CALCULS DE PASSERELLE

FASCICULE 2

GRILLES DE CALCULS

309 B

PC2EM Michel GUILLEMET

RÉGULATION DU COMPAS MAGNÉTIQUE PAR POINT TERRESTRE ÉLOIGNÉ

En effectuant un tour d'horizon, on a fait, au compas de relèvement, les observations ci-dessous d'un point dont le relèvement vrai est Zv = ... La déclinaison magnétique est D = ... Dresser le tableau des déviations et construire la courbe des déviations en fonction du cap au compas pour le secteur décrit. En déduire les déviations au .... du compas et au .... magnétique.

Exercices

Cc	000°	045°	090°	135°	180°	225°	270°	315°
Zc	152°	151°	145°	136°	134°	132°	135°	145°

Zv = 132° D = 10° W Déviations d_1 au 303° du compas et d_2 au 200° magnétique.

Réponses : $d_1 = 0°$ $d_2 = +8°$

Cc	000°	045°	090°	135°	180°	225°	270°	315°
Zc	059°	057,5°	061°	066,5°	066°	062°	060,5°	061,5°

Zv = 112° D = 49° E Déviations d_1 au 150° du compas et d_2 au 250° magnétique.

Réponses : $d_1 = -4{,}5°$ $d_2 = +2°$

Cc	019°	061°	102°	150°	209°	254°	297°	332°
Zc	209,5°	206,5°	208,5°	207°	208°	223°	224°	220°

Zv = 222° D = 8° E Déviations d_1 au 047° du compas et d_2 au 280° magnétique.

Réponses : $d_1 = +7°$ $d_2 = -10{,}5°$

Cc	008°	051°	087°	126°	179°	216°	273°	319°
Zc	313,5°	312°	312,5°	317,5°	324,5°	324,5°	321,5°	317°

Zv = 307° D = 12° W Déviations d_1 au 110° du compas et d_2 au 345° magnétique.

Réponses : $d_1 = +4°$ $d_2 = +3{,}5°$

Cc	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°
Zc	162°	159°	158°	157,5°	158°	159°	160,5°	163°

Zv = 163° D = 3° W Déviations d_1 au 215° du compas et d_2 au 243° magnétique.

Réponses : $d_1 = +4{,}5°$ $d_2 = +7{,}5°$

Grille de calcul

On note pour différents caps compas (Cc) le relèvement compas (Zc) d'un amer.

Zv = ...	*Zv est le relèvement vrai de l'amer (lu sur la carte):*
- D = ...	*La carte donne la déclinaison [D (E) > 0 et D (W) < 0]*
Zm = ...	*Zm est le relèvement magnétique : Zm = Zv - D*

Courbe de déviation

Cc	Zc	d
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....

avec d = Zm - Zc

On trace alors la courbe pour le secteur décrit.

Tableau des déviations

Cc	d	Cm
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....
....	....	....

avec Cm = Cc + d

La déviation au cap compas Cc est obtenue par lecture directe sur la courbe.
La déviation pour un cap magnétique Cm est obtenue sur la courbe par double entrée ou par la méthode de Napier. On n'utilisera le tableau des déviations que si les mesures sont effectuées à des caps suffisamment rapprochés.

Courbe des déviations

Déviations demandées
d = ... au .... du compas.
d = ... au .... magnétique.

LOXODROMIE (distance inférieure à 300 milles)

Angle de route et distance

On part du point de coordonnées φ_D = ... , G_D = ... pour aller au point de coordonnées φ_A = ... , G_A = ...
Déterminer la route fond et la distance à parcourir.

Exercices

Position de départ	Position d'arrivée	Réponses	
		route fond	distance
φ_D = 35°54,2' N G_D = 014°30,5' E	φ_A = 38°11,3' N G_A = 015°34,7' E	020,5°	146,4 milles
φ_D = 50°53,7' N G_D = 001°23,5' W	φ_A = 51°03,8' N G_A = 002°22,0' E	086°	142,3 milles
φ_D = 27°50,0' S G_D = 178°30,0' E	φ_A = 29°17,0' S G_A = 179°05,0' W	124,5°	154,2 milles
φ_D = 37°29,8' S G_D = 009°12,0' E	φ_A = 37°29,1' S G_A = 007°36,5' E	270,5°	75,8 milles
φ_D = 01°06,0' N G_D = 015°36,0' W	φ_A = 00°30,0' S G_A = 013°20,0' W	125°	166,5 milles

Grille de calcul

Position de départ	Position d'arrivée
φ_D = ... G_D = ...	φ_A = ... G_A = ...

Règles de signes : *φ Nord > 0* *φ Sud < 0* *G Ouest > 0* *G Est < 0*

φ_A = ... - φ_D = ... l = ...	G_A = ... - G_D = ... g = ...

$\varphi_m = \dfrac{\varphi_A + \varphi_D}{2} \Rightarrow \varphi_m =$ .... et $\tan \mathrm{Rfq} = \left|\dfrac{g.\cos\varphi_m}{l}\right| \Rightarrow \mathrm{Rfq} =$ .... soit $\boxed{\text{Rf = ...}}$

Rfq, compté de 0° à 90°, prend le nom Nord ou Sud du changement en latitude l et le nom Est ou Ouest du changement en longitude g ; on en déduit Rf compté de 0° à 360°.

$m = \dfrac{60 \cdot |l|}{\cos \mathrm{Rfq}}$ (pour Rfq < 89°) ou $m = \dfrac{60 \cdot |g| \cdot \cos\varphi_m}{\sin \mathrm{Rfq}}$ (pour Rfq > 89°) soit $\boxed{\text{m = ...}}$

Précision des calculs : angle de route au ½ degré , distance au dixième de mille.

Remarque : les formules exactes sont évidemment applicables lorsque la distance est inférieure à 300 milles.

LOXODROMIE (distance inférieure à 300 milles)

Position estimée

On part du point de coordonnées φ_D = ... , G_D = ... et l'on suit une route fond Rf = ... sur une distance de .... milles.

Déterminer les coordonnées du point estimé.

Exercices

Position de départ	Route fond	Distance	Réponses
φ_D = 39°51,0' S G_D = 129°13,0' W	338°	150,3 milles	φ_A = 37°31,6' S G_A = 130°25,1' W
φ_D = 52°28,3' N G_D = 002°14,6' W	065°	21,5 milles	φ_A = 52°37,4' N G_A = 001°42,6' W
φ_D = 37°42,5' S G_D = 178°48,7' E	093,5°	244 milles	φ_A = 37°57,4' S G_A = 176°02,9' W
φ_D = 62°29,0' N G_D = 001°57,0' E	221°	168,7 milles	φ_A = 60°21,7' N G_A = 001°54,4' W
φ_D = 29°50,0' N G_D = 164°16,5' E	265°	74,2 milles	φ_A = 29°43,5' N G_A = 162°51,3' E

Grille de calcul

Position de départ
φ_D = ...
G_D = ...

