

N° 37

ASTRONOMIE DE POSITION

II. Cours pratiques et exercices

Louis CAMPION



Les Cahiers de la SAN

Société d'Astronomie de Nantes

**COURS
DE
CALCULS
ASTRONOMIQUES**

par

Louis CAMPION

Capitaine au Long Cours

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Du début 1991 à l'été 1993 j'ai eu le privilège d'animer à la Société d'Astronomie de Nantes (la S.A.N.), un atelier de calculs astronomiques.

Je dispensais mon enseignement sous forme de "causeries".

J'instruisais mes élèves au coup par coup et les ai amenés, du moins les plus persévérants, à un niveau honnête pour des amateurs.

Ce sont ces "causeries" que l'on trouvera ici réunies sous le nom de "leçons".

Pour les contingents futurs d'amateurs de calculs astronomiques, j'ai voulu rassembler en un seul ouvrage l'enseignement de trois saisons.

Ces leçons, je l'espère, avec mon aide bénévole, apprendront encore à de nombreux amateurs à calculer tout ce qui concerne le ciel visible à l'oeil nu.

Les calculs dans leur grande majorité ont été élaborés pour aiguïser l'intérêt des élèves en 1991, 1992 et 1993.

Le lecteur comprendra que je n'ai pu les réactualiser, car cela aurait demandé de ma part le long travail de tout recalculer avec risque d'erreur dans l'un ou l'autre des calculs.

J'ai donc inclus en début d'ouvrage les éléments astronomiques concernant les différents astres traités pour les années 1991, 1992 et 1993. Au lecteur de s'y reporter pour effectuer ses exercices.

Avec les connaissances acquises il sera capable en utilisant les Ephémérides Astronomiques de n'importe quelle année

ultérieure, de trouver des résultats qu'il pourra utiliser sur le terrain à la date de son choix.

Je profite pour remercier ici ma première bordée d'élèves dont certains ont effectué tous les exercices proposés, m'apportant ainsi la confirmation de mes propres résultats et me corrigeant même parfois.

Ils ont eu le grand mérite de m'aider à persévérer.

Les calculs enseignés peuvent paraître difficiles et fastidieux au premier abord. Je suis resté dans les limites du raisonnable et vous verrez que tout vous deviendra familier et facile à la longue. Il faut persévérer et être assidu aux séances.

Certains élèves de la première équipe n'avaient jamais utilisé de calculette scientifique et ne savaient pas ce qu'était un sinus, pas plus qu'un cosinus au départ. Ils savent maintenant calculer les hauteurs d'astres et les azimuts.

Une dernière remarque : Dans le corps de l'ouvrage on rencontrera des nombres décimaux parfois affectés de la virgule décimale et parfois du point décimal, ce dernier surtout dans les résultats d'exercices. Ceci est dû aux calculatrices qui utilisent le point. Sous cette influence, je me suis laissé à utiliser le point anglo-saxon au lieu de la virgule française. Que le lecteur me pardonne!

Nantes, Octobre 1993

L. CAMPION

S O M M A I R E

Avertissement	1
Sommaire	3
 <u>TABLES DIVERSES :</u>	
Conversion des degrés en heures	7
Conversion des heures en degrés	8
Table permanente pour le Soleil	9
Point vernal à 0h en " décimaux	11
Liste alphabétique des étoiles avec N° d'ordre pour entrer table suivante	12
Ascension verse et déclinaison des 81 principales étoiles	13
Eléments astronomiques pour Vénus et Mars 91/92	17
- - - Jupiter & Saturne 91/92	18
Tables lunaires :	
Décembre 1991	19
Janvier 1992	20
Février 1992	21
Mars 1992	22
Ephémérides astronomiques :	
Soleil & Lune Avril 1992	23
Mercure (Sept. à Déc.) & Vénus (Jan. à Mai 92)	24
Mars 1992 & Jupiter 1992	25
Saturne 1992 & Uranus 1992	26
Lune année 1993	27
Mercure année 1993	39
Vénus année 1993	41
Mars année 1993	42
Jupiter année 1993	43
Saturne année 1993	44
Uranus année 1993	45
Neptune année 1993	46
 <u>COURS DE CALCULS ASTRONOMIQUES AVEC EXERCICES ET CORRIGES</u>	
<u>1ère LECON</u> : Généralités, conversions diverses, opérations sur les degrés et les heures. Formules de trigonométrie sphérique	49
<u>2ème LECON</u> : Trigonométrie sphérique, application à la sphère terrestre	55
<u>3ème LECON</u> : Coordonnées locales. Le mouvement des astres. Le triangle de position	63
<u>4ème LECON</u> : Calcul de la hauteur et de l'azimut d'un astre (H & Z)	69
<u>5ème LECON</u> : Détermination des éléments astronomiques nécessaires au calcul de H et de Z à partir des tables : Soleil et étoiles	74

<u>6ème LECON</u> : Conseils au calculateur.	
Pièges à éviter	82
<u>7ème LECON</u> : Suite de la 5ème leçon :	
Application aux planètes	85
<u>8ème LECON</u> : Suite de la 5ème Leçon :	
Application à la Lune. Calcul des phases	88
<u>9ème LECON</u> : Passage du Soleil et des	
étoiles au méridien	93
<u>10ème LECON</u> : Passage planètes au méridien	100
<u>11ème LECON</u> : Passage Lune au méridien	105
<u>12ème LECON</u> : Conséquence du passage d'un	
astre au méridien. Calcul de la latitude	107
<u>13ème LECON</u> : Calcul de l'heure des lever	
et coucher d'un astre	111
<u>14ème LECON</u> : Utilisation des Ephémérides	
Astronomiques	114
<u>15ème LECON</u> : Passage d'un astre au premier	
vertical. Digression maximum	121
<u>16ème LECON</u> : Identification des satellites	
de Jupiter	131
<u>17ème LECON</u> : Equation du temps. Longitude	
du périhélie. Passage du Soleil au périhélie	135
<u>18ème LECON</u> : Détermination de la date	
de Pâques. Le comput	145

De nombreux exercices (+ de 200) et problèmes divers avec solutions sont répartis dans le corps de l'ouvrage.

L'OUVRAGE COMPLEMENTAIRE INDISPENSABLE POUR ASSIMILER LES
PRESENTS CALCULS EST :

" ASTRONOMIE DE POSITION " du même auteur, en vente à la

SOCIETE D'ASTRONOMIE DE NANTES

TABLES
&
EPHEMERIDES DIVERSES

CONVERSION DES DEGRÉS, MINUTES ET SECONDES
EN HEURES, MINUTES ET SECONDES

Degrés				Minutes		Secondes		Dixièmes de seconde	
0°	0 ^h 0 ^m	60°	4 ^h 0 ^m	0'	0 ^m 0 ^s	0"	0,000	0,0	0,000
1	0 4	61	4 4	1	0 4	1	0,067	0,1	0,007
2	0 8	62	4 8	2	0 8	2	0,133	0,2	0,013
3	0 12	63	4 12	3	0 12	3	0,200	0,3	0,020
4	0 16	64	4 16	4	0 16	4	0,267	0,4	0,027
5	0 20	65	4 20	5	0 20	5	0,333	0,5	0,033
6	0 24	66	4 24	6	0 24	6	0,400	0,6	0,040
7	0 28	67	4 28	7	0 28	7	0,467	0,7	0,047
8	0 32	68	4 32	8	0 32	8	0,533	0,8	0,053
9	0 36	69	4 36	9	0 36	9	0,600	0,9	0,060
10	0 40	70	4 40	10	0 40	10	0,667	1,0	0,067
11	0 44	71	4 44	11	0 44	11	0,733		
12	0 48	72	4 48	12	0 48	12	0,800		
13	0 52	73	4 52	13	0 52	13	0,867		
14	0 56	74	4 56	14	0 56	14	0,933		
15	1 0	75	5 0	15	1 0	15	1,000		
16	1 4	76	5 4	16	1 4	16	1,067		
17	1 8	77	5 8	17	1 8	17	1,133		
18	1 12	78	5 12	18	1 12	18	1,200		
19	1 16	79	5 16	19	1 16	19	1,267		
20	1 20	80	5 20	20	1 20	20	1,333		
21	1 24	81	5 24	21	1 24	21	1,400		
22	1 28	82	5 28	22	1 28	22	1,467		
23	1 32	83	5 32	23	1 32	23	1,533		
24	1 36	84	5 36	24	1 36	24	1,600		
25	1 40	85	5 40	25	1 40	25	1,667		
26	1 44	86	5 44	26	1 44	26	1,733		
27	1 48	87	5 48	27	1 48	27	1,800		
28	1 52	88	5 52	28	1 52	28	1,867		
29	1 56	89	5 56	29	1 56	29	1,933		
30	2 0	90	6 0	30	2 0	30	2,000		
31	2 4	91	6 4	31	2 4	31	2,067		
32	2 8	92	6 8	32	2 8	32	2,133		
33	2 12	93	6 12	33	2 12	33	2,200		
34	2 16	94	6 16	34	2 16	34	2,267		
35	2 20	95	6 20	35	2 20	35	2,333		
36	2 24	96	6 24	36	2 24	36	2,400		
37	2 28	97	6 28	37	2 28	37	2,467		
38	2 32	98	6 32	38	2 32	38	2,533		
39	2 36	99	6 36	39	2 36	39	2,600		
40	2 40	100	6 40	40	2 40	40	2,667		
41	2 44	200	13 20	41	2 44	41	2,733		
42	2 48	300	20 0	42	2 48	42	2,800		
43	2 52			43	2 52	43	2,867		
44	2 56			44	2 56	44	2,933		
45	3 0			45	3 0	45	3,000		
46	3 4			46	3 4	46	3,067		
47	3 8			47	3 8	47	3,133		
48	3 12			48	3 12	48	3,200		
49	3 16			49	3 16	49	3,267		
50	3 20			50	3 20	50	3,333		
51	3 24			51	3 24	51	3,400		
52	3 28			52	3 28	52	3,467		
53	3 32			53	3 32	53	3,533		
54	3 36			54	3 36	54	3,600		
55	3 40			55	3 40	55	3,667		
56	3 44			56	3 44	56	3,733		
57	3 48			57	3 48	57	3,800		
58	3 52			58	3 52	58	3,867		
59	3 56			59	3 56	59	3,933		
60	4 0			60	4 0	60	4,000		

CONVERSION DES HEURES, MINUTES ET SECONDES
EN DEGRÉS, MINUTES ET SECONDES

Heures A		Minutes B		Secondes C		Centièmes de seconde			
0 ^h	0°	0 ^m	0° 0'	0 ^s	0' 0"	0,00	0,00	0,50	7,50
1	15	1	0 15	1	0 15	0,01	0,15	0,51	7,65
2	30	2	0 30	2	0 30	0,02	0,30	0,52	7,80
3	45	3	0 45	3	0 45	0,03	0,45	0,53	7,95
4	60	4	1 0	4	1 0	0,04	0,60	0,54	8,10
5	75	5	1 15	5	1 15	0,05	0,75	0,55	8,25
6	90	6	1 30	6	1 30	0,06	0,90	0,56	8,40
7	105	7	1 45	7	1 45	0,07	1,05	0,57	8,55
8	120	8	2 0	8	2 0	0,08	1,20	0,58	8,70
9	135	9	2 15	9	2 15	0,09	1,35	0,59	8,85
10	150	10	2 30	10	2 30	0,10	1,50	0,60	9,00
11	165	11	2 45	11	2 45	0,11	1,65	0,61	9,15
12	180	12	3 0	12	3 0	0,12	1,80	0,62	9,30
13	195	13	3 15	13	3 15	0,13	1,95	0,63	9,45
14	210	14	3 30	14	3 30	0,14	2,10	0,64	9,60
15	225	15	3 45	15	3 45	0,15	2,25	0,65	9,75
16	240	16	4 0	16	4 0	0,16	2,40	0,66	9,90
17	255	17	4 15	17	4 15	0,17	2,55	0,67	10,05
18	270	18	4 30	18	4 30	0,18	2,70	0,68	10,20
19	285	19	4 45	19	4 45	0,19	2,85	0,69	10,35
20	300	20	5 0	20	5 0	0,20	3,00	0,70	10,50
21	315	21	5 15	21	5 15	0,21	3,15	0,71	10,65
22	330	22	5 30	22	5 30	0,22	3,30	0,72	10,80
23	345	23	5 45	23	5 45	0,23	3,45	0,73	10,95
24	360	24	6 0	24	6 0	0,24	3,60	0,74	11,10
		25	6 15	25	6 15	0,25	3,75	0,75	11,25
		26	6 30	26	6 30	0,26	3,90	0,76	11,40
		27	6 45	27	6 45	0,27	4,05	0,77	11,55
		28	7 0	28	7 0	0,28	4,20	0,78	11,70
		29	7 15	29	7 15	0,29	4,35	0,79	11,85
		30	7 30	30	7 30	0,30	4,50	0,80	12,00
		31	7 45	31	7 45	0,31	4,65	0,81	12,15
		32	8 0	32	8 0	0,32	4,80	0,82	12,30
		33	8 15	33	8 15	0,33	4,95	0,83	12,45
		34	8 30	34	8 30	0,34	5,10	0,84	12,60
		35	8 45	35	8 45	0,35	5,25	0,85	12,75
		36	9 0	36	9 0	0,36	5,40	0,86	12,90
		37	9 15	37	9 15	0,37	5,55	0,87	13,05
		38	9 30	38	9 30	0,38	5,70	0,88	13,20
		39	9 45	39	9 45	0,39	5,85	0,89	13,35
		40	10 0	40	10 0	0,40	6,00	0,90	13,50
		41	10 15	41	10 15	0,41	6,15	0,91	13,65
		42	10 30	42	10 30	0,42	6,30	0,92	13,80
		43	10 45	43	10 45	0,43	6,45	0,93	13,95
		44	11 0	44	11 0	0,44	6,60	0,94	14,10
		45	11 15	45	11 15	0,45	6,75	0,95	14,25
		46	11 30	46	11 30	0,46	6,90	0,96	14,40
		47	11 45	47	11 45	0,47	7,05	0,97	14,55
		48	12 0	48	12 0	0,48	7,20	0,98	14,70
		49	12 15	49	12 15	0,49	7,35	0,99	14,85
		50	12 30	50	12 30	0,50	7,50	1,00	15,00
		51	12 45	51	12 45				
		52	13 0	52	13 0				
		53	13 15	53	13 15				
		54	13 30	54	13 30				
		55	13 45	55	13 45				
		56	14 0	56	14 0				
		57	14 15	57	14 15				
		58	14 30	58	14 30				
		59	14 45	59	14 45				
		60	15 0	60	15 0				

$$D = D_0 + (UT + K)d$$

$$GHA = GHA_0 + (UT + K)g + (UT \times 15)$$

- Données décimales -

 D_0 déclinaison à 0^hUT - d variation horaire de D_0 - GHA_0 angle horaire à Greenwich à 0^hUT - g variation horaire de GHA_0

JOUR	JANVIER				FEVRIER				MARS				JOUR
	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	
1	-23.07	0.0033	179.21	-0.0049	-17.32	0.0117	176.63	-0.0014	-7.08	0.0158	176.86	0.0020	1
2	-23.99	0.0037	179.09	-0.0049	-17.04	0.0120	176.59	-0.0013	-7.51	0.0159	176.90	0.0021	2
3	-22.90	0.0040	178.98	-0.0048	-16.75	0.0122	176.56	-0.0012	-7.12	0.0160	176.95	0.0022	3
4	-22.80	0.0043	178.86	-0.0048	-16.46	0.0124	176.53	-0.0010	-6.74	0.0160	177.01	0.0022	4
5	-22.70	0.0046	178.75	-0.0047	-16.16	0.0126	176.51	-0.0009	-6.36	0.0161	177.06	0.0023	5
6	-22.59	0.0049	178.63	-0.0046	-15.86	0.0128	176.49	-0.0007	-5.97	0.0161	177.12	0.0024	6
7	-22.49	0.0052	178.52	-0.0045	-15.55	0.0130	176.47	-0.0006	-5.58	0.0162	177.17	0.0025	7
8	-22.35	0.0056	178.42	-0.0044	-15.24	0.0131	176.46	-0.0005	-5.20	0.0163	177.23	0.0026	8
9	-22.21	0.0058	178.31	-0.0044	-14.92	0.0133	176.44	-0.0003	-4.81	0.0163	177.30	0.0026	9
10	-22.07	0.0061	178.20	-0.0042	-14.60	0.0135	176.44	-0.0002	-4.41	0.0163	177.36	0.0026	10
11	-21.93	0.0065	178.10	-0.0042	-14.28	0.0137	176.43	0	-4.02	0.0164	177.42	0.0027	11
12	-21.77	0.0067	178.00	-0.0040	-13.95	0.0138	176.43	0.0001	-3.63	0.0164	177.49	0.0028	12
13	-21.61	0.0070	177.91	-0.0040	-13.62	0.0140	176.43	0.0002	-3.24	0.0164	177.55	0.0028	13
14	-21.44	0.0073	177.81	-0.0039	-13.28	0.0141	176.44	0.0003	-2.84	0.0165	177.62	0.0028	14
15	-21.27	0.0076	177.72	-0.0037	-12.95	0.0143	176.44	0.0005	-2.45	0.0165	177.69	0.0029	15
16	-21.08	0.0079	177.63	-0.0036	-12.60	0.0144	176.46	0.0006	-2.05	0.0165	177.76	0.0029	16
17	-20.89	0.0081	177.54	-0.0035	-12.26	0.0145	176.47	0.0007	-1.66	0.0165	177.83	0.0030	17
18	-20.70	0.0084	177.46	-0.0033	-11.91	0.0147	176.49	0.0008	-1.26	0.0165	177.90	0.0030	18
19	-20.50	0.0087	177.38	-0.0032	-11.55	0.0148	176.51	0.0010	-0.87	0.0165	177.97	0.0031	19
20	-20.29	0.0090	177.30	-0.0031	-11.20	0.0149	176.53	0.0011	-0.47	0.0165	178.05	0.0031	20
21	-20.07	0.0092	177.23	-0.0030	-10.84	0.0150	176.56	0.0012	-0.08	0.0165	178.12	0.0031	21
22	-19.85	0.0094	177.15	-0.0028	-10.48	0.0151	176.58	0.0013	0.32	0.0165	178.19	0.0031	22
23	-19.63	0.0097	177.09	-0.0026	-10.12	0.0152	176.62	0.0014	0.71	0.0165	178.27	0.0031	23
24	-19.39	0.0099	177.02	-0.0026	-9.75	0.0153	176.65	0.0015	1.11	0.0164	178.35	0.0032	24
25	-19.15	0.0102	176.96	-0.0024	-9.38	0.0154	176.69	0.0016	1.50	0.0164	178.42	0.0032	25
26	-18.91	0.0105	176.90	-0.0023	-9.01	0.0155	176.72	0.0017	1.90	0.0164	178.50	0.0032	26
27	-18.66	0.0107	176.85	-0.0021	-8.64	0.0156	176.77	0.0019	2.29	0.0163	178.57	0.0032	27
28	-18.40	0.0109	176.80	-0.0020	-8.26	0.0157	176.81	0.0019	2.68	0.0163	178.65	0.0032	28
29	-18.14	0.0111	176.75	-0.0019					3.07	0.0163	178.73	0.0032	29
30	-17.87	0.0114	176.70	-0.0017					3.46	0.0162	178.80	0.0031	30
31	-17.60	0.0116	176.63	-0.0016					3.85	0.0161	178.88	0.0031	31

JOUR	AVRIL				MAI				JUIN				JOUR
	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	
1	4.24	0.0161	178.95	0.0031	14.84	0.0126	180.70	0.0013	21.95	0.0057	180.60	-0.0015	1
2	4.62	0.0160	179.03	0.0031	15.30	0.0124	180.73	0.0012	22.08	0.0055	180.56	-0.0016	2
3	5.01	0.0160	179.10	0.0031	15.44	0.0123	180.76	0.0011	22.21	0.0052	180.52	-0.0017	3
4	5.39	0.0159	179.18	0.0031	15.74	0.0121	180.79	0.0010	22.34	0.0049	180.48	-0.0017	4
5	5.77	0.0158	179.25	0.0031	16.03	0.0119	180.82	0.0009	22.46	0.0047	180.44	-0.0018	5
6	6.15	0.0158	179.32	0.0030	16.31	0.0117	180.84	0.0008	22.57	0.0044	180.40	-0.0019	6
7	6.53	0.0157	179.39	0.0029	16.59	0.0116	180.86	0.0007	22.67	0.0042	180.35	-0.0019	7
8	6.91	0.0156	179.46	0.0029	16.87	0.0114	180.87	0.0006	22.77	0.0038	180.31	-0.0020	8
9	7.28	0.0155	179.53	0.0028	17.15	0.0111	180.89	0.0005	22.87	0.0035	180.26	-0.0021	9
10	7.65	0.0154	179.60	0.0028	17.41	0.0110	180.90	0.0004	22.96	0.0033	180.21	-0.0021	10
11	8.03	0.0153	179.67	0.0027	17.68	0.0108	180.91	0.0003	23.03	0.0030	180.16	-0.0022	11
12	8.39	0.0152	179.74	0.0027	17.93	0.0106	180.92	0.0002	23.10	0.0027	180.11	-0.0022	12
13	8.76	0.0151	179.82	0.0027	18.19	0.0103	180.92	0.0001	23.17	0.0024	180.06	-0.0022	13
14	9.12	0.0150	179.87	0.0026	18.44	0.0101	180.93	0	23.22	0.0022	180.01	-0.0022	14
15	9.48	0.0149	179.93	0.0026	18.68	0.0099	180.93	-0.0001	23.28	0.0018	179.95	-0.0022	15
16	9.84	0.0148	179.99	0.0025	18.92	0.0097	180.93	-0.0002	23.32	0.0016	179.90	-0.0022	16
17	10.20	0.0147	180.05	0.0024	19.15	0.0094	180.92	-0.0003	23.36	0.0013	179.85	-0.0022	17
18	10.55	0.0146	180.11	0.0024	19.38	0.0092	180.91	-0.0003	23.39	0.0010	179.79	-0.0023	18
19	10.90	0.0144	180.16	0.0023	19.60	0.0090	180.91	-0.0004	23.41	0.0007	179.74	-0.0023	19
20	11.25	0.0143	180.22	0.0022	19.81	0.0088	180.90	-0.0005	23.43	0.0004	179.68	-0.0023	20
21	11.59	0.0142	180.27	0.0022	20.02	0.0085	180.88	-0.0006	23.44	0.0001	179.66	-0.0023	21
22	11.93	0.0141	180.32	0.0021	20.23	0.0083	180.87	-0.0007	23.44	-0.0001	179.58	-0.0022	22
23	12.27	0.0139	180.37	0.0020	20.43	0.0080	180.85	-0.0008	23.44	-0.0005	179.52	-0.0022	23
24	12.60	0.0138	180.42	0.0019	20.62	0.0078	180.83	-0.0009	23.43	-0.0007	179.47	-0.0022	24
25	12.93	0.0136	180.47	0.0019	20.81	0.0075	180.81	-0.0010	23.41	-0.0010	179.41	-0.0022	25
26	13.26	0.0135	180.51	0.0017	20.99	0.0073	180.78	-0.0011	23.39	-0.0013	179.36	-0.0022	26
27	13.58	0.0133	180.55	0.0017	21.16	0.0071	180.76	-0.0012	23.36	-0.0016	179.31	-0.0022	27
28	13.90	0.0131	180.59	0.0016	21.33	0.0067	180.73	-0.0013	23.32	-0.0019	179.26	-0.0022	28
29	14.22	0.0130	180.63	0.0015	21.49	0.0065	180.70	-0.0013	23.27	-0.0022	179.21	-0.0021	29
30	14.53	0.0128	180.67	0.0014	21.65	0.0063	180.67	-0.0014	23.22	-0.0024	179.16	-0.0020	30
31					21.80	0.0060	180.64	-0.0015					31

Correction k
pour
les années

1981	11.63
1982	5.81
1983	0
1984	-5.81
	18.19*
1985	12.37
1986	6.56
1987	0.75
1988	-5.06
	18.94*
1989	13.12
1990	7.31
1991	1.50
1992	-4.32
	19.68*
1993	13.87
1994	8.06
1995	2.25
1996	-3.57
	20.43*
1997	14.62
1998	8.81
1999	3.00
2000	-2.82
	21.18*

* A partir du
29 février

$K = 24 [365 n + 366 l - 365, 2422 (n + l)]$ } On part de 1983 et on fait : Année - 1983 = n + l
 M = années normales, l = bissextile. Pour l'année et février compter 16 de moins.

$$D = D_0 + (UT + K)d$$

TABLE PERMANENTE POUR LE SOLEIL

$$GHA = GHA_0 + (UT + K)g + (UT \times 15)$$

- Données décimales -

 D_0 déclinaison à 0^h UT - d variation horaire de D_0 - GHA_0 angle horaire à Greenwich à 0^h UT - g variation horaire de GHA_0

