

22. *Vérification d'une droite de hauteur.* — Dans les cas où l'on jugera utile de vérifier le résultat d'un calcul, on pourra employer l'une des méthodes suivantes :

Les valeurs arrondies à 20' de L' et P' entre lesquelles sont comprises les valeurs de L_c et P_c donnent quatre points auxiliaires qui peuvent être utilisés pour le calcul de la droite de hauteur et fournir des vérifications satisfaisantes.

On peut encore substituer à la hauteur H une hauteur altérée $H + \Delta H$ qui donnera une droite sensiblement parallèle à la droite exacte et située à une distance de celle-ci, égale à ΔH , mesurée à l'échelle oblique.

Soit proposé, par exemple, de vérifier le calcul du type I, page xxxi, dont les données sont $H = 48^{\circ}54',2$, $D = 12^{\circ}14' N$, $L' = 25^{\circ}00' N$, $P' = 41^{\circ}20'$.

Les résultats obtenus avec ces données sont $H' = H_c = -6,1$, $Z'_c = 79^{\circ},7$.

En ajoutant 10' à la hauteur, le calcul devient :

$$\begin{array}{r} H = 49^{\circ}04',2 \\ D = 12\ 14 \\ \hline H + D = 61\ 18,2 \\ H - D = 36\ 50,2 \\ \hline 1/2 (H' + D') = 1\ 241',0 \\ 1/2 (H' - D') = 1\ 655',8 \\ H' = 2\ 896',8 \\ D' = -414',8 \\ H'_c = 2\ 891',7 \\ \hline H' - H'_c = +\ 5',1 \\ Z'_c = 79^{\circ}6 \end{array}$$

La distance de cette droite à la précédente est égale à $6,1 + 5,1 = 11,2$ minutes du parallèle, qui, à l'approximation des tables, valent 10' de grand cercle à la latitude de $25^{\circ}00'$. Ce sont bien les 10' ajoutées à la hauteur donnée.

CHAPITRE IV

LE POINT A LA MER — RÉGLAGE DES CHRONOMÈTRES

23. *Le Point général.* — Le *Point* s'obtient par la rencontre de deux ou plusieurs lieux géométriques ; sa détermination n'offre donc aucune difficulté que les explications qui précèdent ne permettent de résoudre.

En général, les lieux géométriques n'ont pas été déterminés simultanément ; il est donc nécessaire, pour les combiner, de les ramener au même instant, en les transportant de la distance que le navire a parcourue depuis l'instant où ils ont été déterminés jusqu'à celui auquel on les rapporte.

Nous avons vu que pour transporter une droite de hauteur, on se contentait en général

de transporter un de ses points et de mener une parallèle à la direction primitive. Le transport du point peut se faire soit graphiquement, soit par le calcul quand les distances dépassent les limites des graphiques. Par cette manière de procéder, on néglige les variations de l'échelle des latitudes dans toute la région utilisée de la droite de hauteur.

24. Erreurs inhérentes à la méthode. — Ces erreurs proviennent des quantités du second ordre que néglige la méthode des droites de hauteur. La solution que donnent les présentes tables est affranchie de l'erreur sur la direction de la droite de hauteur dont il a été question à propos de la droite Marcq de Saint-Hilaire. Les seules erreurs dont nous avons à nous occuper ici sont donc : 1° l'erreur qui provient de la courbure, 2° l'erreur qui a pu être commise dans le transport des lieux géométriques obtenus précédemment, en négligeant les variations de l'échelle des milles. Nous allons rappeler comment on peut, une fois le graphique terminé, se rendre compte de l'importance de ces erreurs et les corriger.

Courbure. — La Table de courbure donne, sous la désignation d , et en fonction de H' , la distance à partir de laquelle l'écart entre la droite de hauteur et la courbe elle-même atteint une minute (de parallèle). Au moyen de cette donnée, on peut voir, après détermination d'un point par la rencontre de plusieurs droites, s'il y a lieu de remplacer une ou plusieurs des droites par la courbe. Les explications et l'exemple donné au bas de la Table indiquent comment on obtient ce résultat (*).