Rf = ...
m = ...

$$l = \frac{m \cdot \cos Rf}{60} \quad \text{et} \quad \varphi_A = \varphi_D + l \quad \Rightarrow \quad \boxed{\varphi_A = \text{....................}}$$

Vérification : *90° < Rf < 270° ⇒ l < 0 (chemin Sud)*

$$\varphi_m = \frac{\varphi_A + \varphi_D}{2} \Rightarrow \varphi_m = \text{........................} \quad \text{et} \quad g = \frac{-m \cdot \sin Rf}{60 \cdot \cos\varphi_m} \Rightarrow \quad \boxed{g = \text{....................}}$$

Vérification : *0° < Rf < 180° ⇒ g < 0 (chemin Est)*

$$G_A = G_D + g \quad \Rightarrow \quad \boxed{G_A = \text{...................}}$$

La position est donnée en degrés, minutes et dixièmes de minute.

<u>Remarque</u> : les formules exactes sont évidemment applicables lorsque la distance est inférieure à 300 milles.

LOXODROMIE

Angle de route et distance

On part du point de coordonnées φ_D = ... , G_D = ... pour aller au point de coordonnées φ_A = ... , G_A = ...
Déterminer la route fond et la distance à parcourir.

Exercices

Position de départ	Position d'arrivée	Réponses	
		route fond	distance
φ_D = 27°30,0' N G_D = 079°30,0' W	φ_A = 39°00,0' N G_A = 030°00,0' W	074,5°	2570 milles
φ_D = 11°45,0' N G_D = 049°26,0' W	φ_A = 19°30,0' S G_A = 010°21,0' W	129°	2975 milles
φ_D = 52°48,0' S G_D = 010°37,0'W	φ_A = 22°32,0' S G_A = 020°36,0' E	038,5°	2320 milles
φ_D = 58°10,0' N G_D = 158°25,0' W	φ_A = 35°22,0' N G_A = 163°57,0' E	228°	2040 milles
φ_D = 05°45,0' S G_D = 035°11,0' E	φ_A = 48°40,0' N G_A = 005°30,0' E	334,5°	3624 milles

Grille de calcul

Position de départ	Position d'arrivée
φ_D = ...	φ_A = ...
G_D = ...	G_A = ...

$$\Lambda_A = \frac{180°}{\pi}\cdot \ln\left[\tan\left(45°+\frac{\varphi_A}{2}\right)\right] = \text{........................} \qquad \Lambda_D = \frac{180°}{\pi}\cdot \ln\left[\tan\left(45°+\frac{\varphi_D}{2}\right)\right] = \text{........................}$$

φ Nord > 0 (donc Λ Nord > 0) φ Sud < 0 (donc Λ Sud < 0) G Ouest > 0 G Est < 0

φ_A = ...	Λ_A = ...	G_A = ...
$-\varphi_D$ = ...	$-\Lambda_D$ = ...	$-G_D$ = ...
l = ...	λ = ...	g = ...

$\tan \text{Rfq} = \left|\frac{g}{\lambda}\right| \Rightarrow$ Rfq = ... soit :

$\boxed{\text{Rf} = \text{........................}}$

$m = \frac{60\cdot|l|}{\cos \text{Rfq}}$ ou $m = \frac{60\cdot|g|\cdot\cos\varphi_m}{\sin \text{Rfq}}$ avec $\varphi_m = \frac{\varphi_A + \varphi_D}{2}$ (pour Rfq > 89°) soit :

$\boxed{m = \text{........................}}$

Précision des calculs : angle de route au ½ degré , distance en milles.

__Remarque__ : les formules approchées ne sont pas acceptables lorsque la distance est supérieure à 300 milles.

ORTHODROMIE

On part du point de coordonnées φ_D = ... , G_D = ... pour aller au point de coordonnées φ_A = ... , G_A = ...

1. Calculer la distance orthodromique m_O, l'angle de route initial V et les coordonnées du vertex, et tracer à vue sur un canevas Mercator l'arc d'orthodromie suivi.
2. Le navire ayant une vitesse de .... nœuds, calculer la route fond Rf à suivre pendant les .... premières heures de la traversée.
3. Calculer la distance loxodromique m_L et le nombre de milles gagnés en suivant l'orthodromie.

Exercices

Position de départ	Position d'arrivée	Vitesse	.... premières heures
φ_D = 38°30,0' N G_D = 142°00,0' E	φ_A = 37°48,0' N G_A = 122°30,0' W	16 nœuds	23
φ_D = 05°22,0' N G_D = 082°25,0' W	φ_A = 38°30,0' S G_A = 179°08,0' W	13 nœuds	12
φ_D = 34°05,0' S G_D = 025°37,0'E	φ_A = 31°58,0' S G_A = 115°24,0' E	15,4 nœuds	20
φ_D = 53°01,0' N G_D = 158°39,0' E	φ_A = 33°02,0' S G_A = 071°38,0' W	16,5 nœuds	24
φ_D = 00°27,0' S G_D = 048°11,0' W	φ_A = 51°46,0' N G_A = 003°56,0' W	23 nœuds	24

Réponses

m_O (milles)	V	Coordonnées du vertex	Rf	m_L (milles)	gain (milles)
4272	056°	φ_V = 49°26,5' N G_V = 170°54,3' W	058°	4506	234
5915	232°	φ_V = 38°30,0' S G_V = 179°11,9' W	231,5°	6006	91
4355	117°	φ_V = 42°34,5' S G_V = 068°11,1' E	115,5°	4518	163
8356	081°	φ_V = 53°31,5' N G_V = 169°38,1' E	085,5°	8577	221
3845	028,5°	φ_V = 61°18,4' N G_V = 042°03,8' E	028,5°	3867	22

Grille de calcul

Position de départ	Position d'arrivée
$\varphi_D =$ .... $G_D =$	$\varphi_A =$ .... $G_A =$ ....

