

## NAO SIGHT REDUCTION TABLES

### NAUTICAL ALMANAC

Ces tables ont été conçues par le contre-amiral Thomas D. Davies de l'US Navy et publiées en août 1984 sous le titre « Davies Concise Tables for Sight Reduction » aux éditions Cornell Maritime Press.

Selon Geoffrey Kolbe, auteur de « Long Term Almanac 2000-2050 » (Starpath publications, Seattle Wa), l'amiral Davies aurait légué ses droits au Nautical Almanac Office (NAO) au nom de la Navigation Foundation et au bénéfice de tous les marins. Depuis 1989, ces tables donc sont annexées au Nautical Almanac publié chaque année conjointement par Her Majesty's Nautical Almanac Office (UK Hydrographic Office) et The Nautical Almanac Office (US Naval Observatory) ; elles sont désormais intitulées « NAO Sight Reduction Tables ».

Dans le Nautical Almanac, ces tables occupent 36 pages, instructions d'emploi et type de calcul inclus. La typographie est très claire mais assez dense.

L'amiral Davies proposa en 1974 une nouvelle méthode de traitement des observations d'étoiles qu'il appela « Method of Assumed Altitude » ; la méthode était prévue s'appliquer à partir de tables spécialement conçues : « Star Sight Reduction and Identification Tables »<sup>1</sup>. Il ne semble pas que cette méthode ait perduré.

#### ***Formulation utilisée :***

Le triangle de position de l'astre, PZS<sup>2</sup>, est construit à partir du pôle élevé ; la latitude, notée  $\varphi$ , est donc une quantité positive, inférieure à  $90^\circ$ . Ce triangle de position est décomposé en deux triangles sphériques rectangles en abaissant, à partir du zénith Z, la perpendiculaire sphérique ZK au méridien de l'astre. Ces triangles sont donc PZK et SZK.

Les représentations de la sphère ci-après indiquent les quatre configurations possibles du triangle de position (pour un astre situé au-dessus de l'horizon de l'observateur). La latitude est représentée par l'arc QZ, les compléments de la déclinaison D et de la hauteur H par les arcs PS et ZS. On note P l'angle au pôle et Z l'azimut compté de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  vers l'E ou l'W à partir du N ou du S.

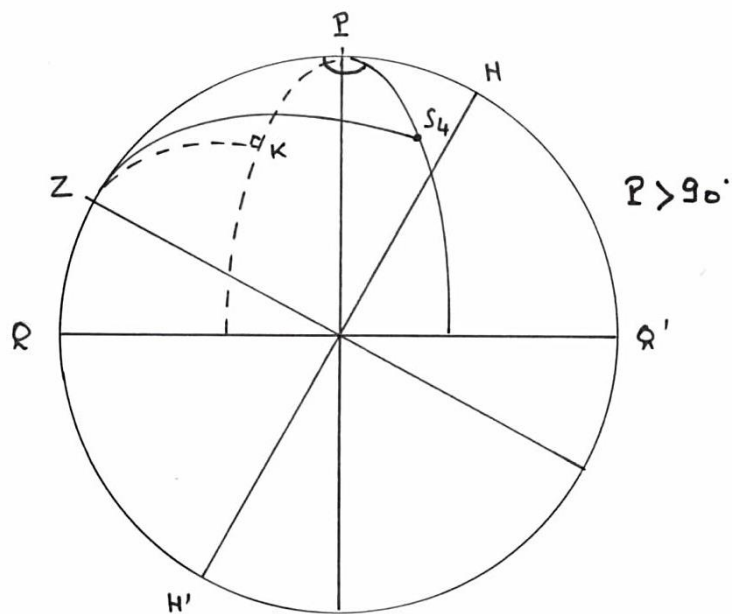
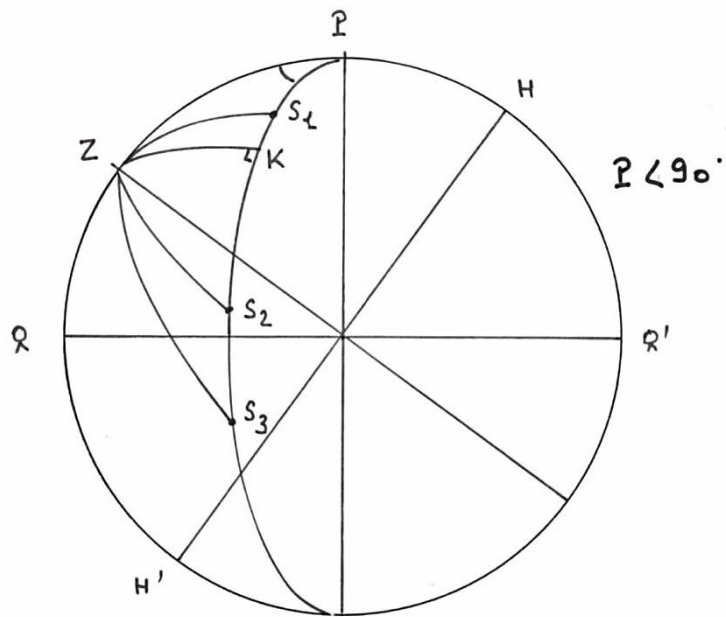
La sphère supérieure est relative à un angle au pôle inférieur à  $90^\circ$ , avec trois configurations possibles correspondant aux positions notées S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> ( $\varphi$  et D de mêmes noms) et S<sub>3</sub> ( $\varphi$  et D de noms contraires) de l'astre.