JOUR	JUILLET				AOÛT				SEPTEMBRE				JOUR
	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	
1	23°16	-0°0027	179°11	-0°0020	18°22	-0°0104	178°42	0°0006	8°57	-0°0150	179.93	0°0033	1
2	23.10	-0.0030	179.06	-0.0020	17.97	-0.0106	178.44	0.0007	8.21	-0.0151	180.01	0.0033	2
3	23.03	-0.0033	179.01	-0.0019	17.71	-0.0108	178.45	0.0008	7.85	-0.0152	180.09	0.0034	3
4	22.95	-0.0035	178.96	-0.0019	17.45	-0.0110	178.47	0.0009	7.48	-0.0153	180.17	0.0034	4
5	22.86	-0.0039	178.92	-0.0018	17.19	-0.0112	178.49	0.0010	7.11	-0.0154	180.25	0.0035	5
6	22.77	-0.0041	178.88	-0.0018	16.92	-0.0115	178.52	0.0011	6.74	-0.0155	180.33	0.0035	6
7	22.67	-0.0044	178.83	-0.0017	16.65	-0.0116	178.54	0.0012	6.37	-0.0156	180.42	0.0035	7
8	22.57	-0.0047	178.79	-0.0017	16.37	-0.0117	178.57	0.0013	5.99	-0.0157	180.50	0.0036	8
9	22.45	-0.0049	178.75	-0.0015	16.09	-0.0119	178.60	0.0014	5.62	-0.0158	180.59	0.0036	9
10	22.34	-0.0052	178.71	-0.0014	15.80	-0.0122	178.64	0.0015	5.24	-0.0158	180.67	0.0036	10
11	22.21	-0.0055	178.68	-0.0014	15.51	-0.0123	178.67	0.0016	4.86	-0.0158	180.76	0.0036	11
12	22.08	-0.0057	178.64	-0.0013	15.21	-0.0125	178.71	0.0017	4.48	-0.0159	180.85	0.0037	12
13	21.94	-0.0060	178.61	-0.0013	14.91	-0.0126	178.75	0.0018	4.10	-0.0159	180.94	0.0037	13
14	21.80	-0.0063	178.58	-0.0012	14.61	-0.0128	178.80	0.0019	3.72	-0.0160	181.02	0.0037	14
15	21.65	-0.0065	178.55	-0.0011	14.30	-0.0129	178.84	0.0020	3.34	-0.0160	181.11	0.0037	15
16	21.50	-0.0067	178.52	-0.0010	13.99	-0.0131	178.89	0.0021	2.95	-0.0160	181.20	0.0037	16
17	21.33	-0.0070	178.50	-0.0010	13.68	-0.0133	178.94	0.0022	2.57	-0.0161	181.29	0.0038	17
18	21.17	-0.0072	178.48	-0.0009	13.36	-0.0134	178.99	0.0023	2.18	-0.0161	181.38	0.0038	18
19	20.99	-0.0075	178.46	-0.0008	13.04	-0.0135	179.05	0.0024	1.79	-0.0162	181.47	0.0038	19
20	20.81	-0.0078	178.44	-0.0007	12.71	-0.0137	179.11	0.0025	1.40	-0.0162	181.56	0.0037	20
21	20.63	-0.0079	178.43	-0.0006	12.38	-0.0138	179.16	0.0026	1.02	-0.0162	181.65	0.0037	21
22	20.44	-0.0083	178.41	-0.0004	12.05	-0.0140	179.23	0.0026	0.63	-0.0162	181.74	0.0037	22
23	20.24	-0.0084	178.40	-0.0003	11.72	-0.0141	179.29	0.0027	0.24	-0.0163	181.83	0.0037	23
24	20.06	-0.0087	178.40	-0.0003	11.38	-0.0142	179.35	0.0028	-0.15	-0.0163	181.91	0.0037	24
25	19.83	-0.0089	178.39	-0.0001	11.04	-0.0143	179.42	0.0028	-0.54	-0.0163	182.00	0.0036	25
26	19.61	-0.0092	178.39	-0.0001	10.68	-0.0144	179.49	0.0029	-0.93	-0.0163	182.09	0.0036	26
27	19.39	-0.0094	178.39	0.0001	10.35	-0.0146	179.56	0.0030	-1.32	-0.0162	182.17	0.0035	27
28	19.17	-0.0096	178.39	0.0001	10.00	-0.0147	179.63	0.0030	-1.71	-0.0162	182.26	0.0035	28
29	18.94	-0.0098	178.39	0.0003	9.64	-0.0148	179.70	0.0031	-2.10	-0.0162	182.34	0.0035	29
30	18.70	-0.0100	178.40	0.0004	9.29	-0.0148	179.78	0.0032	-2.49	-0.0162	182.43	0.0035	30
31	18.46	-0.0102	178.41	0.0005	8.93	-0.0149	179.85	0.0033					31
JOUR	OCTOBRE				NOVEMBRE				DECEMBRE				JOUR
	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	D_0	d	GHA_0	g	
1	-2°88	-0°0162	182°51	0°0034	-14°17	-0°0134	184°09	0°0003	-21°68	-0°0066	182°83	-0°0039	1
2	-3.27	-0.0161	182.59	0.0033	-14.50	-0.0133	184.10	0.0002	-21.84	-0.0063	182.74	-0.0040	2
3	-3.65	-0.0161	182.67	0.0033	-14.81	-0.0131	184.11	0	-21.99	-0.0060	182.64	-0.0041	3
4	-4.04	-0.0161	182.75	0.0032	-15.13	-0.0129	184.11	-0.0001	-22.13	-0.0057	182.54	-0.0042	4
5	-4.43	-0.0160	182.82	0.0031	-15.44	-0.0127	184.10	-0.0003	-22.27	-0.0054	182.44	-0.0043	5
6	-4.81	-0.0160	182.90	0.0031	-15.74	-0.0126	184.10	-0.0004	-22.40	-0.0051	182.34	-0.0044	6
7	-5.20	-0.0160	182.97	0.0030	-16.04	-0.0124	184.09	-0.0006	-22.52	-0.0048	182.24	-0.0045	7
8	-5.58	-0.0159	183.04	0.0029	-16.34	-0.0122	184.07	-0.0007	-22.63	-0.0044	182.13	-0.0046	8
9	-5.96	-0.0158	183.11	0.0028	-16.63	-0.0119	184.06	-0.0008	-22.74	-0.0042	182.02	-0.0047	9
10	-6.34	-0.0158	183.18	0.0028	-16.92	-0.0118	184.04	-0.0010	-22.84	-0.0038	181.91	-0.0047	10
11	-6.72	-0.0158	183.25	0.0027	-17.20	-0.0115	184.01	-0.0011	-22.93	-0.0035	181.79	-0.0048	11
12	-7.10	-0.0157	183.31	0.0026	-17.48	-0.0114	183.99	-0.0013	-23.02	-0.0033	181.68	-0.0049	12
13	-7.47	-0.0156	183.38	0.0025	-17.75	-0.0111	183.96	-0.0014	-23.10	-0.0028	181.56	-0.0049	13
14	-7.85	-0.0155	183.44	0.0024	-18.02	-0.0110	183.94	-0.0016	-23.16	-0.0026	181.45	-0.0049	14
15	-8.22	-0.0154	183.50	0.0024	-18.28	-0.0107	183.89	-0.0017	-23.23	-0.0023	181.33	-0.0050	15
16	-8.59	-0.0153	183.55	0.0023	-18.54	-0.0105	183.85	-0.0019	-23.28	-0.0019	181.21	-0.0051	16
17	-8.96	-0.0153	183.61	0.0022	-18.79	-0.0102	183.80	-0.0020	-23.33	-0.0016	181.09	-0.0051	17
18	-9.33	-0.0152	183.66	0.0021	-19.04	-0.0100	183.75	-0.0022	-23.37	-0.0013	180.96	-0.0051	18
19	-9.69	-0.0151	183.71	0.0019	-19.28	-0.0098	183.70	-0.0023	-23.40	-0.0010	180.84	-0.0051	19
20	-10.05	-0.0150	183.76	0.0018	-19.51	-0.0095	183.65	-0.0024	-23.42	-0.0006	180.72	-0.0051	20
21	-10.41	-0.0149	183.80	0.0017	-19.74	-0.0092	183.59	-0.0025	-23.43	-0.0003	180.60	-0.0052	21
22	-10.77	-0.0148	183.84	0.0016	-19.96	-0.0090	183.53	-0.0027	-23.44	0.0001	180.47	-0.0052	22
23	-11.12	-0.0146	183.88	0.0015	-20.18	-0.0088	183.46	-0.0028	-23.44	0.0003	180.35	-0.0052	23
24	-11.48	-0.0145	183.92	0.0014	-20.39	-0.0085	183.40	-0.0030	-23.43	0.0007	180.22	-0.0051	24
25	-11.82	-0.0144	183.95	0.0013	-20.59	-0.0082	183.32	-0.0031	-23.42	0.0010	180.10	-0.0051	25
26	-12.17	-0.0143	183.98	0.0011	-20.79	-0.0080	183.25	-0.0033	-23.39	0.0013	179.98	-0.0051	26
27	-12.51	-0.0141	184.01	0.0010	-20.98	-0.0077	183.17	-0.0034	-23.36	0.0017	179.85	-0.0051	27
28	-12.85	-0.0140	184.03	0.0008	-21.17	-0.0074	183.09	-0.0035	-23.32	0.0019	179.73	-0.0051	28
29	-13.19	-0.0139	184.05	0.0007	-21.34	-0.0072	183.01	-0.0036	-23.27	0.0023	179.60	-0.0051	29
30	-13.52	-0.0137	184.07	0.0006	-21.51	-0.0069	182.92	-0.0038	-23.22	0.0026	179.48	-0.0051	30
31	-13.85	-0.0135	184.08	0.0005					-23.16	0.0029	179.36	-0.0050	31

Correction k
pour
les années

1981	11.63
1982	5.81
1983	0
1984	-5.81
1985	18.19
1986	12.37
1987	6.56
1988	0.75
1989	-5.06
1990	18.94
1991	13.12
1992	7.31
1993	1.50
1994	-4.32
1995	19.68
1996	13.87
1997	8.06
1998	2.25
1999	-3.57
2000	20.43
2001	14.62
2002	8.81
2003	3.00
2004	-2.82
2005	21.18

* A partir du
29 février

Exemple pour R : 1996 - 1983 = 13 ans → Mars et avril : R = 4, m = 9 → R = -3,566 Pour 2003 R = 16,87
R = 20,43 etc...

$$\text{Heure passage méridien} = \frac{360 - GHA_0 - K_g}{15 + g}$$

ANNEE 1981 - POINT VERNAL A 0^h UT EN DEGRES DECIMAUX
(variation horaire g = 15.041)

JOUR	JAN.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	JOUR
1	100.56	131.11	158.71	189.27	218.84	249.39	278.96	309.52	340.07	9.64	40.19	69.76	1
2	101.55	132.10	159.70	190.25	219.82	250.38	279.95	310.50	341.06	10.62	41.18	70.75	2
3	102.53	133.08	160.68	191.24	220.81	251.36	280.93	311.49	342.04	11.61	42.17	71.73	3
4	103.52	134.07	161.67	192.22	221.79	252.35	281.92	312.47	343.03	12.60	43.15	72.72	4
5	104.50	135.06	162.65	193.21	222.78	253.33	282.90	313.46	344.01	13.58	44.14	73.71	5
6	105.49	136.04	163.64	194.19	223.76	254.32	283.89	314.44	345.00	14.57	45.12	74.69	6
7	106.47	137.03	164.63	195.18	224.75	255.30	284.87	315.43	345.98	15.55	46.11	75.68	7
8	107.46	138.01	165.61	196.17	225.73	256.29	285.86	316.41	346.97	16.54	47.09	76.66	8
9	108.44	139.00	166.60	197.15	226.72	257.28	286.85	317.40	247.96	17.52	48.08	77.65	9
10	109.43	139.98	167.58	198.14	227.71	258.26	287.83	318.39	348.94	18.51	49.06	78.63	10
11	110.41	140.97	168.57	199.12	228.69	259.25	288.82	319.37	349.93	19.50	50.05	79.62	11
12	111.40	141.96	169.55	200.11	229.68	260.23	289.80	320.36	350.91	20.48	51.04	80.61	12
13	112.39	142.94	170.54	201.09	230.66	261.22	290.79	321.34	351.90	21.47	52.02	81.59	13
14	113.37	143.93	171.52	202.08	231.65	262.20	291.77	322.33	352.88	22.45	53.01	82.58	14
15	114.36	144.91	172.51	203.06	232.63	263.19	292.76	323.31	353.87	23.44	53.99	83.56	15
16	115.34	145.90	173.50	204.05	233.62	264.17	293.74	324.30	354.85	24.42	54.98	84.55	16
17	116.33	146.88	174.48	205.04	234.61	265.16	294.73	325.29	355.84	25.41	55.96	85.53	17
18	117.31	147.87	175.47	206.02	235.59	266.15	295.72	326.27	356.83	26.39	56.95	86.52	18
19	118.30	148.85	176.45	207.01	236.58	267.13	296.70	327.26	357.81	27.38	57.94	87.51	19
20	119.29	149.84	177.44	207.99	237.56	268.12	297.69	328.24	358.80	28.37	58.92	88.49	20
21	120.27	150.81	178.42	208.98	238.55	269.10	298.67	329.23	359.78	29.35	59.91	89.48	21
22	121.26	151.81	179.41	209.96	239.53	270.09	299.66	330.21	0.77	30.34	60.89	90.46	22
23	122.24	152.80	180.40	210.95	240.52	271.07	300.64	331.20	1.75	31.32	61.88	91.45	23
24	123.23	153.78	181.38	211.94	241.51	272.06	301.63	332.18	2.74	32.31	62.86	92.43	24
25	124.21	154.77	182.37	212.92	242.49	273.05	302.62	333.17	3.73	33.29	63.85	93.42	25
26	125.20	155.75	183.35	213.91	243.48	274.03	303.60	334.16	4.71	34.28	64.83	94.40	26
27	126.19	156.74	184.34	214.89	244.46	275.02	304.59	335.14	5.70	35.27	65.82	95.39	27
28	127.17	157.73	185.32	215.88	245.45	276.00	305.57	336.13	6.68	36.25	66.81	96.38	28
29	128.16		186.31	216.86	246.43	276.99	306.56	337.11	7.67	37.24	67.79	97.36	29
30	129.14		187.29	217.85	247.42	277.97	307.54	338.10	8.65	38.22	68.78	98.35	30
31	130.13		188.28		248.40		308.53	339.08		39.21		99.33	31

Corrections pour
les années
(en degrés décimaux)

1981	0
1982	-0.24
1983	-0.48
1984	-0.72
	+0.27*
1985	+0.03
1986	-0.21
1987	-0.45
1988	-0.68
	+0.30*
1989	+0.07
1990	-0.17
1991	-0.41
1992	-0.65
	+0.34*
1993	+0.10
1994	-0.14
1995	-0.38
1996	-0.62
	+0.37*
1997	+0.13
1998	-0.11
1999	-0.35
2000	-0.59
	+0.39

* Après le 29 février

LISTE ALPHABETIQUE DES ETOILES

figurant dans les tables d'Ascension Verse et de Déclinaison
avec leur numéro d'ordre et leur magnitude.

	N°	Magnitude		N°	Magnitude
ACHERNAR	9	0,6	GIENAH	47	2,8
ACRUX	48	1,1	HAMAL	10	2,2
ADHARA	28	1,6	KAUS AUSTRALIS	68	2,0
AGENA	56	0,9	KOCHAB	60	2,2
ALDEBARAN	15	1,1	MARKAB	81	2,6
ALDERAMIN	75	2,6	MENKALINAN	23	2,1
ALGENIB	3	2,9	MENKAR	12	2,8
ALGOL	13	2,2-->3,5	MENKENT	57	2,3
ALHENA	26	1,9	MERAK	42	2,4
ALIOTH	52	1,7	MIAPLACIDUS	38	1,8
ALKAID	55	1,9	MIMOSA	51	1,5
ALNAIR	77	2,2	MIRACH	8	2,4
ALNITAK	21	2,1	MIRFAK	14	1,9
ALNITAM	20	1,8	MIRZAM	24	2,0
ALPHARD	40	2,2	MIZAR	53	2,4
ALPHERATZ	1	2,2	NAOS	33	2,3
ALTAIR	71	0,9	NUNKI	70	2,1
ANKAA	4	2,4	PEACOCK	73	2,1
ANTARES	62	1,2	PERLE (LA)	61	2,3
ARCTURUS	58	0,2	PHECDA	46	2,5
ATRIA	63	1,9	POLAIRE (LA)	11	2,1-->2,2
AVIAR	35	1,7	POLLUX	32	1,2
BELLATRIX	18	1,7	PROCYON	31	0,5
BETELGEUSE	22	0,1-->1,2	RASALHAGUE	66	2,1
CANOPUS	25	-0,9	REGULUS	41	1,3
CAPH	2	2,4	RIGEL	16	0,3
CAPELLA	17	0,2	RIGIL KENTARUS	59	0,1
CASTOR	30	1,6	SADIR	72	2,3
DENEB	74	1,3	SCHAULA	65	1,7
DENEB KAITOS	6	2,2	SCHEAT	80	2,6
DENEBOLA	45	2,2	SCHEDIR	5	2,1-->3,6
DUBHE	43	2,0	SIRIUS	27	-1,6
EL NATH	19	1,8	SUHAIL	37	2,2
ENIF	76	2,5	TSIH	7	1,6-->3,0
EPI (L')=SPICA	54	1,2	TUREIS	39	2,3
ETAMIN	67	2,4	VEGA	69	0,1
FOMALHAUT	79	1,3	WEZEN	29	2,0
GACRUX	49	1,6	ZOSMA	44	2,6

ETOILES ANONYMES

Centaure (g)	50	2,4	Voiles (d)	36	2,0
Grue (b)	78	2,2	Voiles (g)	34	1,9
Scorpion (e)	64	2,4			

ASCENSION VERSE ET DECLINAISON DES 81 PRINCIPALES ETOILES

Jusqu'à la magnitude de 2,8 par ordre d'AV décroissantes

Données décimales pour 1981, variation annuelle : " décimaux

NOTA: J'ai noté après le nom de chaque étoile sa constellation et son ordre dans cette constellation.

Comme je ne dispose pas de caractères grecs, j'ai transposé en caractères latins comme suit :

Alpha = a, beta = b, gamma = g, delta = d, epsilon = e, dzeta = z, eta = h, theta = th, iota = i, lambda = l, sigma = s

Quelques rares étoiles peu visibles, (magnitude > 2) n'ont pas de nom !

* AV = Ascension verse pour 1981, v = variation annuelle de AV

* D = Déclinaison pour 1981, d = variation annuelle de D

== 1981 == 1981 == 1981 ==

		AV	v	D	d
1)	ALPHERATZ a Andromède	358.15	-0.0131	28.99	+0.0056
2)	CAPH b Cassiopée	357.96	-0.0130	59.05	+0.0054
3)	ALGENIB g Pégase	356.94	-0.0126	15.08	+0.0055
4)	ANKAA a Phénix	353.67	-0.0121	-42.42	+0.0053
5)	SCHEDIR a Cassiopée	350.15	-0.0140	56.44	+0.0054
6)	DENEB KAITOS b Baleine	349.35	-0.0126	-18.09	+0.0055
7)	TSIH g Cassiopée	346.11	-0.0149	60.61	+0.0053
8)	MIRACH b Andromède	342.52	-0.0138	35.52	+0.0052
9)	ACHERNAR a Eridan	335.75	-0.0093	-57.33	+0.0052
10)	HAMAL a Bélier	328.48	-0.0142	23.37	+0.0046
11)	LA POLAIRE a Petite Ourse	326.61	-0.1980	89.18	+0.0047
12)	MENKAR a Baleine	314.68	-0.0128	4.01	+0.0038
13)	ALGOL b Persée	313.27	-0.0159	40.88	+0.0038
14)	MIRFAK a Persée	309.26	-0.0175	49.80	+0.0035
15)	ALDEBARAN a Taureau	291.30	-0.0143	16.47	+0.0020
16)	RIGEL b Orion	281.60	-0.0120	- 8.22	+0.0012
17)	CAPELLA a Cocher	281.18	-0.0185	45.98	+0.0010

18)	BELLATRIX g Orion	278.97	-0.0131	6.33	+0.0009
19)	EL NATH b Taureau	278.73	-0.0155	28.59	+0.0009
20)	ALNITAM e Orion	276.19	-0.0125	- 1.22	+0.0007
21)	ALNITAK z Orion	275.05	-0.0123	- 1.95	-0.0005
22)	BETELGEUSE a Orion	271.47	-0.0135	7.40	+0.0002
23)	MENKALINAN b Cocher	270.46	-0.0180	44.95	+0.0001
24)	MIRZAM b Grand Chien	264.53	-0.0107	-17.95	-0.0005
25)	CANOPUS a Carène	264.13	-0.0055	-52.69	-0.0005
26)	ALHENA g Gémeaux	260.85	-0.0141	16.42	-0.0008
27)	SIRIUS a Grand Chien	258.93	-0.0110	-16.69	-0.0013
28)	ADHARA e Grand Chien	255.53	-0.0096	-28.95	-0.0013
29)	WEZEN d Grand Chien	253.09	-0.0099	-26.36	-0.0015
30)	CASTOR a Gémeaux	246.65	-0.0156	31.93	-0.0022
31)	PROCYON a Petit Chien	245.43	-0.0132	5.27	-0.0027
32)	POLLUX b Gémeaux	243.97	-0.0153	28.07	-0.0025
33)	NAOS z Poupe	239.27	-0.0086	-39.95	-0.0028
34)	X g Voiles	237.76	-0.0075	-47.28	-0.0029
35)	AVIAR e Carène	234.46	-0.0050	-59.45	-0.0031
36)	x d Voiles	228.95	-0.0067	-54.64	-0.0036
37)	SUHAIL l Voiles	223.17	-0.0090	-43.35	-0.0040
38)	MIAPLACIDUS b Carène	221.74	-0.0026	-69.64	-0.0040
39)	TUREIS i Carène	220.86	-0.0058	-59.19	-0.0041
40)	ALPHARD a Hydre femelle	218.34	-0.0124	- 8.57	-0.0044
41)	REGULUS a Lion	208.16	-0.0133	12.06	-0.0048
42)	MERAK b Grande Ourse	194.83	-0.0147	56.48	-0.0053
43)	DUBHE a Grande Ourse	194.36	-0.0154	61.85	-0.0054
44)	ZOSMA d Lion	191.73	-0.0130	20.63	-0.0054

45)	DENEbola b Lion	182.98	-0.0127	14.68	-0.0057
46)	PHECDA g Grande Ourse	181.80	-0.0128	53.80	-0.0054
47)	GIENAH g Corbeau	176.30	-0.0126	-17.43	-0.0054
48)	ACRUX a Croix du Sud	173.61	-0.0140	-63.00	-0.0055
49)	GACRUX g Croix du Sud	172.48	-0.0136	-57.00	-0.0054
50)	X g Centaure	169.89	-0.0135	-48.85	-0.0054
51)	MIMOSA b Croix du Sud	168.35	-0.0143	-59.58	-0.0054
52)	ALIOTH e Grande Ourse	166.71	-0.0108	56.06	-0.0053
53)	MIZAR z1 Grande Ourse	159.22	-0.0099	55.02	-0.0051
54)	SPICA (L'EPI) a Vierge	158.95	-0.0132	-11.06	-0.0052
55)	ALKAID h Grande Ourse	153.31	-0.0099	49.41	-0.0051
56)	AGENA b Centaure	149.39	-0.0173	-60.28	-0.0047
57)	MENKENT th Centaure	148.62	-0.0147	-36.27	-0.0049
58)	ARCTURUS a Bouvier	146.30	-0.0115	19.28	-0.0052
59)	RIGIL KENT. a Centaure	140.41	-0.0172	-60.76	-0.0042
60)	KOCHAB b Petite Ourse	137.33	+0.0006	74.23	-0.0042
61)	LA PERLE a Couronne boréale	126.54	-0.0107	26.78	-0.0034
62)	ANTARES a Scorpion	112.93	-0.0153	-26.31	-0.0022
63)	ATRIA a Triangle austral	108.36	-0.0266	-68.99	-0.0019
64)	X e Scorpion	107.78	-0.0158	-34.26	-0.0017
65)	SCHAULA l Scorpion	96.93	-0.0167	-37.09	-0.0007
66)	RAS AL HAGUE a Ophiucus	96.50	-0.0117	12.58	-0.0007
67)	ETAMIN g Dragon	90.97	-0.0057	51.49	-0.0001
68)	KAUS AUSTRALIS e Sagittaire	84.28	-0.0162	-34.39	-0.0005
69)	VEGA a Lyre	80.92	-0.0085	38.77	+0.0010
70)	NUNKI s Sagittaire	76.49	-0.0156	-26.32	+0.0013
71)	ALTAIR a Aigle	62.53	-0.0122	8.82	+0.0027

72)	SADIR	54.62	-0.0088	40.20	+0.0031
	g Cygne				
73)	PEACOCK	53.98	-0.0197	-56.80	+0.0031
	a Paon				
74)	DENEB	49.79	-0.0085	45.21	+0.0037
	a Cygne				
75)	ALDERAMIN	40.48	-0.0058	62.51	+0.0041
	a Céphée				
76)	ENIF	34.19	-0.0124	9.79	+0.0046
	e Pégase				
77)	ALNAIR	28.25	-0.0154	-47.06	+0.0047
	a Grue				
78)	X	19.63	-0.0146	-46.99	+0.0051
	b Grue				
79)	FOMALHAUT	15.85	-0.0138	-29.72	+0.0053
	a Poisson austral				
80)	SCHEAT	14.29	-0.0119	27.98	+0.0053
	b Pégase				
81)	MARKAB	14.05	-0.0122	15.10	+0.0053
	a Pégase				

RAPPEL :

ANGLE HORAIRE = TEMPS SIDERAL + ASCENSION VERSE

$$AH = TS + AV$$

Eléments recueillis et calculés par L. CAMPION, Juin 1991

ELEMENTS ASTRONOMIQUES POUR VENUS ET MARS (1991/1992)

$$====> AH = TS + AV <====$$

ARGUMENTS: AVo et Do en degrés décimaux donnés de 10 jours en 10 jours à 0 heure pour les dates indiquées.

"v" et "d" en degrés décimaux sont les variations journalières de AV et de D.