Vitesse : .... nœuds

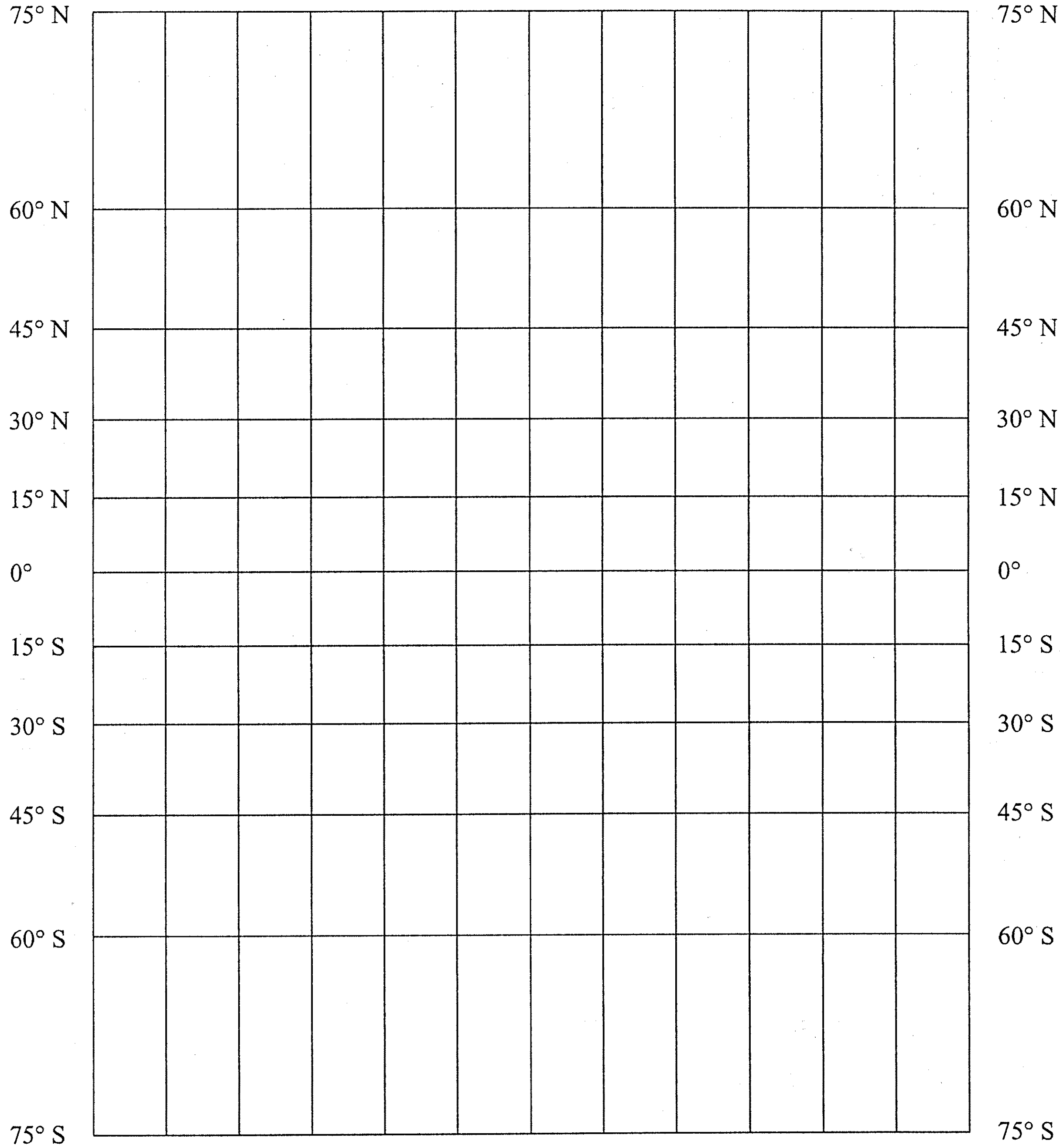
M : distance orthodromique, elle est exprimée en degrés et 3 décimales dans les calculs.
m_O : distance orthodromique en milles.
g : différence de longitude entre les points de départ et d'arrivée, elle est exprimée en degrés et 3 décimales.
Ad : angle de route initial compté de 0° à 180°.
V : route orthodromique au départ, elle se déduit de Ad et elle est compté de 0° à 360°.
φ_v et G_v : coordonnées du vertex.
g_v : différence de longitude entre le point de départ et le vertex, elle est exprimée en degrés et 3 décimales.

$g = G_A - G_D$	*[g Ouest > 0 g Est < 0]*	g = ...
$\cos M = \sin\varphi_D \cdot \sin\varphi_A + \cos\varphi_D \cdot \cos\varphi_A \cdot \cos g$	*[φ Nord > 0 φ Sud < 0]*	M = ...
$m_O = 60.M$		$m_O =$ .... milles
$\cos Ad = \dfrac{\sin\varphi_A - \sin\varphi_D \cdot \cos M}{\cos\varphi_D \cdot \sin M}$	*Ad est compté de 0° à 180°, du Nord vers l'Est ou vers l'Ouest suivant le signe de g.*	Ad = ...
V = Ad *si N Ad E* *ou* V = 360°-Ad *si N Ad W*		V = ...
$\cos\varphi_v = \cos\varphi_D \cdot \sin Ad$	*φ_v est Nord si Ad < 90°* *φ_v est Sud si Ad > 90°*	$\varphi_v =$ ....
$\cos g_v = \dfrac{\tan\varphi_D}{\tan\varphi_v}$	*g_v a le même nom, Est ou Ouest, que g.*	$g_v =$ ....
$G_v = G_D + g_v$		$G_v =$ ....

Route fond Rf à suivre pendant les .... premières heures de la traversée.

m_L : distance loxodromique en milles.
α : correction Givry, elle est donnée au ½ degré près.

$m_L = v \cdot t$	*v : vitesse du navire* *t : durée du parcours*	$m_L =$ .... milles
$\alpha = \dfrac{m_L}{120} \cdot \sin V \cdot \tan\varphi_D$	*m_L en milles* *φ_v Nord > 0 et φ_v Sud < 0* *α en degrés*	α = ...
$Rf = V + \alpha$	*On obtient le signe de α en faisant un graphique.*	Rf = ...



Ecart entre deux méridiens consécutifs : 15°

RÉDUCTION D'UNE SONDE (Port principal)

Le .... à l'heure A = ... , dans les environs du port de .... , on a sondé et trouvé comme profondeur .... Quelle sonde faut-il chercher sur la carte ?

Exercices

Date	Heure U.T.	Port	Profondeur	Réponses	
				facteur f	sonde
28/08	18h 45min	Brest	17,4 m	0,84	11,3 m
01/09	17h 08min	Brest	5,3 m	0,63	0,7 m
05/09	07h 30min	Brest	3,0 m	0,27	<u>0,3</u> m
27/08	19h 34min	Brest	14,5 m	0,52 / 0,49	10,5 m
02/09	04h 17min	Brest	6,0 m	0,32 / 0,28	3,0 m

Grille de calcul

Date : ....
Heure A : ....

Port : ....
Profondeur : ....

Si A est une heure UT, les heures de PM et BM seront également données en temps universel.

Heure ...... M = ... le	Hauteur ...... M = ...
Heure ...... M = ... le	Hauteur ...... M = ...
marnage = Htr PM - Htr BM	marnage = ...

Indiquer dans l'ordre chronologique les heures et hauteurs d'eau encadrant l'instant considéré.

Soit t l'intervalle de temps entre l'instant considéré (A) et l'heure de la BM ou de la PM la plus proche.

t = Heure A - Heure BM (ou PM) ⇒ $\boxed{t = \text{..........h ....min}}$

Connaissant t, on obtient le facteur f dans la courbe type du port principal. Les trois critères pour choisir la portion de courbe sont :

- BM ou PM suivant l'heure la plus proche de l'instant considéré.
- VE moyenne ou ME moyenne suivant le marnage.
- signe de t : avant ou après l'heure de BM ou de PM de référence.

f = ... *(deux décimales)*

Δ Hr = ... *Δ Hr = f. marnage*

Hauteur BM = ...
+ Δ Hr = ...