La sphère inférieure est relative à un angle au pôle supérieur à  $90^\circ$  ; pour un astre visible, latitude et déclinaison sont nécessairement de même nom ; l'astre occupe la position notée S<sub>4</sub>. Remarquer que le pied de la hauteur du triangle PZS issue de Z, K, est situé de l'autre côté du plan de figure.

---

<sup>1</sup> Voir Bowditch 1977 page 588.

<sup>2</sup> La projection de l'astre sur la sphère est ici notée S.



On pose ensuite :

$$KZ = A \quad PK = B \quad F = B + D \text{ (algébriquement)}$$

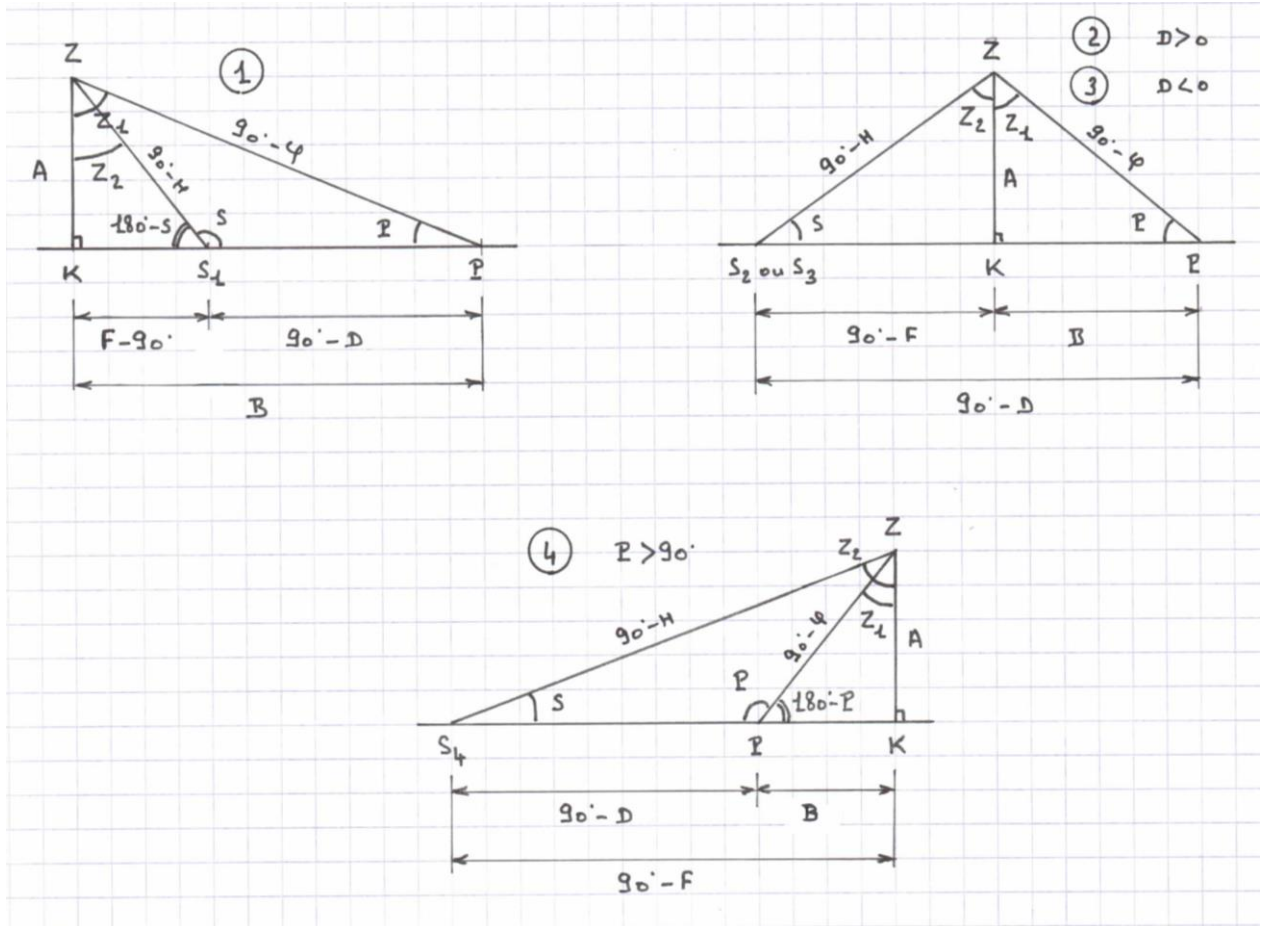
D est la déclinaison de l'astre, positive si elle est du même nom que la latitude, négative dans le cas contraire.

