

Mesure de hauteur : midi solaire vrai et latitude

Alain Brémond
Société Astronomique de Lyon

Ces exercices font suite à l'enseignement donné en 2010-2011 sur les applications de l'astronomie à la navigation maritime. Ici sont évoquées deux applications faciles à réaliser sur le terrain : celles de la mesure du midi solaire vrai et de la latitude d'un lieu. Elles ne nécessitent que peu de matériel et les connaissances mobilisées sont peu complexes.

Matériel :

- Un instrument de mesure de hauteur : arbalétrille¹, astrolabe de marine, octant, sextant².
- Une table des déclinaisons
- Des tables de correction : profondeur de l'horizon, réfraction, diamètre solaire et lunaire³.
- La connaissance du ciel et des étoiles.

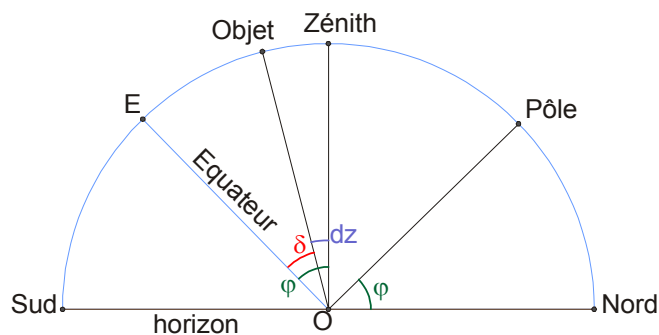
1- Mesures de la latitude avec les étoiles.

On peut bien entendu mesurer directement la latitude avec la hauteur de l'étoile polaire.

1^{er} cas : Déclinaison et distance zénithales sont du même côté⁴ :

309. Si le zénith & la déclinaison sont de même côté ; c'est-à-dire, le zénith au Nord de l'Astre & la déclinaison Nord, ou le zénith au Sud & la déclinaison Sud, il faut toujours ajouter la distance méridienne de l'Astre au zénith avec sa déclinaison ; la somme donne la latitude, qui est aussi de même dénomination.

$$\varphi = \delta + dz$$



314. Il est clair que, si l'Astre n'avoit point de déclinaison, c'est-à-dire, s'il étoit à l'Equateur, sa distance au zénith donneroit celle du zénith à l'Equateur, & par conséquent la latitude, qui seroit du côté du zénith.

315. Il est encore aisé de voir que, si l'Astre étoit observé au zénith, la latitude du lieu seroit alors égale à la déclinaison de l'Astre, & de même côté.

316. EXEMPLE. I. Un Pilote étant en Mer le 19 Juillet 1790, sous le Méridien de Paris, trouve le Soleil au Méridien du côté du Sud, éloigné du zénith de 29° 20' (toutes corrections faites). Il s'agit de trouver la latitude.

Nous trouverons, pour le 19 Juillet 1790, la déclinaison

du Soleil de 20° 48', 5 Nord, & comme le zénith sera aussi au Nord, puisque l'Observateur voit le Soleil au Sud, il faut donc, suivant notre règle (309), ajouter la distance du Soleil au zénith avec sa déclinaison, pour avoir la latitude, qui sera aussi Nord. Ainsi, dans la Fig. 43, le Soleil fera en A entre le zénith & l'Equateur; on fera donc l'opération suivante pour avoir la latitude.

Zénith N. Déclinaison N.

AZ	Distance du Soleil au zénith N	29° 20', 0
AE	Déclinaison du Soleil N	20 48, 5
ZE	Latitude cherchée N	<u>50° 8', 5</u>

¹ Voir le document sur l'arbalétrille.

² Sur Terre, on peut s'aider d'un niveau placé sur l'arbalétrille qui donne l'horizontalité. On peut poser l'instrument sur un support ou un pied. La visée de l'objet se fait en déplaçant le bateau.

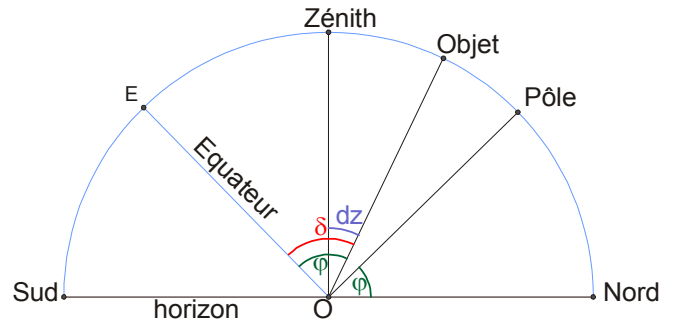
³ Voir en fin de document

⁴ Détermination des latitudes en mer selon M. Dulague (1787). Principes de navigation, ou abrégé de la théorie et de la pratique du pilotage.

