 17,1	260 30,3	21 34,0	09
10	31 07,0	316 05,6	23 12,9	43 09,1	7 19,6	202 06,1	2 17,0	275 32,5	21 34,0	10
11	46 09,4	331 04,7	23 13,4	58 09,9	7 18,9	217 08,7	2 17,0	290 34,7	21 34,0	11
12	61 11,9	346 03,9	N 23 13,8	73 10,7	S 7 18,3	232 11,2	S 2 17,0	305 36,9	N 21 33,9	12
13	76 14,4	1 03,0	23 14,2	88 11,5	7 17,6	247 13,8	2 17,0	320 39,1	21 33,9	13
14	91 16,8	16 02,2	23 14,6	103 12,3	7 17,0	262 16,3	2 16,9	335 41,3	21 33,8	14
15	106 19,3	31 01,4	23 15,0	118 13,1	7 16,3	277 18,9	2 16,9	350 43,6	21 33,8	15
16	121 21,8	46 00,5	23 15,4	133 13,9	7 15,6	292 21,4	2 16,9	5 45,8	21 33,8	16
17	136 24,2	60 59,7	23 15,8	148 14,6	7 15,0	307 24,0	2 16,8	20 48,0	21 33,7	17
18	151 26,7	75 58,8	N 23 16,2	163 15,4	S 7 14,3	322 26,6	S 2 16,8	35 50,2	N 21 33,7	18
19	166 29,2	90 58,0	23 16,6	178 16,2	7 13,7	337 29,1	2 16,8	50 52,4	21 33,6	19
20	181 31,6	105 57,1	23 17,0	193 17,0	7 13,0	352 31,7	2 16,8	65 54,6	21 33,6	20
21	196 34,1	120 56,3	23 17,4	208 17,8	7 12,3	7 34,2	2 16,7	80 56,8	21 33,6	21
22	211 36,5	135 55,4	23 17,8	223 18,6	7 11,7	22 36,8	2 16,7	95 59,0	21 33,5	22
23	226 39,0	150 54,6	23 18,2	238 19,4	7 11,0	37 39,3	2 16,7	111 01,2	21 33,5	23
24	241 41,5	165 53,8	N 23 18,6	253 20,2	S 7 10,4	52 41,9	S 2 16,7	126 03,4	N 21 33,5	24
		$\nu = 0,8$	$d = 0,4$	$\nu = 0,8$	$d = 0,7$	$\nu = 2,6$	$d = 0,0$	$\nu = 2,2$	$d = 0,0$	
		mag. = -3,9	$\pi = 0,1$	mag. = +0,3	$\pi = 0,1$	mag. = -2,3	$\pi = 0,0$	mag. = +0,2	$\pi = 0,0$	