Hauteur = ...

Profondeur = ...
- Hauteur = ...

Sonde = ...

- le facteur f est toujours établi par rapport à la basse mer. Δ Hr est la correction à ajouter à la hauteur de cette basse mer pour obtenir la hauteur d'eau à l'heure A.
- La sonde est donnée au dm près, comme sur la carte marine. Elle est soulignée si elle est négative.

RÉDUCTION D'UNE SONDE (Port rattaché)

Le .... à l'heure A = ... , dans les environs du port de .... , on a sondé et trouvé comme profondeur .... Quelle sonde faut-il chercher sur la carte ?

Exercices

Date	Heure U.T.	Port	Profondeur	Réponse
31/08	11h 00min	Douarnenez	21,8 m	19,7 m
30/08	21h 40min	Ile d'Ouessant	7,2 m	3,4 m
05/09	09h 07min	Camaret	2,6 m	<u>1,7</u> m
03/09	06h 03min	Baltimore	9,2 m	7,7 m
02/09	02h 58min	Cardiff	8,1 m	4,7 m

Grille de calcul

Date : .... Heure A :	Port : .... Profondeur : ....

→ Port principal : ....

Si A est une heure UT, les heures de PM et BM seront également données en temps universel.

Heure ...... M (port principal)	=	le ....
Correction	=	
Heure ...... M (port rattaché)	**= ....**	**le ....**
Heure ...... M (port principal)	=	le ....
Correction	=	
Heure ...... M (port rattaché)	**= ....**	**le ....**

Hauteur ...... M (port principal)	= ....
Correction	= ....
Hauteur ...... M (port rattaché)	**= ....**
Hauteur ...... M (port principal)	= ....
Correction	= ....
Hauteur ...... M (port rattaché)	**= ....**

a) D est la durée de la montée ou de la baissée : D = ... h .... min
b) ma est le marnage (marnage = hauteur PM - hauteur BM) : ma = ... m
c) t est l'intervalle de temps entre l'heure A et la BM ou la PM : t = ... h .... min

$$\Delta Hr = ma \cdot \sin^2\left(\frac{90 \cdot t}{D}\right)$$

(on suppose que la variation de hauteur est sinusoïdale)

Hauteur .....M = ...
Δ Hr = ...
Hauteur = ...

Prendre la PM ou la BM de référence choisie en c).
Δ Hr est obtenu en appliquant la formule donnée ci-dessus.
Hauteur d'eau à l'heure A (Hauteur = Hr PM - ΔHr ou Hr BM + ΔHr).

Profondeur = ...
- Hauteur = ...
Sonde = ...

La sonde est donnée au dm près, comme sur la carte marine. Elle est soulignée si elle est négative.

PASSAGE SUR UN POINT DE SONDE CONNUE (Port principal)

Le .... à l'heure A = ... , un navire qui cale .... (pied de pilote compris) se trouve dans les environs du port de ....

A partir de quelle heure { pourra - t - il passer / ne pourra - t - il plus passer } sur un fond marqué ....sur la carte ?

Exercices

Date	Heure U.T.	Tirant d'eau	Port	...passer ?	Sonde	Réponse
04/09	05h 15min	3,90 m	Brest	pourra-t-il ...	0,7 m	06h 06min le 04/09
29/08	19h 00min	2,40 m	Brest	ne pourra-t-il plus ...	2,0 m	20h 37min le 29/08
28/08	22h 08min	4,10 m	Brest	pourra-t-il ...	0,2 m	02h 16min le 29/08
04/09	17h 00min	3,00 m	Brest	pourra-t-il ...	1,9 m	21h 26min le 04/09
02/09	09h 52min	4,00 m	Brest	ne pourra-t-il plus ...	1,5 m	13h 17min le 02/09

Grille de calcul

Date : ....
Heure A : ....

Tirant d'eau : ....
Port : ....
Sonde : ....

Si A est une heure UT, les heures de PM et BM seront également données en temps universel.

Indiquer dans l'ordre chronologique les heures et hauteurs d'eau encadrant l'heure recherchée. Si l'on veut savoir à partir de quelle heure un navire pourra passer, on se situe en période de montant : l'heure de la BM est donnée en premier.

Heure ...... M = ... le	Hauteur ...... M = ...	Tirant d'eau = ...
Heure ...... M = ... le	Hauteur ...... M = ...	- Sonde = ...
	marnage = ...	Hauteur = ...
	avec marnage = Htr PM - Htr BM	- Hauteur BM = ...
		Δ Hr = ...

Facteur f = ΔHr/ma ⇒ f = ... *(deux décimales)*

On appelle t l'intervalle de temps entre l'heure recherchée et l'heure de la BM ou de la PM la plus proche. Connaissant le facteur f, on obtient t dans la courbe type du port principal. Les deux critères pour choisir la courbe sont :

- BM ou PM la plus proche [on prendra la PM si f > 0,50 soit ΔHr > ma/2].
- VE moyenne ou ME moyenne suivant le marnage.

t est lu vers la gauche si l'heure recherchée est antérieure à l'heure de la PM (ou de la BM) la plus proche.

intervalle t = ...h ....min

Heure recherchée = Heure BM (ou PM) ± t ⇒ Heure recherchée = ... h ....min , le ....

PASSAGE SUR UN POINT DE SONDE CONNUE (Port rattaché)

Le .... à l'heure A = ... , un navire qui cale .... (pied de pilote compris) se trouve dans les environs du port de ....

A partir de quelle heure { pourra - t - il passer / ne pourra - t - il plus passer } sur un fond marqué ....sur la carte ?

Exercices

Date	Heure U.T.	Tirant d'eau	Port	...passer ?	Sonde	Réponse
01/09	14h 00min	6,10 m	Douarnenez	pourra-t-il ...	3,2 m	15h 56min le 01/09
02/09	21h 45min	6,40 m	Swansea	ne pourra-t-il plus ...	0,3 m	01h 20min le 03/09
31/08	04h 21min	2,80 m	Ile de Sein	pourra-t-il ...	2,5 m	05h 04min le 31/08
03/09	10h 00min	3,10 m	Lizard Point	ne pourra-t-il plus ...	0,3 m	13h 22min le 03/09
27/08	16h 30min	4,20 m	Morgat	ne pourra-t-il plus ...	0,6 m	18h 36min le 27/08

Grille de calcul

Date : .... Heure A :	Tirant d'eau : .... Port : .... Sonde : ....

→ Port principal : ....

Si A est une heure UT, les heures de PM et BM seront également données en temps universel.