La Table de courbure est placée après la Table II; elle a été arrêtée à la valeur 3300' (55") de H' , au-dessous de laquelle la distance d dépasse 70'.

Erreur de transport de la droite. — Par les hautes latitudes, l'échelle des milles est assez variable pour qu'il soit indispensable de s'en préoccuper. On peut toujours admettre que cette variation reste négligeable pour une droite transportée quand le point par lequel elle a été transportée est suffisamment voisin du *Point* du navire. Ce point appartient en effet à la droite transportée exacte, la droite tracée est, il est vrai, erronée en direction, mais la déviation est toujours faible et ne peut entraîner d'erreur sensible sur le point, que lorsque celui-ci est éloigné (à moins cependant que les deux droites qui déterminent le point fassent entre elles un très petit angle). Lors donc que l'on constatera que cette condition n'est pas remplie, on recommencera le transport, en opérant pour le point de la droite qui coïncide avec le *Point* approché donné par le premier tracé.

25. Réglage des chronomètres. — Soient, pour fixer les idées : $L = 25^{\circ}06' N$, $G = 151^{\circ}31' E$, les coordonnées du lieu d'observation et $G_s = 249^{\circ}51',0$, $D = 12^{\circ}14',0 N$, les coordonnées géographiques de l'astre, calculées pour l'instant de l'observation avec l'heure de Paris déduite de l'état approché du chronomètre; soit enfin $H = 48^{\circ}54',2$ la hauteur corrigée.

Pour obtenir la correction à apporter à l'état du chronomètre, on calculera la droite de hauteur avec ces éléments comme s'il s'agissait de tracer un lieu géométrique de la position du navire; c'est précisément le calcul du type I, et l'on tracera la droite de hauteur (graphique n° 1 et fig. 6) suivant la méthode usuelle, en ayant soin, toutefois, de prendre une échelle assez grande pour que le huitième de minute de degré soit appréciable.

(*) La construction du cercle au moyen de la distance d a été indiquée par l'amiral Perrin.

Au moyen de l'échelle oblique, on tracera le parallèle exact ($25^{\circ} 06' N$); soit P l'intersection de ce parallèle avec la droite de hauteur. Si l'état utilisé pour le calcul de D et G_a est exact, ce point sera situé par la longitude exacte $151^{\circ} 31' E$; en général, il n'en sera pas ainsi; c'est le cas de l'exemple considéré, où la *correction à ajouter* à la longitude trouvée est $3'$ Ouest, c'est-à-dire $+ 3'$. La correction de l'heure approchée qui a été employée est, en grandeur et en signe, égale à l'intervalle nécessaire pour que G_a varie de $\pm 3'$; on peut admettre pour le Soleil, les planètes et les étoiles que cet intervalle est égal en grandeur et signe à la correction de G_a réduite en parties d'heure, c'est-à-dire ici à $+ 3 \times 4 = + 12$ secondes.

Dans le cas de plusieurs observations, on opère de la même manière pour chacune d'elles et l'on prend la moyenne des résultats. On sait que l'on doit observer, autant que possible, des hauteurs voisines du premier vertical.

'inter-
e D et
n sera
gitude
ité em-
arie de
st égal
e ici à

hacune
ant que

TYPES DE CALCUL

TYPES DE CALCUL

EXPLICATIONS DES TYPES DE CALCUL

Recommandations générales. — 1° On suppose, dans ce qui suit, que l'on a corrigé les hauteurs, calculé les coordonnées géographiques de l'astre D et G_a , et que la longitude géographique G_a a été réduite en degrés avec la Table H ;

2° Inscrire en tête de chaque calcul $H >$ ou $<$ D et L et D de même nom ou de noms contraires. Le lecteur est prié de se reporter, dans les débuts, à l'exemple de même espèce que celui qu'il a à résoudre, d'après le tableau ci-après :

L et D de même nom,	$H >$ D	Types 1, 3
	$H <$ D	2, 4
L et D de noms contraires,	$H >$ D	5
	$H <$ D	6

Dans le type 1 on est conduit à une déclinaison négative, et dans le type 2 à une hauteur négative. Il est indispensable que le calculateur soit bien familiarisé avec les règles d'addition et de soustraction algébriques de deux nombres ;

3° Effectuer les calculs dans l'ordre des numéros ;

4° Le lecteur trouvera au besoin des explications plus détaillées dans l'Introduction.