TABLES D'INTERPOLATION ET DE TRANSFORMATION

XI_b

Transformation des unités de degré en unités d'heure

Degrés												Minutes de degré				
0° à 60°		60° à 120°		120° à 180°		180° à 240°		240° à 300°		300° à 360°		0,00	0,25	0,50	0,75	
°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	m s	m s	m s	
0	0 00	60	4 00	120	8 00	180	12 00	240	16 00	300	20 00	0	0 00	0 01	0 03	
1	0 04	61	4 04	121	8 04	181	12 04	241	16 04	301	20 04	1	0 04	0 05	0 07	
2	0 08	62	4 08	122	8 08	182	12 08	242	16 08	302	20 08	2	0 08	0 09	0 10	
3	0 12	63	4 12	123	8 12	183	12 12	243	16 12	303	20 12	3	0 12	0 13	0 14	
4	0 16	64	4 16	124	8 16	184	12 16	244	16 16	304	20 16	4	0 16	0 17	0 18	
5	0 20	65	4 20	125	8 20	185	12 20	245	16 20	305	20 20	5	0 20	0 21	0 22	
6	0 24	66	4 24	126	8 24	186	12 24	246	16 24	306	20 24	6	0 24	0 25	0 26	
7	0 28	67	4 28	127	8 28	187	12 28	247	16 28	307	20 28	7	0 28	0 29	0 30	
8	0 32	68	4 32	128	8 32	188	12 32	248	16 32	308	20 32	8	0 32	0 33	0 34	
9	0 36	69	4 36	129	8 36	189	12 36	249	16 36	309	20 36	9	0 36	0 37	0 38	
10	0 40	70	4 40	130	8 40	190	12 40	250	16 40	310	20 40	10	0 40	0 41	0 43	
11	0 44	71	4 44	131	8 44	191	12 44	251	16 44	311	20 44	11	0 44	0 45	0 46	
12	0 48	72	4 48	132	8 48	192	12 48	252	16 48	312	20 48	12	0 48	0 49	0 50	
13	0 52	73	4 52	133	8 52	193	12 52	253	16 52	313	20 52	13	0 52	0 53	0 54	
14	0 56	74	4 56	134	8 56	194	12 56	254	16 56	314	20 56	14	0 56	0 57	0 58	
15	1 00	75	5 00	135	9 00	195	13 00	255	17 00	315	21 00	15	1 00	1 01	1 02	
16	1 04	76	5 04	136	9 04	196	13 04	256	17 04	316	21 04	16	1 04	1 05	1 06	
17	1 08	77	5 08	137	9 08	197	13 08	257	17 08	317	21 08	17	1 08	1 09	1 10	
18	1 12	78	5 12	138	9 12	198	13 12	258	17 12	318	21 12	18	1 12	1 13	1 14	
19	1 16	79	5 16	139	9 16	199	13 16	259	17 16	319	21 16	19	1 16	1 17	1 18	
20	1 20	80	5 20	140	9 20	200	13 20	260	17 20	320	21 20	20	1 20	1 21	1 23	
21	1 24	81	5 24	141	9 24	201	13 24	261	17 24	321	21 24	21	1 24	1 25	1 26	
22	1 28	82	5 28	142	9 28	202	13 28	262	17 28	322	21 28	22	1 28	1 29	1 30	
23	1 32	83	5 32	143	9 32	203	13 32	263	17 32	323	21 32	23	1 32	1 33	1 35	
24	1 36	84	5 36	144	9 36	204	13 36	264	17 36	324	21 36	24	1 36	1 37	1 38	
25	1 40	85	5 40	145	9 40	205	13 40	265	17 40	325	21 40	25	1 40	1 41	1 42	
26	1 44	86	5 44	146	9 44	206	13 44	266	17 44	326	21 44	26	1 44	1 45	1 46	
27	1 48	87	5 48	147	9 48	207	13 48	267	17 48	327	21 48	27	1 48	1 49	1 50	
28	1 52	88	5 52	148	9 52	208	13 52	268	17 52	328	21 52	28	1 52	1 53	1 54	