VENUS					MARS										
Date	AVo	:	v		Do	:	d		AVo	:	v		Do	:	d
1991 *****															
8/9	218.50	:	-0.033		7.10	:	+0.152		175.75	:	-0.595		-1.13	:	-0.265
18/9	218.18	:	-0.378		8.62	:	+0.055		169.80	:	-0.605		-3.78	:	-0.263
28/9	214.40	:	-0.625		9.17	:	-0.052		163.75	:	-0.620		-6.42	:	-0.257
8/10	208.15	:	-0.788		8.65	:	-0.152		157.55	:	-0.635		-8.98	:	-0.250
18/10	200.28	:	-0.888		7.13	:	-0.237		151.20	:	-0.653		-11.48	:	-0.238
28/10	191.40	:	-0.955		4.77	:	-0.305		144.68	:	-0.675		-13.87	:	-0.223
7/11	181.85	:	-1.005		1.72	:	-0.357		137.93	:	-0.698		-16.10	:	-0.203
17/11	171.80	:	-1.043		-1.85	:	-0.384		130.95	:	-0.720		-18.13	:	-0.180
27/11	161.38	:	-1.088		-5.68	:	-0.392		123.75	:	-0.745		-19.93	:	-0.152
7/12	150.50	:	-1.130		-9.60	:	-0.365		116.30	:	-0.765		-21.45	:	-0.120
17/12	139.20	:	-1.183		-13.25	:	-0.345		108.65	:	-0.788		-22.65	:	-0.083
27/12	127.38	:	-1.200		-16.70	:	-0.275		100.77	:	-0.795		-23.48	:	-0.058
1992 *****															
1/1	121.26	:	-1.259		-18.17	:	-0.235		96.80	:	-0.809		-23.75	:	-0.024
11/1	108.67	:	-1.300		-20.52	:	-0.144		88.70	:	-0.815		-24.00	:	+0.018
21/1	95.68	:	-1.324		-21.96	:	-0.041		80.55	:	-0.818		-23.82	:	+0.060
31/1	82.44	:	-1.326		-22.37	:	+0.069		72.37	:	-0.815		-23.22	:	+0.102
10/2	69.18	:	-1.306		-21.67	:	+0.176		64.22	:	-0.806		-22.20	:	+0.142
20/2	56.12	:	-1.271		-19.91	:	+0.273		56.16	:	-0.794		-20.78	:	+0.179
1/3	43.41	:	-1.228		-17.19	:	0.354		48.22	:	-0.780		-18.99	:	0.212
11/3	31.13	:	-1.187		-13.64	:	0.416		40.42	:	-0.763		-16.86	:	0.240
21/3	19.26	:	-1.155		-9.48	:	0.459		32.79	:	-0.748		-14.46	:	0.264
31/3	7.71	:	-1.136		-4.89	:	0.483		25.31	:	-0.734		-11.82	:	0.282
10/4	356.35	:	-1.133		-0.06	:	0.486		17.97	:	-0.721		-9.00	:	0.295
20/4	345.02	:	-1.147		+4.80	:	0.471		10.75	:	-0.712		-6.05	:	0.303
30/4	333.55	:	-1.176		+9.51	:	0.435		3.63	:	-0.705		-3.03	:	0.305
10/5	321.79	:	-1.216		+13.86	:	0.379		356.58	:	-0.700		+0.02	:	0.302
20/5	309.63	:	-1.261		+17.65	:	0.304		349.58	:	-0.698		+3.04	:	0.294
30/5	297.02	:	-1.304		+20.69	:	0.210		342.60	:	-0.699		+5.98	:	0.282
9/6	283.98	:	-1.334		22.79	:	0.108		335.61	:	-0.700		8.79	:	0.265
19/6	270.64	:	-1.343		23.86	:	-0.021		328.61	:	-0.703		11.44	:	0.244
29/6	257.21	:	-1.329		23.65	:	-0.131		321.58	:	-0.705		13.89	:	0.220
9/7	243.92	:	-1.294		22.34	:	-0.239		314.54	:	-0.706		16.09	:	0.193
19/7	230.98	:	-1.247		19.94	:	-0.333		307.48	:	-0.704		18.02	:	0.164
29/7	218.51	:	-1.199		16.62	:	-0.408		300.44	:	-0.699		19.66	:	0.134

ELEMENTS ASTRONOMIQUES POUR JUPITER ET SATURNE

(1991/1992)

$$===> AH = TS + AV <===$$

ARGUMENTS: AVo et Do en degrés décimaux donnés de 10 jours en 10 jours à 0 heure pour les dates indiquées.

"v" et "d" en degrés décimaux sont les variations journalières de AV et de D.

Date	JUPITER		SATURNE	
	AVo : v	Do : d	AVo : v	Do : d
1991	*****			
8/10	202.63 : -0.175	10.38 : -0.067	57.48 : -0.013	-20.63 : 0.002
18/10	200.88 : -0.165	9.72 : -0.060	57.35 : -0.033	-20.62 : 0.007
28/10	199.23 : -0.145	9.12 : -0.057	57.03 : -0.048	-20.55 : 0.010
7/11	197.78 : -0.130	8.55 : -0.048	56.55 : -0.063	-20.45 : 0.012
17/11	196.48 : -0.108	8.07 : -0.040	55.93 : -0.078	-20.33 : 0.017
27/11	195.40 : -0.083	7.67 : -0.028	55.15 : -0.088	-20.17 : 0.020
7/12	194.58 : -0.055	7.38 : -0.020	54.28 : -0.100	-19.97 : 0.022
17/12	194.03 : -0.030	7.18 : -0.007	53.28 : -0.110	-19.75 : 0.025
27/12	193.73 : -0.006	7.12 : +0.004	52.18 : -0.112	-19.50 : 0.026
1992	*****			
1/1	193.70 : +0.017	7.14 : +0.012	51.62 : -0.117	-19.37 : 0.027
11/1	193.87 : +0.046	7.25 : +0.024	50.45 : -0.120	-19.10 : 0.029
21/1	194.33 : +0.073	7.49 : +0.034	49.24 : -0.122	-18.80 : 0.030
31/1	195.06 : +0.096	7.84 : +0.043	48.02 : -0.121	-18.50 : 0.031
10/2	196.02 : 0.113	8.27 : 0.049	46.81 : -0.119	-18.19 : 0.031
20/2	197.15 : 0.121	8.76 : 0.051	45.62 : -0.115	-17.88 : 0.030
1/3	198.36 : 0.121	9.26 : 0.049	44.48 : -0.108	-17.58 : 0.029
11/3	199.57 : 0.112	9.75 : 0.044	43.39 : -0.100	-17.29 : 0.027
21/3	200.69 : 0.096	10.19 : 0.036	42.39 : -0.091	-17.02 : 0.025
31/3	201.65 : 0.073	10.56 : 0.026	41.48 : -0.080	-16.77 : 0.022
10/4	202.38 : 0.047	10.82 : 0.016	40.69 : -0.067	-16.55 : 0.018
20/4	202.85 : 0.018	10.98 : 0.003	40.02 : -0.054	-16.37 : 0.014
30/4	203.03 : -0.011	11.02 : -0.007	39.48 : -0.038	-16.23 : 0.009
10/5	202.92 : -0.039	10.94 : -0.018	39.10 : -0.023	-16.14 : 0.004
20/5	202.53 : -0.065	10.76 : -0.029	38.87 : -0.007	-16.10 : -0.001
30/5	201.87 : -0.090	10.47 : -0.038	38.80 : +0.010	-16.11 : -0.005
9/6	200.98 : -0.111	10.09 : -0.047	38.90 : +0.025	-16.16 : -0.011
19/6	199.86 : -0.130	9.62 : -0.054	39.15 : +0.039	-16.27 : -0.015
29/6	198.57 : -0.146	9.08 : -0.061	39.54 : +0.052	-16.42 : -0.019
9/7	197.11 : -0.160	8.47 : -0.067	40.07 : +0.063	-16.60 : -0.021
19/7	195.51 : -0.171	7.80 : -0.072	40.69 : +0.070	-16.82 : -0.023
29/7	193.80 : -0.181	7.08 : -0.076	41.39 : +0.074	-17.05 : -0.023

TABLES LUNAIRESMois de DECEMBRE 1991

AV et D à 0 heure pour chaque jour du mois, en degrés décimaux.

"v" et "d" = variation horaire de AV et de D

Jour		AV	v	D	d
1		174.84	-0.512	- 7.94	-0.210
2		162.55	-0.523	-12.99	-0.183
3		149.99	-0.538	-17.37	-0.146
4		137.08	-0.552	-20.88	-0.103
5		123.84	-0.559	-23.34	-0.055
6	NL	110.42	-0.558	-24.65	-0.005
7		97.02	-0.548	-24.76	+0.044
8		83.88	-0.529	-23.71	+0.088
9		71.18	-0.508	-21.61	+0.126
10		58.99	-0.487	-18.59	0.156
11		47.30	-0.471	-14.84	0.181
12		36.00	-0.461	-10.50	0.199
13		24.94	-0.460	- 5.72	0.211
14	PQ	13.90	-0.469	- 0.66	0.217
15		2.65	-0.489	+ 4.54	0.215
16		350.92	-0.520	+ 9.69	0.203
17		338.43	-0.562	14.57	0.180
18		324.94	-0.609	18.89	0.141
19		310.32	-0.653	22.28	0.087
20		294.65	-0.682	24.37	0.018
21	PL	278.27	-0.687	24.80	-0.056
22		261.77	-0.668	23.45	-0.127
23		245.73	-0.632	20.40	-0.184
24		230.56	-0.592	15.99	-0.222
25		216.35	-0.558	10.65	-0.242
26		202.97	-0.532	4.84	-0.246
27		190.20	-0.519	- 1.07	-0.237
28	DQ	177.75	-0.515	- 6.75	-0.217
29		165.39	-0.521	-11.97	-0.189
30		152.89	-0.531	-16.51	-0.154
31		140.14	-0.543	-20.20	-0.112

Compilé par L.CAMPION

TABLES LUNAIRESMois de JANVIER 1992

AV et D à 0 heure pour chaque jour du mois, en degrés décimaux.

"v" et "d" = variation horaire de AV et de D

Jour	AV	v	D	d
1	127.10	-0.552	-22.89	-0.065
2	113.84	-0.555	-24.46	-0.017
3	100.53	-0.548	-24.87	+0.032
4	87.38	-0.534	-24.11	+0.077
5	74.57	-0.513	-22.27	0.116
6	62.25	-0.493	-19.48	0.149
7	50.42	-0.475	-15.90	0.175
8	39.03	-0.462	-11.70	0.195
9	27.95	-0.455	- 7.03	0.206
10	17.02	-0.458	- 2.08	0.213
11	6.02	-0.471	+ 3.02	0.211
12	354.72	-0.495	8.09	0.202
13	342.85	-0.528	12.94	0.184
14	330.17	-0.571	17.35	0.153
15	316.46	-0.617	21.02	0.108
16	301.66	-0.657	23.62	0.049
17	285.90	-0.679	24.79	-0.022
18	269.60	-0.679	24.27	-0.095
19	253.30	-0.657	22.00	-0.160
20	237.53	-0.624	18.16	-0.211
21	222.55	-0.590	13.10	-0.242
22	208.40	-0.561	7.28	-0.255
23	194.93	-0.543	1.17	-0.250
24	181.91	-0.534	- 4.84	-0.232
25	169.10	-0.533	-10.41	-0.203
26	156.31	-0.538	-15.29	-0.167
27	143.39	-0.546	-19.29	-0.125
28	130.28	-0.552	-22.28	-0.077
29	117.03	-0.554	-24.14	-0.029
30	103.74	-0.548	-24.84	+0.019
31	90.60	-0.535	-24.38	+0.065

Calculé par L.Campion

TABLES LUNAIRESMois de FEVRIER 1992

AV et D à 0 heure pour chaque jour du mois, en degrés décimaux.

"v" et "d" = variation horaire de AV et de D

Jour	AV	v	D	d
1	77.76	-0.517	-22.82	+0.106
2	65.34	-0.498	-20.28	0.141
3	53.38	-0.480	-16.90	0.169
4	41.85	-0.466	-12.84	0.190
5	30.66	-0.458	- 8.28	0.204
6	19.66	-0.458	- 3.38	0.212
7	8.67	-0.466	+ 1.70	0.211
8	357.49	-0.483	6.76	0.203
9	345.90	-0.508	11.63	0.186
10	333.70	-0.543	16.09	0.159
11	320.67	-0.582	19.90	0.120
12	306.71	-0.620	22.77	0.069
13	291.83	-0.648	24.42	+0.007
14	276.27	-0.660	24.59	-0.062
15	260.42	-0.653	23.11	-0.128
16	244.74	-0.632	20.04	-0.186
17	229.56	-0.605	15.58	-0.228
18	215.03	-0.580	10.11	-0.252
19	201.10	-0.562	+ 4.06	-0.258
20	187.60	-0.552	- 2.13	-0.247
21	174.34	-0.550	- 8.05	-0.222
22	161.13	-0.554	-13.38	-0.186
23	147.83	-0.560	-17.85	-0.142
24	134.40	-0.563	-21.26	-0.094
25	120.89	-0.562	-23.52	-0.044
26	107.41	-0.554	-24.57	-0.005
27	94.11	-0.540	-24.44	+0.052
28	81.15	-0.522	-23.19	0.094
29	68.62	-0.503	-20.93	0.130

Calculé par L.CAMPION

TABLES LUNAIRESMois de MARS 1992

AV et D à 0 heure pour chaque jour du mois, en degrés décimaux.

"v" et "d" = variation horaire de AV et de D

Jour		AV	v	D	d
1		56.55	-0.485	-17.80	+0.160
2		44.91	-0.471	-13.95	+0.184
3		33.61	-0.463	- 9.54	+0.201
4	NL	22.50	-0.462	- 4.72	+0.210
5		11.42	-0.468	+ 0.33	+0.212
6		0.18	-0.483	5.43	+0.206
7		348.59	-0.505	10.37	+0.190
8		336.47	-0.534	14.94	+0.165
9		323.65	-0.567	18.90	+0.128
10		310.05	-0.598	21.98	+0.081
11		295.69	-0.623	23.92	+0.024
12	PQ	280.73	-0.635	24.50	-0.039
13		265.48	-0.633	23.57	-0.102
14		250.28	-0.619	21.13	-0.159
15		235.42	-0.599	17.32	-0.205
16		221.05	-0.579	12.40	-0.237
17		207.16	-0.564	6.72	-0.252
18	PL	193.62	-0.557	+ 0.66	-0.251
19		180.26	-0.557	- 5.37	-0.235
20		166.90	-0.563	-11.00	-0.205
21		153.39	-0.570	-15.91	-0.163
22		139.70	-0.576	-19.83	-0.115
23		125.88	-0.576	-22.58	-0.062
24		112.06	-0.568	-24.08	-0.011
25		98.43	-0.552	-24.34	+0.038
26	DQ	85.18	-0.532	-23.43	+0.082
27		72.42	-0.510	-21.47	+0.119
28		60.18	-0.490	-18.61	+0.150
29		48.41	-0.474	-15.00	+0.176
30		37.03	-0.465	-10.78	+0.194
31		25.86	-0.463	- 6.12	+0.207

Calculé par L.CAMPION

SOLEIL. - AVRIL 1992

Jour (1)		Date Julienne à 12h UT	Temps sidéral de Greenwich à 0h UT	Position à 0h UT			à Paris (UT)		
				Ascen- sion droite		Décli- naison	Passage au méridien		Coucher
M	S	A	h m s	h m s	° ' "	° ' "	h m s	h m s	h m
1	M	92	8714	12 38 25	0 42 21	+ 4 33,3	5 29	11 54,4	18 20
2	J	93	8715	12 42 22	0 46 0	4 56,5	5 27	11 54,1	18 22
3	V	94	8716	12 46 18	0 49 39	5 19,5	5 25	11 53,9	18 23
4	S	95	8717	12 50 15	0 53 18	5 42,4	5 23	11 53,6	18 25
5	D	96	8718	12 54 11	0 56 58	6 5,3	5 21	11 53,3	18 26
6	L	97	8719	12 58 8	1 0 37	6 28,0	5 19	11 53,0	18 28
7	M	98	8720	13 2 4	1 4 17	6 50,6	5 17	11 52,7	18 29
8	M	99	8721	13 6 1	1 7 56	7 13,1	5 15	11 52,4	18 31
9	J	100	8722	13 9 57	1 11 36	7 35,5	5 13	11 52,2	18 32
10	V	101	8723	13 13 54	1 15 17	7 57,7	5 11	11 51,9	18 34
11	S	102	8724	13 17 51	1 18 57	8 19,8	5 9	11 51,6	18 35
12	D	103	8725	13 21 47	1 22 38	8 41,8	5 7	11 51,4	18 37
13	L	104	8726	13 25 44	1 26 19	9 3,6	5 5	11 51,1	18 38
14	M	105	8727	13 29 40	1 30 0	9 25,3	5 3	11 50,9	18 40
15	M	106	8728	13 33 37	1 33 42	9 46,8	5 1	11 50,6	18 41
16	J	107	8729	13 37 33	1 37 24	10 8,1	4 59	11 50,4	18 43
17	V	108	8730	13 41 30	1 41 7	10 29,3	4 57	11 50,1	18 44
18	S	109	8731	13 45 26	1 44 49	10 50,3	4 55	11 49,9	18 46
19	D	110	8732	13 49 23	1 48 33	11 11,2	4 53	11 49,7	18 47
20	L	111	8733	13 53 20	1 52 16	11 31,8	4 51	11 49,5	18 49
21	M	112	8734	13 57 16	1 56 0	11 52,3	4 49	11 49,3	18 50
22	M	113	8735	14 1 13	1 59 45	12 12,5	4 48	11 49,1	18 52
23	J	114	8736	14 5 9	2 3 30	12 32,6	4 46	11 48,9	18 53
24	V	115	8737	14 9 6	2 7 15	12 52,5	4 44	11 48,7	18 55
25	S	116	8738	14 13 2	2 11 1	13 12,1	4 42	11 48,5	18 56
26	D	117	8739	14 16 59	2 14 48	13 31,6	4 40	11 48,4	18 57
27	L	118	8740	14 20 55	2 18 35	13 50,8	4 38	11 48,2	18 59
28	M	119	8741	14 24 52	2 22 22	14 9,8	4 37	11 48,1	19 0
29	M	120	8742	14 28 49	2 26 10	14 28,5	4 35	11 47,9	19 2
30	J	121	8743	14 32 45	2 29 58	+14 47,0	4 33	11 47,8	19 3

(1) M du mois; S de la semaine; A de l'année.

LUNE. - AVRIL 1992

Jour du mois	Position de la Lune à 0h UT			à Paris (UT)		
	de la Lune	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral- laxe	Lever méridien	Coucher
		h m s	° ' "	' "	h m	h m
1	29	23 1 8	- 1 8,7	54 56	4 24	10 31,3
2	30	23 46 12	+ 3 55,7	55 23	4 42	11 14,2
3	NL	0 32 40	8 55,9	55 52	5 2	11 59,0
4	2	1 21 16	13 38,5	56 23	5 25	12 46,5
5	3	2 12 37	17 48,1	56 54	5 52	13 37,4
6	4	3 7 2	21 8,0	57 23	6 27	14 31,6
7	5	4 4 23	23 21,4	57 51	7 11	15 28,6
8	6	5 3 52	24 14,7	58 17	8 7	16 27,2
9	7	6 4 16	23 40,0	58 40	9 13	17 25,7
10	PQ	7 4 10	21 37,2	59 1	10 27	18 22,7
11	9	8 2 30	18 14,4	59 19	11 46	19 17,5
12	10	8 58 47	13 45,9	59 31	13 7	20 10,1
13	11	9 53 9	8 29,5	59 37	14 27	21 1,1
14	12	10 46 8	+ 2 44,8	59 35	15 46	21 51,2
15	13	11 38 30	- 3 7,7	59 24	17 6	22 41,5
16	14	12 31 3	8 47,6	59 3	18 25	23 32,6
17	PL	13 24 25	13 55,3	58 33	19 42	24 30
18	16	14 18 56	18 13,1	57 55	20 56	0 25,0
19	17	15 14 30	21 26,8	57 13	22 5	1 18,6
20	18	16 10 35	23 26,8	56 30	23 4	2 12,7
21	19	17 6 18	24 9,8	55 49	23 53	3 6,3
22	20	18 0 43	23 38,5	55 13		3 58,3
23	21	18 53 7	21 59,8	54 45	0 32	4 48,0
24	DQ	19 43 11	19 23,5	54 25	1 3	5 35,1
25	23	20 30 58	15 59,8	54 16	1 29	6 19,8
26	24	21 16 54	11 58,8	54 17	1 50	7 2,6
27	25	22 1 38	7 29,4	54 28	2 9	7 44,4
28	26	22 45 55	- 2 40,3	54 48	2 28	8 25,9
29	27	23 30 35	+ 2 19,5	55 16	2 46	9 8,2
30	28	0 16 33	+ 7 20,0	55 51	3 5	9 52,3

Phases : NL, le 3, à 5h 1m; PQ, le 10, à 10h 6m; PL, le 17, à 4h 42m;

MERCURE 1992 (fn)

VÉNUS 1992

A Paris (UT)				Position à 0 h UT			
Date	Mag	Passage au méridien		Ascension droite		Dist. à la Terre	Diam app.
		Lever	Coucher		Déclinaison		

A Paris (UT)				Position à 0 h UT				
Date	Mag	Passage au méridien		Coucher	Ascension droite		Dist. à la Terre	Diam app.
		h	m		°	'		

Sept.	5	-1,2	4 17	11 17,8	18 16	10 22	56	+11	56	1,270	5,3
	9	1,3	4 45	11 31,2	18 16	10 52	9	9	1,328	5,1	
	13	1,5	5 12	11 43,6	18 13	11 20	25	6	6	1,367	4,9
	17	1,3	5 38	11 54,7	18 10	11 47	27	+2	57	1,391	4,8
	21	1,0	6 2	12 4,6	18 5	12 13	17	-0	13	1,400	4,8
	25	0,7	6 25	12 13,6	18 0	12 38	5	3	19	1,399	4,8
	29	0,5	6 48	12 21,7	17 54	13 2	3	6	19	1,389	4,8
	3	0,3	7 9	12 29,2	17 48	13 25	22	9	10	1,370	4,9
	7	0,2	7 29	12 36,2	17 42	13 48	12	11	52	1,344	5,0
	11	-0,1	7 48	12 42,8	17 37	14 10	39	14	23	1,310	5,1
Oct.	15	0,0	8 6	12 49,1	17 31	14 32	46	16	41	1,269	5,3
	19	0,0	8 23	12 55,0	17 26	14 54	30	18	44	1,221	5,5
	23	0,0	8 38	13 0,3	17 22	15 15	40	20	32	1,165	5,8
	27	0,0	8 51	13 4,6	17 18	15 35	53	22	3	1,101	6,1
	31	+0,1	9 0	13 7,1	17 13	15 54	28	23	12	1,029	6,5
Nov.	4	0,1	9 4	13 6,6	17 8	16 10	14	23	57	0,951	7,1
	8	0,3	9 0	13 1,1	17 2	16 21	17	24	12	0,868	7,7
	12	+0,8	8 45	12 47,8	16 51	16 24	56	23	50	0,787	8,5
	16		8 14	12 24,1	16 35	16 18	23	22	41	0,719	9,4
	20		7 29	11 50,6	16 13	16 1	29	20	40	0,680	9,9
	24		6 40	11 14,3	15 50	15 40	34	18	14	0,688	9,8
	28		6 0	10 45,0	15 30	15 25	42	16	25	0,743	9,1
			5 39	10 27,0	15 15	15 22	8	15	48	0,829	8,1
	6	0,0	5 33	10 18,9	15 4	15 28	51	16	15	0,926	7,3
	10	-0,2	5 38	10 17,6	14 57	15 42	44	17	22	1,021	6,6
Déc.	14	0,3	5 48	10 20,7	14 52	16 1	11	18	46	1,107	6,1
	18	0,3	6 2	10 26,5	14 50	16 22	33	20	13	1,183	5,7
	22	0,3	6 17	10 34,2	14 51	16 45	50	21	32	1,247	5,4
	26	0,3	6 33	10 43,2	14 53	17 10	29	22	40	1,300	5,2
	30	0,3	6 48	10 53,2	14 58	17 36	8	23	32	1,343	5,0
	34	-0,3	7 2	11 4,0	15 6	18 2	34	-24	6	1,377	4,9

Janv.	1	-3,8	4 30	9 6,3	13 42	15 54	58	-18	10	1,118	14,9
	5	3,8	4 40	9 10,5	13 40	16 14	53	19	12	1,144	14,6
	9	3,8	4 50	9 15,0	13 40	16 35	6	20	7	1,170	14,3
	13	3,8	4 59	9 19,8	13 40	16 55	36	20	53	1,195	14,0
	17	3,8	5 7	9 24,8	13 42	17 16	21	21	30	1,220	13,7
	21	3,8	5 15	9 30,0	13 45	17 37	18	21	58	1,244	13,4
	25	3,8	5 22	9 35,3	13 48	17 58	24	22	15	1,268	13,2
	29	3,7	5 28	9 40,8	13 53	18 19	37	22	22	1,291	12,9
		3,7	5 33	9 46,3	13 59	18 40	53	22	19	1,314	12,7
	6	3,7	5 38	9 51,8	14 6	19 2	7	22	5	1,336	12,5
Fév.	10	3,7	5 40	9 57,1	14 14	19 23	17	21	41	1,358	12,3
	14	3,7	5 42	10 2,4	14 23	19 44	19	21	6	1,380	12,1
	18	3,7	5 43	10 7,5	14 32	20 5	10	20	21	1,400	11,9
	22	3,7	5 43	10 12,3	14 42	20 25	49	19	26	1,421	11,7
	26	3,7	5 41	10 16,9	14 53	20 46	13	18	23	1,441	11,6
Mars	1	3,7	5 39	10 21,3	15 4	21 6	21	17	11	1,460	11,4
	5	3,7	5 36	10 25,3	15 15	21 26	13	15	51	1,479	11,3
	9	3,7	5 33	10 29,1	15 26	21 45	47	14	25	1,497	11,1
	13	3,7	5 29	10 32,6	15 37	22 5	6	12	51	1,515	11,0
	17	3,6	5 24	10 35,9	15 49	22 24	8	11	13	1,532	10,9
	21	3,6	5 18	10 38,9	16 0	22 42	57	9	29	1,549	10,8
	25	3,6	5 13	10 41,7	16 12	23 1	33	7	41	1,565	10,7
	29	3,6	5 7	10 44,3	16 23	23 19	59	5	50	1,580	10,6
		3,6	5 1	10 46,9	16 34	23 38	17	3	56	1,595	10,5
	6	3,6	4 54	10 49,3	16 45	23 56	29	2	1	1,609	10,4
Avril	10	3,6	4 48	10 51,6	16 57	0 14	37	-0	4	1,623	10,3
	14	3,6	4 41	10 54,0	17 8	0 32	43	+1	53	1,636	10,2
	18	3,6	4 34	10 56,3	17 19	0 50	51	3	50	1,648	10,1
	22	3,6	4 28	10 58,8	17 31	1 9	3	5	46	1,659	10,1
	26	3,6	4 22	11 1,3	17 42	1 27	21	7	39	1,670	10,0
Mai	30	3,6	4 15	11 4,0	17 54	1 45	49	9	30	1,680	9,9
	4	-3,6	4 10	11 6,9	18 6	2 4	28	+11	18	1,690	9,9

MARS 1992

A Paris (UT)				Position à 0 h UT				Diam. app.	
Date	Mag	Lever	Passage au méridien		Coucher	Ascen- sion droite	Décli- naison	Dist. à la Terre	
			h	m					
Janv. 1	+1,6	6 40	10 43,5	14 47	17 32 51	-23 45	2,413	3,9	
11	1,6	6 34	10 36,5	14 39	18 5 10	24 0	2,376	3,9	
21	1,6	6 26	10 29,7	14 33	18 37 49	23 49	2,337	4,0	
31	1,6	6 16	10 23,0	14 30	19 10 32	23 13	2,296	4,1	
Fév. 10	1,5	6 3	10 16,1	14 30	19 43 7	22 12	2,254	4,2	
20	1,5	5 47	10 8,9	14 31	20 15 22	20 47	2,211	4,2	
Mars 1	1,5	5 30	10 1,2	14 33	20 47 8	18 59	2,168	4,3	
11	1,4	5 10	9 53,0	14 37	21 18 18	16 52	2,124	4,4	
21	1,4	4 49	9 44,1	14 40	21 48 51	14 28	2,080	4,5	
31	1,4	4 26	9 34,6	14 44	22 18 46	11 49	2,037	4,6	
Avril 10	1,3	4 2	9 24,5	14 47	22 48 8	9 0	1,994	4,7	
20	1,3	3 38	9 13,9	14 50	23 17 0	6 3	1,951	4,8	
30	1,3	3 13	9 2,9	14 53	23 45 28	-3 2	1,909	4,9	
Mai 10	1,2	2 48	8 51,7	14 56	0 13 40	+	0 1	1,867	5,0
20	1,2	2 23	8 40,3	14 58	0 41 40	3 2	1,826	5,1	
30	1,2	1 58	8 28,8	15 1	1 9 37	5 59	1,784	5,3	
Jun 9	1,1	1 33	8 17,4	15 2	1 37 33	8 48	1,742	5,4	
19	1,1	1 9	8 5,9	15 4	2 5 34	11 27	1,699	5,5	
29	1,1	0 45	7 54,6	15 5	2 33 40	13 53	1,656	5,7	
Juill. 9	1,0	0 23	7 43,4	15 5	3 1 52	16 5	1,611	5,8	
19	1,0	0 1	7 32,2	15 4	3 30 5	18 1	1,564	6,0	
29	1,0	* 23 39	7 21,0	15 2	3 58 15	19 39	1,515	6,2	
8	0,9	23 19	7 9,5	14 58	4 26 12	21 0	1,464	6,4	
18	0,9	23 2	6 57,6	14 52	4 53 45	22 2	1,410	6,6	
28	0,8	22 45	6 45,1	14 44	5 20 42	22 46	1,354	6,9	
7	0,7	22 28	6 31,7	14 34	5 46 45	23 14	1,294	7,2	
17	0,6	22 13	6 17,2	14 20	6 11 39	23 26	1,232	7,6	
27	0,5	21 56	6 1,2	14 4	6 35 6	23 27	1,167	8,0	
7	0,4	21 39	5 43,3	13 45	6 56 42	23 19	1,100	8,5	
17	0,3	21 21	5 23,3	13 24	7 16 5	23 5	1,031	9,1	
27	+0,1	20 59	5 0,5	13 0	7 32 48	22 51	0,961	9,8	
6	-0,1	20 34	4 34,5	12 32	7 46 14	22 42	0,891	10,5	
16	0,3	20 4	4 4,6	12 2	7 55 45	22 41	0,824	11,4	
26	0,5	19 27	3 29,9	11 29	8 0 31	22 55	0,760	12,3	
Déc. 6	0,7	18 43	2 49,8	10 52	7 59 44	23 26	0,705	13,3	
16	0,9	17 51	2 3,6	10 11	7 52 57	24 13	0,662	14,2	
26	1,1	16 53	1 11,9	9 25	7 40 28	25 10	0,634	14,8	
36	-1,2	15 51	0 16,2	8 35	7 24 3	+26 3	0,626	15,0	

* Levers à 0 h 1 m et à 23 h 59 m, le 19 juillet.