- (1) L, Latitude estimée, L' Latitude *auxiliaire* (arrondie à 20').
- (2) Longitude estimée, + à l'Ouest, — à l'Est.
- (3) Longitude géographique de l'astre, toujours + et réduite en degrés par la Table H.
- (4) Différence algébrique, avec son signe ; angle horaire ou longitude de l'astre rapportée au méridien estimé.
- (5) Correction positive ou négative à ajouter à (P) pour l'arrondir à 20'.
- (6) Correction (5), changée de signe.
- (7) Angle horaire *auxiliaire*, arrondi à 20'. Argument d'entrée de Table II.
- (8) Longitude *auxiliaire* (égale à $G_a + \Delta G_a$) qui correspond à l'angle horaire arrondi.
- (9) Hauteur corrigée.
- (10) Déclinaison de l'astre, avec son nom, N ou S.
- (11) Somme arithmétique.
- (12) Différence arithmétique.
- (13) Extrait de Table I avec (11) et L', dans la table de gauche, si L et D sont de même nom ; dans celle de droite, si L et D sont de noms contraires.
- (14) Extrait de Table I avec (12) et L', dans la table de droite, si L et D sont de même nom ; dans celle de gauche, si L et D sont de noms contraires.
- (15) Somme (13 + 14) donne $\left. \begin{array}{l} H' \text{ si } H > D, \\ D' \text{ si } H < D. \end{array} \right\}$ résultat toujours positif.
- (16) Différence algébrique (13 — 14) avec son signe, donne D' si $H > D$, et H' si $H < D$; la déclinaison réduite D' reçoit le nom contraire à D, si elle est négative.
- (17) Extrait de Table II avec D', et P' (1) ; reçoit le signe + si P' est en haut de la page, et le signe — si P' est au bas.
- (18) Extrait de Table II, reçoit le nom de D', et le nom Est ou Ouest suivant que l'astre est à l'Est ou à l'Ouest. Ce que l'on sait d'après P' (4).
- (19) Différence algébrique.

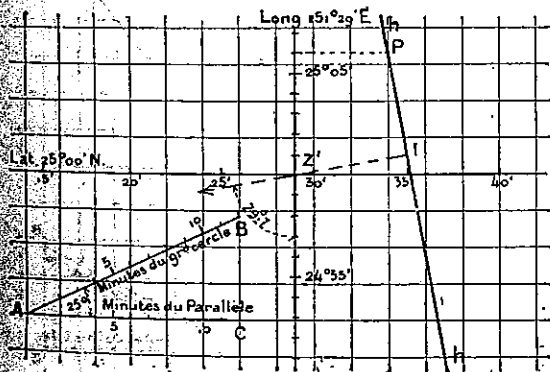
(1) Pour entrer dans la Table II, on fait abstraction du signe de P', et l'on détermine le quadrant dans lequel l'angle, supposé positif, est terminé ; on trouve aisément la place où cet angle est inscrit en remarquant que les angles des quadrants impairs 1 et 3 sont inscrits extérieurement, et ceux des quadrants pairs 4 et 2 intérieurement, aux coins supérieurs et inférieurs des pages.

TYPE N° 1

H > D, L et D de même nom.

- (1) $L_e = 25^{\circ}06' N$ $L' = 25^{\circ}00' N$
- (2) $G_e = -151\ 31\ E$
- (3) $G_a = +249\ 51,0$
- (4) $P_e = G_a - G_e = +401\ 22,0$ (7) $P' = +41^{\circ}20'$
- (5) $\Delta P_e = -2,0$
- (6) $\Delta G_e = +2,0$ (8) $G' = -151^{\circ}29' E$
- (9) $H = 48^{\circ}54',2$
- (10) $D = 12\ 14,0 N$
- (11) $H + D = 61\ 08,2$
- (12) $H - D = 36\ 40,2$
- (13) $\frac{1}{2}(H' + D') = 1237',2$
- (14) $\frac{1}{2}(H' - D') = 1648,9$
- (15) $H' = 2886,1 = (13) + (14)$
- (16) $D' = -411,7$ $S = (13) - (14)$ algébrique
- (17) $H'_e = 2892,2$
- (18) $H' - H'_e = -6,1$ (18) $Z'_e = 79^{\circ},7 SO$