Heure ...... M (port principal)	=	le ....
Correction	=	
Heure ...... M (port rattaché)	**= ....**	**le ....**
Heure ...... M (port principal)	=	le ....
Correction	=	
Heure ...... M (port rattaché)	**= ....**	**le ....**

Hauteur ...... M (port principal)	= ....
Correction	= ....
Hauteur ...... M (port rattaché)	**= ....**
Hauteur ...... M (port principal)	= ....
Correction	= ....
Hauteur ...... M (port rattaché)	**= ....**

D est la durée de la montée ou de la baissée : D = ... h .... min

ma est le marnage (marnage = hauteur PM - hauteur BM) : ma = ... m

$$t = \frac{D}{90} \cdot \sin^{-1}\sqrt{\frac{\Delta Hr}{ma}}$$ (on suppose que la variation de hauteur est sinusoïdale)

Tirant d'eau = ... - Sonde = ... Hauteur = ...	Hauteur ....M = ... Hauteur = ... Δ Hr = ...	→ Intervalle t = ... h .... min

avec Δ Hr = Hauteur PM - Hauteur ou ΔHr = Hauteur - Hauteur BM

Heure recherchée = Heure BM (ou PM) de référence ± t ⇒ **Heure recherchée = ... h ....min , le ....**

VARIATION AU LEVER OU AU COUCHER DU SOLEIL

Le..............., le point estimé ayant pour coordonnées φ_E = ... , G_E = ... , on a relevé le Soleil au compas au moment du .... et obtenu Zc = ... Calculer la variation.

Exercices

Date	Position estimée		Observation du Soleil au moment du ...	Zc	W
	φ_E	G_E			
02/09	44°27' N	136°18' W	lever vrai	078,5°	+ 0,5°
28/08	30°43' S	150°23' E	coucher apparent du bord supérieur	281,5°	- 1,5°
03/09	18°51' S	163°46' E	lever apparent du bord inférieur	090°	- 9°
01/09	31°17' N	028°51' W	lever apparent du bord supérieur	080°	- 0,5°
02/09	33°54' S	063°17' E	coucher vrai	275°	- 4,5°
30/08	52°04' S	120°45' W	coucher apparent du bord inférieur	269,5°	+ 14,5°

Remarques

- Les Ephémérides Nautiques donnent le relèvement du Soleil, en fonction de la latitude, au moment du lever (pages paires) et au moment du coucher (pages impaires) ; en effet ces éléments varient peu d'un jour à l'autre et l'on fait la moyenne, le cas échéant, entre le relèvement de la veille et celui du lendemain. Ces valeurs sont établies pour une observation, au niveau de la mer, du bord supérieur du Soleil. En fait, l'élévation de l'œil n'est pas nulle et, à l'instant de référence, la partie supérieure du Soleil apparaîtra au-dessus de l'horizon, d'une quantité ne dépassant pas, pour la plupart des navires, le tiers de son diamètre. Il suffit de prendre le relèvement compas du Soleil puis de rechercher le relèvement vrai dans les Ephémérides Nautiques pour obtenir la valeur approximative de la variation.

- Les instants de début de l'aube, de lever, de coucher et de fin du crépuscule sont établis en temps universel pour le phénomène se produisant sur le méridien origine, mais l'on peut généraliser pour la journée au méridien local, sans erreur sensible, en exprimant les heures en temps civil local Tcg.

$$Tcp = Tcg + G$$

  G étant la longitude du lieu exprimée en heures (360° = 24h soit 15° = 1h).

- On obtient D directement dans les Ephémérides Nautiques si l'on note l'heure Tcp au moment de l'observation, mais avant d'utiliser les pages quotidiennes, il faudra vérifier qu'il n'y a pas de changement de date.

$$Tcp = Tcf + f$$

  f est le numéro du fuseau, on l'obtient en divisant la longitude par 15 et en arrondissant le résultat au nombre entier le plus proche ; f est positif à l'Ouest et négatif à l'Est.

Grille de calcul

Date	Position estimée	
le	φ_e = ...	G_e = ...

↓ *Ephémérides Nautiques* ↓ ↓ *G (h) = G (°) / 15*

Tcg = ...	G = ...

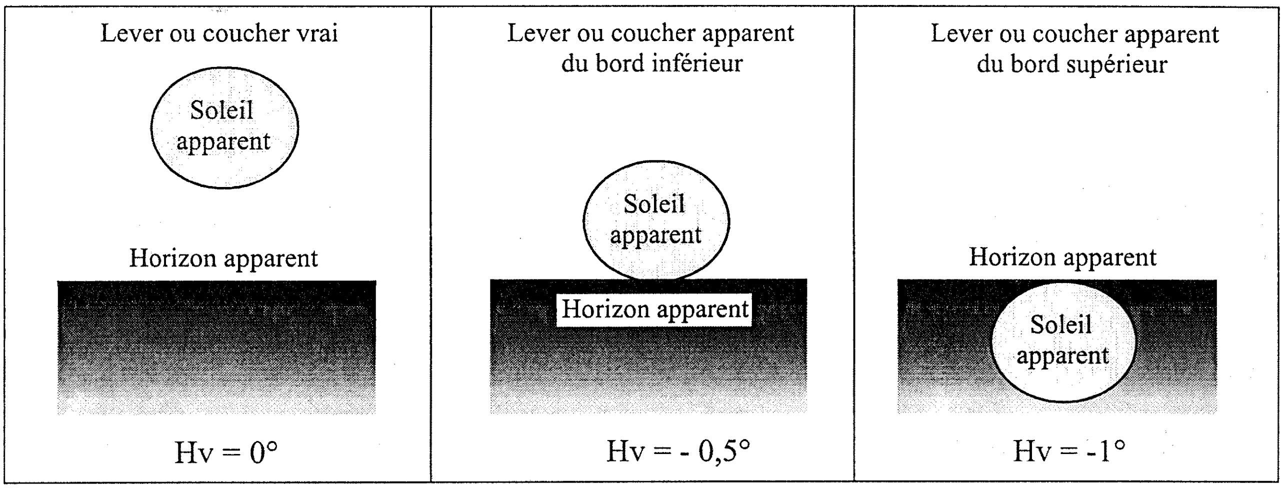
↓ ↓ *[G (W) > 0 G (E) < 0]*

Tcp = Tcg + G ⇒ Tcp = ... le ....

Ephémérides Nautique (heure ronde la plus proche de Tcp) ↓

D = ...

La position estimée et la déclinaison sont données en degrés, minutes et dixièmes de minute (ou en degrés et 3 décimales) alors que le relèvement vrai du Soleil ne sera indiqué qu'au ½ degré près ; il n'est donc pas utile de rechercher une grande précision dans la détermination des éléments d'entrée.