* Levers à 0 h 1 m et à 23 h 59 m, le 19 juillet.

JUPITER 1992

A Paris (UT)				Position à 0 h UT				Diam. app.
Date	Mag	Lever	Passage au méridien		Ascension droite	Déclinaison	Dist. à la Terre	Diam. app.
			h	m				
Janv. 1	-1,8	21 36	4 15,5	10 51	11 5 12	+	8 4,897	40,2
11	1,9	20 55	3 35,5	10 12	11 4 32		7 15 4,760	41,4
21	1,9	20 13	2 54,3	9 32	11 2 41		7 30 4,640	42,4
31	2,0	19 29	2 12,1	8 51	10 59 45		7 50 4,541	43,4
Fév. 10	2,0	18 44	1 28,9	8 10	10 55 55		8 16 4,469	44,1
20	2,0	17 57	0 45,1	7 28	10 51 25		8 45 4,425	44,5
Mars 1	2,0	17 11	0 1,0	6 47	10 46 34		9 16 4,412	44,6
11	2,0	16 24	* 23 12,5	6 5	10 41 43		9 45 4,430	44,4
21	2,0	15 39	22 28,7	5 23	10 37 14		10 12 4,479	44,0
31	2,0	14 54	21 45,7	4 42	10 33 24		10 33 4,556	43,2
Avril 10	1,9	14 10	21 3,5	4 1	10 30 28		10 49 4,657	42,3
20	1,9	13 28	20 22,5	3 20	10 28 36		10 58 4,778	41,2
30	1,8	12 48	19 42,5	2 41	10 27 53		11 1 4,915	40,1
Mai 10	1,7	12 10	19 3,8	2 1	10 28 20		10 56 5,064	38,9
20	1,7	11 33	18 26,1	1 23	10 29 54		10 45 5,219	37,7
30	1,6	10 58	17 49,4	0 45	10 32 31		10 28 5,377	36,6
Jun 9	1,5	10 24	17 13,8	0 7	10 36 6		10 5 5,533	35,6
19	1,5	9 51	16 38,9	* 23 26	10 40 33		9 37 5,685	34,6
29	1,4	9 20	16 4,8	22 50	10 45 44		9 5 5,829	33,8
Juill. 9	1,4	8 49	15 31,3	22 13	10 51 35		8 28 5,962	33,0
19	1,3	8 20	14 58,4	21 37	10 57 58		7 48 6,083	32,4
29	1,3	7 51	14 25,9	21 1	11 4 49		7 5 6,188	31,8
8	1,3	7 22	13 53,8	20 25	11 12 2		6 19 6,277	31,4
18	1,2	6 54	13 22,0	19 50	11 19 33		5 31 6,348	31,0
28	1,2	6 26	12 50,4	19 14	11 27 17		4 41 6,399	30,8
7	1,2	5 58	12 18,9	18 39	11 35 9		3 50 6,431	30,6
17	1,2	5 31	11 47,5	18 4	11 43 6		2 59 6,442	30,6
27	1,2	5 4	11 16,1	17 28	11 51 3		2 8 6,431	30,6
7	1,2	4 36	10 44,6	16 53	11 58 57		1 17 6,400	30,8
17	1,2	4 8	10 13,0	16 18	12 6 41	+	0 28 6,347	31,0
27	1,3	3 40	9 41,2	15 42	12 14 13	-	0 20 6,275	31,4
6	1,3	3 11	9 9,0	15 7	12 21 26		1 6 6,183	31,8
16	1,3	2 42	8 36,5	14 31	12 28 16		1 48 6,074	32,4
26	1,4	2 12	8 3,4	13 55	12 34 36		2 27 5,949	33,1
Déc. 6	1,4	1 41	7 29,8	13 19	12 40 21		3 2 5,810	33,9
16	1,5	1 9	6 55,5	12 42	12 45 22		3 32 5,661	34,8
26	1,5	0 35	6 20,3	12 5	12 49 35		3 56 5,504	35,8
36	-1,6	0 1	5 44,2	11 28	12 52 51	-	4 14 5,344	36,8

* Passages à 0 h 1,0 m et à 23 h 56,6 m, le 1 mars.

* Passages à 0 h 1,0 m et à 23 h 56,6 m, le 1 mars.

URANUS 1992

A Paris (UT)										Position à 0 h UT					
Date	Mag	Lever	Passage au méridien				Coucher	Ascen- sion droite	Décli- naison	Dist. à la Terre	Diam app.				
			h	m	h	m									
Janv.	1	+6,2	8	2	12	8,7	16	16	18	59	36	-23	6	20,490	3,4
	21	6,2	6	47	10	55,2	15	3	19	4	44	22	59	20,460	3,4
Fév.	10	6,1	5	33	9	41,3	13	50	19	9	30	22	51	20,321	3,4
Mars	1	6,1	4	17	8	26,7	12	36	19	13	31	22	45	20,089	3,5
	21	6,1	3	1	7	10,9	11	21	19	16	27	22	40	19,790	3,5
Avril	10	6,0	1	44	5	53,8	10	4	19	18	3	22	38	19,459	3,6
	30	6,0	0	25	4	35,3	8	45	19	18	12	22	38	19,132	3,7
Mai	20	6,0	*23	2	3	15,4	7	25	19	16	57	22	41	18,848	3,7
	9	6,0	21	41	1	54,4	6	4	19	14	31	22	46	18,641	3,8
Juin	9	5,9	20	20	0	32,6	4	41	19	11	20	22	52	18,535	3,8
Juill.	19	5,9	18	58	*23	6,4	3	18	19	7	52	22	58	18,545	3,8
	8	6,0	17	37	21	44,7	1	56	19	4	43	23	3	18,670	3,8
Avût	28	6,0	16	17	20	23,7	0	35	19	2	23	23	6	18,894	3,7
Sept.	17	6,0	14	57	19	4,0	*23	11	19	1	16	23	7	19,193	3,6
Oct.	7	6,1	13	39	17	45,8	21	53	19	1	34	23	4	19,530	3,6
	27	6,1	12	22	16	28,9	20	36	19	3	18	23	4	19,867	3,5
Nov.	16	6,1	11	5	15	13,4	19	21	19	6	22	22	59	20,167	3,5
	6	6,2	9	50	13	58,9	18	7	19	10	30	22	52	20,396	3,4
Déc.	26	6,2	8	36	12	45,0	16	54	19	15	18	22	44	20,529	3,4
	46	+6,2	7	21	11	31,4	15	42	19	20	24	-22	34	20,552	3,4

* Leviers à 0 h 2 m et à 23 h 58 m, le 6 mai.
Passages à 0 h 3,9 m et à 23 h 59,7 m, le 6 juillet.
Couchers à 0 h 3 m et à 23 h 59 m, le 5 septembre.



LUNE — JANVIER 1993

Jour du mois	à 0h UT									à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.			lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	° ' "		l	b	axe	phase		h m	h m	h m
1	0 24.8	+ 8 08	54 35	0.49	-3.91	-6.49	336.13	246.5		11 05	18 04	0 10
2	1 10.7	+12 26	55 03	0.58	-4.95	-5.91	336.87	248.4		11 28	18 49	1 16
3	1 59.0	+16 19	55 42	0.68	-5.77	-5.05	338.70	251.2		11 56	19 38	2 23
4	2 50.5	+19 33	56 28	0.77	-6.30	-3.92	341.69	254.9		12 30	20 30	3 31
5	3 45.5	+21 54	57 19	0.85	-6.46	-2.57	345.84	259.2		13 14	21 26	4 39
6	4 43.7	+23 06	58 12	0.92	-6.23	-1.03	351.01	263.8		14 09	22 25	5 42
7	5 44.2	+22 56	59 02	0.97	-5.58	+0.61	356.91	267.2		15 16	23 25	6 37
8	6 45.6	+21 18	59 44	1.00	-4.53	+2.26	3.08	260.9		16 32	—	7 24
9	7 46.4	+18 14	60 14	1.00	-3.16	+3.79	9.02	124.4		17 53	0 24	8 02
10	8 45.4	+13 58	60 30	0.97	-1.56	+5.09	14.28	115.8		19 16	1 21	8 33
11	9 42.2	+ 8 50	60 30	0.91	+0.15	+6.06	18.57	116.1		20 37	2 16	9 00
12	10 37.1	+ 3 13	60 16	0.83	+1.81	+6.61	21.66	116.5		21 57	3 08	9 25
13	11 30.8	- 2 30	59 51	0.74	+3.30	+6.73	23.47	116.2		23 16	4 00	9 49
14	12 23.9	- 7 59	59 18	0.63	+4.53	+6.41	23.90	114.7		—	4 51	10 13
15	13 17.2	-12 56	58 41	0.52	+5.43	+5.72	22.97	112.3		0 34	5 42	10 40
16	14 11.4	-17 07	58 03	0.41	+5.99	+4.71	20.70	108.9		1 49	6 34	11 12
17	15 06.5	-20 18	57 25	0.31	+6.23	+3.46	17.21	104.7		3 01	7 28	11 49
18	16 02.4	-22 21	56 50	0.21	+6.16	+2.05	12.74	100.1		4 07	8 22	12 34
19	16 58.4	-23 10	56 18	0.14	+5.84	+0.56	7.60	95.6		5 05	9 15	13 27
20	17 53.7	-22 46	55 48	0.07	+5.30	-0.93	2.15	91.7		5 53	10 08	14 26
21	18 47.4	-21 13	55 21	0.03	+4.59	-2.35	356.75	90.2		6 32	10 59	15 30
22	19 38.9	-18 41	54 57	0.01	+3.72	-3.64	351.69	98.1		7 04	11 47	16 36
23	20 28.1	-15 22	54 37	0.00	+2.73	-4.75	347.18	201.6		7 31	12 32	17 42
24	21 15.0	-11 27	54 20	0.02	+1.64	-5.63	343.36	235.4		7 53	13 15	18 47
25	22 00.1	- 7 07	54 07	0.05	+0.45	-6.26	340.29	239.4		8 14	13 57	19 51
26	22 44.1	- 2 34	54 01	0.09	-0.81	-6.60	338.02	240.8		8 32	14 38	20 54
27	23 27.5	+ 2 04	54 02	0.16	-2.10	-6.67	336.60	241.8		8 51	15 18	21 58
28	0 11.2	+ 6 37	54 10	0.23	-3.39	-6.45	336.07	243.3		9 10	16 00	23 02
29	0 56.0	+10 57	54 28	0.31	-4.63	-5.94	336.49	245.4		9 32	16 43	—
30	1 42.7	+14 54	54 56	0.41	-5.74	-5.17	337.94	248.2		9 57	17 29	0 07
31	2 31.9	+18 19	55 33	0.50	-6.66	-4.16	340.47	251.7		10 27	18 18	1 13

		h m			h	diam.	distance
P.Q.	1 jan	3 38		périgée	10 jan 12	32'59"	362 264 km
P.L.	8 jan	12 37		apogée	26 jan 10	29'26"	406 028 km
D.Q.	15 jan	4 01					
N.L.	22 jan	18 27					
P.Q.	30 jan	23 20					

LUNE — FÉVRIER 1993

Jour du mois	à 0h UT								à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.		lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	' "		l	b	axe	phase	h m	h m	h m
1	3 24.1	+20 58	56 19	0.60	-7.30	-2.92	344.10	256.0	11 05	19 11	2 19
2	4 19.5	+22 37	57 13	0.70	-7.58	-1.50	348.77	260.8	11 53	20 07	3 23
3	5 17.7	+23 04	58 11	0.80	-7.43	+0.05	354.28	265.8	12 52	21 05	4 21
4	6 17.8	+22 08	59 09	0.88	-6.80	+1.64	0.29	270.3	14 02	22 04	5 11
5	7 18.5	+19 46	60 01	0.94	-5.68	+3.19	6.35	273.1	15 21	23 02	5 54
6	8 18.6	+16 03	60 43	0.98	-4.12	+4.56	12.00	269.4	16 44	24 00	6 29
7	9 17.4	+11 14	61 09	1.00	-2.21	+5.65	16.84	197.0	18 08	—	6 59
8	10 14.6	+ 5 41	61 16	0.98	-0.12	+6.35	20.57	129.4	19 32	0 55	7 26
9	11 10.6	- 0 12	61 03	0.94	+1.96	+6.60	22.97	122.2	20 55	1 49	7 51
10	12 05.9	- 6 00	60 34	0.87	+3.85	+6.39	23.94	118.9	22 16	2 42	8 16
11	13 01.2	-11 19	59 52	0.78	+5.39	+5.75	23.41	115.6	23 35	3 35	8 44
12	13 56.8	-15 52	59 03	0.68	+6.50	+4.77	21.45	111.7	—	4 29	9 14
13	14 52.9	-19 24	58 12	0.57	+7.14	+3.54	18.18	107.2	0 50	5 23	9 51
14	15 49.5	-21 46	57 22	0.46	+7.34	+2.14	13.86	102.3	1 59	6 18	10 34
15	16 45.8	-22 54	56 36	0.36	+7.15	+0.67	8.81	97.1	3 00	7 12	11 24
16	17 41.1	-22 48	55 56	0.26	+6.63	-0.79	3.40	92.2	3 51	8 05	12 21
17	18 34.8	-21 33	55 21	0.18	+5.88	-2.19	357.99	87.9	4 33	8 56	13 23
18	19 26.4	-19 18	54 54	0.11	+4.93	-3.47	352.87	84.8	5 07	9 44	14 27
19	20 15.7	-16 14	54 32	0.06	+3.86	-4.57	348.25	83.7	5 35	10 30	15 32
20	21 02.9	-12 31	54 15	0.02	+2.71	-5.45	344.26	86.8	5 59	11 13	16 37
21	21 48.3	- 8 20	54 03	0.00	+1.49	-6.09	340.99	108.3	6 20	11 55	17 41
22	22 32.5	- 3 53	53 57	0.00	+0.24	-6.46	338.51	203.5	6 39	12 36	18 45
23	23 16.1	+ 0 43	53 56	0.02	-1.04	-6.55	336.85	229.8	6 58	13 17	19 48
24	23 59.8	+ 5 16	54 00	0.06	-2.32	-6.36	336.09	236.9	7 17	13 58	20 52
25	0 44.3	+ 9 38	54 11	0.11	-3.59	-5.89	336.26	241.1	7 38	14 41	21 56
26	1 30.2	+13 40	54 28	0.17	-4.80	-5.16	337.43	244.9	8 02	15 25	23 01
27	2 18.1	+17 11	54 54	0.25	-5.91	-4.19	339.65	249.0	8 29	16 12	—
28	3 08.4	+20 01	55 27	0.34	-6.86	-3.02	342.91	253.5	9 03	17 02	0 06

		h m			h	diam.	distance
P.L.	6 fév	23 55	périgée	7 fév	20	33'23"	357 905 km
D.Q.	13 fév	14 57	apogée	22 fév	18	29'23"	406 627 km
N.L.	21 fév	13 05					

Il n'y a que trois phases lunaires en février 1993
(il n'y a pas de Premier Quartier), mais il y en a
cinq en janvier et cinq en mars.

LUNE — MARS 1993

Jour du mois	à 0h UT									à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.			lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	° ' "		l	b	axe	phase		h m	h m	h m
1	4 01.5	+21 57	56 09	0.43	-7.57	-1.68	347.17	258.5		9 46	17 55	1 09
2	4 57.0	+22 49	56 59	0.54	-7.97	-0.22	352.26	263.8		10 38	18 50	2 07
3	5 54.5	+22 26	57 54	0.64	-7.96	+1.30	357.95	269.2		11 41	19 47	3 00
4	6 53.1	+20 44	58 51	0.74	-7.49	+2.79	3.85	274.1		12 53	20 44	3 45
5	7 51.9	+17 42	59 47	0.84	-6.51	+4.16	9.58	277.9		14 12	21 41	4 22
6	8 50.1	+13 30	60 36	0.91	-5.03	+5.30	14.74	279.7		15 34	22 36	4 55
7	9 47.6	+ 8 21	61 11	0.97	-3.14	+6.12	18.99	277.0		16 58	23 31	5 23
8	10 44.5	+ 2 37	61 29	1.00	-0.98	+6.51	22.05	251.9		18 22	—	5 49
9	11 41.0	- 3 18	61 26	0.99	+1.27	+6.43	23.72	143.2		19 46	0 26	6 15
10	12 37.8	- 8 58	61 03	0.96	+3.37	+5.89	23.84	123.8		21 09	1 21	6 43
11	13 35.1	-14 00	60 23	0.90	+5.16	+4.96	22 40	116.5		22 29	2 16	7 13
12	14 33.2	-18 03	59 31	0.82	+6.49	+3.73	19.48	110.6		23 44	3 13	7 49
13	15 31.6	-20 53	58 34	0.73	+7.32	+2.30	15.33	104.8		—	4 09	8 30
14	16 29.7	-22 26	57 36	0.62	+7.65	+0.79	10.31	98.9		0 50	5 05	9 20
15	17 26.6	-22 40	56 42	0.52	+7.52	-0.71	4.84	93.3		1 46	6 00	10 16
16	18 21.5	-21 43	55 54	0.42	+7.01	-2.14	359.32	88.1		2 31	6 52	11 17
17	19 14.0	-19 42	55 14	0.32	+6.20	-3.43	354.06	83.7		3 08	7 41	12 20
18	20 03.9	-16 51	54 43	0.24	+5.18	-4.54	349.29	80.3		3 38	8 28	13 25
19	20 51.4	-13 19	54 20	0.16	+4.02	-5.43	345.14	78.1		4 03	9 12	14 30
20	21 37.1	- 9 18	54 05	0.10	+2.77	-6.08	341.70	77.5		4 25	9 54	15 33
21	22 21.4	- 4 58	53 57	0.05	+1.49	-6.46	339.01	79.1		4 45	10 36	16 37
22	23 05.1	- 0 27	53 56	0.02	+0.20	-6.56	337.15	86.2		5 04	11 16	17 40
23	23 48.9	+ 4 06	53 59	0.00	-1.07	-6.38	336.15	122.3		5 24	11 58	18 43
24	0 33.3	+ 8 30	54 09	0.01	-2.31	-5.92	336.09	216.4		5 44	12 40	19 48
25	1 19.0	+12 36	54 23	0.03	-3.49	-5.20	337.03	236.4		6 07	13 24	20 52
26	2 06.6	+16 14	54 42	0.07	-4.60	-4.23	339.01	244.6		6 34	14 10	21 57
27	2 56.3	+19 12	55 06	0.12	-5.60	-3.07	342.03	250.7		7 06	14 59	23 00
28	3 48.4	+21 20	55 36	0.19	-6.45	-1.74	346.04	256.5		7 45	15 50	23 59
29	4 42.5	+22 26	56 12	0.28	-7.10	-0.31	350.88	262.3		8 33	16 44	—
30	5 38.3	+22 24	56 54	0.38	-7.48	+1.17	356.32	268.1		9 31	17 38	0 53
31	6 34.9	+21 08	57 40	0.48	-7.52	+2.63	2.04	273.5		10 37	18 33	1 39

		h m			h	diam.	distance
P.Q.	1 mar	15 47	périgée	8 mar	9	33'31"	356 528 km
P.L.	8 mar	9 46	apogée	21 mar	19	29'23"	406 632 km
D.Q.	15 mar	4 17					
N.L.	23 mar	7 14					
P.Q.	31 mar	4 10					

LUNE — AVRIL 1993

Jour du mois	à 0h UT									à Paris						
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.		lever	pass.	couch.					
					l	b	axe	phase								
	h	m	°	'	''		°	°	°	°	h	m	h	m	h	m
1	7	31.7	+18	38	58 30	0.59	-7.16	+3.98	7.68	278.4	11	50	19	27	2	18
2	8	28.1	+15	00	59 19	0.70	-6.37	+5.14	12.90	282.2	13	08	20	21	2	51
3	9	24.0	+10	23	60 05	0.80	-5.12	+6.02	17.40	284.6	14	28	21	15	3	20
4	10	19.5	+ 5	04	60 42	0.89	-3.48	+6.51	20.90	285.1	15	50	22	08	3	47
5	11	15.1	- 0	39	61 05	0.95	-1.54	+6.57	23.18	282.5	17	13	23	03	4	13
6	12	11.3	- 6	23	61 11	0.99	+0.52	+6.17	24.01	270.6	18	36	23	58	4	40
7	13	08.7	-11	43	60 58	1.00	+2.53	+5.34	23.28	165.1	19	59	-	-	5	09
8	14	07.4	-16	15	60 27	0.98	+4.31	+4.15	20.96	120.0	21	18	0	55	5	42
9	15	07.2	-19	40	59 42	0.93	+5.71	+2.70	17.20	109.3	22	31	1	53	6	22
10	16	07.3	-21	46	58 48	0.86	+6.65	+1.13	12.34	101.7	23	33	2	52	7	10
11	17	06.5	-22	30	57 50	0.78	+7.11	-0.46	6.81	95.0	-	-	3	49	8	05
12	18	03.7	-21	54	56 54	0.68	+7.11	-1.97	1.11	89.0	0	25	4	44	9	06
13	18	58.2	-20	10	56 03	0.58	+6.71	-3.34	355.60	83.8	1	06	5	35	10	10
14	19	49.7	-17	30	55 20	0.48	+5.97	-4.51	350.58	79.5	1	39	6	24	11	16
15	20	38.4	-14	08	54 46	0.39	+4.99	-5.45	346.19	76.3	2	06	7	09	12	21
16	21	24.8	-10	14	54 22	0.30	+3.83	-6.14	342.52	74.0	2	29	7	52	13	25
17	22	09.5	- 5	59	54 07	0.21	+2.57	-6.55	339.61	72.8	2	50	8	34	14	28
18	22	53.4	- 1	32	54 01	0.14	+1.28	-6.68	337.52	72.8	3	10	9	15	15	31
19	23	37.1	+ 2	58	54 03	0.08	-0.00	-6.53	336.29	74.2	3	29	9	56	16	34
20	0	21.4	+ 7	23	54 12	0.04	-1.24	-6.09	335.98	77.9	3	49	10	38	17	38
21	1	06.9	+11	34	54 27	0.01	-2.39	-5.38	336.65	87.7	4	12	11	22	18	43
22	1	54.3	+15	19	54 46	0.00	-3.44	-4.42	338.38	161.0	4	38	12	08	19	49
23	2	44.0	+18	27	55 09	0.01	-4.37	-3.25	341.18	240.5	5	08	12	56	20	53
24	3	35.9	+20	47	55 35	0.04	-5.16	-1.91	345.00	253.1	5	46	13	47	21	54
25	4	30.0	+22	08	56 04	0.09	-5.78	-0.45	349.71	260.8	6	31	14	40	22	49
26	5	25.5	+22	21	56 35	0.15	-6.20	+1.05	355.05	267.4	7	26	15	34	23	37
27	6	21.7	+21	21	57 09	0.24	-6.38	+2.53	0.71	273.4	8	29	16	28	-	-
28	7	17.7	+19	10	57 45	0.34	-6.29	+3.90	6.33	278.7	9	39	17	22	0	18
29	8	13.0	+15	53	58 22	0.44	-5.89	+5.08	11.59	283.1	10	53	18	14	0	52
30	9	07.4	+11	39	58 59	0.55	-5.16	+6.00	16.19	286.4	12	10	19	06	1	21

		h m			h	diam.	distance
P.L.	6 avr	18 43	périgée	5 avr	19	33'21"	358 381 km
D.Q.	13 avr	19 39	apogée	18 avr	5	29'26"	405 951 km
N.L.	21 avr	23 49					
P.Q.	29 avr	12 41					