Graphique N°1

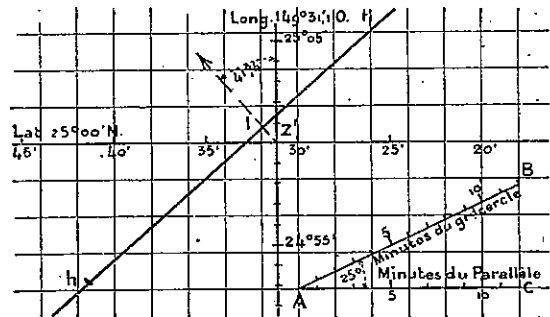


TYPE N° 2

H < D, L et D même nom.

- (1) $L_e = 25^{\circ}06' N$ $L' = 25^{\circ}00'$
- (2) $G_e = +149\ 37\ O$
- (3) $G_a = +249\ 51,1$
- (4) $P_e = G_a - G_e = +100\ 14,1$ (7) $P' = +100^{\circ}20'$
- (5) $\Delta P_e = +5,9$
- (6) $\Delta G_e = -5,9$ (8) $G' = +149^{\circ}31',1 O$
- (9) $H = 12^{\circ}14',0$
- (10) $D = 48\ 54,0 N$
- (11) $H + D = 61\ 08,0$
- (12) $D - H = 36\ 40,0$
- (13) $\frac{1}{2}(D' + H') = 1237',1$
- (14) $\frac{1}{2}(D' - H') = 1648,8$
- (15) $D' = +2885,9$ $N = (13) + (14)$
- (16) $H' = -411,7 = (13) - (14)$ algébrique
- (17) $H'_e = -412,8$
- (18) $H' - H'_e = +1,1$ (18) $Z'_e = 41^{\circ},4 NO$

Graphique N°2



corrige
itude

noms
spèce

à une
règles

uction.

able H.
l'astre

arrondi.

sont de

sont de

et H' si
négative.
aut de la

vant que

quel Pangle,
angles des
t, aux coins

TYPE N° 3

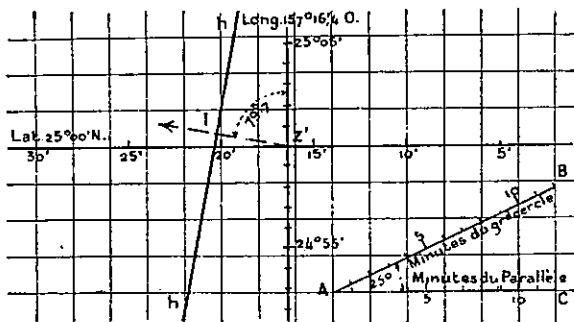
H > D, L et D même nom.

- (1) $L_c = 25^{\circ}04' N$ $L' = 25^{\circ}00' N$
- (2) $G_c = +157 20 O$
- (3) $G_a = +207 36,4 O$
- (4) $P_c = G_c - G_a = + 50 16,4$ (7) $P' = + 50^{\circ}20'$
- (5) $\Delta P_c = + 3,6$
- (6) $\Delta G_c = - 3,6$ (8) $G' = +157^{\circ}16',4 O$

- (9) $H = 44^{\circ}34',9$
- (10) $D = 24 18,5 N$
- (11) $H + D = 68 53,4$
- (12) $H - D = 20 16,4$

- (13) $\frac{1}{2}(H' + D') = 1416',2$
- (14) $\frac{1}{2}(H' - D') = 940,6$
- (15) $H' = 2356,8 = (13) + (14)$
- (16) $D' = + 475,6 N = (13) - (14)$ algébrique
- (17) $H'_c = 2352,9$
- (19) $H' - H'_c = + 3,9$ (18) $Z'_c = 79^{\circ},7 NO$