Connaissant φ_e, D et Hv, on calcule l'azimut Az_e (φ_e Nord > 0 et φ_e Sud < 0 ; D Nord > 0 et D Sud < 0) :

$$\cos Az_e = \frac{\sin D - \sin Hv \cdot \sin \varphi_e}{\cos Hv \cdot \cos \varphi_e} \quad \text{ou} \quad \cos Az_e = \frac{\sin D}{\cos \varphi_e} \quad \text{(lever ou coucher vrai : Hv = 0)}$$

*Az_e est compté de 0° à 180°, vers l'Est pour un lever (N Az_e **E**) et vers l'Ouest pour un coucher (N Az_e **W**).*

Le relèvement estimé de l'astre, compté de 0° à 360°, se déduit de Az_e : $Z_e = Az_e$ (lever) ou Z_e = 360°- Az_e (coucher).

Compte tenu de la précision demandée, on peut confondre le relèvement estimé Z_e et le relèvement vrai Z_v.

Az_e = ... et $Z_e \approx Z_v$ ⇒

Z_v = ...

\- Z_c = ...

W = ...

AZIMUT PAR L'HEURE

Le .... à Tcf = ... , le point estimé ayant pour coordonnées φ_E = ... , G_E = ... , on a relevé .... au .... du compas.

Déterminer la variation.

Exercices

Date	Heure Tcf	Position estimée		Astre	Zc	W
		φ_E	G_E			
01/09	23h 08min	30°20' N	074°36' W	Capella	040,5°	+ 0,5°
28/08	16h 54min	23°04' S	165°55' E	Soleil	297,5°	- 12°
02/09	05h 04min	27°18' N	135°43' W	Vénus	086,5°	0°
03/09	19h 48min	48°25' N	133°01' E	Antarès	198°	+ 9°
28/08	05h 41min	40°12' S	032°25' W	Lune	285,5°	- 4,5°
02/09	04h 44min	22°59' N	148°06' E	Vénus	089,5°	- 6,5°
31/08	01h 55min	15°09' S	092°33' E	Bételgeuse	079°	+ 1°
30/08	23h 30min	54°31' N	024°16' W	Fomalhaut	174,5°	- 1°
31/08	07h 24min	20°50' S	056°05' E	Soleil	070°	+ 5,5°
01/09	22h 48min	41°59' N	070°22' W	Lune	075°	+ 3,5°

Grille de calcul

Position estimée
φ_e = ...
G_e = ...

Tcf = ... le ....
+ f = ...
Tcp = ... le ....

G (E) →f < 0 et G (W)) →f > 0

On obtient f en divisant la longitude G_e par 15 et en arrondissant au nombre entier le plus proche.

Les angles horaires et la déclinaison sont donnés soit en degrés, minutes et dixièmes de minute ; soit en degrés et décimales avec 3 chiffres après la virgule.

Les angles horaires et la déclinaison Do des astres errants sont indiqués dans les pages journalières des Éphémérides Nautiques en fonction de l'heure Tcp, alors que l'ascension verse Ava et la déclinaison D des étoiles sont indiquées dans les tables des étoiles, vers la fin de l'ouvrage.

	Soleil	Planètes et Lune	Étoiles
Heure ronde :	AHvo = ...	AHao = ...	AHso = ...
Interpolation :	+ Δ AH = ...	+ Δ AH = ...	+ Δ AH = ...
Heure Tcp :	AHvp = ...	AHap = ...	AHsp = ...
	- G_e = ...	- G_e = ...	- G_e = ...
			$AHsg_e$ = ...
			+ Ava = ...
	$AHag_e$ = ...	$AHag_e$ = ...	$AHag_e$ = ...

Si $0° < AHag_e < 180° \Rightarrow P_e = AHag_e$ l'astre est dans l'Ouest

Si $180° < AHag_e < 360° \Rightarrow P_e = 360° - AHag_e$ l'astre est dans l'Est

$\Rightarrow$ P_e = ...

préciser E ou W

Heure ronde :	Do = ...
Interpolation :	+ Δ D = ...
Heure Tcp :	D = ...

Connaissant la latitude estimée φ_e, ainsi que l'angle au pôle P_e et la déclinaison D de l'astre à l'instant Tcp de l'observation, on calcule l'azimut estimé ($Az_e \mapsto Z_e \# Z_v$).

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

Avec : φ_e Nord > 0 et φ_e Sud < 0 D Nord > 0 et D Sud < 0pas de signe pour P_e

Az_e est compris entre -90° et + 90° ; on en déduit Zv compté de 0° à 360° en donnant au résultat le nom Nord s'il est positif, Sud s'il est négatif et le même nom Est ou Ouest que l'angle au pôle (précision des calculs : ½ degré).

Az_e = ...

et $Z_e \approx Z_v \Rightarrow$

Z_v = ...
- Z_c = ...
W = ...

LA MÉRIDIENNE

Le .... à Tcf = ...h 00min , le point estimé a pour coordonnées φ_E = ... , G_E = ... Le navire fait route au .... du compas, W = ... , dérive = ... , vitesse = ... nœuds. Le courant est nul.

1. Calculer l'heure Tcp pass du prochain passage du Soleil au méridien estimé supérieur.
2. On observe à l'heure Tcp pass la hauteur du bord .... du Soleil, Hi = ... , ε = ... , élévation = ... mètres. Calculer la latitude.

Exercices

Date	Heure Tcf	Position estimée φ_E	Position estimée G_E	Cc	W	Dérive	Vitesse (nœuds)
30/08	11h 00min	48°50' S	027°11' W	344°	- 28°	0°	7,2

Bord	Hauteur instrumentale	ε	élévation	*Tcp pass*	*Latitude*
inférieur	32°05,4'	- 1,1'	4 m	*13h 49min 52s*	*48°42,9' S*

Date	Heure Tcf	Position estimée φ_E	Position estimée G_E	Cc	W	Dérive	Vitesse (nœuds)
28/08	09h 00min	36°24' N	031°18' E	128°	+ 3°	3° Td	14,5

Bord	Hauteur instrumentale	ε	élévation	*Tcp pass*	*Latitude*
supérieur	64°19,5'	- 2,5'	16 m	*09h 53min 39s*	*35°54,3' N*

Date	Heure Tcf	Position estimée φ_E	Position estimée G_E	Cc	W	Dérive	Vitesse (nœuds)
02/09	08h 00min	34°17' N	100°26' W	153°	+ 2°	1° Bd	15,5

Bord	Hauteur instrumentale	ε	élévation	*Tcp pass*	*Latitude*
inférieur	64°20,9'	- 0,8'	22 m	*18h 39min 26s*	*33°25,3' N*

Date	Heure Tcf	Position estimée φ_E	Position estimée G_E	Cc	W	Dérive	Vitesse (nœuds)
03/09	10h 00min	25°41,6' S	051°31,3' E	289°	- 5°	2° Bd	18

Bord	Hauteur instrumentale	ε	élévation	*Tcp pass*	*Latitude*
inférieur	56°42,3'	+ 1,5'	19 m	*08h 35min 30s*	*25°28,9' S*

Grille de calcul

Position estimée
φ_e = ...
G_e = ...

Tcf = ... le ....
+ f = ...
Tco = ... le ....