LUNE — MAI 1993

Jour du mois	à 0h UT									à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.			lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	' "		l	b	axe	phase		h m	h m	h m
1	10 01.2	+ 6 43	59 33	0.67	-4.11	+6.57	19.92	288.5		13 28	19 57	1 48
2	10 54.8	+ 1 17	60 01	0.77	-2.76	+6.74	22.55	289.2		14 47	20 49	2 13
3	11 49.0	- 4 15	60 20	0.86	-1.20	+6.47	23.91	288.3		16 08	21 43	2 38
4	12 44.5	- 9 37	60 27	0.93	+0.47	+5.77	23.82	285.3		17 30	22 38	3 05
5	13 41.8	-14 24	60 20	0.98	+2.11	+4.68	22.18	278.5		18 50	23 35	3 36
6	14 40.9	-18 17	59 58	1.00	+3.59	+3.29	19.03	236.3		20 06	—	4 13
7	15 41.2	-20 57	59 23	0.99	+4.80	+1.71	14.57	109.5		21 15	0 34	4 57
8	16 41.8	-22 15	58 38	0.96	+5.65	+0.07	9.19	97.7		22 13	1 33	5 49
9	17 41.1	-22 09	57 48	0.90	+6.11	-1.54	3.38	90.3		23 00	2 30	6 49
10	18 38.0	-20 48	56 56	0.82	+6.17	-3.02	357.62	84.2		23 37	3 25	7 54
11	19 31.8	-18 23	56 08	0.74	+5.85	-4.30	352.27	79.2		—	4 16	9 01
12	20 22.4	-15 10	55 26	0.65	+5.20	-5.35	347.55	75.3		0 07	5 03	10 08
13	21 10.2	-11 22	54 52	0.55	+4.29	-6.12	343.57	72.4		0 32	5 48	11 13
14	21 55.8	- 7 11	54 27	0.45	+3.19	-6.61	340.38	70.5		0 54	6 31	12 17
15	22 40.1	- 2 46	54 13	0.36	+1.97	-6.80	338.02	69.5		1 14	7 12	13 20
16	23 23.8	+ 1 44	54 09	0.27	+0.69	-6.71	336.52	69.4		1 33	7 53	14 23
17	0 07.9	+ 6 10	54 15	0.19	-0.57	-6.33	335.93	70.3		1 53	8 34	15 27
18	0 53.0	+10 25	54 28	0.12	-1.75	-5.67	336.30	72.2		2 15	9 17	16 32
19	1 39.9	+14 17	54 49	0.07	-2.82	-4.75	337.72	75.2		2 40	10 03	17 37
20	2 29.2	+17 38	55 15	0.03	-3.73	-3.60	340.22	79.8		3 09	10 50	18 42
21	3 20.9	+20 13	55 44	0.00	-4.45	-2.26	343.80	89.3		3 44	11 41	19 45
22	4 15.1	+21 51	56 15	0.00	-4.97	-0.79	348.35	253.0		4 27	12 34	20 43
23	5 11.1	+22 21	56 46	0.02	-5.26	+0.75	353.63	267.2		5 20	13 29	21 35
24	6 08.0	+21 39	57 17	0.06	-5.32	+2.27	359.34	274.0		6 22	14 24	22 18
25	7 04.8	+19 42	57 46	0.13	-5.14	+3.70	5.07	279.6		7 30	15 18	22 54
26	8 00.6	+16 38	58 12	0.21	-4.73	+4.95	10.47	284.3		8 44	16 11	23 25
27	8 55.1	+12 36	58 37	0.31	-4.10	+5.92	15.24	288.0		9 59	17 03	23 52
28	9 48.4	+ 7 51	58 58	0.41	-3.26	+6.56	19.16	290.5		11 16	17 53	—
29	10 41.0	+ 2 39	59 16	0.53	-2.25	+6.81	22.03	291.8		12 33	18 43	0 17
30	11 33.6	- 2 45	59 29	0.64	-1.10	+6.65	23.71	291.9		13 50	19 35	0 41
31	12 27.1	- 8 03	59 37	0.75	+0.12	+6.07	24.04	290.7		15 09	20 27	1 07

		h m			h	diam.	distance
P.L.	6 mai	3 34		périgée	4 mai	0	32'57"
D.Q.	13 mai	12 20		apogée	15 mai	22	29'31"
N.L.	21 mai	14 07		périgée	31 mai	11	32'30"
P.Q.	28 mai	18 21					367 759 km

LUNE — JUIN 1993

Jour du mois	à 0h UT									à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.		axe phase	lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	° ' "		l	b	°	°		h m	h m	h m
1	13 22.1	-12 54	59 36	0.84	+1.34	+5.10	22.94	288.2		16 28	21 22	1 35
2	14 19.1	-17 01	59 27	0.92	+2.51	+3.82	20.37	284.6		17 44	22 19	2 08
3	15 17.8	-20 06	59 08	0.97	+3.54	+2.31	16.43	280.1		18 56	23 17	2 48
4	16 17.7	-21 54	58 40	1.00	+4.36	+0.68	11.41	275.5		19 58	—	3 35
5	17 17.5	-22 20	58 04	1.00	+4.93	-0.96	5.73	87.0		20 51	0 15	4 32
6	18 15.7	-21 27	57 23	0.97	+5.20	-2.51	359.86	82.6		21 33	1 11	5 35
7	19 11.3	-19 24	56 41	0.93	+5.16	-3.90	354.25	77.9		22 06	2 05	6 43
8	20 03.9	-16 25	55 59	0.87	+4.82	-5.05	349.20	73.9		22 34	2 55	7 51
9	20 53.4	-12 45	55 22	0.79	+4.19	-5.92	344.87	70.8		22 57	3 41	8 58
10	21 40.3	- 8 37	54 51	0.71	+3.32	-6.51	341.35	68.6		23 18	4 25	10 03
11	22 25.4	- 4 13	54 29	0.62	+2.25	-6.80	338.67	67.3		23 38	5 07	11 07
12	23 09.5	+ 0 17	54 17	0.52	+1.05	-6.79	336.87	66.8		23 57	5 48	12 10
13	23 53.4	+ 4 45	54 15	0.43	-0.21	-6.49	335.98	67.2		—	6 30	13 13
14	0 38.0	+ 9 03	54 23	0.34	-1.46	-5.91	336.03	68.4		0 18	7 12	14 17
15	1 24.1	+13 03	54 41	0.25	-2.62	-5.06	337.10	70.4		0 41	7 56	15 22
16	2 12.3	+16 35	55 08	0.17	-3.64	-3.98	339.23	73.2		1 08	8 43	16 28
17	3 03.1	+19 26	55 41	0.10	-4.45	-2.70	342.46	76.7		1 41	9 32	17 32
18	3 56.7	+21 25	56 18	0.05	-5.00	-1.26	346.71	80.3		2 21	10 25	18 33
19	4 52.6	+22 20	56 56	0.01	-5.26	+0.28	351.84	82.5		3 10	11 19	19 28
20	5 50.1	+22 01	57 34	0.00	-5.20	+1.83	357.54	33.7		4 09	12 16	20 15
21	6 48.1	+20 25	58 08	0.01	-4.85	+3.32	3.42	287.0		5 17	13 11	20 55
22	7 45.4	+17 36	58 37	0.05	-4.22	+4.64	9.07	288.0		6 31	14 06	21 28
23	8 41.4	+13 44	58 58	0.11	-3.36	+5.70	14.14	290.7		7 47	14 59	21 57
24	9 35.9	+ 9 04	59 13	0.19	-2.33	+6.42	18.36	292.9		9 05	15 51	22 22
25	10 29.2	+ 3 53	59 20	0.28	-1.21	+6.76	21.52	294.2		10 22	16 41	22 47
26	11 21.8	- 1 30	59 22	0.39	-0.07	+6.67	23.48	294.3		11 39	17 32	23 12
27	12 14.7	- 6 48	59 18	0.51	+1.03	+6.18	24.12	293.4		12 57	18 23	23 38
28	13 08.4	-11 44	59 09	0.62	+2.05	+5.31	23.38	291.4		14 14	19 16	—
29	14 03.7	-15 59	58 55	0.73	+2.94	+4.12	21.22	288.3		15 30	20 10	0 09
30	15 00.6	-19 18	58 37	0.82	+3.68	+2.70	17.72	284.5		16 41	21 07	0 45

		h m			h	diam.	distance
P.L.	4 jun	13 02					
D.Q.	12 jun	5 36	apogée	12 jun	16	29'34"	404 242 km
N.L.	20 jun	1 52	périgée	25 jun	17	32'21"	369 357 km
P.Q.	26 jun	22 43					

LUNE — JUILLET 1993

Jour du mois	à 0h UT									à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.			lever	pass.	couch.
	h m	° ' "			l	b	axe	phase		h m	h m	h m
1	15 58.9	-21 28	58 14	0.90	+4.24	+1.14	13.08	280.4		17 46	22 04	1 28
2	16 57.7	-22 20	57 47	0.96	+4.62	-0.46	7.66	276.8		18 42	23 00	2 20
3	17 55.7	-21 55	57 17	0.99	+4.80	-2.02	1.88	277.5		19 28	23 54	3 20
4	18 51.9	-20 16	56 43	1.00	+4.77	-3.44	356.18	357.6		20 05	—	4 25
5	19 45.5	-17 37	56 09	0.99	+4.51	-4.65	350.90	63.7		20 35	0 46	5 33
6	20 36.2	-14 10	55 36	0.96	+4.02	-5.61	346.28	65.8		21 00	1 34	6 41
7	21 24.3	-10 10	55 06	0.91	+3.31	-6.28	342.44	65.1		21 22	2 19	7 48
8	22 10.3	- 5 49	54 41	0.84	+2.39	-6.66	339.45	64.4		21 43	3 02	8 53
9	22 55.0	- 1 19	54 23	0.77	+1.31	-6.73	337.34	64.2		22 02	3 44	9 56
10	23 39.0	+ 3 11	54 14	0.68	+0.10	-6.51	336.13	64.6		22 22	4 25	11 00
11	0 23.2	+ 7 33	54 15	0.59	-1.18	-6.00	335.87	65.8		22 44	5 07	12 03
12	1 08.4	+11 39	54 25	0.50	-2.45	-5.24	336.60	67.6		23 09	5 50	13 07
13	1 55.4	+15 19	54 46	0.40	-3.64	-4.25	338.35	70.2		23 39	6 35	14 11
14	2 44.7	+18 25	55 17	0.31	-4.67	-3.05	341.17	73.6		—	7 22	15 16
15	3 36.7	+20 44	55 55	0.22	-5.45	-1.69	345.02	77.4		0 14	8 13	16 18
16	4 31.3	+22 04	56 40	0.14	-5.91	-0.21	349.82	81.6		0 59	9 07	17 16
17	5 28.3	+22 14	57 27	0.08	-6.00	+1.32	355.34	85.2		1 53	10 02	18 07
18	6 26.5	+21 09	58 14	0.03	-5.69	+2.83	1.24	86.5		2 58	10 59	18 51
19	7 24.9	+18 46	58 56	0.00	-4.98	+4.20	7.11	71.3		4 10	11 55	19 27
20	8 22.5	+15 12	59 29	0.01	-3.92	+5.35	12.53	313.6		5 28	12 50	19 59
21	9 18.9	+10 41	59 52	0.03	-2.58	+6.17	17.17	300.2		6 47	13 44	20 26
22	10 14.0	+ 5 31	60 02	0.09	-1.10	+6.60	20.76	298.4		8 07	14 36	20 52
23	11 08.2	+ 0 02	60 01	0.17	+0.41	+6.60	23.12	297.5		9 26	15 28	21 17
24	12 02.0	- 5 25	59 49	0.26	+1.83	+6.17	24.12	296.1		10 45	16 20	21 44
25	12 56.3	-10 30	59 28	0.37	+3.06	+5.36	23.69	293.9		12 03	17 13	22 13
26	13 51.4	-14 57	59 03	0.49	+4.05	+4.23	21.83	290.7		13 19	18 07	22 47
27	14 47.7	-18 30	58 33	0.60	+4.77	+2.86	18.62	286.8		14 32	19 02	23 27
28	15 45.1	-20 56	58 03	0.70	+5.23	+1.35	14.27	282.3		15 38	19 58	—
29	16 42.9	-22 08	57 31	0.80	+5.45	-0.20	9.08	277.6		16 36	20 53	0 16
30	17 40.1	-22 05	57 00	0.88	+5.46	-1.72	3.44	273.4		17 25	21 47	1 12
31	18 36.0	-20 49	56 30	0.94	+5.27	-3.12	357.77	270.6		18 04	22 39	2 14

		h m		h	diam.	distance
P.L.	3 jul	23 45	apogée	10 jul 11	29'33"	404 412 km
D.Q.	11 jul	22 49	périgée	22 jul 8	32'44"	365 146 km
N.L.	19 jul	11 24				
P.Q.	26 jul	3 25				

LUNE — AOÛT 1993

Jour du mois	à 0h UT										à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.				lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	° ' "		l	b	axe	phase			h m	h m	h m
1	19 29.7	-18 30	56 00	0.98	+4.90	-4.35	352.40	271.6			18 37	23 28	3 20
2	20 20.8	-15 20	55 32	1.00	+4.37	-5.34	347.59	291.4			19 03	—	4 27
3	21 09.5	-11 32	55 06	1.00	+3.67	-6.05	343.51	33.8			19 27	0 14	5 34
4	21 56.1	- 7 18	54 43	0.98	+2.80	-6.48	340.25	54.2			19 48	0 58	6 39
5	22 41.2	- 2 52	54 24	0.94	+1.78	-6.61	337.86	58.6			20 08	1 41	7 44
6	23 25.5	+ 1 39	54 12	0.89	+0.63	-6.44	336.37	60.7			20 28	2 22	8 47
7	0 09.7	+ 6 03	54 07	0.82	-0.63	-5.99	335.82	62.7			20 49	3 03	9 50
8	0 54.4	+10 13	54 10	0.74	-1.95	-5.29	336.24	64.9			21 12	3 45	10 54
9	1 40.3	+14 00	54 22	0.66	-3.26	-4.36	337.66	67.8			21 39	4 29	11 57
10	2 28.2	+17 16	54 44	0.56	-4.50	-3.23	340.11	71.2			22 12	5 15	13 00
11	3 18.4	+19 49	55 16	0.47	-5.57	-1.94	343.57	75.2			22 51	6 03	14 02
12	4 11.0	+21 31	55 57	0.37	-6.39	-0.53	347.97	79.6			23 40	6 54	15 01
13	5 06.1	+22 09	56 45	0.27	-6.87	+0.94	353.15	84.3			—	7 48	15 55
14	6 02.9	+21 37	57 39	0.18	-6.92	+2.40	358.86	88.8			0 39	8 43	16 42
15	7 00.8	+19 48	58 33	0.11	-6.51	+3.78	4.73	92.3			1 47	9 40	17 22
16	7 58.7	+16 46	59 24	0.05	-5.61	+4.98	10.38	93.2			3 01	10 35	17 56
17	8 56.1	+12 37	60 07	0.01	-4.26	+5.89	15.43	84.5			4 21	11 31	18 26
18	9 52.7	+ 7 39	60 37	0.00	-2.58	+6.43	19.54	351.6			5 42	12 25	18 53
19	10 48.6	+ 2 09	60 50	0.02	-0.70	+6.54	22.45	308.6			7 04	13 19	19 20
20	11 44.2	- 3 28	60 46	0.07	+1.21	+6.19	23.98	301.4			8 26	14 12	19 47
21	12 40.0	- 8 50	60 27	0.15	+2.96	+5.43	23.99	297.3			9 46	15 06	20 16
22	13 36.5	-13 37	59 56	0.24	+4.44	+4.32	22.48	293.4			11 06	16 01	20 49
23	14 33.8	-17 29	59 17	0.34	+5.56	+2.95	19.54	288.9			12 21	16 57	21 28
24	15 31.8	-20 15	58 34	0.46	+6.30	+1.45	15.36	284.0			13 30	17 54	22 14
25	16 29.9	-21 45	57 50	0.57	+6.68	-0.11	10.29	278.8			14 31	18 49	23 08
26	17 27.3	-22 00	57 08	0.67	+6.73	-1.62	4.73	273.7			15 22	19 44	—
27	18 23.1	-21 03	56 29	0.76	+6.50	-3.01	359.06	269.1			16 04	20 36	0 08
28	19 16.8	-19 01	55 55	0.84	+6.05	-4.23	353.64	265.5			16 39	21 25	1 12
29	20 08.0	-16 07	55 25	0.91	+5.42	-5.22	348.72	263.5			17 07	22 11	2 18
30	20 56.8	-12 33	54 59	0.96	+4.64	-5.95	344.48	264.1			17 31	22 56	3 24
31	21 43.6	- 8 30	54 38	0.99	+3.72	-6.40	341.01	272.0			17 53	23 38	4 29

		h m			h	diam.	distance
P.L.	2 aou	12 10	apogée	7 aou	4	29'29"	405 257 km
D.Q.	10 aou	15 19	périgée	19 aou	7	33'09"	360 388 km
N.L.	17 aou	19 28					
P.Q.	24 aou	9 57					

LUNE — SEPTEMBRE 1993

Jour du mois	à 0h UT								à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.		lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	' "		l	b	axe	phase	h m	h m	h m
1	22 29.0	- 4 09	54 21	1.00	+2.68	-6.55	338.39	325.1	18 14	—	5 33
2	23 13.4	+ 0 18	54 08	0.99	+1.54	-6.41	336.65	40.9	18 34	0 20	6 37
3	23 57.5	+ 4 43	54 01	0.97	+0.30	-5.99	335.85	54.7	18 55	1 01	7 40
4	0 42.1	+ 8 55	54 00	0.92	-1.01	-5.31	336.00	60.4	19 18	1 43	8 43
5	1 27.6	+12 47	54 05	0.87	-2.36	-4.40	337.15	64.7	19 43	2 26	9 46
6	2 14.6	+16 10	54 18	0.80	-3.69	-3.30	339.30	68.8	20 13	3 11	10 49
7	3 03.5	+18 54	54 40	0.72	-4.95	-2.05	342.45	73.2	20 49	3 57	11 50
8	3 54.5	+20 50	55 11	0.63	-6.06	-0.69	346.51	77.9	21 33	4 46	12 49
9	4 47.6	+21 49	55 50	0.53	-6.93	+0.74	351.36	82.9	22 26	5 38	13 43
10	5 42.3	+21 42	56 38	0.43	-7.46	+2.16	356.78	88.0	23 27	6 31	14 32
11	6 38.3	+20 26	57 32	0.32	-7.58	+3.52	2.48	92.8	—	7 25	15 14
12	7 34.8	+17 58	58 30	0.23	-7.21	+4.72	8.13	96.8	0 37	8 20	15 50
13	8 31.4	+14 24	59 27	0.14	-6.32	+5.69	13.38	99.6	1 53	9 14	16 22
14	9 27.7	+ 9 51	60 17	0.07	-4.94	+6.33	17.89	100.0	3 12	10 09	16 51
15	10 23.9	+ 4 37	60 56	0.02	-3.14	+6.56	21.36	94.5	4 33	11 03	17 18
16	11 20.2	- 1 00	61 17	0.00	-1.07	+6.34	23.53	44.5	5 56	11 57	17 45
17	12 17.1	- 6 34	61 20	0.01	+1.07	+5.66	24.20	312.4	7 19	12 53	18 15
18	13 15.0	-11 43	61 02	0.05	+3.09	+4.59	23.25	299.1	8 42	13 49	18 47
19	14 13.9	-16 03	60 28	0.12	+4.83	+3.21	20.72	292.3	10 02	14 47	19 26
20	15 13.7	-19 16	59 42	0.21	+6.17	+1.66	16.79	286.2	11 17	15 45	20 11
21	16 13.5	-21 12	58 50	0.31	+7.07	+0.04	11.80	280.3	12 22	16 43	21 03
22	17 12.5	-21 48	57 56	0.41	+7.53	-1.53	6.19	274.5	13 18	17 39	22 02
23	18 09.6	-21 08	57 04	0.52	+7.59	-2.97	0.42	269.1	14 03	18 32	23 06
24	19 04.2	-19 21	56 18	0.62	+7.30	-4.22	354.87	264.5	14 40	19 22	—
25	19 56.1	-16 40	55 38	0.72	+6.74	-5.23	349.80	260.8	15 10	20 10	0 11
26	20 45.3	-13 17	55 05	0.80	+5.96	-5.98	345.39	258.2	15 36	20 54	1 17
27	21 32.3	- 9 23	54 39	0.87	+5.01	-6.44	341.75	256.9	15 59	21 37	2 22
28	22 17.7	- 5 11	54 20	0.93	+3.93	-6.61	338.92	257.4	16 20	22 19	3 26
29	23 02.2	- 0 48	54 07	0.97	+2.75	-6.49	336.97	261.0	16 40	23 00	4 29
30	23 46.3	+ 3 35	53 59	0.99	+1.50	-6.08	335.93	274.8	17 01	23 42	5 32

		h m		h	diam.	distance
P.L.	1 sep	2 33	apogée	3 sep 17	29'25"	406 125 km
D.Q.	9 sep	6 26	périgée	16 sep 15	33'26"	357 407 km
N.L.	16 sep	3 10	apogée	30 sep 21	29'24"	406 426 km
P.Q.	22 sep	19 32				
P.L.	30 sep	18 54				

LUNE — OCTOBRE 1993

Jour du mois	à 0h UT									à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.			lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	' "		°	°	°	°		h m	h m	h m
1	0 30.7	+ 7 49	53 57	1.00	+0.21	-5.42	335.84	6.0		17 23	—	6 35
2	1 16.1	+11 45	54 00	0.99	-1.12	-4.51	336.75	53.5		17 48	0 25	7 37
3	2 02.8	+15 14	54 09	0.96	-2.45	-3.41	338.66	64.2		18 16	1 09	8 40
4	2 51.2	+18 06	54 24	0.91	-3.73	-2.16	341.57	70.7		18 50	1 55	9 42
5	3 41.4	+20 13	54 45	0.85	-4.94	-0.79	345.40	76.4		19 31	2 43	10 41
6	4 33.4	+21 25	55 12	0.77	-6.00	+0.62	350.02	81.9		20 20	3 33	11 36
7	5 26.8	+21 37	55 48	0.68	-6.84	+2.04	355.22	87.3		21 17	4 24	12 26
8	6 21.1	+20 42	56 30	0.59	-7.38	+3.39	0.74	92.6		22 21	5 16	13 09
9	7 15.8	+18 42	57 19	0.48	-7.55	+4.60	6.28	97.3		23 32	6 09	13 46
10	8 10.5	+15 37	58 12	0.37	-7.29	+5.60	11.54	101.3		—	7 02	14 19
11	9 05.1	+11 35	59 07	0.27	-6.55	+6.32	16.22	104.2		0 46	7 54	14 48
12	9 59.7	+ 6 47	59 58	0.17	-5.33	+6.66	20.05	105.8		2 04	8 47	15 15
13	10 54.8	+ 1 28	60 42	0.09	-3.69	+6.58	22.77	105.4		3 24	9 40	15 42
14	11 50.8	- 4 04	61 11	0.04	-1.75	+6.05	24.12	101.7		4 46	10 35	16 10
15	12 48.2	- 9 24	61 23	0.00	+0.35	+5.08	23.92	83.6		6 10	11 31	16 42
16	13 47.5	-14 09	61 14	0.00	+2.41	+3.75	22.06	312.0		7 33	12 29	17 18
17	14 48.3	-17 55	60 46	0.03	+4.26	+2.17	18.61	291.4		8 52	13 29	18 01
18	15 50.0	-20 26	60 03	0.09	+5.77	+0.48	13.86	282.8		10 05	14 29	18 52
19	16 51.3	-21 33	59 10	0.17	+6.86	-1.20	8.25	275.9		11 07	15 28	19 51
20	17 51.0	-21 17	58 12	0.26	+7.49	-2.75	2.30	269.7		11 58	16 24	20 55
21	18 48.0	-19 47	57 15	0.36	+7.69	-4.11	356.48	264.3		12 39	17 17	22 01
22	19 41.7	-17 17	56 22	0.46	+7.48	-5.21	351.13	259.8		13 12	18 06	23 08
23	20 32.3	-14 03	55 37	0.56	+6.94	-6.02	346.46	256.3		13 39	18 52	—
24	21 20.2	-10 15	55 00	0.66	+6.13	-6.54	342.57	253.9		14 03	19 36	0 13
25	22 06.1	- 6 07	54 32	0.75	+5.11	-6.75	339.52	252.4		14 25	20 18	1 18
26	22 50.7	- 1 49	54 14	0.83	+3.95	-6.66	337.34	252.0		14 45	20 59	2 21
27	23 34.8	+ 2 33	54 03	0.89	+2.69	-6.28	336.06	252.7		15 06	21 40	3 24
28	0 19.1	+ 6 47	54 00	0.94	+1.38	-5.64	335.73	254.8		15 28	22 23	4 26
29	1 04.3	+10 47	54 03	0.98	+0.07	-4.75	336.39	259.5		15 52	23 07	5 29
30	1 50.8	+14 23	54 11	1.00	-1.23	-3.66	338.06	275.2		16 19	23 52	6 32
31	2 39.0	+17 25	54 25	1.00	-2.47	-2.39	340.74	53.0		16 52	—	7 35

		h m		h	diam.	distance
D.Q.	8 oct	19 35	périgée	15 oct	2	33'27"
N.L.	15 oct	11 36	apogée	27 oct	24	29'26"
P.Q.	22 oct	8 52				357 243 km
P.L.	30 oct	12 38				406 103 km