Par convention, B est positif si l'angle au pôle est inférieur à  $90^\circ$ , négatif si cet angle au pôle est supérieur à  $90^\circ$ .

L'azimut Z résulte de la somme algébrique des angles  $Z_1 = \widehat{PZK}$  et  $Z_2 = \widehat{KZS}$ .

On note S l'angle à l'astre. Les autres éléments conservent leurs notations habituelles.

Les quatre configurations du triangle PZS et sa décomposition peuvent être schématisées par des triangles plans dont les dispositions, éléments et symboles correspondants sont indiqués sur les figures ci-dessous.



De l'étude des quatre cas de figure, il ressort le tableau suivant :

P	B	F	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z
$0^\circ < P < 90^\circ$	$> 0$	$B + D$	$> 0$	$> 0$ si $F < 90^\circ$	$Z_1 + Z_2$
$90^\circ < P < 180^\circ$	$< 0$	$B + D$	$< 0$	$< 0$ si $F > 90^\circ$	$Z_1 + Z_2$
$D > 0$ si de même nom que $\phi$ $D < 0$ si de nom contraire à $\phi$					
Z est compté du pôle élevé, vers l'E si P est E (soit pour $360^\circ > AHag > 180^\circ$ ), ou l'W si P est W (soit pour $0 < AHag < 180^\circ$ )					

En appliquant les formules de trigonométrie sphérique appliquées au triangle rectangle, on établit et vérifie, pour chacun des cas de figure :

Triangle PZK :

$$\sin A = \sin P \cdot \cos \varphi \quad ; \quad \tan B = \frac{\cos P}{\tan \varphi} \quad ; \quad \tan Z_1 = \frac{\cot P}{\sin \varphi}$$

Triangle SZK :

$$\sin H = \cos A \cdot \sin F \quad ; \quad \tan(90^\circ - S) = \frac{\cos F}{\tan A} \quad ; \quad \tan Z_2 = \frac{\cot F}{\sin A}$$

L'exécution de formules identiques permet la résolution successive des deux triangles et conduit à la détermination de la hauteur H et de l'azimut  $Z = Z_1 + Z_2$  de l'astre :

- la connaissance de P et  $\varphi$  conduit à la détermination de A, B et  $Z_1$ ,
- la connaissance de B et de D conduit à la détermination de F puis, avec A et F, on détermine H,  $Z_2$  et le complément de l'angle à l'astre.

### ***Construction de la table :***

La table est à double entrée avec :

- en argument vertical : l'angle au pôle P (ou plus précisément l'angle horaire local noté LHA<sup>3</sup>) pour la première lecture ou l'arc F pour la seconde lecture ;
- en argument horizontal : la latitude  $\varphi$  (notée Lat.) pour la première lecture ou l'arc A pour la seconde lecture.

L'intervalle d'argumentation est de 1°, les arguments étant des nombres entiers. En vertical, l'argument principal varie de 0° à 90° avec un dédoublement des échelles permettant d'exprimer toutes les valeurs de 0° à 360°. En horizontal, l'argument varie de 0° à 90°.

Pour chacune des valeurs exprimées des arguments, la table donne trois valeurs angulaires :

- pour la 1<sup>re</sup> lecture en fonction de P et de  $\varphi$  : dans l'ordre A, B et  $Z_1$ ,
- pour la seconde lecture en fonction de F et de A : dans l'ordre H,  $(90^\circ - S)$ <sup>4</sup> et  $Z_2$ .

La disposition de la table n'appelle pas de remarques particulières ; on se reportera aux extraits figurant en annexe 1.

Telle que conçue, la table impose l'emploi d'un point auxiliaire pour effectuer la première entrée avec une latitude arrondie au degré entier le plus proche de la latitude estimée (latitude auxiliaire  $\varphi_a$ ) et un angle au pôle arrondi au degré entier le plus proche de l'angle au pôle estimé d'où l'on déduira la longitude auxiliaire  $G_a$ .

La seconde entrée s'effectue en fonction de F et de A arrondis respectivement au degré entier le plus proche. La valeur correspondante de H devra donc être interpolée en fonction des nombres de minutes de F et de A à l'aide d'une table d'interpolation. L'interpolation est négligée pour  $(90^\circ - S)$  et  $Z_2$  (à juste titre car la précision du demi-degré est suffisante pour ces deux angles).

---

<sup>3</sup> LHA : local hour angle.

<sup>4</sup> Cet angle est noté « P » dans la table ; nous n'avons pas reproduit cette notation dans la fiche pour éviter toute confusion avec l'angle au pôle.