G (E) →f< 0 et G (W)) →f> 0

↓ *Ephémérides nautiques*

Heure ronde Tco :
G Est < 0 , G Ouest > 0 :
180° < AHvg < 360° :

AHvo = ...
- G_e = ...
$AHvg_e$ = ...

⇒ P_e = ...

Le calcul étant effectué quelques heures avant la passage au méridien, le Soleil est dans l'Est : $P_e = 360° - AHvg_e$

Cc = ...	*cap compas*
+ W = ...	*variation (NE > 0)*
Cv = ...	*cap vrai*
+ der = ...	*dérive (positive à tribord)*
Rs = Rf = ...	*le courant est supposé nul*

Vitesse du navire : V =............. nœuds

γ_A = AH'vo - AHvo *AHvo est l'angle horaire du Soleil à Tco et AH'vo est l'angle horaire du Soleil à Tco + 1h.*

$$\gamma_N = \frac{-V \cdot \sin Rf}{60 \cdot \cos \varphi_e}$$

V étant la vitesse du navire, Rf la route fond et φ_e la latitude estimée à l'heure Tco du calcul.

γ_A = ...
$-\gamma_N$ = ...
γ = ...

γ_A est la variation de l'angle horaire du Soleil en 1 heure, elle est donnée par les éphémérides.
γ_N est le changement en longitude du navire en 1 heure (positif si le navire va vers l'Ouest).
γ est la vitesse angulaire du Soleil par rapport au navire ($\gamma < \gamma_A$ si le navire va vers l'Ouest).

Tco = ...	*Heure UT du calcul.*
+ t = ...	$t = P_e/\gamma$
Tcp pass = ...	*Heure UT du passage du Soleil au méridien estimé du navire.*

Après avoir pris la hauteur instrumentale Hi du Soleil à l'heure Tcp pass, on détermine la distance zénithale Nv qui prend le nom du pôle auquel on tourne le dos pendant l'observation, puis on calcule la latitude du navire à cet instant :

Hi = ...
+ ε = ...
Ho = ...
+ 1ère cor. = ...
+ 2ème cor. = ...
Hv = ...
Nv = 90° - Hv = ...

la déclinaison D est calculé pour l'heure Tcp pass

Ephémérides ↓ *nautiques*

Do = ...
+ Δ D = ...
D = ...

Nv = ...
+ D = ...
φ = ...

LA DROITE DE HAUTEUR

Le .... (date au méridien origine) à Tcp = ... , on a pris la hauteur (du bord ....) de........................ , Hi = ... , ε = ... , élévation = ... mètres. Le point estimé a pour coordonnées φ_E = ..., G_E = ...

Calculer l'intercept et la direction azimutale de l'astre.

Exercices

Date	Heure Tcp	Bord	Astre	Hi	ε	él.	Position estimée	
							φ_E	G_E
31/08	20h 27min 14,5s	inf.	Soleil	53°05,8'	- 2,6'	21,5 m	27°23,5' N	160°11,0' W

Réponses : Hv –He = - 4,1' Zv = 114,5°

Date	Heure Tcp	Bord	Astre	Hi	ε	él.	Position estimée	
							φ_E	G_E
03/09	21h 09min 45s	sup.	Soleil	34°28,4'	+ 3,0'	15 m	12°13,9' S	084°51,0' W

Réponses : Hv –He = + 8,4' Zv = 288°

Date	Heure Tcp	Bord	Astre	Hi	ε	él.	Position estimée	
							φ_E	G_E
01/09	14h 28min 07s		Acrux	54°14,6'	- 0,9'	12 m	49°02,1' S	051°44,9' E

Réponses : Hv –He = - 2,3' Zv =223°

Date	Heure Tcp	Bord	Astre	Hi	ε	él.	Position estimée	
							φ_E	G_E
28/08	20h 43min 01s	inf.	Lune	25°05,6'	- 1,4'	7 m	19°41,7' N	133°09,8' E

Réponses : Hv –He = - 6,1' Zv = 255°

Date	Heure Tcp	Bord	Astre	Hi	ε	él.	Position estimée	
							φ_E	G_E
27/08	06h 38min 58s		Vénus	18°12,6'	+ 2,1'	20 m	16°15,5' S	001°21,4' W

Réponses : Hv –He = - 1,0' Zv = 078°

Date	Heure Tcp	Bord	Astre	Hi	ε	él.	Position estimée	
							φ_E	G_E
29/08	06h 50min 23s	sup.	Lune	21°35,6'	+ 1,7'	13 m	47°19,8' N	020°16,8' W

Réponses : Hv –He = + 3,3' Zv = 240,5°

Grille de calcul

Position estimée
φ_e = ...
G_e = ...

Tcp = ... le...........

L'heure du fuseau et la date locale sont normalement connues au moment de l'observation. Si la date au méridien origine n'est pas établie avec certitude, on lève le doute en ajoutant le numéro du fuseau f à l'heure Tcf : Tcp approchée = Tcf + f
On obtient f en divisant la longitude G_e par 15 et en arrondissant au nombre entier le plus proche : G (W)) → f > 0

	Astre errant
Heure ronde :	AHao = ...
Interpolation :	+ Δ AH = ...
Heure Tcp :	AHap = ...
G (W) > 0 :	- G_e = ...
	$AHag_e$ = ...

Lune : π = ...

Étoile
AHso = ...
+ Δ AH = ...
AHsp = ...
- G_e = ...
$AHsg_e$ = ...
+ Ava = ...
$AHag_e$ = ...

Do = ...
+ Δ D = ...
D = ...

P_e = ...

Préciser le nom E ou W de l'angle au pôle : si 0° < $AHag_e$ <180°, l'astre est dans l'Ouest et P_e = $AHag_e$.

Les angles horaires et la déclinaison sont donnés soit en degrés, minutes et dixièmes de minute ; soit en degrés et décimales avec 3 chiffres après la virgule.
Connaissant la latitude estimée φ_e ainsi que la déclinaison D et l'angle au pôle P_e de l'astre à l'instant Tcp de l'observation, on calcule la hauteur estimée H_e et l'azimut estimé ($Az_e \mapsto Z_e$ # Z_v).

$$\sin H_e = \sin \varphi_e \cdot \sin D + \cos \varphi_e \cdot \cos D \cdot \cos P_e$$

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

Avec : φ_e Nord > 0 et φ_e Sud < 0 D Nord > 0 et D Sud < 0pas de signe pour P_e

H_e = ...

H_e est calculé au dixième de minute près.

Az_e = ...

⇒

Z_v = ...

précision : ½ degré

Az_e est compris entre -90° et + 90° ; on en déduit Zv compté de 0° à 360° en donnant à l'azimut estimé le nom Nord s'il est positif, Sud s'il est négatif et le même nom Est ou Ouest que l'angle au pôle.