29	1 56	89	5 56	149	9 56	209	13 56	269	17 56	329	21 56	29	1 56	1 57	1 58	
30	2 00	90	6 00	150	10 00	210	14 00	270	18 00	330	22 00	30	2 00	2 01	2 02	
31	2 04	91	6 04	151	10 04	211	14 04	271	18 04	331	22 04	31	2 04	2 05	2 06	
32	2 08	92	6 08	152	10 08	212	14 08	272	18 08	332	22 08	32	2 08	2 09	2 10	
33	2 12	93	6 12	153	10 12	213	14 12	273	18 12	333	22 12	33	2 12	2 13	2 14	
34	2 16	94	6 16	154	10 16	214	14 16	274	18 16	334	22 16	34	2 16	2 17	2 18	
35	2 20	95	6 20	155	10 20	215	14 20	275	18 20	335	22 20	35	2 20	2 21	2 22	
36	2 24	96	6 24	156	10 24	216	14 24	276	18 24	336	22 24	36	2 24	2 25	2 26	
37	2 28	97	6 28	157	10 28	217	14 28	277	18 28	337	22 28	37	2 28	2 29	2 30	
38	2 32	98	6 32	158	10 32	218	14 32	278	18 32	338	22 32	38	2 32	2 33	2 34	
39	2 36	99	6 36	159	10 36	219	14 36	279	18 36	339	22 36	39	2 36	2 37	2 38	
40	2 40	100	6 40	160	10 40	220	14 40	280	18 40	340	22 40	40	2 40	2 41	2 42	
41	2 44	101	6 44	161	10 44	221	14 44	281	18 44	341	22 44	41	2 44	2 45	2 46	
42	2 48	102	6 48	162	10 48	222	14 48	282	18 48	342	22 48	42	2 48	2 49	2 50	
43	2 52	103	6 52	163	10 52	223	14 52	283	18 52	343	22 52	43	2 52	2 53	2 54	
44	2 56	104	6 56	164	10 56	224	14 56	284	18 56	344	22 56	44	2 56	2 57	2 58	
45	3 00	105	7 00	165	11 00	225	15 00	285	19 00	345	23 00	45	3 00	3 01	3 02	
46	3 04	106	7 04	166	11 04	226	15 04	286	19 04	346	23 04	46	3 04	3 05	3 06	
47	3 08	107	7 08	167	11 08	227	15 08	287	19 08	347	23 08	47	3 08	3 09	3 10	
48	3 12	108	7 12	168	11 12	228	15 12	288	19 12	348	23 12	48	3 12	3 13	3 14	
49	3 16	109	7 16	169	11 16	229	15 16	289	19 16	349	23 16	49	3 16	3 17	3 18	
50	3 20	110	7 20	170	11 20	230	15 20	290	19 20	350	23 20	50	3 20	3 21	3 22	
51	3 24	111	7 24	171	11 24	231	15 24	291	19 24	351	23 24	51	3 24	3 25	3 26	
52	3 28	112	7 28	172	11 28	232	15 28	292	19 28	352	23 28	52	3 28	3 29	3 30	
53	3 32	113	7 32	173	11 32	233	15 32	293	19 32	353	23 32	53	3 32	3 33	3 34	
54	3 36	114	7 36	174	11 36	234	15 36	294	19 36	354	23 36	54	3 36	3 37	3 38	
55	3 40	115	7 40	175	11 40	235	15 40	295	19 40	355	23 40	55	3 40	3 41	3 42	
56	3 44	116	7 44	176	11 44	236	15 44	296	19 44	356	23 44	56	3 44	3 45	3 46	
57	3 48	117	7 48	177	11 48	237	15 48	297	19 48	357	23 48	57	3 48	3 49	3 50	
58	3 52	118	7 52	178	11 52	238	15 52	298	19 52	358	23 52	58	3 52	3 53	3 54	
59	3 56	119	7 56	179	11 56	239	15 56	299	19 56	359	23 56	59	3 56	3 57	3 58	
60	4 00	120	8 00	180	12 00	240	16 00	300	20 00	360	24 00	60	4 00			