2^{ème} cas : Déclinaison et distance zénithales sont de côtés opposés :

310. Si, au contraire, le zénit & la déclinaison sont de différente dénomination, il faudra soustraire la moindre quantité de la plus grande ; le reste exprimera la latitude, qui sera toujours du côté du plus grand nombre, c'est-à-dire, du côté du zénit, si la distance méridienne est plus forte que la déclinaison, & du côté de la déclinaison, si elle est plus grande que la distance au zénit.

$$\varphi = \delta - dz$$



318. EXEMPLE III. Le 3 Janvier 1786, l'Étoile appelée la ceinture de Cassiopée, étant au Méridien, a paru vers le Nord, par rapport au zénit de l'Observateur ; sa hauteur vraie sur l'Horison étant en ce moment de 80° 20'. On demande la latitude.

On trouve dans la Table des déclinaisons des principales Étoiles, page 26, celle de la ceinture de Cassiopée pour le commencement de 1780, de 59° 31' 15" Nord, avec une variation annuelle de 19",7 additive : elle augmentera donc à proportion de 1' 58" pour 6 ans ; la déclinaison de cette Étoile étoit par conséquent au commencement de 1786, de 59° 33' 13" Nord.

Ainsi, pour trouver la latitude, il faudra encore soustraire, parce que le zénit & la déclinaison sont de différens côtés. C'est le cas où l'Astre se trouve en A" de l'autre côté du zénit, comme au N° 313. Il faut donc ôter la distance de l'Astre au zénit A"Z de sa déclinaison A"E, & la latitude sera Nord, ou du côté de la déclinaison, parce qu'elle est la plus grande des deux quantités.

O P É R A T I O N .

Déclin. de l'Étoile au commencement de 1780	59° 31' 15" N.	Var. an. + 19",7	
Variation pour 6 ans 118" =	+ 1 58		118",2
Déclinaison de cette Étoile en Janvier 1786	59° 33' 13"		

Zénit S. Déclinaison N.

Z R	Distance du Zénit à l'Horison	90° 0' 0"
A"R	Hauteur de l'Étoile sur l'Horison	80 20 0
A"Z	Distance de l'Étoile au zénit S	9° 40' 0"
A"E	Déclinaison de l'Étoile N	59 33 13
Z E	Latitude cherchée N	49° 53' 13"

2 – Mesure de l'heure solaire locale et latitude avec le Soleil.

Dans les bateaux on maintenait l'heure avec des sabliers (de une heure et de la demi-heure). A midi on calculait le midi solaire local vrai pour corriger les dérives de ce type de conservation de l'heure.

Mais comment faire ?

Il n'est pas possible d'attendre la culmination de l'astre au méridien car, autour de cet instant, les variations sont très faibles et la précision du midi solaire vrai serait défectueuse.

1 – Il faut estimer à peu près l'heure de cette culmination. On connaît sa longitude estimée (calcul de la dernière position plus route tracée sur la carte à l'estime). On divise par 15 (1heure = 15°) et on ajoute ce résultat à l'heure de passage du soleil au méridien de Greenwich donné par les éphémérides.

2 – Environ une demi-heure avant cette heure calculée on mesure plusieurs hauteurs (au moins trois) . On les note ainsi que l'heure des mesures.

3 – On suit l'ascension du Soleil et on note la hauteur de la culmination qui dure plusieurs minutes. On peut aussi noter l'heure (très imprécise).

4 – On corrige cette hauteur de la réfraction, de la profondeur de l'horizon et du demi-diamètre du Soleil (ainsi que l'erreur instrumentale). On obtient la hauteur vraie.

5 – On règle l'instrument de mesure des hauteurs sur les hauteurs mesurées avant midi et on suit la descente du Soleil jusqu'à ce qu'il atteigne la hauteur donnée et on note l'heure. On répète la manoeuvre avec les autres mesures réalisées.

6 – On fait les moyennes deux à deux de ces mesures et cela donne l'heure de la culmination donc le midi solaire vrai.

7- Calcul de la latitude. Elle est donnée avec cette mesure et la déclinaison du Soleil donné par les tables (elles sont biens sûr indépendantes du lieu.