LUNE — NOVEMBRE 1993

Jour du mois	à 0h UT								à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.		lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	° ' "		l	b	axe	phase	h m	h m	h m
1	3 29.2	+19 42	54 42	0.98	-3.62	-1.01	344.39	73.3	17 31	0 40	8 35
2	4 21.0	+21 07	55 04	0.94	-4.66	+0.43	348.86	81.1	18 17	1 30	9 32
3	5 14.2	+21 32	55 30	0.89	-5.53	+1.87	353.97	87.3	19 12	2 21	10 23
4	6 08.1	+20 53	56 01	0.82	-6.20	+3.25	359.43	92.9	20 13	3 12	11 08
5	7 02.1	+19 09	56 36	0.73	-6.61	+4.50	4.93	98.0	21 20	4 04	11 46
6	7 55.7	+16 24	57 15	0.64	-6.72	+5.54	10.20	102.3	22 31	4 56	12 19
7	8 48.8	+12 44	57 58	0.53	-6.48	+6.30	14.94	105.9	23 45	5 46	12 49
8	9 41.6	+ 8 19	58 42	0.42	-5.87	+6.74	18.94	108.3	—	6 37	13 15
9	10 34.5	+ 3 20	59 26	0.31	-4.89	+6.78	21.96	109.7	1 01	7 28	13 41
10	11 28.1	- 1 56	60 05	0.21	-3.57	+6.39	23.80	109.7	2 19	8 20	14 08
11	12 23.3	- 7 13	60 35	0.12	-1.98	+5.59	24.24	108.3	3 39	9 14	14 37
12	13 20.5	-12 08	60 51	0.05	-0.21	+4.39	23.13	105.2	5 01	10 10	15 09
13	14 20.0	-16 19	60 51	0.01	+1.58	+2.89	20.41	99.1	6 22	11 09	15 49
14	15 21.5	-19 25	60 33	0.00	+3.28	+1.20	16.19	318.0	7 39	12 09	16 36
15	16 24.0	-21 10	60 00	0.02	+4.75	-0.55	10.83	277.7	8 48	13 10	17 32
16	17 25.9	-21 28	59 14	0.06	+5.89	-2.22	4.83	270.2	9 46	14 09	18 36
17	18 25.6	-20 25	58 21	0.13	+6.63	-3.72	358.74	264.2	10 33	15 06	19 44
18	19 22.2	-18 13	57 25	0.21	+6.97	-4.96	353.01	259.2	11 10	15 58	20 53
19	20 15.3	-15 07	56 32	0.30	+6.90	-5.90	347.94	255.1	11 40	16 46	22 00
20	21 05.1	-11 25	55 44	0.39	+6.46	-6.51	343.69	252.1	12 06	17 32	23 06
21	21 52.4	- 7 19	55 05	0.49	+5.71	-6.81	340.31	250.1	12 29	18 15	—
22	22 37.7	- 3 00	54 36	0.59	+4.70	-6.79	337.84	249.0	12 50	18 56	0 11
23	23 22.1	+ 1 22	54 17	0.68	+3.52	-6.48	336.30	248.7	13 10	19 38	1 14
24	0 06.3	+ 5 39	54 07	0.76	+2.23	-5.89	335.69	249.3	13 32	20 20	2 16
25	0 51.1	+ 9 43	54 07	0.84	+0.90	-5.05	336.06	250.7	13 55	21 03	3 19
26	1 37.2	+13 26	54 15	0.90	-0.42	-3.99	337.44	252.9	14 21	21 48	4 22
27	2 25.0	+16 38	54 29	0.95	-1.66	-2.75	339.85	255.8	14 52	22 35	5 25
28	3 14.9	+19 09	54 49	0.98	-2.78	-1.38	343.26	259.0	15 29	23 25	6 27
29	4 06.8	+20 50	55 12	1.00	-3.73	+0.08	347.58	258.0	16 13	—	7 25
30	5 00.3	+21 31	55 39	0.99	-4.51	+1.55	352.61	92.2	17 06	0 16	8 19

		h m		h	diam.	distance
D.Q.	7 nov	6 36	périgée	12 nov 12	33'11"	360 143 km
N.L.	13 nov	21 34	apogée	24 nov 13	29'29"	405 302 km
P.Q.	21 nov	2 03				
P.L.	29 nov	6 31				

LUNE — DÉCEMBRE 1993

Jour du mois	à 0h UT								à Paris		
	Ascen- sion droite	Décli- naison	Paral. horiz. équat.	Frac. écl.	libration		Angle de pos.		lever	pass.	couch.
	h m	° ' "	° ' "		l	b	axe	phase	h m	h m	h m
1	5 54.8	+21 08	56 06	0.97	-5.06	+2.98	358.08	95.8	18 06	1 08	9 07
2	6 49.4	+19 38	56 35	0.92	-5.40	+4.27	3.68	100.2	19 12	2 01	9 48
3	7 43.5	+17 06	57 04	0.86	-5.49	+5.37	9.06	104.3	20 22	2 53	10 22
4	8 36.8	+13 37	57 34	0.78	-5.34	+6.19	13.95	107.8	21 35	3 44	10 53
5	9 29.1	+ 9 24	58 04	0.68	-4.94	+6.69	18.11	110.4	22 48	4 34	11 20
6	10 20.9	+ 4 38	58 34	0.58	-4.31	+6.82	21.33	112.1	—	5 23	11 45
7	11 12.9	- 0 27	59 02	0.46	-3.46	+6.54	23.45	112.6	0 04	6 13	12 10
8	12 05.7	- 5 35	59 28	0.35	-2.42	+5.87	24.30	112.1	1 20	7 04	12 37
9	13 00.2	-10 29	59 47	0.24	-1.22	+4.82	23.73	110.4	2 38	7 57	13 06
10	13 56.9	-14 50	59 59	0.15	+0.08	+3.46	21.66	107.7	3 56	8 53	13 41
11	14 56.0	-18 18	60 00	0.08	+1.41	+1.87	18.10	104.3	5 13	9 51	14 23
12	15 57.0	-20 35	59 49	0.03	+2.69	+0.17	13.25	101.3	6 26	10 51	15 14
13	16 58.8	-21 31	59 25	0.00	+3.85	-1.53	7.51	108.6	7 29	11 51	16 14
14	17 59.8	-21 03	58 50	0.01	+4.80	-3.11	1.37	253.4	8 22	12 49	17 21
15	18 58.5	-19 18	58 07	0.03	+5.47	-4.47	355.36	255.2	9 04	13 44	18 31
16	19 54.0	-16 30	57 20	0.08	+5.81	-5.54	349.89	252.6	9 39	14 36	19 41
17	20 46.2	-12 57	56 32	0.15	+5.79	-6.29	345.19	249.9	10 07	15 24	20 49
18	21 35.4	- 8 53	55 48	0.23	+5.42	-6.70	341.40	247.9	10 32	16 09	21 56
19	22 22.2	- 4 33	55 10	0.32	+4.73	-6.78	338.56	246.6	10 54	16 52	23 00
20	23 07.5	- 0 08	54 41	0.41	+3.77	-6.55	336.67	246.2	11 15	17 33	—
21	23 52.0	+ 4 13	54 22	0.51	+2.60	-6.03	335.75	246.6	11 36	18 15	0 03
22	0 36.6	+ 8 23	54 13	0.60	+1.30	-5.26	335.80	247.6	11 58	18 58	1 06
23	1 22.1	+12 13	54 15	0.69	-0.05	-4.27	336.86	249.5	12 23	19 42	2 09
24	2 09.2	+15 36	54 26	0.77	-1.36	-3.09	338.93	251.9	12 51	20 28	3 12
25	2 58.2	+18 22	54 46	0.85	-2.56	-1.77	342.02	254.9	13 26	21 17	4 14
26	3 49.4	+20 21	55 13	0.91	-3.58	-0.34	346.05	258.0	14 07	22 07	5 14
27	4 42.6	+21 24	55 45	0.96	-4.37	+1.12	350.90	260.5	14 56	23 00	6 11
28	5 37.4	+21 23	56 19	0.99	-4.87	+2.56	356.33	258.3	15 55	23 54	7 02
29	6 33.0	+20 14	56 53	1.00	-5.07	+3.90	2.02	174.5	17 00	—	7 46
30	7 28.4	+17 58	57 25	0.99	-4.98	+5.06	7.61	115.3	18 10	0 47	8 24
31	8 23.0	+14 41	57 54	0.95	-4.61	+5.95	12.77	113.1	19 24	1 39	8 56

		h m		h	diam.	distance
D.Q.	6 déc	15 49	périgée	10 déc 14	32'42"	365 357 km
N.L.	13 déc	9 27	apogée	22 déc 8	29'32"	404 515 km
P.Q.	20 déc	22 26				
P.L.	28 déc	23 05				

MERCURE — 1993

à 0h UT

Date	Ascension droite	Déclinaison	Distance à la Terre	Diam. app.	Magni- tude	Élon- gation	Frac. écl.	Longi- tude hélioc.
	h m	° ' "	UA	"		°		°
jan 1	17 49.3	-23 51	1.361	4.9	-0.4	13 W	0.938	238.8
6	18 22.8	-24 18	1.397	4.8	-0.5	11	0.961	252.6
11	18 57.1	-24 13	1.419	4.7	-0.6	8	0.978	266.4
16	19 32.0	-23 33	1.428	4.7	-0.7	5	0.990	280.5
21	20 07.2	-22 17	1.423	4.7	-0.9	3 W	0.997	295.3
26	20 42.5	-20 22	1.403	4.8	-1.0	3 E	0.997	311.5
31	21 17.7	-17 50	1.364	4.9	-1.1	6	0.985	329.6
fév 5	21 52.3	-14 41	1.305	5.1	-1.1	9 E	0.952	350.3
10	22 25.5	-11 01	1.220	5.5	-1.0	13	0.881	14.5
15	22 55.6	- 7 05	1.108	6.0	-0.8	16	0.751	42.3
20	23 19.4	- 3 21	0.974	6.9	-0.4	18	0.555	73.1
25	23 32.7	- 0 34	0.835	8.0	+0.3	17	0.325	104.4
mar 2	23 32.4	+ 0 32	0.717	9.3	+1.4	13 E	0.126	133.5
7	23 19.9	- 0 19	0.641	10.4	+2.6	6 E	0.018	158.8
12	23 02.6	- 2 34	0.616	10.9	+2.6	7 W	0.021	180.4
17	22 49.7	- 5 01	0.633	10.6	+1.8	15	0.103	198.9
22	22 45.7	- 6 46	0.679	9.8	+1.2	21	0.214	215.3
27	22 50.8	- 7 31	0.741	9.0	+0.9	25	0.322	230.3
avr 1	23 03.1	- 7 18	0.811	8.2	+0.7	27 W	0.416	244.4
6	23 20.5	- 6 16	0.884	7.6	+0.5	28	0.498	258.2
11	23 41.7	- 4 32	0.957	7.0	+0.4	27	0.571	272.0
16	0 06.0	- 2 12	1.030	6.5	+0.2	26	0.638	286.4
21	0 32.8	+ 0 39	1.100	6.1	+0.0	23	0.704	301.7
26	1 02.1	+ 3 57	1.168	5.7	-0.2	20	0.771	318.6
mai 1	1 34.1	+ 7 36	1.230	5.4	-0.6	16 W	0.841	337.6
6	2 09.2	+11 30	1.281	5.2	-1.0	12	0.912	359.7
11	2 48.0	+15 28	1.316	5.1	-1.4	6	0.973	25.3
16	3 30.4	+19 12	1.323	5.1	-1.9	0 W	1.000	54.6
21	4 15.3	+22 18	1.296	5.2	-1.6	6 E	0.969	85.9
26	5 00.4	+24 25	1.235	5.4	-1.1	12	0.881	116.7
31	5 42.9	+25 27	1.152	5.8	-0.6	17	0.764	144.3
jun 5	6 21.0	+25 29	1.058	6.3	-0.2	21 E	0.645	168.0
10	6 53.7	+24 45	0.962	6.9	+0.2	23	0.536	188.2
15	7 20.4	+23 29	0.870	7.7	+0.6	25	0.436	205.8
20	7 40.7	+21 54	0.785	8.5	+0.9	25	0.343	221.6
25	7 53.9	+20 14	0.709	9.4	+1.2	23	0.254	236.1
30	7 59.4	+18 41	0.645	10.4	+1.6	20	0.168	250.0

Élongation : E = à l'est du Soleil = visible le soir à l'ouest

W = à l'ouest du Soleil = visible le matin à l'est

MERCURE — 1993

à 0h UT

Date	Ascension droite	Décli- naison	Distance à la Terre	Diam. app.	Magni- tude	Élon- gation	Frac. écl.	Longi- tude
	h m	° '	UA	"		°		°
juil 5	7 57.0	+17 29	0.599	11.2	+2.0	15 E	0.089	263.8
10	7 47.6	+16 48	0.574	11.6	+2.6	9	0.031	277.8
15	7 34.3	+16 44	0.576	11.6	+3.0	5 E	0.010	292.4
20	7 22.2	+17 14	0.609	11.0	+2.5	9 W	0.036	308.3
25	7 16.5	+18 07	0.673	9.9	+1.7	14	0.113	326.0
30	7 20.5	+19 07	0.767	8.7	+1.0	18	0.234	346.2
aoû 4	7 35.5	+19 54	0.883	7.6	+0.3	19 W	0.391	9.7
9	8 00.9	+20 05	1.011	6.6	-0.3	18	0.575	36.8
14	8 34.6	+19 20	1.137	5.9	-0.9	15	0.758	67.2
19	9 13.3	+17 30	1.243	5.4	-1.3	11	0.899	98.7
24	9 53.1	+14 40	1.319	5.1	-1.5	6	0.976	128.4
29	10 31.2	+11 11	1.362	4.9	-1.5	2 W	0.998	154.4
sep 3	11 06.8	+ 7 21	1.380	4.8	-1.1	5 E	0.988	176.6
8	11 39.7	+ 3 26	1.377	4.9	-0.8	9	0.964	195.7
13	12 10.4	- 0 28	1.359	4.9	-0.5	12	0.934	212.4
18	12 39.4	- 4 13	1.329	5.0	-0.3	16	0.900	227.6
23	13 07.1	- 7 46	1.288	5.2	-0.1	18	0.863	241.8
28	13 33.5	-11 04	1.237	5.4	-0.0	21	0.822	255.6
oct 3	13 58.9	-14 04	1.176	5.7	+0.0	23 E	0.774	269.4
8	14 22.8	-16 42	1.106	6.0	+0.1	24	0.714	283.6
13	14 44.6	-18 53	1.025	6.5	+0.2	25	0.638	298.7
18	15 02.8	-20 28	0.936	7.1	+0.3	25	0.536	315.2
23	15 14.8	-21 16	0.842	7.9	+0.5	23	0.401	333.9
28	15 16.3	-20 55	0.752	8.9	+0.9	18	0.231	355.3
nov 2	15 03.6	-18 58	0.687	9.7	+1.9	9 E	0.063	20.3
7	14 40.8	-15 36	0.678	9.8	+2.9	2 W	0.003	48.9
12	14 22.8	-12 35	0.742	9.0	+1.2	12	0.133	80.0
17	14 21.0	-11 37	0.857	7.8	+0.2	18	0.367	111.1
22	14 33.9	-12 34	0.986	6.8	-0.3	20	0.583	139.4
27	14 55.7	-14 34	1.105	6.1	-0.5	19	0.736	163.9
déc 2	15 22.5	-16 53	1.206	5.5	-0.5	17 W	0.835	184.7
7	15 51.9	-19 10	1.286	5.2	-0.5	15	0.898	202.7
12	16 23.1	-21 11	1.348	5.0	-0.5	12	0.938	218.7
17	16 55.5	-22 49	1.394	4.8	-0.5	10	0.964	233.5
22	17 28.9	-24 00	1.424	4.7	-0.6	7	0.982	247.5
27	18 03.2	-24 40	1.440	4.6	-0.7	5	0.993	261.2
32	18 38.2	-24 47	1.442	4.6	-0.8	2	0.998	275.1

VÉNUS — 1993

à 0h UT

Date	Ascension droite	Déclinaison	Distance à la Terre	Diam. app.	Magni- tude	Élon- gation	Frac. écl.	Longi- tude hélioc.
	h m	° '	UA	"		°		°
jan 1	21 57.8	-14 05	0.825	20.4	-3.9	46 E	0.599	45.3
11	22 38.5	- 9 31	0.751	22.4	-4.0	47	0.555	61.4
21	23 15.8	- 4 41	0.678	24.8	-4.1	47	0.505	77.5
31	23 49.7	+ 0 10	0.603	27.9	-4.2	47	0.449	93.6
fév 10	0 19.3	+ 4 50	0.530	31.7	-4.3	45 E	0.385	109.8
20	0 43.2	+ 9 01	0.459	36.6	-4.3	42	0.310	126.0
mar 2	0 58.9	+12 24	0.394	42.7	-4.3	37 E	0.225	142.3
12	1 02.8	+14 27	0.338	49.8	-4.2	29	0.133	158.5
22	0 52.6	+14 28	0.298	56.5	-3.7	18	0.049	174.8
avr 1	0 32.1	+12 06	0.282	59.6	-3.2	8 E	0.009	190.9
11	0 13.5	+ 8 21	0.296	56.8	-3.6	16 W	0.038	207.1
21	0 07.5	+ 5 13	0.336	50.1	-4.0	27	0.115	223.1
mai 1	0 15.5	+ 3 44	0.394	42.7	-4.2	36 W	0.207	239.1
11	0 34.5	+ 3 54	0.463	36.3	-4.2	41	0.293	255.0
21	1 01.1	+ 5 18	0.538	31.2	-4.2	44	0.368	270.8
31	1 32.7	+ 7 32	0.617	27.3	-4.1	45	0.435	286.6
jun 10	2 08.1	+10 15	0.697	24.1	-4.0	46 W	0.493	302.5
20	2 46.5	+13 08	0.778	21.6	-3.9	46	0.545	318.3
30	3 27.7	+15 56	0.857	19.6	-3.8	45	0.592	334.1
jul 10	4 11.4	+18 25	0.935	18.0	-3.7	44 W	0.636	350.0
20	4 57.5	+20 21	1.011	16.6	-3.6	42	0.676	5.9
30	5 45.6	+21 32	1.084	15.5	-3.6	40	0.713	21.8
aoû 9	6 35.0	+21 51	1.154	14.6	-3.5	38 W	0.748	37.8
19	7 25.1	+21 13	1.220	13.8	-3.5	36	0.780	53.8
29	8 15.1	+19 35	1.283	13.1	-3.4	34	0.810	69.9
sep 8	9 04.4	+17 03	1.342	12.5	-3.4	32 W	0.837	86.0
18	9 52.6	+13 41	1.397	12.0	-3.4	29	0.863	102.2
28	10 39.6	+ 9 41	1.447	11.6	-3.4	27	0.886	118.4
oct 8	11 25.8	+ 5 12	1.493	11.3	-3.4	25 W	0.907	134.6
18	12 11.5	+ 0 25	1.535	11.0	-3.4	22	0.926	150.9
28	12 57.3	- 4 26	1.571	10.7	-3.4	20	0.942	167.1
nov 7	13 43.8	- 9 11	1.604	10.4	-3.4	17 W	0.956	183.3
17	14 31.7	-13 35	1.632	10.3	-3.4	15	0.968	199.5
27	15 21.3	-17 27	1.655	10.2	-3.4	12	0.978	215.6
déc 7	16 12.9	-20 32	1.675	10.0	-3.4	10 W	0.986	231.6
17	17 06.3	-22 38	1.690	10.0	-3.4	7	0.992	247.5
27	18 00.9	-23 37	1.701	9.9	-3.4	5	0.996	263.4

Élongation : E = à l'est du Soleil = visible le soir à l'ouest
 W = à l'ouest du Soleil = visible le matin à l'est

MARS — 1993

à 0h UT

Date	Ascension droite	Déclinaison	Distance à la Terre	Diam. app.	Magni- tude	Élon- gation	Frac. écl.	Longi- tude hélioc.
	h m	° '	UA	"		°		°
jan 1	7 30.9	+25 43	0.627	14.9	-1.2	169 W	0.997	104.4
11	7 13.6	+26 28	0.632	14.8	-1.2	174 E	0.999	109.1
21	6 57.6	+26 54	0.659	14.2	-1.0	161	0.991	113.7
31	6 45.7	+27 01	0.706	13.3	-0.7	149	0.975	118.3
fév 10	6 39.7	+26 55	0.770	12.2	-0.4	137 E	0.957	122.8
20	6 39.4	+26 40	0.845	11.1	-0.2	127	0.939	127.3
mar 2	6 44.3	+26 19	0.930	10.1	+0.1	118 E	0.925	131.8
12	6 53.5	+25 53	1.021	9.2	+0.3	111	0.914	136.2
22	7 06.0	+25 21	1.115	8.4	+0.6	103	0.906	140.6
avr 1	7 21.2	+24 41	1.211	7.7	+0.8	97 E	0.901	145.0
11	7 38.3	+23 52	1.308	7.2	+0.9	91	0.899	149.4
21	7 56.9	+22 54	1.403	6.7	+1.1	86	0.899	153.8
mai 1	8 16.6	+21 44	1.497	6.3	+1.2	81 E	0.901	158.1
11	8 37.0	+20 24	1.588	5.9	+1.3	76	0.904	162.5
21	8 58.0	+18 53	1.677	5.6	+1.5	72	0.908	166.9
31	9 19.4	+17 11	1.761	5.3	+1.5	67	0.913	171.3
jun 10	9 41.0	+15 18	1.841	5.1	+1.6	63 E	0.918	175.7
20	10 02.8	+13 16	1.917	4.9	+1.7	59	0.924	180.1
30	10 24.7	+11 06	1.989	4.7	+1.7	56	0.930	184.6
jul 10	10 46.7	+ 8 48	2.055	4.6	+1.8	52 E	0.936	189.0
20	11 08.9	+ 6 23	2.116	4.4	+1.8	48	0.942	193.6
30	11 31.3	+ 3 53	2.173	4.3	+1.8	45	0.948	198.2
aou 9	11 53.9	+ 1 19	2.223	4.2	+1.8	42 E	0.954	202.8
19	12 16.9	- 1 18	2.269	4.1	+1.8	38	0.960	207.5
29	12 40.3	- 3 56	2.309	4.1	+1.8	35	0.966	212.2
sep 8	13 04.2	- 6 33	2.344	4.0	+1.8	32 E	0.971	217.0
18	13 28.8	- 9 08	2.374	3.9	+1.8	29	0.976	221.9
28	13 54.1	-11 38	2.399	3.9	+1.8	26	0.980	226.8
oct 8	14 20.2	-14 02	2.419	3.9	+1.8	23 E	0.984	231.9
18	14 47.2	-16 17	2.434	3.8	+1.7	20	0.988	237.0
28	15 15.3	-18 20	2.444	3.8	+1.7	17	0.991	242.2
nov 7	15 44.3	-20 09	2.450	3.8	+1.7	14 E	0.994	247.4
17	16 14.4	-21 41	2.453	3.8	+1.6	11	0.996	252.8
27	16 45.5	-22 53	2.451	3.8	+1.6	8	0.998	258.3
déc 7	17 17.4	-23 42	2.446	3.8	+1.5	5 E	0.999	263.9
17	17 50.0	-24 08	2.438	3.8	+1.5	3	1.000	269.5
27	18 23.1	-24 07	2.428	3.9	+1.4	1	1.000	275.3

JUPITER — 1993

à 0h UT

Date	Ascension droite	Déclinaison	Distance à la Terre	Diam. app. ég. pol.		Magni- tude	Élon- gation	Longi- tude hélioc.
	h m	° ' "	UA	"	"		°	°
jan 1	12 51.7	- 4 07	5.408	36.4	34.0	-1.6	87 W	183.1
11	12 54.3	- 4 21	5.247	37.5	35.0	-1.6	97	183.9
21	12 55.9	- 4 28	5.090	38.7	36.1	-1.7	106	184.6
31	12 56.3	- 4 28	4.939	39.9	37.2	-1.8	116	185.4
fév 10	12 55.6	- 4 20	4.802	41.0	38.3	-1.8	127 W	186.1
20	12 53.7	- 4 06	4.682	42.1	39.3	-1.9	137	186.9
mar 2	12 50.7	- 3 45	4.584	43.0	40.1	-1.9	148 W	187.6
12	12 46.9	- 3 20	4.511	43.7	40.7	-2.0	159	188.4
22	12 42.5	- 2 51	4.468	44.1	41.1	-2.0	170	189.1
avr 1	12 37.8	- 2 20	4.454	44.2	41.3	-2.0	178 E	189.9
11	12 33.1	- 1 51	4.472	44.0	41.1	-2.0	167	190.7
21	12 28.8	- 1 24	4.519	43.7	40.7	-2.0	156	191.4
mai 1	12 25.1	- 1 02	4.593	42.9	40.0	-1.9	146 E	192.2
11	12 22.3	- 0 46	4.692	42.0	39.2	-1.9	135	192.9
21	12 20.5	- 0 36	4.811	40.9	38.2	-1.8	125	193.7
31	12 19.8	- 0 34	4.945	39.8	37.2	-1.8	115	194.4
jun 10	12 20.1	- 0 40	5.091	38.7	36.1	-1.7	106 E	195.2
20	12 21.6	- 0 52	5.243	37.6	35.1	-1.6	97	196.0
30	12 24.0	- 1 10	5.399	36.5	34.0	-1.6	88	196.7
jul 10	12 27.4	- 1 35	5.553	35.5	33.1	-1.5	79 E	197.5
20	12 31.7	- 2 04	5.703	34.5	32.2	-1.5	71	198.2
30	12 36.7	- 2 39	5.846	33.7	31.4	-1.4	63	199.0
aoû 9	12 42.3	- 3 17	5.978	32.9	30.7	-1.4	55 E	199.7
19	12 48.6	- 3 58	6.097	32.3	30.1	-1.3	47	200.5
29	12 55.4	- 4 42	6.202	31.8	29.6	-1.3	39	201.2
sep 8	13 02.6	- 5 28	6.290	31.3	29.2	-1.3	31 E	202.0
18	13 10.1	- 6 15	6.359	31.0	28.9	-1.2	23	202.8
28	13 17.9	- 7 04	6.409	30.7	28.7	-1.2	16	203.5
oct 8	13 25.9	- 7 52	6.438	30.6	28.6	-1.2	8 E	204.3
18	13 34.1	- 8 40	6.447	30.5	28.5	-1.2	1 E	205.0
28	13 42.3	- 9 27	6.433	30.6	28.6	-1.2	8 W	205.8
nov 7	13 50.5	-10 13	6.399	30.8	28.7	-1.2	15 W	206.5
17	13 58.5	-10 57	6.343	31.1	29.0	-1.2	23	207.3
27	14 06.4	-11 39	6.267	31.4	29.3	-1.3	31	208.1
déc 7	14 14.0	-12 18	6.171	31.9	29.8	-1.3	39 W	208.8
17	14 21.1	-12 53	6.058	32.5	30.3	-1.3	48	209.6
27	14 27.8	-13 25	5.929	33.2	31.0	-1.4	56	210.3