TABLES DE NAVIGATION

VII

Corrections des hauteurs observées du Soleil.

(- Réfraction moyenne - dépression + parallaxe + demi-diamètre)

PREMIÈRE CORRECTION.

Hauteur observée	ÉLÉVATION DE L'ŒIL												
	0 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m	12 m	14 m	16 m	18 m	20 m	22 m	24 m
7 00	+ 8,7	+ 6,2	+ 5,1	+ 4,3	+ 3,6	+ 3,0	+ 2,5	+ 2,0	+ 1,5	+ 1,1	+ 0,7	+ 0,3	- 0,1
20	9,0	6,5	5,4	4,6	4,0	3,4	2,8	2,3	1,9	1,4	1,0	0,6	+ 0,2
40	9,3	6,8	5,7	4,9	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,3	0,9	0,5
8 00	9,6	7,1	6,0	5,2	4,5	3,9	3,4	2,9	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
20	9,8	7,3	6,3	5,4	4,8	4,2	3,6	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1
40	10,1	7,5	6,5	5,7	5,0	4,4	3,9	3,4	2,9	2,5	2,1	1,7	1,3
9 00	+10,3	+ 7,7	+ 6,7	+ 5,9	+ 5,2	+ 4,6	+ 4,1	+ 3,6	+ 3,1	+ 2,7	+ 2,3	+ 1,9	+ 1,5
20	10,5	7,9	6,9	6,1	5,4	4,8	4,3	3,8	3,3	2,9	2,5	2,1	1,7
40	10,7	8,1	7,1	6,3	5,6	5,0	4,5	4,0	3,5	3,1	2,7	2,3	1,9
10 00	10,8	8,3	7,3	6,5	5,8	5,2	4,7	4,2	3,7	3,3	2,9	2,5	2,1
20	11,0	8,5	7,4	6,6	5,9	5,3	4,8	4,3	3,9	3,4	3,0	2,6	2,3
40	11,2	8,6	7,6	6,8	6,1	5,5	5,0	4,5	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4
11 00	+11,3	+ 8,8	+ 7,7	+ 6,9	+ 6,3	+ 5,7	+ 5,1	+ 4,6	+ 4,2	+ 3,7	+ 3,3	+ 2,9	+ 2,6
30	11,5	9,0	7,9	7,1	6,5	5,9	5,3	4,8	4,4	3,9	3,5	3,1	2,8
12 00	11,7	9,2	8,1	7,3	6,7	6,1	5,5	5,0	4,6	4,1	3,7	3,3	3,0
30	11,9	9,4	8,3	7,5	6,8	6,2	5,7	5,2	4,8	4,3	3,9	3,5	3,2
13 00	12,0	9,5	8,5	7,7	7,0	6,4	5,9	5,4	4,9	4,5	4,1	3,7	3,3
30	12,2	9,7	8,6	7,8	7,1	6,5	6,0	5,5	5,1	4,6	4,2	3,8	3,5
14 00	+12,3	+ 9,8	+ 8,8	+ 8,0	+ 7,3	+ 6,7	+ 6,2	+ 5,7	+ 5,2	+ 4,8	+ 4,4	+ 4,0	+ 3,6
15 00	12,6	10,1	9,0	8,2	7,5	6,9	6,4	5,9	5,5	5,0	4,6	4,2	3,9
16 00	12,8	10,3	9,3	8,5	7,8	7,2	6,7	6,2	5,7	5,3	4,9	4,5	4,1
17 00	13,0	10,5	9,5	8,7	8,0	7,4	6,9	6,4	5,9	5,5	5,1	4,7	4,3
18 00	13,2	10,7	9,6	8,8	8,2	7,6	7,1	6,6	6,1	5,7	5,3	4,9	4,5
19 00	13,4	10,8	9,8	9,0	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,4	5,0	4,7
20 00	+13,5	+11,0	+ 9,9	+ 9,1	+ 8,5	+ 7,9	+ 7,4	+ 6,9	+ 6,4	+ 6,0	+ 5,6	+ 5,2	+ 4,8
22 00	13,8	11,3	10,2	9,4	8,7	8,1	7,6	7,1	6,7	6,2	5,8	5,4	5,1
24 00	14,0	11,5	10,4	9,6	8,9	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	6,0	5,7	5,3
26 00	14,2	11,7	10,6	9,8	9,1	8,5	8,0	7,5	7,1	6,6	6,2	5,9	5,5
28 00	14,3	11,8	10,8	10,0	9,3	8,7	8,2	7,7	7,2	6,8	6,4	6,0	5,6
30 00	14,5	12,0	10,9	10,1	9,4	8,8	8,3	7,8	7,4	6,9	6,5	6,2	5,8
32 00	+14,6	+12,1	+11,0	+10,2	+ 9,6	+ 9,0	+ 8,5	+ 8,0	+ 7,5	+ 7,1	+ 6,7	+ 6,3	+ 5,9
34 00	14,7	12,2	11,1	10,3	9,7	9,1	8,6	8,1	7,6	7,2	6,8	6,4	6,0
36 00	14,8	12,3	11,2	10,4	9,8	9,2	8,7	8,2	7,7	7,3	6,9	6,5	6,1
38 00	14,9	12,4	11,3	10,5	9,9	9,3	8,8	8,3	7,8	7,4	7,0	6,6	6,2
40 00	15,0	12,5	11,4	10,6	10,0	9,4	8,8	8,3	7,9	7,4	7,0	6,7	6,3
45 00	15,1	12,6	11,6	10,8	10,1	9,5	9,0	8,5	8,1	7,6	7,2	6,8	6,5
50 00	+15,3	+12,8	+11,7	+10,9	+10,3	+ 9,7	+ 9,2	+ 8,7	+ 8,2	+ 7,8	+ 7,4	+ 7,0	+ 6,6
55 00	15,4	12,9	11,9	11,1	10,4	9,8	9,3	8,8	8,3	7,9	7,5	7,1	6,7
60 00	15,5	13,0	12,0	11,2	10,5	9,9	9,4	8,9	8,4	8,0	7,6	7,2	6,8
70 00	15,7	13,2	12,2	11,4	10,7	10,1	9,6	9,1	8,6	8,2	7,8	7,4	7,0
80 00	15,9	13,4	12,3	11,5	10,9	10,3	9,7	9,2	8,8	8,4	8,0	7,6	7,2
90 00	+16,0	+13,5	+12,5	+11,7	+11,0	+10,4	+ 9,9	+ 9,4	+ 8,9	+ 8,5	+ 8,1	+ 7,7	+ 7,3