Graphique N°3



TYPE N° 4

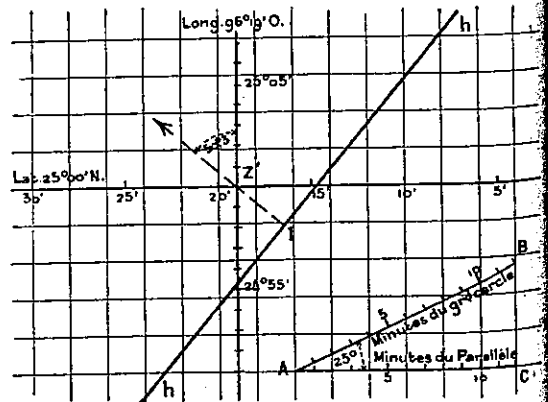
H < D, L et D même nom.

- (1) $L_c = 24^{\circ}57' N$ $L' = 25^{\circ}00' N$
- (2) $G_c = + 96 21 O$
- (3) $G_a = +175 59$
- (4) $P_c = G_c - G_a = + 79 38$ (7) $P' = + 79^{\circ}40'$
- (5) $\Delta P_c = + 2$
- (6) $\Delta G_c = - 2$ (8) $G' = + 96^{\circ}19'$

- (9) $H = 24^{\circ}18',5$
- (10) $D = 44 34,9 N$
- (11) $D + H = 68 53,4$
- (12) $D - H = 20 16,4$

- (13) $\frac{1}{2}(D' + H') = 1416',2$
- (14) $\frac{1}{2}(D' - H') = 940,6$
- (15) $D' = 2356,8 N = (13) + (14)$
- (16) $H' = 475,6 = (13) - (14)$ algébrique
- (17) $H'_c = 478,9$
- (19) $H' - H'_c = - 3,3$ (18) $Z'_c = 50^{\circ},2 NO$

Graphique N°4



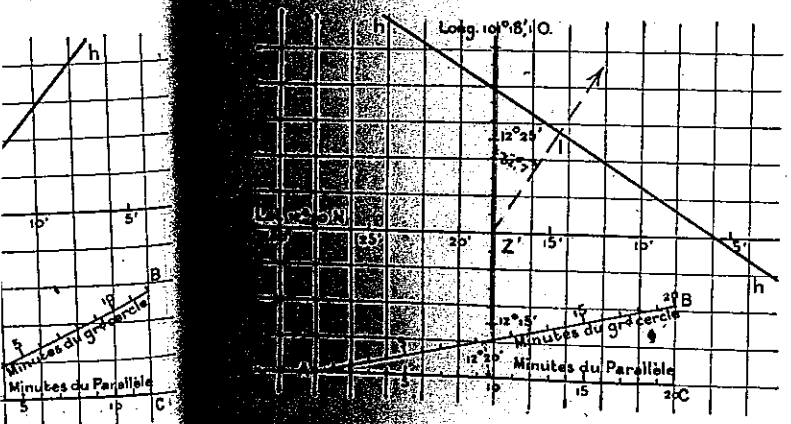
TYPE N° 5

$H > D$, L et D noms contraires.

- (1) $L = 12^{\circ}25' S$ $L' = 12^{\circ}20' S$
- (2) $G = +101^{\circ}14' O$
- (3) $G_a = +74^{\circ}18',1$
- (4) $P = G - G_a = -26^{\circ}55',9$ (7) $P' = -27^{\circ}00'$
- (5) $\Delta P = -4,1$
- (6) $\Delta G = +4,1$ (8) $G' = +101^{\circ}18',1 O$
- (9) $H = 42^{\circ}09'$
- (10) $D = 27^{\circ}52' N$
- (11) $H + D = 70^{\circ}01'$
- (12) $H - D = 14^{\circ}17'$
- (13) $\frac{1}{2}(H + D) = 2461',6$
- (14) $\frac{1}{2}(H - D) = 345,5$
- (15) $H' = 2807,1 = (13) + (14)$
- (16) $D' = 2116,1 N = (13) - (14)$
- (17) $H'_e = 2800,4$
- (18) $H' - H'_e = +6,7$ (18) $Z'_e = 32^{\circ},7 NE$

(13)+(14)
(13)-(14) algèbre
(18) $Z'_e = 50^{\circ},2 NO$

Graphique N°5



TYPE N° 6

$H < D$, L et D noms contraires.