Table d'interpolation (adjustement to tabular altitude) :

La hauteur de l'astre est donnée par la relation :  $\sin H = \cos A \cdot \sin F$ . La différentiation de cette expression par rapport aux variables A et F donne :

$$\cos H \cdot dH = -\sin A \cdot \sin F \cdot dA + \cos A \cdot \cos F \cdot dF$$

La différentielle dH peut se décomposer en deux parties dH<sub>1</sub> et dH<sub>2</sub> comme suit :

$$dH_2 = \frac{-\sin A \cdot \sin F}{\cos H} \cdot dA \quad \text{et} \quad dH_1 = \frac{\cos A \cdot \cos F}{\cos H} \cdot dF$$

En remplaçant sinF dans la première relation et cosA dans la seconde par leurs expressions déduites de la relation de départ, on obtient :

$$dH_2 = -\tan A \cdot \tan H \cdot dA = -\cos Z_2 \cdot dA$$

$$dH_1 = \tan H \cdot \cot F \cdot dF = \cos S \cdot dF = \sin(90^\circ - S) \cdot dF$$

Soit en passant aux petites variations :

$$\Delta H_2 = -\cos Z_2 \cdot \Delta A \quad \text{et} \quad \Delta H_1 = \sin(90^\circ - S) \cdot \Delta F$$

Dans cette expression, ΔA et ΔF peuvent représenter les résidus sur A et F, c'est-à-dire les différences entre valeur considérée incluant les minutes et valeur arrondie au degré entier le plus proche. ΔH<sub>2</sub> et ΔH<sub>1</sub> sont alors les corrections, qui résultent de ΔA et de ΔF, à apporter à la hauteur.

La table d'interpolation donne directement les valeurs des corrections, avec leurs signes, en fonction du nombre de minutes de A et de F. La construction de cette table est identique à celle étudiée en détail sur la fiche relative aux tables de Bertin<sup>5</sup>.

Cette table est reproduite en annexe 2. On remarque que les valeurs correctives sont arrondies à la minute.

**Exemple :**

Cet exemple se traite à l'aide des extraits de table figurant en annexes 1 et 2 (interpolation).

Estime		Coordonnées horaires		Observation	
φ <sub>e</sub>	37° 10' S	AH <sub>v</sub> p	249° 01'	H <sub>v</sub>	25° 00'
G <sub>e</sub>	61° 12' E	D	8° 25' N		Soleil
Angle au pôle P <sub>e</sub> = 49° 47'					

Point auxiliaire :  $\varphi_a = 37^\circ \text{ S}, P_a = 50^\circ \text{ E}$  d'où  $G_a = 60^\circ 59' \text{ E}$ .

1<sup>re</sup> entrée dans la table :  $A = 37^\circ 43', B = 40^\circ 28', Z_1 = 54,4^\circ$ .

<sup>5</sup> Bertin 1919, page 28 (carton d'interpolation).

Calcul de F :  $F = B + D = 32^{\circ} 03'$  ( $D < 0$ ).

2<sup>e</sup> entrée dans la table en fonction des valeurs de A et de F arrondies au degré entier le plus proche soit, respectivement  $38^{\circ}$  et  $32^{\circ}$  :

$$H = 24^{\circ} 41', (90^{\circ} - S) = 47^{\circ} 21', Z_2 = 69,0^{\circ}.$$

Termes correctifs :  $\Delta H_2 = +6'$  ( $43'$  pour  $Z_2 = 69^{\circ}$ ),  $\Delta H_1 = +2'$  ( $3'$  pour  $90^{\circ} - S = 47^{\circ}$ ).

Hauteur et intercept :  $H_a = 24^{\circ} 41' + 6' + 2' = 24^{\circ} 49'$  ;  $H_v - H_a = +11'$ .

Azimut :  $Z = Z_1 + Z_2 = 54,4^{\circ} + 69,0^{\circ} = S123,4^{\circ}E = 056,6^{\circ}$ .

Le calcul exact, par rapport au point auxiliaire, donne une hauteur de  $24^{\circ} 49,1'$  et un azimuth identique.

Remarque relative à l'interpolation :

La table donne les valeurs des termes correctifs arrondis à la minute entière la plus proche ; ces deux termes sont donc connus à  $\pm 0,5'$ . La hauteur calculée directement dans la table est, de même, arrondie à la minute entière la plus proche ; elle est donc connue à  $\pm 0,5'$ . En définitive, la valeur de hauteur obtenue après correction est exprimée à  $1,5'$  près.

### ***Commentaires et conclusion :***

L'utilisation des tables du Nautical Almanac imposent l'usage d'un point auxiliaire. Comme nous l'avons déjà établi lors de l'étude d'autres tables (Delafon, Bertin ...), la distance m, en milles, entre points estimé et auxiliaire a pour expression :

$$m = \sqrt{\Delta\varphi^2 + (\Delta G \cdot \cos \varphi)^2}$$

Expression dans laquelle  $\varphi$  est la latitude moyenne de la zone de travail et  $\Delta\varphi$  et  $\Delta G$  sont les différences de latitude et de longitude entre les deux points exprimées en minutes. Compte tenu des arrondis au degré entier le plus proche, ces différences peuvent atteindre, au maximum,  $30'$ . Suivant la latitude et le cas de figure, la distance m est comprise entre 0 et 42,4 milles ; elle peut donc atteindre des valeurs importantes ; c'est un inconvénient que nous avons déjà souligné.