SATURNE — 1993

à 0h UT

Date	Ascension droite	Décli- naison	Distance à la Terre	Diam. app. éq. pol.		Magni- tude	Élon- gation	Longi- tude hélioc.
	h m	° ' "	UA	"	"		°	°
jan 1	21 16.5	-16 54	10.645	15.7	14.1	+1.0	36 E	319.7
11	21 20.8	-16 35	10.731	15.5	14.0	+1.0	27	320.0
21	21 25.4	-16 14	10.793	15.4	13.9	+0.9	18	320.3
31	21 30.1	-15 52	10.831	15.4	13.9	+0.9	9	320.6
fév 10	21 34.8	-15 29	10.842	15.4	13.9	+0.9	1 W	320.9
20	21 39.6	-15 07	10.828	15.4	13.9	+1.0	9	321.3
mar 2	21 44.2	-14 44	10.788	15.4	13.9	+1.0	18 W	321.6
12	21 48.7	-14 23	10.724	15.5	14.0	+1.0	27	321.9
22	21 52.9	-14 02	10.638	15.7	14.1	+1.1	36	322.2
avr 1	21 56.9	-13 42	10.530	15.8	14.2	+1.1	45 W	322.5
11	22 00.5	-13 25	10.404	16.0	14.4	+1.1	54	322.8
21	22 03.7	-13 09	10.262	16.2	14.6	+1.1	63	323.1
mai 1	22 06.4	-12 56	10.109	16.5	14.8	+1.1	72 W	323.5
11	22 08.6	-12 46	9.947	16.8	15.1	+1.1	81	323.8
21	22 10.2	-12 40	9.781	17.0	15.3	+1.1	90	324.1
31	22 11.2	-12 36	9.615	17.3	15.6	+1.0	99	324.4
jun 10	22 11.5	-12 36	9.454	17.6	15.8	+1.0	109 W	324.7
20	22 11.3	-12 40	9.301	17.9	16.1	+0.9	118	325.0
30	22 10.4	-12 47	9.162	18.2	16.3	+0.9	128	325.3
jul 10	22 09.0	-12 57	9.041	18.4	16.6	+0.8	138 W	325.7
20	22 07.0	-13 09	8.941	18.6	16.8	+0.7	148	326.0
30	22 04.7	-13 24	8.866	18.8	16.9	+0.7	158	326.3
aoû 9	22 02.0	-13 40	8.818	18.9	17.0	+0.6	169 W	326.6
19	21 59.1	-13 56	8.800	18.9	17.0	+0.5	178 W	326.9
29	21 56.2	-14 12	8.812	18.9	17.0	+0.6	170 E	327.2
sep 8	21 53.4	-14 27	8.853	18.8	16.9	+0.6	160 E	327.6
18	21 50.9	-14 40	8.923	18.7	16.8	+0.6	150	327.9
28	21 48.8	-14 51	9.019	18.5	16.6	+0.7	139	328.2
oct 8	21 47.2	-14 58	9.137	18.2	16.4	+0.7	129 E	328.5
18	21 46.2	-15 03	9.274	18.0	16.2	+0.8	119	328.8
28	21 45.9	-15 04	9.426	17.7	15.9	+0.8	109	329.1
nov 7	21 46.2	-15 01	9.586	17.4	15.7	+0.9	99 E	329.5
17	21 47.2	-14 55	9.752	17.1	15.4	+0.9	89	329.8
27	21 48.8	-14 46	9.916	16.8	15.1	+1.0	80	330.1
déc 7	21 51.0	-14 34	10.076	16.5	14.9	+1.0	70 E	330.4
17	21 53.8	-14 18	10.227	16.3	14.7	+1.0	61	330.7
27	21 57.1	-14 01	10.364	16.1	14.5	+1.1	51	331.0

URANUS — 1993

à 0 h UT

Date	Ascension droite	Décli- naison	Distance à la Terre	Diam. app.	Magni- tude	Élon- gation	Longi- tude hélioc.
	h m	° ' "	UA	"		°	°
jan 1	19 16.8	-22 41	20.548	3.3	6.2	7 E	288.0
11	19 19.4	-22 36	20.556	3.3	6.2	3 W	288.1
21	19 21.9	-22 31	20.537	3.3	6.2	12	288.3
31	19 24.4	-22 27	20.489	3.3	6.2	22	288.4
fév 10	19 26.7	-22 22	20.416	3.4	6.2	31 W	288.5
20	19 28.9	-22 18	20.318	3.4	6.1	41	288.6
mar 2	19 30.9	-22 14	20.198	3.4	6.1	50 W	288.7
12	19 32.5	-22 10	20.061	3.4	6.1	60	288.8
22	19 34.0	-22 08	19.909	3.4	6.1	70	288.9
avr 1	19 35.0	-22 05	19.747	3.5	6.1	79 W	289.0
11	19 35.8	-22 04	19.581	3.5	6.1	89	289.2
21	19 36.1	-22 03	19.413	3.5	6.1	99	289.3
mai 1	19 36.2	-22 04	19.250	3.6	6.0	108 W	289.4
11	19 35.8	-22 05	19.096	3.6	6.0	118	289.5
21	19 35.2	-22 07	18.956	3.6	6.0	128	289.6
31	19 34.2	-22 09	18.834	3.6	6.0	138	289.7
jun 10	19 33.0	-22 12	18.733	3.7	6.0	148 W	289.8
20	19 31.5	-22 15	18.658	3.7	6.0	158	289.9
30	19 29.9	-22 19	18.609	3.7	6.0	168	290.1
juil 10	19 28.2	-22 23	18.589	3.7	6.0	177 W	290.2
20	19 26.5	-22 26	18.598	3.7	6.0	173 E	290.3
30	19 24.8	-22 30	18.636	3.7	6.0	163	290.4
aou 9	19 23.3	-22 33	18.703	3.7	6.0	153 E	290.5
19	19 21.9	-22 35	18.795	3.6	6.0	143	290.6
29	19 20.8	-22 38	18.911	3.6	6.0	133	290.7
sep 8	19 19.9	-22 39	19.047	3.6	6.0	123 E	290.8
18	19 19.4	-22 40	19.199	3.6	6.0	113	291.0
28	19 19.3	-22 40	19.362	3.5	6.0	103	291.1
oct 8	19 19.5	-22 39	19.532	3.5	6.1	94 E	291.2
18	19 20.0	-22 38	19.704	3.5	6.1	84	291.3
28	19 20.9	-22 36	19.872	3.5	6.1	74	291.4
nov 7	19 22.2	-22 34	20.033	3.4	6.1	64 E	291.5
17	19 23.8	-22 30	20.182	3.4	6.1	55	291.6
27	19 25.6	-22 27	20.313	3.4	6.2	45	291.7
déc 7	19 27.7	-22 22	20.425	3.4	6.2	35 E	291.9
17	19 29.9	-22 17	20.513	3.3	6.2	26	292.0
27	19 32.4	-22 12	20.575	3.3	6.2	16	292.1

NEPTUNE — 1993

à 0h UT

Date	Ascension droite	Déclinaison	Distance à la Terre	Diam. app.	Magni- tude	Élon- gation	Longi- tude hélioc.
	h m	° '	UA	"		°	°
jan 1	19 19.1	-21 31	31.162	2.3	7.8	8 E	288.6
11	19 20.8	-21 28	31.170	2.3	7.8	2 W	288.7
21	19 22.4	-21 25	31.150	2.3	7.8	12	288.7
31	19 23.9	-21 22	31.101	2.3	7.8	22	288.8
fév 10	19 25.4	-21 19	31.025	2.4	7.8	31 W	288.8
20	19 26.7	-21 16	30.924	2.4	7.8	41	288.9
mar 2	19 28.0	-21 13	30.801	2.4	7.8	51 W	289.0
12	19 29.0	-21 11	30.660	2.4	7.8	61	289.0
22	19 29.8	-21 09	30.504	2.4	7.8	71	289.1
avr 1	19 30.5	-21 08	30.339	2.4	7.8	80 W	289.1
11	19 30.8	-21 07	30.169	2.4	7.7	90	289.2
21	19 31.0	-21 06	29.999	2.4	7.7	100	289.3
mai 1	19 30.9	-21 06	29.834	2.4	7.7	110 W	289.3
11	19 30.6	-21 07	29.679	2.5	7.7	119	289.4
21	19 30.1	-21 08	29.538	2.5	7.7	129	289.4
31	19 29.4	-21 09	29.415	2.5	7.7	139	289.5
jun 10	19 28.6	-21 11	29.314	2.5	7.7	149 W	289.6
20	19 27.6	-21 13	29.238	2.5	7.7	158	289.6
30	19 26.5	-21 15	29.189	2.5	7.7	168	289.7
jul 10	19 25.4	-21 18	29.168	2.5	7.7	178 W	289.7
20	19 24.2	-21 20	29.177	2.5	7.7	172 E	289.8
30	19 23.1	-21 23	29.215	2.5	7.7	162	289.9
aoû 9	19 22.1	-21 25	29.280	2.5	7.7	153 E	289.9
19	19 21.2	-21 27	29.371	2.5	7.7	143	290.0
29	19 20.4	-21 29	29.486	2.5	7.7	133	290.0
sep 8	19 19.8	-21 30	29.621	2.5	7.7	123 E	290.1
18	19 19.4	-21 31	29.771	2.5	7.7	113	290.2
28	19 19.2	-21 32	29.933	2.4	7.7	103	290.2
oct 8	19 19.3	-21 32	30.102	2.4	7.7	94 E	290.3
18	19 19.6	-21 32	30.273	2.4	7.8	84	290.3
28	19 20.2	-21 31	30.441	2.4	7.8	74	290.4
nov 7	19 20.9	-21 30	30.600	2.4	7.8	64 E	290.5
17	19 21.9	-21 28	30.747	2.4	7.8	54	290.5
27	19 23.0	-21 26	30.877	2.4	7.8	45	290.6
déc 7	19 24.4	-21 24	30.986	2.4	7.8	35 E	290.6
17	19 25.8	-21 21	31.071	2.3	7.8	25	290.7
27	19 27.3	-21 18	31.130	2.3	7.8	15	290.8

COURS

avec

Exercices et corrigés

S.A.N.

Société d'Astronomie de Nantes

ASTRONOMIE DE POSITION

*

COSMOGRAPHIE

*

CALCULS ASTRONOMIQUES DIVERS

*

par Louis CAMPION
Capitaine au Long Cours

PREMIERE LEÇON

GENERALITES : Les angles horaires sont mesurés en astronomie, indifféremment en heures ou en degrés.

Les Ephémérides Astronomiques les donnent en heures.

Les calculettes ne traitent que les degrés (ou les grades et les radians)

D'où nécessité de conversion : HEURES ==> DEGRES & DEGRES ==> HEURES.

Il faudra s'entraîner à calculer rapidement avec les nombres "complexes" (facile avec les calculettes qui traitent en décimal)

Le cercle de 360° est divisé en 24 heures (1 jour), d'où :

$24 \text{ heures} = 360^\circ$ et $1 \text{ heure} = 360^\circ/24\text{h} = 15^\circ$

et comme $1 \text{ heure} = 60 \text{ minutes}$, on a $15^\circ = 60 \text{ minutes}$, c'est évident!

et $1^\circ = 60/15 = 4 \text{ minutes}$.

Tout ceci semble facile et évident, mais il faut y réfléchir et bien s'en imprégner!

Donc pour convertir :

Heures ----> degrés : multiplier heures par 15

Degrés ----> heures : diviser degrés par 15

Degrés ----> minutes de temps: multiplier degrés par 4

Il ne faut pas confondre minute d'arc (') avec minute de temps (m), car :

$1 \text{ heure} = 60 \text{ m}$ et $1^\circ = 60'$

Comme $1^\circ = 4\text{m}$ on a $60' = 4\text{m}$ et $1\text{m} = 15'$

Ceci paraît farfelu, mais n'est dû qu'à une mauvaise appellation des unités, il faut faire avec! Je vous demande encore de bien vous en imprégner!

Ce qui est grave, c'est qu'il y a une relation entre (m) et ('), d'où interdiction de les confondre.

On écrira : 3h 12m 18s et 48° 04' 30", (ce qui est la même chose), mais on n'utilisera jamais les signes (') et (") pour désigner les (m) et (s) de temps.

On proscrira à jamais la manière des médias : 3 heures 12' 18" (beurk!!!) qui dénote une ignorance totale des réalités.

EXERCICES : Transformation en degrés : au moyen de la table "Conversion des heures, minutes et secondes en degrés, minutes et secondes" (en début d'ouvrage) ou bien calculatrice.

Exemple : 3h 12m 18s en degrés ?

Par Table :	3 h	----->	45°
	12 m	----->	3° 00'
	18 s	----->	4' 30"

Résultat :		----->	48° 04' 30"

Par calculatrice :	3h 12m 18s	=	3,205
	3,205 x 15	=	48,075
	48,075	=	48° 04' 30"

EXERCICES :

*** (1) ***

Transformer en degrés, (') et (") :

18h 34m 12s * 14h 33m 42s * 8h 46m 46s * 7h 23m 58s * 22h 54m 25s

Transformation en heures : autre table "Conversion des degrés, minutes et secondes en heures, minutes et secondes" (en début d'ouvrage) ou calculatrice.

Exemple : 78° 43' 15" en heures ?

Par Table :	78°	----->	5h 12m
	43'	----->	2m 52s
	15"	----->	1s

			5h 14m 53s

Par calculette : $78^{\circ} 43' 15'' = 78,7208333....$
 $78,720833/15 = 5,248055....$
 $5,248055... = 5h 14m 53s$

EXERCICES :

*** (2) ***

Transformer en heures, m et s :

$19^{\circ} 33' 28'' * 58^{\circ} 47' 15'' * 112^{\circ} 54' 05'' * 201^{\circ} 11' 53'' * 316^{\circ} 21' 41''$

EXERCICES :

*** (3) ***

Quelle heure sera t'il ?:

6h 43m 15s après 9h 19m 52s * 12h 27m 42s après 7h 51m 34s

7h 49m 23s après 15h 48m 53s

14h 36m 53s après 21h 14m 18s le 24 juillet

5h 42m 15s après 22h 52m 30s le 28/2/1991

Quelle heure était-il ?:

9h 52m 33s avant 15h 13m 44s * 7h 49m 52s avant 21h 33m 12s

14h 12m 47s avant 18h 07m 14s

18h 35m 04s avant 5h 11m 33s le 15 septembre

11h 42m 22s avant 8h 15m 10s le 1/3/92

*** (4) ***

Effectuer :

a) $5^{\circ} 06' 10'' + 36^{\circ} 28' 32'' * 6^{\circ} 04' 24'' + 14^{\circ} 36' 33'' * 38^{\circ} 40' 50'' + 54^{\circ} 08' 45''$

$54^{\circ} 45' 35'' + 24^{\circ} 24' 40''$

Au delà de 360° on enlève 360° du résultat pour avoir un angle toujours inférieur à 360°

$283^{\circ} 58' 27'' + 115^{\circ} 12' 52'' * 127^{\circ} 13' 42'' + 251^{\circ} 14' 08''$

b) $45^{\circ} 25' 35'' - 20^{\circ} 12' 14'' * 26^{\circ} 42' 50'' - 16^{\circ} 40' 53''$

$8^{\circ} 07' 45'' - 5^{\circ} 52' 35'' * 25^{\circ} 17' 00'' - 11^{\circ} 42' 35''$

Lorsque l'angle à soustraire est supérieur au premier, on ajoute 360° à ce premier pour avoir un résultat positif.

$12^{\circ} 19' 43'' - 83^{\circ} 42' 27'' * 114^{\circ} 30' 21'' - 239^{\circ} 53' 42''$

Dans son mouvement diurne apparent, un astre se lève, passe au méridien, puis se couche.

Le passage méridien a lieu (en général) au milieu du transfert (pour le soleil: matinée = soirée, midi = mi diem = milieu du jour)

L'angle horaire est l'angle que fait l'astre avec le méridien, donc l'angle qui lui reste à tourner pour passer au méridien ou dont il a tourné depuis son passage au méridien. (Je pense que c'est clair!)

*** (5) ***

EXERCICES :

a) Le soleil se lève à Nantes le 16 janvier à 8h52m (heure légale d'hiver = TU+1) et se couche 8h46m plus tard.

- 1) A quelle heure se couche t'il ?
- 2) A quelle heure passe t'il au méridien ?

b) Le 14 mai à Nantes le soleil se lève à 6h36m (heure d'été) et se couche à 21h28m.

- 1) Combien de temps reste t'il au-dessus de l'horizon ?
- 2) A quelle heure passera t'il au méridien ? (Sera t'il midi aux cadrans solaires, c'est la même chose)

c) Le jour le plus court de l'année dure 8h16m à Nantes. Ce jour-là le soleil passe au méridien à 13h04m,

- 1) A quelle heure se lève t'il ?
- 2) A quelle heure se couche t'il ?

d) Même exercice avec le jour le plus long qui dure 15h44m avec passage au méridien à 14h07m.

- 1) Trouver l'heure du lever du soleil ce jour-là,
- 2) Trouver également l'heure de son coucher.

e) Le 21 mars, jour de l'équinoxe (équinoxe: *aequus* = égal et *nox* = nuit) le jour et la nuit sur tous les points de la terre ont même durée. Le soleil se lève à 7h14m à Nantes, donner :

- 1) L'heure de son passage méridien,
- 2) L'heure de son coucher.

f) Le soleil se lève le 5 mai à Nantes à 6h48m. A ce moment son angle horaire est de $108^{\circ}30'$. Calculer :

- 1) L'heure de son passage méridien,
- 2) L'heure de son coucher!

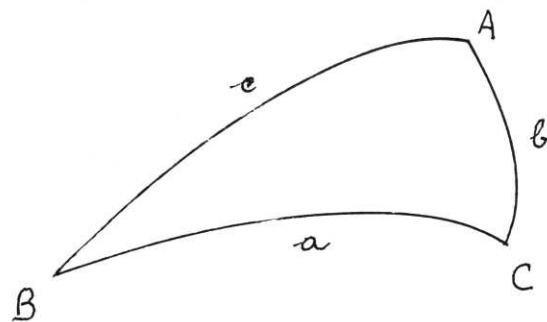
g) Une planète se lève à 20h12m le 8 janvier, son angle horaire à cet instant est de $79^{\circ}30'$. Calculer l'heure de :

- 1) son passage au méridien,
- 2) son coucher.

h) Une planète se couche à 2h18m le 18 mars, son angle horaire est de $96^{\circ}00'$ à cet instant.

- 1) A quelle heure est-elle passée au méridien ?
- 2) Trouver l'heure de son lever.

NOTA: Tous les éléments fournis concernant le soleil sont rigoureux et exacts, et peuvent être utilisés à Nantes aux dates indiquées.

TRIANGLE SPHERIQUEQUELCONQUERELATIONS TRIGONOMETRIQUES
ENTRE LES DIFFERENTS ELEMENTS1) FORMULE FONDAMENTALE :

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

2) ANALOGIE DES SINUS :

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

3) FORMULE DES COTANGENTES ou
des 4 ELEMENTS CONSECUTIFS

Dans les quatre éléments consécutifs nous avons une suite :

côté extrême - angle intermédiaire - côté intermédiaire - angle extrême

par exemple sur la figure ci-dessus : b, A, c, B

ÉNONCÉ : Le produit de la cotangente du côté extrême (b) par le sinus de l'autre côté (c), diminué du produit de la cotangente de l'angle extrême (B) par le sinus de l'autre angle (A), est égal au produit des cosinus des deux éléments intermédiaires (c,A).

$$\cotg b \sin c - \cotg B \sin A = \cos c \cos A$$

Toutes ces formules se transforment par permutation circulaire :

a ----> b , b ----> c , c ----> a ; A ----> B , B ----> C , C ----> A

CORRIGES DES EXERCICESde la PREMIERE LECON

*** (1) ***

278°33' - 218°25'30" - 131°41'30" - 110°59'30" - 343°36'15"

*** (2) ***

1h18m14s - 3h55m09s - 7h31m36s - 13h24m47,5s - 21h05m27s

*** (3) ***

Quelle heure sera t'il ?

16h 03m 07s - 20h 19m 16s - 23h 38m 16s

11h 51m 11s le 25 juillet

4h 34m 45s le 1er mars 1991

Quelle heure était-il ?

5h 21m 11s - 13h 43m 20s - 3h 54m 27s

12h 36m 29s le 14 septembre

20h 32m 48s le 29 février 1992

*** (4) ***

a) 41° 34' 42" - 20° 40' 57" - 92° 49' 35"

79° 10' 15"

39° 11' 19" - 18° 27' 50"

b) 25° 13' 21" - 10° 01' 57" - 2° 15' 10"

13° 34' 25"

288° 37' 16" - 234° 36' 39"

*** (5) ***

a) - 1) 17h 38m - 2) 13h 15m

b) - 1) 14h 52m - 2) 14h 02m

c) - 1) 8h 56m - 2) 17h 12m

d) - 1) 6h 15m - 2) 21h 59m

e) - 1) 13h 14m - 2) 19h 14m

f) - 1) 14h 02m - 2) 21h 16m

g) - 1) 1h 30m le 9 janvier - 2) 6h 48m le 9 janvier

h) - 1) 19h 54m le 17 mars - 2) 13h 30m le 17 mars

DEUXIEME LEÇON

La TRIGONOMETRIE (du grec : trigonos = triangle et metron = mesure) a eu pour but premier le calcul de tous les éléments d'un triangle (hauteurs, médianes, bissectrices, rayons de cercles remarquables, surface ou angles).

La géométrie n'établissait que des relations métriques en fonction des mesures de longueur.

Par l'introduction des angles dans les calculs relatifs au triangle, la trigonométrie complétait la géométrie.

Son utilisation a dépassé le stade du triangle et elle est maintenant indispensable pour comprendre et étudier les mathématiques et la physique.

Outre la trigonométrie plane qui s'applique aux figures planes, il existe une trigonométrie sphérique qui permet de résoudre les problèmes relatifs à la sphère et à l'espace, en particulier à l'astronomie.

Par exemple, dans le triangle rectangle ABC, la géométrie nous apprend que :

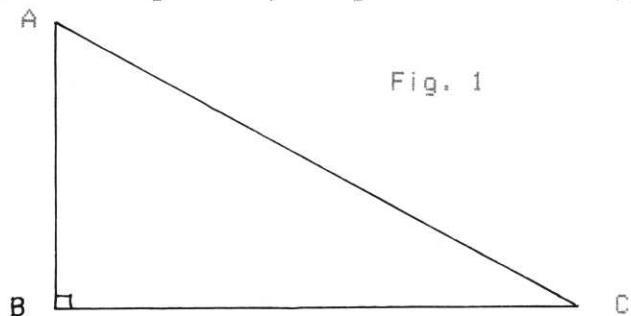
$$\overline{AC}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{BC}^2$$

ou

$$\overline{AB}^2 = \overline{AC}^2 - \overline{BC}^2$$

et connaissant AC et BC
on peut connaître AB, car

$$AB = \sqrt{\overline{AC}^2 - \overline{BC}^2}$$



d'où, si AC = 55,17 m et BC = 50,00 m on aura AB = 23,315 m.

On opère ici sur des longueurs : il faut en connaître deux pour trouver la troisième.

En trigonométrie nous allons en plus considérer les angles, ce qui donnera des éléments supplémentaires à nos calculs.

Dans un triangle tel que ABC, où AB = 23,315 m, AC = 55,17 m et BC = 50,00 m, les angles sont fixés une fois pour toute, il ne peut pas en être autrement !!!

On a $\hat{B} = 90^\circ$ puisque le triangle est rectangle en B.

$\hat{C} = 25^\circ$ et $\hat{A} = 65^\circ$

Considérons les trois éléments suivants : l'angle C, le côté opposé à cet angle C, c'est à dire AB et le côté adjacent à C, c'est à dire BC.

Nous savons que AB mesure 23,315 m et BC 50,00 m et la mesure de l'angle C nous indique 25° .

Nous allons nous demander quelle est la relation qui lie le côté opposé AB au côté adjacent BC d'un angle de 25° dans un tel triangle rectangle, et faire : AB/BC soit $23,315 / 50$ et nous trouvons 0,4663.

Ce nombre est lié inexorablement à l'angle de 25° car, quelles que soient les longueurs que l'on donnera à AB et BC dans le triangle rectangle ABC, si elles sont telles que l'angle opposé à AB soit égal à 25° , ces longueurs seront toujours dans le rapport :

$AB/BC = 0,4663$ et l'on aura toujours :

$$AB = 0,4663 \times BC$$

Vous voyez donc que connaissant l'angle C qui vaut ici 25° , et en mesurant BC, on trouvera facilement AB.

Supposons que AB soit un arbre à la cime inaccessible et que l'on veuille mesurer sa hauteur : si je le vois sous un angle de 25° , il me suffira de mesurer BC et de faire :

$$AB = 0,4663 \times BC$$

Par exemple si $BC = 68$ mètres, alors $AB = 0,4663 \times 68 = 31,71$ mètres, et ainsi de suite on pourrait multiplier les exemples de mesures de distance entre deux points inaccessibles A et B.

Le grand travail des mathématiciens au début de la trigonométrie a été de calculer de degré en degré, puis de minute en minute, puis de seconde en seconde les rapports qui lient entre eux les côtés des triangles rectangles afin d'établir des tables de ces rapports.

Considérant encore le triangle ABC et l'angle C,

le rapport AB/BC a reçu le nom de "tangente" et s'écrit "tg" ou "tan"

le rapport BC/AB est la "cotangente" (l'inverse de la "tg") écrit "cot"

le rapport AB/AC est le "sinus" qui s'écrit "sin" et

le rapport BC/AC est le "cosinus" qui s'écrit "cos"

Il existe maintenant des tables dites de "Valeurs naturelles" qui donnent les sinus, cosinus et tangentes de tous les angles. La cotangente étant obtenue en faisant : $1/\tan$

Les calculettes modernes donnent toutes ces valeurs avec une grande précision.

Par exemple pour $\tan 25^\circ$, je tape 2 5 tan et j'obtiens : 0,466307658, c'est le fameux rapport que j'ai utilisé tout à l'heure pour trouver la hauteur de mon arbre.

Vous voyez donc que sous ces noms bizarres de sinus, cosinus etc... se cachent des rapports simples de longueurs des côtés d'un triangle liés à un angle donné.

Après cette modeste démonstration, vous utiliserez les sinus, cosinus, tangentes et autres avec moins d'appréhension j'en suis sûr; et revenant à notre premier triangle ABC, si je vous dis :

$$AB = BC \times \tan C$$

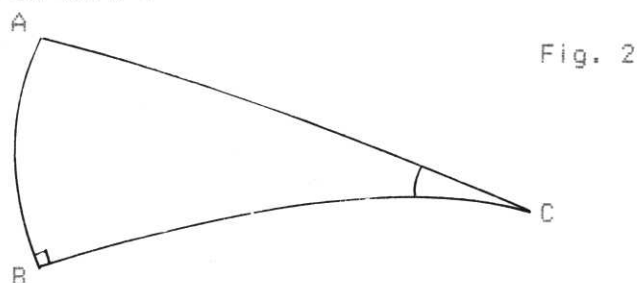
avec $BC = 50$ m et $C = 25^\circ$,

vous trouverez $\tan 25^\circ = 0,4663$ et $AB = 50 \times 0,4663 = 23,315$ m
c'est ce que nous savions déjà !!!

L'utilisation de la trigonométrie en géométrie plane est passionnante, elle est utilisée en navigation côtière, en cartographie, nivellement, travaux public, arpentage etc...

Mais nous allons monter d'un étage et passer à la trigonométrie sphérique qui avec des relations et formules plus longues semble bien plus compliquée.

De fait, les côtés des triangles sphériques étant des arcs mesurés en degrés et non plus des longueurs mesurables, les opérations sur ces côtés utiliseront leurs sinus, cosinus et tangentes respectifs en plus des sinus, cosinus et tangentes des angles du triangle; ainsi dans le triangle sphérique ABC on aura :



$$\begin{aligned} \sin AB &= \sin AC \times \sin \hat{C} && \text{au lieu de :} \\ AB &= AC \times \sin \hat{C} \end{aligned}$$

que l'on aurait eu si le triangle avait été plan.