La formule est :

$$\varphi = 90^\circ - \text{Hauteur} + \delta$$

Fiche de recueil de données et de calcul

Dernière longitude mesurée	
Valeur / 15	
Avancée en longitude vers 11h30	
Heure estimée de passage du Soleil au méridien	
Hauteur 1	
Heure 1	
Hauteur 2	
Heure 2	
Hauteur 3	
Heure 3	
Hauteur du Soleil à sa culmination	
Heure (facultatif)	
Heure 3 '	
Heure 2 '	
Heure 1 '	
Moyenne H' - H / 2 (heure midi solaire vrai)	
Déclinaison du Soleil à midi (table)	
Latitude (90° - Hauteur + déclinaison)	

T A B L E

Des Ascensions droites & des Déclinaisons des principales Etoiles fixes ,

Pour le commencement de l'Année 1780.

Avec la quantité dont ces positions varient en un an.

Les Lettres Grecques sont les caracteres qui servent aux Astronomes à désigner plus particulièrement chaque Etoile. Les Lettres N & S marquent la déclinaison Nord ou Sud. Le signe + désigne une augmentation dans la déclinaison , & le signe - une diminution. (Voyez N^o. 296 & suiv. 318 , &c.)

N O M S DES ETOILES.	Caractere.	Grandeur.	Ascens. droite en tems.			Déclinaison.	Variation annuelle.
			Aug. annuelle.				
			H. M. S.	Sec.	D. M. S.		
L'Aile suivante de Pégase, <i>Algenib</i> .	γ	2	0 1 56	3,08	13 57 40 N	+ 20,0	
La Ceinture de Cassiopée	γ	2	0 43 34	3,51	59 31 15 N	+ 19,7	
Leb. de la Queue de la p. Ourse, <i>la Polaire</i> .	α	2	0 48 8	11,92	88 7 52 N	+ 19,6	
La Source de l'Eridan, <i>Achernar</i> .	α	1	1 29 31	2,25	58 21 34 S	- 18,5	
La Corne suivante du Bélier . . .	α	3	1 54 48	3,34	22 24 56 N	+ 17,6	
La Mâchoire de la Baleine . . .	α	2	2 50 48	3,13	3 13 0 N	+ 14,7	
L'Œil du Taureau, <i>Aldebaran</i> . . .	α	1	4 23 19	3,43	16 3 12 N	+ 8,2	
La Chevre, <i>Alhaiot</i> . . .	α	1	5 0 28	4,41	45 45 18 N	+ 5,1	
Le Pied luisant d'Orion, <i>Rigel</i> . . .	β	1	5 3 59	2,89	8 28 8 S	- 4,8	
La Corne Boréale du Taureau . . .	β	2	5 12 23	3,79	28 24 14 N	+ 4,1	
L'Epaule précéd. d'Orion, <i>Bellatrix</i> .	γ	2	5 13 21	3,22	6 8 1 N	+ 4,0	
L'Epaule suivante d'Orion . . .	μ	1	5 43 16	3,25	7 21 1 N	+ 1,4	
Le Gouvernail du Navire, <i>Canopus</i> .	α	1	6 19 5	1,34	52 34 54 S	+ 1,7	
La Gueule du grand Chien, <i>Sirius</i> . . .	α	1	6 35 29	2,65	16 25 6 S	+ 3,1	
La Tête précéd. des Gémeaux, <i>Castor</i> .	α	1	7 20 32	3,87	32 21 11 N	- 6,9	
Le Petit Chien, <i>Procion</i> . . .	α	2	7 27 48	3,20	5 46 59 N	- 7,5	
La Tête suiv. des Gémeaux, <i>Pollux</i> .	β	2	7 31 51	3,75	28 32 30 N	- 7,8	
Le Cœur du Lion, <i>Regulus</i> . . .	α	1	9 56 39	3,24	13 2 16 N	- 17,2	
La Queue du Lion . . .	β	2	11 37 51	3,11	15 48 12 N	- 20,0	
Le Pied de la Croix du Sud . . .	α	1	12 14 33	3,24	61 52 46 S	+ 20,0	
La prem. de la Queue de la gr. Ourse . . .	α	2	12 44 17	2,68	57 9 30 N	- 19,7	
L'Epi de la Vierge, <i>Azimech</i> . . .	α	1	13 13 38	3,15	10 0 22 S	+ 19,0	
La Claire du Bouvier, <i>Arcturus</i> . . .	β	1	14 5 41	2,82	20 20 1 N	- 19,2	
Le pied suivant du Centaure . . .	α	1	14 25 3	4,45	59 55 14 S	+ 16,1	
Le Bassin Austral de la Balance . . .	α	2	14 38 45	3,31	15 6 53 S	+ 15,4	
Le Bassin Boréal de la Balance . . .	β	2	15 5 12	3,22	8 33 26 S	+ 13,8	
Le Cœur du Scorpion, <i>Antares</i> . . .	α	1	16 15 57	3,66	25 55 32 S	+ 8,8	
La Claire de la Lyre, <i>Wega</i> . . .	α	1	18 29 29	2,02	38 35 17 N	+ 2,6	
La Claire de l'Aigle, <i>Altair</i> . . .	α	2	19 40 2	2,90	8 17 58 N	+ 8,5	
La suivante à la Tête du Capricorne.	β	3	20 8 38	3,39	15 27 42 S	- 10,7	
La Queue du Cygne, <i>Deneb</i> . . .	α	2	20 33 56	2,05	44 30 8 N	+ 12,5	
Le Poisson Austral, <i>Fomahaut</i> . . .	α	1	22 45 27	3,33	30 46 53 S	- 19,0	
L'Aile précéd. de Pégase, <i>Markab</i> . . .	α	2	22 53 49	2,98	14 1 35 N	+ 19,2	