Le Nautical Almanac, dans son instruction d'emploi, avertit l'utilisateur du risque d'imprécision dans le calcul des éléments : erreur possible de  $2'$  sur la hauteur calculée et, bien que  $Z_1$  et  $Z_2$  soient exprimés au  $1/10^{\circ}$ , l'azimut de l'astre n'est évalué avec certitude qu'au degré entier le plus proche.

Les NAO Sight Reduction Tables sont clairement identifiées comme un outil de calcul approché et désignées comme un moyen de secours (ou une sécurité). A ce titre, la réunion, dans un même volume, des données astronomiques et d'une table de calcul des éléments de la droite de hauteur nous paraît être une excellente chose<sup>6</sup>.

D'une manière générale, ces tables sont d'un emploi facile et ne requièrent qu'un minimum d'attention pour la bonne application des règles de signe ; il conviendra cependant d'être vigilant pour effectuer dans le bon sens les corrections résultant des interpolations finales.

Nous avons évidemment remarqué que ces tables constituent une variante des « Tablettes Bertin ».

---

<sup>6</sup> A quand, en France, des Ephémérides Nautiques incluant une table de secours du même genre ainsi que des formules et coefficients permettant le calcul direct des données astronomiques des astres utilisés en navigation pour l'année courante ?

ANNEXE 1

EXTRAITS DE TABLE

SIGHT REDUCTION TABLE  
 B: (-) for 90° < LHA < 270°  
 Dec(-) for Lat. contrary name  
 Z<sub>1</sub>: same sign as B  
 Z<sub>2</sub>: (-) for F > 90°