DEUXIÈME CORRECTION (Bord inférieur).

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
+ 0,3	+ 0,2	+ 0,1	0,0	- 0,2	- 0,2	- 0,2	- 0,2	- 0,1	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,3

DEUXIÈME CORRECTION (Bord supérieur).

- 32,3	- 32,2	- 32,1	- 32,0	- 31,8	- 31,8	- 31,8	- 31,8	- 31,9	- 32,1	- 32,2	- 32,3
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Grille de calcul

Hauteur vraie

Hauteur instrumentale:	°	'
Collimation:	°	'
= Hauteur observée (Ho):	°	'
Première correction (table VII):	'	
Deuxième correction (table VII):	'	
= Total des corrections:	'	
Hauteur vraie:	°	'

À partir des éphémérides

AHG à l'heure ronde:	°	'
+ corrections AHG:	°	'
= AHG:	°	'
- lat. W ou + lat. E arbitraire:	°	'
= AHL:	°	'

Chronomètre

Heure UT de l'observation:	h	min	s
correction (±) de l'heure:			
= Heure UT exacte:			

Latitude méridienne

90°:	°	'
- Hauteur vraie:	°	'
= Distance zénithale (Dz):	°	'
+ Déclinaison:	°	'
= Latitude:	°	'

Point arbitraire

Long. arbitraire W/E

À partir des Ho 249

Hc (hauteur calculée):	°	'
+ correction indice d:	°	'
= Hc corrigée:	°	'
- Hauteur vraie (Hv):	°	'
= Intercept (Hv - Hc):	°	'

Lat. arbitraire N/S

d = ° Z

+ Sens inverse du Soleil
- Vers le Soleil

° AZ

Date:

Loch:

Point arbitraire: 000° 00' 000° 00'

Heure de visée UT:

Déclinaison: 000° 00,0'

Loch à 12 h locales: 000° 00,0'

Heure passage Greenwich UT

Heure estimée méridienne UT

Azimuth vrai du Soleil (AZ)

Latitude N:

AHL > 180° Az = Z

AHL < 180° Az = 360° - Z

Latitude S:

AHL > 180° Az = 180° - Z

AHL < 180° Az = 180° + Z

La correction de l'indice d s'ajoute si la latitude et la déclinaison sont de même nom (same name), et se soustraient s'ils sont de noms contraires (contrary name). La droite de hauteur doit être tracée vers le Soleil si la hauteur vraie (Hv) est plus grande que la hauteur calculée (Hc). Elle doit être tracée en sens inverse du Soleil si la hauteur vraie (Hv) est inférieure à la hauteur calculée (Hc).