T A B L E S

Des Corrections qu'il faut faire aux observations de la hauteur des Astres , ou à leurs distances du Zénit , avant que de les employer dans les calculs de la Latitude , de l'heure , &c. (Voyez l'usage de ces Tables , N^o. 262 & suiv.)

TABLE I. De l'Inclinaison de l'Horifon de la Mer.				TABLE II. DE LA RÉFRACTION.				TABLE III. Des demi-Diametres du Soleil.				
Pieds d'élevation.	Inclinaif. M.	Pieds d'élevation.	Inclinaif. M.	Distances app. au Zénit. D.	Réfraction. M.	Hauteurs app. D.	Distances app. au Zénit. D.	Réfraction. M.	Hauteurs app. D.	Jours du Mois.	Demi-diametre. M.	Jours du Mois.
2	1,4	22	4,8	5	0,1	85	67	2,6	23	II	16,3	21
3	1,8	23	4,9	10	0,2	80	68	2,7	22	III	16,3	11
4	2,1	24	5,0	15	0,3	75	69	2,8	21	Fév. I	16,3	I Déc.
5	2,3	25	5,1	20	0,4	70	70	2,9	20	II	16,3	21
6	2,5	26	5,2	25	0,5	65	71	3,0	19	III	16,2	11
7	2,7	27	5,3	30	0,6	60	72	3,2	18	Mars. I	16,2	I Nov.
8	2,9	28	5,4	35	0,8	55	73	3,4	17	II	16,2	21
9	3,1	29	5,5	40	0,9	50	74	3,6	16	III	16,1	11
10	3,2	30	5,6	45	1,1	45	75	3,8	15	IV	16,1	11
11	3,4	35	6,1	46	1,1	44	76	4,1	14	Avr. I	16,1	I Oct.
12	3,6	40	6,5	47	1,2	43	77	4,4	13	II	16,0	21
13	3,7	45	6,9	48	1,2	42	78	4,7	12	III	16,0	11
14	3,8	50	7,2	49	1,3	41	79	5,1	11	IV	15,9	11
15	4,0	55	7,6	50	1,3	40	80	5,6	10	Mai. I	15,9	I Sept.
16	4,1	60	7,9	51	1,4	39	81	6,2	9	II	15,9	21
17	4,2	70	8,6	52	1,4	38	82	6,9	8	III	15,8	11
18	4,4	80	9,2	53	1,5	37	83	7,7	7	Juin. I	15,8	I Août.
19	4,5	90	9,7	54	1,5	36	84	8,7	6	II	15,8	21
20	4,6	100	10,3	55	1,6	35	85	10,2	5	III	15,8	11
21	4,7	200	14,5	56	1,6	34	85 1/2	11,1	4 1/2	IV	15,8	I Juill.

Quand on observe par devant , il faut retrancher l'Inclinaison de la hauteur , & l'ajouter à la distance au Zénit : au contraire, quand on observe par derriere , il faut ajouter l'Inclinaison à la hauteur , & la retrancher de la distance au Zénit.

La Réfraction doit toujours être retranchée des hauteurs , & ajoutée aux distances au Zénit.

Si on observe par devant le bord inférieur du Soleil, il faut ajouter son demi-diametre à la hauteur , ou le retrancher de la distance au Zénit : mais si on observe le bord supérieur , il faut retrancher le demi-diametre de la hauteur , ou l'ajouter à la distance au Zénit. C'est le contraire quand on observe par derriere.

Tables de déclinaison et d'ascension droite données dans le livre de pilotage. La variation annuelle est la précession. Elle permet de calculer la déclinaison pour l'année 1990 des exemples.

Tables de correction des mesures de hauteur.