Lat. / A	36°			37°			38°			39°			40°			41°			Lat. / A		
LHA/F	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	LHA		
0	180	0 00	54 00	90 0	0 00	53 00	90 0	0 00	52 00	90 0	0 00	51 00	90 0	0 00	50 00	90 0	0 00	49 00	90 0	180	360
1	179	0 49	54 00	89 4	0 48	53 00	89 4	0 47	52 00	89 4	0 47	51 00	89 4	0 46	50 00	89 4	0 45	49 00	89 3	181	359
2	178	1 37	53 59	88 8	1 36	52 59	88 8	1 35	51 59	88 8	1 33	50 59	88 7	1 32	49 59	88 7	1 31	48 59	88 7	182	358
3	177	2 26	53 58	88 2	2 24	52 58	88 2	2 22	51 58	88 2	2 20	50 58	88 1	2 18	49 58	88 1	2 16	48 58	88 0	183	357
4	176	3 14	53 56	87 6	3 12	52 56	87 6	3 09	51 56	87 5	3 06	50 56	87 5	3 04	49 56	87 4	3 01	48 56	87 4	184	356
5	175	4 03	53 54	87 1	3 59	52 54	87 0	3 56	51 54	86 9	3 53	50 54	86 8	3 50	49 54	86 8	3 46	48 54	86 7	185	355
6	174	4 51	53 51	86 5	4 47	52 51	86 4	4 43	51 51	86 3	4 40	50 51	86 2	4 36	49 51	86 1	4 31	48 51	86 1	186	354
7	173	5 39	53 48	85 9	5 35	52 48	85 8	5 31	51 48	85 7	5 26	50 47	85 6	5 21	49 47	85 5	5 17	48 47	85 4	187	353
8	172	6 28	53 44	85 3	6 23	52 44	85 2	6 18	51 44	85 1	6 13	50 44	84 9	6 07	49 43	84 8	6 02	48 43	84 7	188	352
9	171	7 16	53 40	84 7	7 11	52 39	84 6	7 05	51 39	84 4	6 59	50 39	84 3	6 53	49 39	84 2	6 47	48 39	84 1	189	351
10	170	8 05	53 35	84 1	7 58	52 35	83 9	7 52	51 34	83 8	7 45	50 34	83 7	7 39	49 34	83 6	7 32	48 34	83 4	190	350
11	169	8 53	53 30	83 5	8 46	52 29	83 3	8 39	51 29	83 2	8 32	50 29	83 0	8 24	49 29	82 9	8 17	48 28	82 7	191	349
12	168	9 41	53 24	82 9	9 33	52 23	82 7	9 26	51 23	82 5	9 18	50 23	82 4	9 10	49 23	82 2	9 02	48 22	82 2	192	348
13	167	10 29	53 17	82 3	10 21	52 17	82 1	10 13	51 17	81 9	10 04	50 16	81 7	9 55	49 16	81 6	9 46	48 16	81 4	193	347
14	166	11 17	53 10	81 7	11 08	52 10	81 5	10 59	51 10	81 3	10 50	50 09	81 1	10 41	49 09	80 9	10 31	48 09	80 7	194	346
15	165	12 05	53 03	81 0	11 56	52 02	80 8	11 46	51 02	80 6	11 36	50 02	80 4	11 26	49 01	80 2	11 16	48 01	80 0	195	345
16	164	12 53	52 55	80 4	12 43	51 54	80 0	12 33	50 54	80 0	12 22	49 53	79 8	12 11	48 53	79 6	12 00	47 53	79 3	196	344
17	163	13 41	52 46	79 8	13 30	51 46	79 6	13 19	50 45	79 3	13 08	49 45	79 1	12 57	48 44	78 9	12 45	47 44	78 7	197	343
18	162	14 29	52 37	79 2	14 17	51 37	78 9	14 06	50 36	78 7	13 54	49 35	78 4	13 42	48 35	78 2	13 29	47 34	78 0	198	342
19	161	15 16	52 28	78 6	15 04	51 27	78 3	14 52	50 26	78 0	14 39	49 25	77 8	14 27	48 25	77 5	14 13	47 24	77 3	199	341
20	160	16 04	52 17	77 9	15 51	51 16	77 6	15 38	50 16	77 4	15 25	49 15	77 1	15 11	48 14	76 8	14 58	47 14	76 6	200	340
21	159	16 51	52 07	77 3	16 38	51 05	77 0	16 24	50 05	76 7	16 10	49 04	76 4	15 56	48 03	76 1	15 42	47 03	75 9	201	339
22	158	17 39	51 55	76 6	17 24	50 54	76 3	17 10	49 53	76 0	16 56	48 52	75 7	16 41	47 51	75 4	16 25	46 51	75 2	202	338
23	157	18 26	51 43	76 0	18 11	50 42	75 7	17 56	49 41	75 4	17 41	48 40	75 0	17 25	47 39	74 7	17 09	46 38	74 4	203	337
24	156	19 13	51 30	75 3	18 57	50 29	75 0	18 42	49 28	74 7	18 26	48 27	74 3	18 09	47 26	74 0	17 53	46 25	73 7	204	336
25	155	20 00	51 17	74 7	19 44	50 15	74 3	19 27	49 14	74 0	19 10	48 13	73 6	18 53	47 12	73 3	18 36	46 12	73 0	205	335
26	154	20 46	51 03	74 0	20 30	50 01	73 6	20 13	49 00	73 3	19 55	47 59	72 9	19 37	46 58	72 6	19 19	45 57	72 3	206	334
27	153	21 33	50 48	73 3	21 15	49 47	73 0	20 58	48 45	72 6	20 40	47 44	72 2	20 21	46 43	71 9	20 02	45 42	71 5	207	333
28	152	22 19	50 33	72 6	22 01	49 31	72 3	21 43	48 30	71 9	21 24	47 28	71 5	21 05	46 28	71 1	20 45	45 27	70 8	208	332
29	151	23 06	50 17	72 0	22 47	49 15	71 6	22 28	48 14	71 2	22 08	47 12	70 8	21 48	46 11	70 4	21 28	45 11	70 0	209	331
30	150	23 52	50 00	71 3	23 32	48 58	70 8	23 12	47 57	70 4	22 52	46 55	70 0	22 31	45 54	69 6	22 10	44 54	69 3	210	330
31	149	24 37	49 43	70 5	24 17	48 41	70 1	23 57	47 39	69 7	23 36	46 38	69 3	23 14	45 37	68 9	22 52	44 36	68 5	211	329
32	148	25 23	49 25	69 8	25 02	48 23	69 4	24 41	47 21	69 0	24 19	46 19	68 5	23 57	45 18	68 1	23 34	44 17	67 7	212	328
33	147	26 09	49 06	69 1	25 47	48 04	68 7	25 25	47 02	68 2	25 02	46 00	67 8	24 40	44 59	67 3	24 16	43 58	66 9	213	327
34	146	26 54	48 46	68 4	26 32	47 44	67 9	26 09	46 42	67 4	25 45	45 40	67 0	25 22	44 39	66 6	24 58	43 39	66 1	214	326
35	145	27 39	48 26	67 6	27 16	47 23	67 1	26 52	46 21	66 7	26 28	45 20	66 2	26 04	44 19	65 8	25 39	43 18	65 3	215	325