- (1) $L = 12^{\circ}25' S$ $L' = 12^{\circ}20' S$
- (2) $G = -115^{\circ}18' E$
- (3) $G_a = +212^{\circ}10',3$
- (4) $P = G - G_a = +327^{\circ}28',3$ (7) $P' = +327^{\circ}20'$
- (5) $\Delta P = -8,3$
- (6) $\Delta G = +8,3$ (8) $G' = -115^{\circ}09',7 E$
- (9) $H = 27^{\circ}52',7$
- (10) $D = 42^{\circ}09' N$
- (11) $D + H = 70^{\circ}01',7$
- (12) $D - H = 14^{\circ}16',3$
- (13) $\frac{1}{2}(D' + H') = 2462',0$
- (14) $\frac{1}{2}(D' - H') = 345,3$
- (15) $D' = 2807,3 N = (13) + (14)$
- (16) $H' = 2116,7 = (13) - (14)$
- (17) $H'_e = 2111,8$
- (18) $H' - H'_e = +4,9$ (18) $Z'_e = 26^{\circ},9 NE$

Graphique N°6

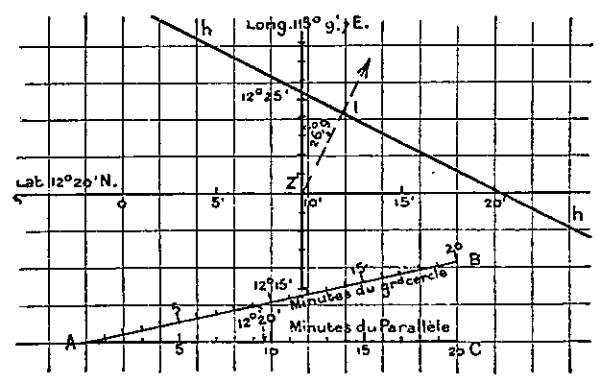


TABLE I

RÉDUCTION A L'ÉQUATEUR

Mode d'emploi. — Calculez, en valeur absolue, $H + D$ et $H - D$ ou $D - H$. Ouvrez la table à la page correspondante à la latitude auxiliaire. Si L et D sont de même nom, entrez avec $H + D$ dans la table de gauche et $H - D$ ou $D - H$ dans celle de droite.

Si L et D sont de noms contraires, entrez avec $H + D$ dans la table de droite et avec $H - D$ ou $D - H$ dans celle de gauche.

Les résultats obtenus avec $H + D$, $H - D$ ou $D - H$ sont toujours respectivement $1/2 (H' + D')$, $1/2 (H' - D')$, $1/2 (D' - H')$. Les valeurs de H' et D' s'obtiennent par addition et soustraction algébrique de ces deux quantités; elles sont toujours dans le même ordre de grandeur que H' et D' ; la plus petite, c'est-à-dire D' si $H > D$, ou H' si $H < D$, peut être négative. Quand la déclinaison réduite D' est négative, on lui donne le nom contraire à celui de D .

Cas particuliers. — I. Si la latitude auxiliaire est nulle, on n'a qu'à réduire H et D en minutes à l'aide de la table auxiliaire J ci-contre; cette table est reproduite en tête de la Table II.

II. Si la déclinaison est nulle, la règle tombe en défaut, mais on rentre dans le cas général en donnant à cette valeur nulle un nom arbitraire.

III. Si l'un des arguments $H + D$, $H - D$, $D - H$ surpasse la valeur maxima de l'argument de la table partielle dans laquelle il doit être pris, on pourra extrapoler, à moins d'une erreur d'estime de grandeur inusitée. Si l'intervalle était trop grand, on prolongerait la table comme il est dit au chapitre II, paragraphe 10.

20°20' Latitude

Main table with columns for H±D (0 to 90), latitudes (0' to 50'), and P. P. ADDITIVES (1' to 8'). It contains a grid of numerical values for various altitudes and latitudes.

Vertical table on the right edge of the page, containing additional numerical data aligned with the main table's rows.