Soleil	Planète	Étoile	Lune
Hi = ...	Hi = ...	Hi = ...	Hi = ...
+ ε = ...	+ ε = ...	+ ε = ...	+ ε = ...
Ho = ...	Ho = ...	Ho = ...	Ho = ...
+ 1ère cor. = ...	+ 1ère cor. = ...	+ cor. = ...	+ 1ère cor. = ...
+ 2ème cor. = ...	+ 2ème cor. = ...		Ha = ...
	La deuxième correction ne concerne que Vénus et Mars		+ 2ème cor. = ...
			+ 3ème cor. = ...
			(bord supérieur seulement)
Hv = ...	Hv = ...	Hv = ...	Hv = ...
- He = ...	- He = ...	- He = ...	- He = ...
Hv - He = ...	Hv - He = ...	Hv - He = ...	Hv - He = ...

POINT D'ÉTOILES

Le .... (date au méridien origine), le point estimé ayant pour coordonnées φ_E = ... , G_E = ... , on a pris, à courts intervalles, les hauteurs suivantes d'étoiles et noté les heures Tcp correspondantes :

Hi_1 .... = ... à Tcp_1 = ...
Hi_2 .... = ... à Tcp_2 = ...
Hi_3 .... = ... à Tcp_3 = ...
ε = ... , élévation = ... mètres. Le navire suit une route fond au .... , vitesse fond = ... nœuds. Déterminer graphiquement le point à l'instant de la troisième observation (on traitera toutes les hauteurs avec le même point estimé).

Exercices

Date universelle	Position estimée		ε	Elévation (mètres)	Route fond	Vitesse (nœuds)
	φ_E	G_E				
29/08	34°25' S	029°50' W	- 2,3'	20,5	254°	20,7

Hi_1	Rigil Kentarus	= 58° 14,2'	à Tcp_1 = 20h 00min 14s
Hi_2	Arcturus	= 27° 13,5'	à Tcp_2 = 20h 03min 58s
Hi_3	Spica	= 40° 35,5'	à Tcp_3 = 20h 07min 27s

Réponses : *φ = 34° 23,7' S* *G = 029° 53,4' W* *à Tcp_3 = 20h 07min 27s le 29/08.*

Date universelle	Position estimée		ε	Elévation (mètres)	Route fond	Vitesse (nœuds)
	φ_E	G_E				
28/08	49°54' N	010°42' W	+ 1,5'	12	038°	12,3

Hi_1	Rashalague	= 52° 37,3'	à Tcp_1 = 20h 04min 34s
Hi_2	Alphératz	= 19° 34,3'	à Tcp_2 = 20h 08min 58s
Hi_3	Alkaïd	= 51° 15,3'	à Tcp_3 = 20h 11min 04s

Réponses : *φ = 49° 57,2' N* *G = 010° 43,8' W* *à Tcp_3 = 20h 11min 04s le 28/08.*

Date universelle	Position estimée		ε	Elévation (mètres)	Route fond	Vitesse (nœuds)
	φ_E	G_E				
02/09	52°35' N	162°23' E	+ 0,8'	15	125°	14

Hi_1	Rigel	= 24° 32,9'	à Tcp_1 = 17h 43min 17s
Hi_2	Dubhé	= 35° 15,3'	à Tcp_2 = 17h 45min 58s
Hi_3	Pollux	= 36° 53,8'	à Tcp_3 = 17h 49min 01s

Réponses : *φ = 52° 33,3' N* *G = 162° 29,1' E* *à Tcp_3 = 17h 49min 01s le 02/09.*

Grille de calcul

Position estimée
φ_e = ... G_e = ...

L'heure du fuseau et la date locale sont normalement connues au moment de l'observation. Si la date au méridien origine n'est pas établie avec certitude, on lève le doute en ajoutant le numéro du fuseau f à l'heure Tcf : Tcp approchée = Tcf + f.

On obtient f en divisant la longitude G_e par 15 et en arrondissant au nombre entier le plus proche avec G (W)) → f > 0

Etoile 1 :	Etoile 2 :	Etoile 3 : ....
Tcp_1 = ... le	Tcp_2 = ... le	Tcp_3 = ... le ....
$AHso_1$ = ... + Δ AH_1 = ... $AHsp_1$ = ... - G_e = ... $AHsg_{e1}$ = ... + AVa_1 = ... $AHag_{e1}$ = ...	$AHso_2$ = ... + Δ AH_2 = ... $AHsp_2$ = ... - G_e = ... $AHsg_{e2}$ = ... + AVa_2 = ... $AHag_{e2}$ = ...	$AHso_3$ = ... + Δ AH_3 = ... $AHsp_3$ = ... - G_e = ... $AHsg_{e3}$ = ... + AVa_3 = ... $AHag_{e3}$ = ...

Si $0° < AHag_e < 180° \mapsto P_e = AHag_e$ *l'astre est dans l'Ouest.*
Si $180° < AHag_e < 360° \mapsto P_e = 360° - AHag_e$ *l'astre est dans l'Est.*

P_{e1} = ... D_1 = ...	P_{e2} = ... D_2 = ...	P_{e3} = ... D_3 = ...

$$\sin H_e = \sin\varphi_e \cdot \sin D + \cos\varphi_e \cdot \cos D \cdot \cos P_e \qquad \tan Az_e = \frac{\sin P_e}{\tan D \cdot \cos\varphi_e - \sin\varphi_e \cdot \cos P_e}$$

Avec : φ_e *Nord > 0 et* φ_e *Sud < 0* *D Nord > 0 et D Sud < 0* *Pas de signe pour* P_e

Az_e est compris entre -90° et + 90° ; on en déduit Zv compté de 0° à 360° en donnant au résultat le nom Nord s'il est positif, Sud s'il est négatif et le même nom Est ou Ouest que l'angle au pôle (précision des calculs : ½ degré).

Les corrections des hauteurs observées des étoiles sont données par la table VIII des éphémérides nautiques.

Hi_1 = ... + ε = ... Ho_1 = ... + cor_1 = ... Hv_1 = ... - He_1 = ...	Hi_2 = ... + ε = ... Ho_2 = ... + cor_2 = ... Hv_2 = ... - He_2 = ...	Hi_3 = ... + ε = ... Ho_3 = ... + cor_3 = ... Hv_3 = ... - He_3 = ...
$Hv_1 - He_1$ = ...	$Hv_2 - He_2$ = ...	$Hv_3 - He_3$ = ...

Aze_1 = ... Aze_2 = ... Aze_3 = ...

Zv_1 = ...	Zv_2 = ...	Zv_3 = ...

Soient Vf la vitesse fond du navire et Rf la route fond (si le courant est nul, Rf = Rs).

m' = (Tcp_3 - Tcp_1) . Vf ⇒ | m' = ...
m" = (Tcp_3 - Tcp_2) . Vf ⇒ | m" = ...

Position estimée : φ_e = ... G_e = ...

Le graphique donne les changements l et g : + l = ... + g = ...

Position observée à Tcp_3 = ... : | φ = ... | G = ... |