Lat. / A	36°			37°			38°			39°			40°			41°			Lat. / A		
LHA/F	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	A/H	B/P	Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub>	LHA		
45	135	34 54	44 13	59 6	34 23	43 11	59 0	33 52	42 09	58 4	33 20	41 08	57 8	32 48	40 07	57 3	32 15	39 08	56 7	225	315
46	134	35 35	43 43	58 7	35 04	42 40	58 1	34 32	41 38	57 5	33 59	40 37	56 9	33 26	39 37	56 4	32 53	38 38	55 8	226	314
47	133	36 17	43 11	57 8	35 44	42 09	57 2	35 12	41 07	56 6	34 38	40 06	56 0	34 04	39 06	55 4	33 30	38 07	54 9	227	313
48	132	36 57	42 39	56 9	36 24	41 36	56 2	35 51	40 35	55 6	35 17	39 34	55 0	34 42	38 34	54 5	34 07	37 35	53 9	228	312
49	131	37 38	42 05	55 9	37 04	41 03	55 3	36 30	40 01	54 7	35 55	39 01	54 1	35 19	38 01	53 5	34 43	37 03	53 0	229	311
50	130	38 18	41 30	55 0	37 43	40 28	54 4	37 08	39 27	53 7	36 32	38 27	53 1	35 56	37 27	52 5	35 19	36 29	52 0	230	310
51	129	38 57	40 54	54 0	38 22	39 52	53 4	37 46	38 51	52 8	37 09	37 51	52 1	36 32	36 52	51 6	35 55	35 54	51 0	231	309
52	128	39 36	40 17	53 0	39 00	39 15	52 4	38 23	38 14	51 8	37 46	37 15	51 1	37 08	36 16	50 6	36 30	35 18	50 0	232	308
53	127	40 15	39 38	52 0	39 38	38 37	51 4	39 00	37 36	50 8	38 22	36 37	50 1	37 43	35 39	49 5	37 04	34 42	49 0	233	307
54	126	40 53	38 58	51 0	40 15	37 57	50 4	39 36	36 57	49 7	38 57	35 58	49 1	38 18	35 01	48 5	37 38	34 04	47 9	234	306
55	125	41 30	38 17	50 0	40 52	37 17	49 3	40 12	36 17	48 7	39 32	35 19	48 1	38 52	34 21	47 4	38 11	33 25	46 9	235	305
56	124	42 07	37 35	48 9	41 28	36 35	48 3	40 47	35 36	47 6	40 07	34 38	47 0	39 26	33 41	46 4	38 44	32 45	45 8	236	304
57	123	42 44	36 51	47 9	42 03	35 51	47 2	41 22	34 53	46 5	40 41	33 55	45 9	39 59	32 59	45 3	39 16	32 04	44 7	237	303
58	122	43 19	36 06	46 8	42 38	35 07	46 1	41 56	34 09	45 4	41 14	33 12	44 8	40 31	32 16	44 2	39 48	31 22	43 6	238	302
59	121	43 54	35 20	45 6	43 12	34 21	45 0	42 29	33 24	44 3	41 46	32 27	43 7	41 03	31 32	43 1	40 19	30 39	42 5	239	301
60	120	44 29	34 32	44 5	43 46	33 34	43 8	43 02	32 37	43 2	42 18	31 42	42 5	41 34	30 47	41 9	40 49	29 54	41 3	240	300
61	119	45 02	33 43	43 3	44 18	32 45	42 6	43 34	31 49	42 4	42 49	30 55	41 4	42 04	30 01	40 8	41 18	29 09	40 2	241	299
62	118	45 35	32 52	42 1	44 51	31 55	41 5	44 05	31 00	40 8	43 20	30 06	40 2	42 34	29 14	39 6	41 47	28 22	39 0	242	298
87	93	53 54	4 07	5 1	52 54	3 58	5 0	51 54	3 50	4 9	50 54	3 42	4 8	49 54	3 34	4 7	48 55	3 27	4 6</		



ANNEXE 2

TABLE D'INTERPOLATION

Le symbole P représente ici le complément de l'angle à l'astre que nous avons noté S pour éviter toute confusion avec l'angle au pôle.

Sign of  $corr_1$  for  $F'$ . Reverse sign if  $F > 90^\circ$ . AUXILIARY TABLE Sign for  $corr_2$  for  $A'$ .

$F'^{\pm}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	□	-A'		
	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	Z <sub>2</sub>		
P <sup>o</sup>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	Z <sub>2</sub>		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	89	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	88	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	87	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	86	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	85	
6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	84
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	83	
8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	82	
9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	81	
10	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	80	
11	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	79	
12	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	78	
13	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	77	
14	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	76	
15	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	75	
16	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	74	
17	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	73	
18	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	72	
19	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	71	
20	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	70	
21	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	69	
22	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	68	
23	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	67	
24	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	66	
25	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	65	
26	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	64	
27	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	63	
28	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	62	
29	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	61	
30	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	60	
31	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	59	
32	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	58	
33	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	57	
34	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	56	
35	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	55	
36	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	54	
37	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	53	
38	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	52	
39	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	51	
40	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	50	

316 ADJUSTMENT TO TABULAR ALTITUDE

$F'^{\pm}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	□	-A'		
	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	Z <sub>2</sub>		
P <sup>o</sup>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	Z <sub>2</sub>		
41	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	49
42	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	48
43	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	47
44	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	46
45	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	45
46	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	44
47	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	43
48	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	42
49	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	41
50	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	40
51	1	2	2	3	3	4	4	5																									



### ANNEXE 3

### TYPE DE CALCUL

#### NAO CONCISE SIGHT REDUCTION FORM

Date & UT of observation	Body	Estimated Latitude & Longitude
h    m    s		°    '    "
<b>Step</b>	<b>Calculate Altitude &amp; Azimuth</b>	<b>Summary of Rules &amp; Notes</b>
Assumed latitude	$Lat = \quad \quad \quad ^\circ$	Nearest estimated latitude, integral number of degrees.
Assumed longitude	$Long = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	Choose <i>Long</i> so that <i>LHA</i> has integral number of degrees.
<b>1. From the almanac:</b>	$Dec = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	Record the <i>Dec</i> for use in Step 3.
<i>GHA</i> Aries    h	$= \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	Needed if using <i>SHA</i> . Tabular value, for minutes and seconds of time.
Increment    m    s	$= \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	
<i>SHA</i>	$SHA = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	
$GHA = GHA \text{ Aries} + SHA$	$GHA = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	Remove multiples of 360°.
Assumed longitude	$Long = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	West longitudes are negative.
$LHA = GHA + Long$	$LHA = \quad \quad \quad ^\circ$	Remove multiples of 360°.
<b>2. Reduction table, 1<sup>st</sup> entry</b> $(Lat, LHA) = ( \quad \quad \quad ^\circ, \quad \quad \quad ^\circ )$ record <i>A</i> , <i>B</i> and <i>Z</i> <sub>1</sub> .	$A = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad '' \quad A^\circ = \quad \quad \quad ^\circ$ $A' = \quad \quad \quad '$	nearest whole degree of <i>A</i> . minutes part of <i>A</i> .
	$B = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$ $Z_1 = \quad \quad \quad ^\circ$	<i>B</i> is minus if $90^\circ < LHA < 270^\circ$ . <i>Z</i> <sub>1</sub> has the same sign as <i>B</i> .
<b>3. From step 1</b> $F = B + Dec$	$Dec = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$ $F = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$ $F^\circ = \quad \quad \quad ^\circ$ $F' = \quad \quad \quad '$	<i>Dec</i> is minus if contrary to <i>Lat</i> . Regard <i>F</i> as positive until step 7. nearest whole degree of <i>F</i> . minutes part of <i>F</i> .
<b>4. Reduction table, 2<sup>nd</sup> entry</b> $(A^\circ, F^\circ) = ( \quad \quad \quad ^\circ, \quad \quad \quad ^\circ )$ record <i>H</i> , <i>P</i> and <i>Z</i> <sub>2</sub> .	$H = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad '' \quad P^\circ = \quad \quad \quad ^\circ$ $Z_2 = \quad \quad \quad ^\circ$	nearest whole degree of <i>P</i> .
<b>5. Auxiliary table, 1<sup>st</sup> entry</b> $(F', P^\circ) = ( \quad \quad \quad ', \quad \quad \quad ^\circ )$ record <i>corr</i> <sub>1</sub>	$corr_1 = \quad \quad \quad '$	<i>corr</i> <sub>1</sub> is minus if $F < 90^\circ$ & $F' > 29'$ , or if $F > 90^\circ$ & $F' < 30'$ .
<b>6. Auxiliary table, 2<sup>nd</sup> entry</b> $(A', Z_2^\circ) = ( \quad \quad \quad ', \quad \quad \quad ^\circ )$ record <i>corr</i> <sub>2</sub>	$corr_2 = \quad \quad \quad '$	<i>Z</i> <sub>2</sub> ° nearest whole degree of <i>Z</i> <sub>2</sub> . <i>corr</i> <sub>2</sub> is minus if $A' < 30'$ .
<b>7. Calculated altitude =</b> $H_C = H + corr_1 + corr_2$	$H_C = \quad \quad \quad ^\circ \quad ' \quad ''$	<i>H</i> <sub>C</sub> is minus if <i>F</i> is negative, and object is below the horizon.
<b>8. Azimuth, 1<sup>st</sup> component</b> <b>2<sup>nd</sup> component</b>  $Z = Z_1 + Z_2$	$Z_1 = \quad \quad \quad ^\circ$ $Z_2 = \quad \quad \quad ^\circ$ $Z = \quad \quad \quad ^\circ$	<i>Z</i> <sub>1</sub> has the same sign as <i>B</i> . <i>Z</i> <sub>2</sub> is minus if $F > 90^\circ$ . If <i>F</i> is negative, $Z_2 = 180^\circ - Z_2$ Ignore the sign of <i>Z</i> .
True azimuth	$Z_N = \quad \quad \quad ^\circ$	N <i>Lat</i> : If $LHA > 180^\circ$ , $Z_N = Z$ , or if $LHA < 180^\circ$ , $Z_N = 360^\circ - Z$ , S <i>Lat</i> : If $LHA > 180^\circ$ , $Z_N = 180^\circ - Z$ , or if $LHA < 180^\circ$ , $Z_N = 180^\circ + Z$ .

For use with *The Nautical Almanac's* Concise Sight Reduction Tables pages 284-318.