Les calculs sont un peu plus longs en effet car il faut passer par les valeurs naturelles de chaque élément. Avec une calculatrice il n'y a aucune difficulté.

Nous allons nous entraîner sur la sphère terrestre à chercher la distance angulaire qui sépare deux points définis par leurs latitudes et leurs longitudes.

Aux pages 5 et 6 de mon fascicule "ASTRONOMIE DE POSITION" je donne les principales formules de trigonométrie sphérique utilisées en astronomie, ayez-les toujours sous les yeux !!

Par permutation circulaire on entend le remplacement dans la formule de base, de : a par b, b par c, c par a, et A par B, B par C, C par A.

Ainsi par exemple :

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

deviendra : $\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B$

puis : $\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$

Dans la plupart des triangles sphériques que nous aurons à étudier, vous verrez que les côtés sont définis par des valeurs : $90^\circ - a$, $90^\circ - b$ et $90^\circ - c$

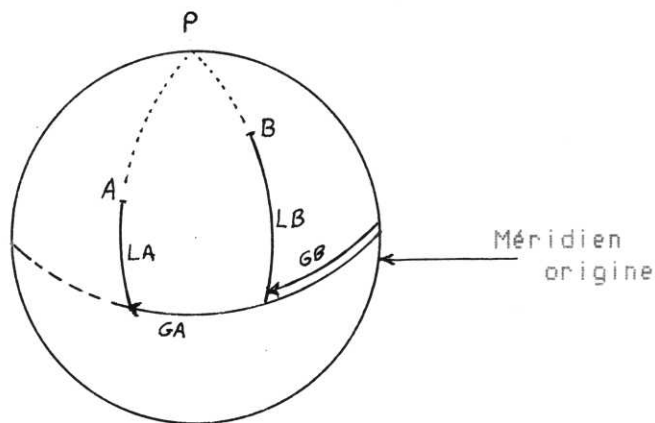
Ayez toujours à l'esprit le fait que :

$$\begin{aligned} \sin (90^\circ - x) &= \cos x \\ \text{et} \quad \cos (90^\circ - x) &= \sin x \end{aligned}$$

Il y aura donc toujours inversion de sin et de cos chaque fois que l'on trouvera $(90^\circ - a)$, $(90^\circ - b)$ ou $(90^\circ - c)$

LA SPHERE TERRESTRE :

Fig. 3



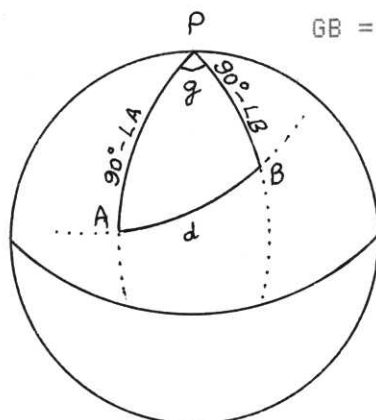
LA = Latitude de A

LB = Latitude de B

GA = Longitude de A

GB = Longitude de B

Fig. 4



$$PA = 90^\circ - LA$$

$$PB = 90^\circ - LB$$

$$g = GB - GA$$

$AB = d =$ distance angulaire de A à B, c'est la plus courte distance de A à B, soit l'arc de grand cercle AB.

FORMULE FONDAMENTALE :

$$\cos d = \cos PA \cos PB + \sin PA \sin PB \cos g$$

$$\cos d = \cos (90 - LA) \cos (90 - LB) + \sin (90 - LA) \sin (90 - LB) \cos g$$

$$\cos d = \sin LA \sin LB + \cos LA \cos LB \cos g$$

Prenons par exemple le cas d'un navire qui va de NANTES à NEW YORK, il va s'élancer dans l'Atlantique au large de SAINT NAZAIRE pour atterrir au large de NEW YORK sur le phare de NANTUCKET SHOALS.
Les positions respectives de ces deux points sur la terre sont :

SAINT NAZAIRE	:	LA = 47° 12' N	:	GA = 02° 15' W
NANTUCKET SHOALS	:	LB = 41° 12' N	:	GB = 70° 00' W

				$g = GB - GA = 67^\circ 45' W$

Nous ferons :

$$\cos d = \sin 47^{\circ}12' \times \sin 41^{\circ}12' + \cos 47^{\circ}12' \times \cos 41^{\circ}12' \times \cos 67^{\circ}45'$$

Nous trouvons : $\cos d = 0,676873544$ Nous faisons alors : $\cos^{-1}$ et nous obtenons :

$$d = 47,40018884 \text{ ce qui vaut : } 47^{\circ}24'00''$$

c'est la distance angulaire entre la rade de SAINT NAZAIRE et les approches de NEW YORK.

Sachant que le mille marin est la longueur d'une minute de la circonférence terrestre, si nous transformons cet angle de $47^{\circ}24'$ en minutes nous aurons :

$$(47 \times 60) + 24' = 2820 + 24 = 2844' \text{ ou } 2844 \text{ milles}$$

On aurait pu, plus simplement faire :

$$47,400 \times 60 = 2844 \text{ milles}$$

Voilà le moyen de trouver les distances des différents points de la terre !!!

Le cas présenté était un cas simple; mais sachez qu'il y a des règles de signes :

Les latitudes Nord sont positives (+)

Les latitudes Sud sont négatives (-)

Les longitudes Ouest sont positives (+)

Les longitudes Est sont négatives (-)

En affectant vos latitudes et longitudes des signes ci-dessus, vous êtes sûrs de ne jamais vous tromper.

Voici un autre exemple : BREST : LA = $48^{\circ}24' N$ GA = $4^{\circ}30' W$
BUENOS AIRES : LB = $34^{\circ}40' S$ GB = $58^{\circ}30' W$

Attention car B'AIRES est dans l'hémisphère SUD et LB est (-)

Vous devez trouver: $d = 95^{\circ}59'5 = 5759,5 \text{ milles}$

Encore un exemple : RIO DE JANEIRO : LA = $22^{\circ}53' S$ GA = $43^{\circ}15' W$
CAPETOWN : LB = $33^{\circ}56' S$ GB = $18^{\circ}30' E$

Ici les deux points à relier sont dans l'hémisphère Sud (-), mais les longitudes sont différentes : Ouest (+) pour RIO et Est (-) pour LE CAP, vous aurez "g" en faisant : GB - GA comme d'habitude, mais en tenant compte des règles de signes cela fera : $(- 18^{\circ}30') - (+ 43^{\circ}15')$ soit $- 61^{\circ}45'$ ou $61^{\circ}45'$ Est. (En effet, il faut aller vers l'Est pour rejoindre le Sud de l'Afrique (LE CAP) en partant du Brésil (RIO DE JANEIRO).

Le résultat doit être : $d = 54^{\circ}38'$ ou 3278 milles.

A la lumière de ce que je viens de vous exposer, je vous demande de calculer la distance en milles :

De BREST	$48^{\circ}24' N$	$4^{\circ}30' W$	à	MIAMI	$25^{\circ}45' N$	$80^{\circ}15' W$
De GENEVE	$46^{\circ}12' N$	$6^{\circ}15' E$	à	QUEBEC	$46^{\circ}50' N$	$71^{\circ}15' W$
De NANTES	$47^{\circ}12' N$	$1^{\circ}36' W$	à	NOUMEA	$22^{\circ}18' S$	$166^{\circ}30' E$

Dans les voyages de circumnavigation, à moins d'aller juste à l'antipode du point de départ, il faudra toujours choisir entre deux arcs de grand cercle, l'un, plus petit que 180° qui est presque toujours celui qui s'offre à nous et l'autre plus grand que 180° qu'il faudra rejeter.

Je m'explique :

Je veux aller de PANAMA à HONG KONG. Les longitudes respectives de ces deux ports sont : (PANAMA) GA = 79°30' West et (HONG KONG) GB = 114°15' Est.

Si je fais : $g = GB - GA$ avec leurs signes,

j'ai : $g = (-114°15') - (+79°30')$ ce qui fait : 193°45' Est

Il est évident que je ne vais pas parcourir 193°45' en longitude vers l'Est pour aller de Panama à Hong Kong (par l'Océan Atlantique, l'Afrique, l'Océan Indien, l'Inde et l'Indochine).

Le bon sens me montre qu'il faut aller vers l'Ouest à travers l'Océan Pacifique, vers Hawaï puis le Nord des Philippines en parcourant en longitude non pas 193°45' mais son complément à 360° soit :

$$360° - 193°45' = 166°15' \text{ vers l'Ouest, c'est bien}$$

plus court.

Donc chaque fois que $GB - GA$ vous donnera un résultat plus grand que 180°, il faudra envisager un voyage dans l'autre sens en enlevant ce résultat de 360°

Voici des exemples à résoudre :

De PANAMA	8°57' N	79°30' W	à	HONG KONG	22°16' N	114°15' E
De HOBART	42°54' S	147°15' E	à	CALLAO	12°05' S	77°15' W
De VALPARAISO	33°05' S	71°45' W	à	TOKYO	35°40' N	139°45' E

Ce cas se produit chaque fois qu'il faut franchir le méridien 180°

Les calculs précédents sont des calculs "d'orthodromie" ou de navigation selon l'arc de grand cercle.

Pour naviguer il ne suffit pas de connaître la distance à parcourir, encore faut-il connaître la route à suivre et pouvoir tracer sur la carte l'arc de grand cercle point par point pour voir s'il ne nous fait pas passer dans des zones dangereuses. Nous laisserons de côté le tracé de l'arc de cercle, mais nous allons étudier le calcul de l'angle de route qui peut s'obtenir de différentes façons.

L'angle de route est l'angle que fait la route à suivre au départ de l'orthodromie avec la direction du Nord.

Sur notre figure 4 sur laquelle on va de A à B, c'est l'angle en A, ou PAB.

Par permutation circulaire, dans le triangle PAB où l'on a calculé le côté AB = d (distance angulaire de A à B) on obtient :

$$\cos (90-LB) = \cos (90-LA) \cdot \cos d + \sin (90-LA) \cdot \sin d \cdot \cos A$$

$$\text{soit } \sin LB = \sin LA \cdot \cos d + \cos LA \cdot \sin d \cdot \cos A$$

C'est l'angle A que nous cherchons. On a alors :

$$\cos A = \frac{\sin LB - \sin LA \cdot \cos d}{\cos LA \cdot \sin d}$$

On aura comme résultat une valeur comprise entre 0 et 180°

Si "g" est Est, c'est à dire que l'on doit se déplacer vers l'Est, l'angle de route initial est l'angle trouvé, sans correction. (Angle de route initial = A)

Si "g" est Ouest, on fera $360^\circ - A$ pour trouver l'angle de route initial.

Amusez-vous à trouver l'angle de route départ pour tous les arcs de grand cercle que je vous ai faits calculer.

Pour information : Brest/Buenos Aires = 222

Brest/Miami = 278

Rio/Capetown = 116

Panama/Hong Kong = 337 etc ...

Nantes/Nouméa = 025

Si nous y allons par avion il faudra survoler Le Havre, le Pas de Calais, la Mer du Nord, la Norvège, le Cap Nord, la Mer de Barentz, la Nlle Zemble . Nous atteindrons le point le plus Nord de notre trajet par $73^\circ 19' N$ et $69^\circ 30' E$ (à 752 km au Nord du Cercle Polaire Arctique). Nous allons redescendre vers le Sud pour traverser le Nord Est de la Sibérie, la Mer d'Okhotsk, puis piquer presque Sud vers la Nlle Calédonie.

Le tracé des arcs de grand cercle nous réserve souvent des surprises !!!

CORRIGES DES EXERCICES DE LA
DEUXIEME LEÇON

Départ	Arrivée	Distance en milles	Angle de route départ
SAINT NAZAIRE	NANTUCKET	2844,0	071
BREST	BUENOS AIRES	5759,5	222
RIO DE JANEIRO	CAPETOWN	3278,0	116
BREST	MIAMI	3709,5	278
GENEVE	QUEBEC	3061,0	299,6
NANTES	NOUMEA	9199,2	025
PANAMA	HONG KONG	8760,0	337
HOBART	CALLAO	6697,0	132,5
VALPARAISO	TOKYO	9239,0	284,5

Cette dernière traversée, de Valparaiso à Tokyo (9239 milles = 17110 Km) va durer sur un navire qui file 12 noeuds (12 milles à l'heure !) un total de $9239/12 = 769,92$ heures soit environ 32 jours, sans tenir compte du décalage horaire et d'une journée qu'il faudra sauter (ne pas compter, en passant par exemple du 7 au 9 avril directement à minuit) à cause du franchissement du méridien de changement de date.

TROISIEME LEÇON

Nous allons traiter des pages 9 à 17 bis du fascicule "ASTRONOMIE DE POSITION".

Lorsque l'on considère la Terre, et que l'on raisonne sur les latitudes et longitudes, on place le pôle Nord en haut de la figure.

Si l'on considère maintenant l'observateur placé sur cette Terre en un point quelconque de sa surface, on disposera la figure de façon à voir l'observateur tel qu'il se présente dans la réalité, c'est à dire verticalement, la tête en haut.

Pour cela il aura fallu faire pivoter la figure pour amener le zénith en haut de celle-ci, et la ligne des pôles se présentera selon une oblique. (Figure 1)

Si l'observateur se trouve au pôle, le zénith et le pôle seront confondus. S'il se trouve sur l'équateur, la ligne des pôles sera horizontale.

Au pôle, la latitude est égale à 90° et ce pôle confondu avec le zénith a une hauteur de 90° au-dessus de l'horizon.

A l'équateur, la latitude est de 0° et le pôle est sur l'horizon, donc sa hauteur est nulle et égale à 0° .

On peut donc dire que la latitude (en plus de ce que l'on sait déjà), est la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon.

Pour assimiler ceci il faut se transporter par la pensée aux limites de l'univers, d'où la Terre, poussière insignifiante, est réduite à un point, et d'où nous verrons les étoiles depuis l'extérieur, posée sur la sphère céleste.

Dans ce cas, (Figure 2) nous remarquons l'analogie entre les coordonnées géographiques d'un point sur la Terre et les coordonnées locales d'une étoile dans le ciel de l'observateur.

* Coordonnées géographiques : Pôle en haut, équateur à l'horizontale, longitude mesurée sur l'équateur, latitude mesurée en partant de l'équateur vers le pôle.

* Coordonnées locales : Zénith en haut, horizon à l'horizontale, azimut mesuré sur l'horizon, hauteur mesurée en partant de l'horizon vers le zénith.

Comparer la figure 3 de cette leçon et la figure 3 de la leçon précédente (Deuxième leçon) c'est à dire : la Sphère terrestre et la sphère locale.

Sur la sphère locale :

HA = Hauteur de l'étoile A
NA = Azimut de l'étoile A

HB = Hauteur de l'étoile B
NB = Azimut de l'étoile B

Comparer également les figures 4 des deux leçons :

$$ZA = 90^\circ - HA$$

$$ZB = 90^\circ - HB$$

$$Z = NA - NB$$

AB = distance angulaire entre les deux étoiles A et B

L'observateur sur la Terre verra les deux étoiles A et B séparées par un arc de grand cercle AB.

On peut comme sur la surface terrestre calculer la mesure de cet arc AB en utilisant la même relation :

$$\cos AB = \cos ZA \cos ZB + \sin ZA \sin ZB \cos Z$$

$$\cos AB = \cos (90 - HA) \cos (90 - HB) + \sin (90 - HA) \sin (90 - HB) \cos Z$$

$$\cos AB = \sin HA \sin HB + \cos HA \cos HB \cos Z$$

Comparons au calcul de la distance entre ST-NAZAIRE et NANTUCKET SHOALS que nous avons effectué dans la deuxième leçon et imaginons deux astres A et B tels que leurs coordonnées soient :

A	: HA = 47°12'	NA = 02°15'
B	: HB = 41°12'	NB = 70°00'

en effectuant le même calcul nous trouverions que ces deux astres sont séparés par un angle de 47°24'.

Nous pourrions ainsi trouver la mesure des arcs (ou les distances) qui séparent tous les astres du ciel connaissant leurs hauteurs et leurs azimuts respectifs.

Jusqu'à la fin du 19ème siècle on utilisait cette méthode pour calculer en mer l'heure du méridien origine en l'absence de montres fiables, par le procédé dit des "Distances lunaires".

Actuellement ce calcul n'a plus aucun intérêt, mais vous voyez la similitude avec le calcul des distances terrestres sur la sphère.

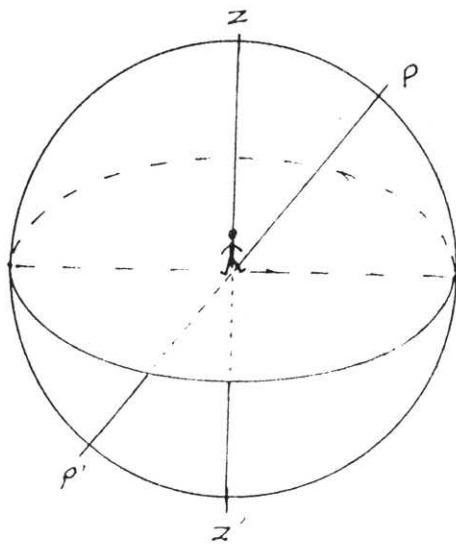


Fig. 1

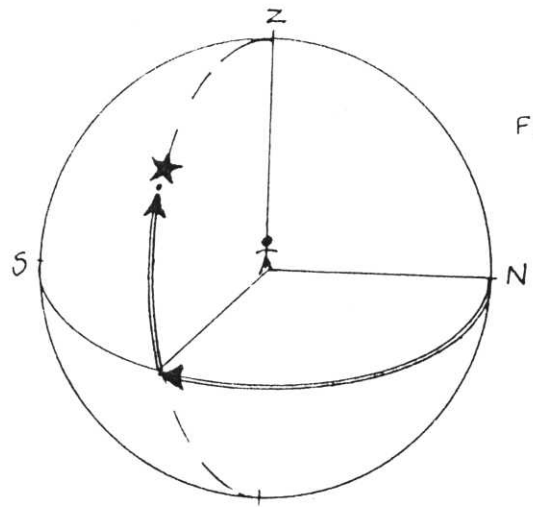


Fig. 2

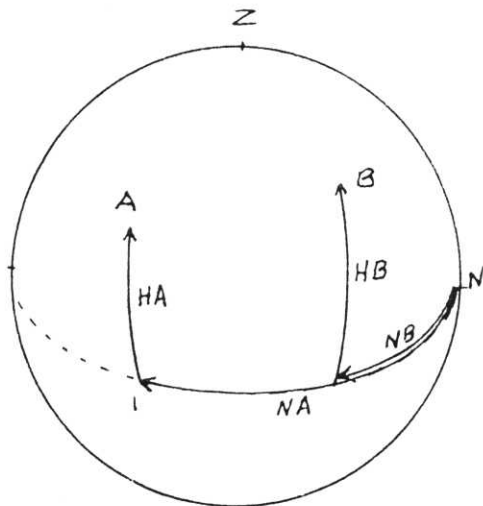


Fig. 3

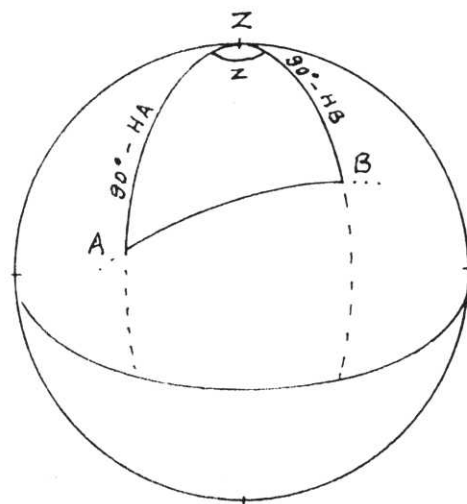
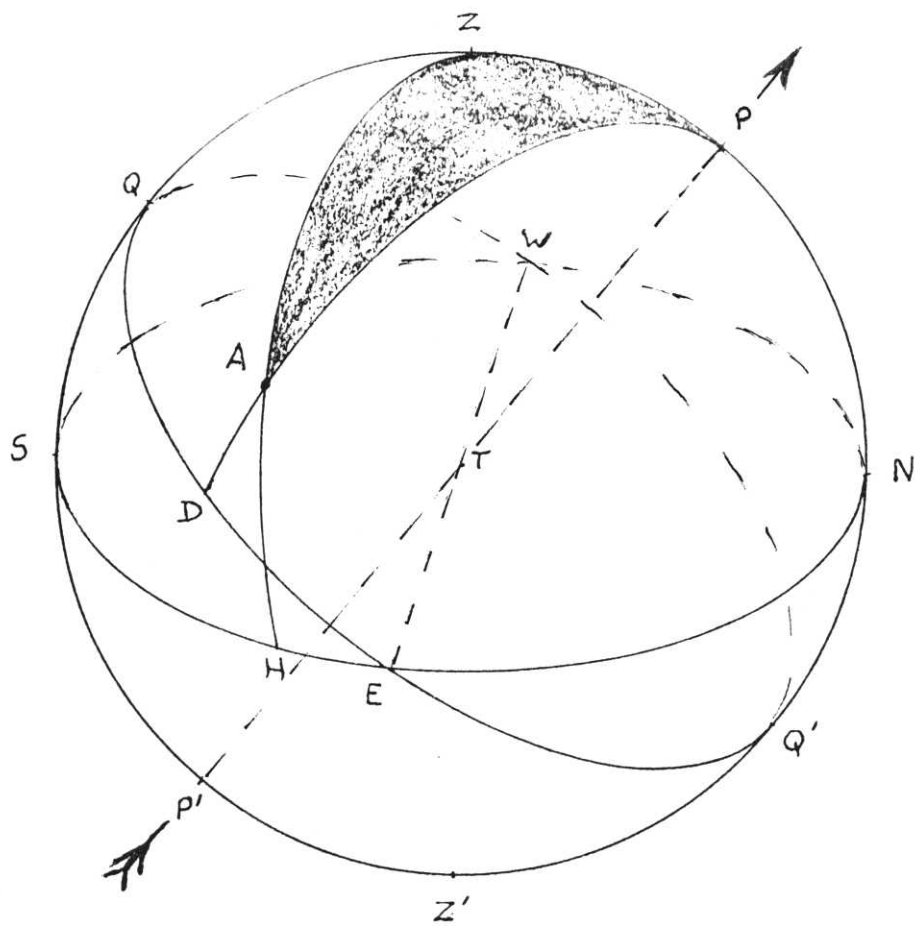


Fig. 4

Figure 5



LE MOUVEMENT DES ASTRES :

Voir le fascicule "ASTRONOMIE DE POSITION" aux pages 13 bis, 14, 15, 16, 16 bis, 17 et 17 bis.

Vous y découvrirez le mouvement des astres sur la sphère locale et les coordonnées horaires.

A partir de cela, vous comprendrez qu'à un instant donné, pour un astre donné, en un point de la Terre donné, la position locale de cet astre est fixée.

Si une des composantes précédentes : instant, astre ou point varie, les coordonnées locales, hauteur et azimut varient.

INSTANT : Nous ne voyons pas le soleil au même endroit de notre ciel nantais à 10 heures et à 18 heures.

ASTRE : Nous ne voyons pas Sirius et Aldébaran au même endroit du ciel en même temps.

POINT : A la même heure le même jour on ne voit pas le soleil au même endroit du ciel selon que l'on se trouve à Dakar ou à Oslo.

Nous nous proposons dans ce qui suit de résoudre le problème du calcul de la hauteur et de l'azimut d'un astre en fonction des différentes variables précitées.

LE TRIANGLE DE POSITION :

Si au lieu de considérer deux étoiles A & B et le zénith Z pour déterminer un triangle sphérique comme sur la figure 4, nous ne prenons qu'un seul astre A, le zénith Z toujours, mais le pôle P cette fois, nous aurons déterminé un triangle sphérique de sommets P, Z, A. (voir figure 5).

Ce triangle s'appelle le "triangle de position", et sa résolution apporte la clé à tous les problèmes de calculs astronomiques et de navigation.

Si nous regardons attentivement la figure 5, nous voyons que :

- * La terre est réduite au point "T"
- * L'horizon est le cercle N,E,S,W (Nord, Est, Sud, West)
- * L'équateur céleste est le cercle Q',E, Q, W
- * La ligne des pôles ou axe du monde est la droite P',T,P
- * La verticale du lieu d'observation est la droite Z',T, Z
- * L'arc HA est la hauteur de l'astre A au-dessus de l'horizon, d'où $ZA = 90^\circ - \text{Hauteur}$, puisque HZ (distance horizon/zénith) = 90°
- * L'arc DA est la déclinaison de l'astre A et $PA = 90^\circ - \text{Déclinaison}$
- * L'arc NP, hauteur du pôle au-dessus de l'horizon est la latitude du lieu d'observation et $PZ = 90^\circ - \text{Latitude}$.

Considérant maintenant le triangle PZA, nous nous apercevons que ses éléments représentent presque tous des données essentielles :

- * Angle Z est l'azimut de l'astre A (et égale l'arc NH)
- * Angle P est l'angle horaire (ou angle au pôle)
- * Côté PZ est le complément de la latitude ($90^\circ - L$)
- * Côté ZA est le complément de la hauteur ($90^\circ - H$)
- * Côté PA est le complément de la déclinaison ($90^\circ - D$)

A l'aide des relations trigonométriques dans le triangle sphérique que nous connaissons déjà, lorsque l'on connaît trois éléments on peut trouver les trois autres.

Ceci est la base de tous les calculs, car le triangle PZA se déforme, s'aplatit, s'élargit, s'agrandit, rapetisse au gré des heures, des lieux et des astres.

Dans la prochaine leçon nous apprendrons à résoudre ce triangle de position PZA sous toutes ses formes et tous ses aspects.

QUATRIEME LEÇON

Nous avons passé en revue lors de la leçon précédente les différents éléments du "Triangle de position PZA" et nous avons vu que les différents cotés et angles appartenaient à des systèmes de coordonnées différents, d'où la possibilité en connaissant trois éléments de pouvoir déterminer les autres et de passer ainsi d'un système en un autre selon les besoins du moment.

Les relations trigonométriques dans le triangle PZA sont toujours les mêmes et il suffit de savoir ce que l'on cherche et ce que l'on connaît pour établir la formule adéquate.

Aujourd'hui nous allons considérer que l'on connaît :

- 1) notre position géographique, (Latitude L et longitude G)
- 2) les coordonnées horaires d'un astre (Angle horaire AH (angle en P) et déclinaison D)

Nous voulons trouver : la position de cet astre dans notre ciel local, c'est à dire ses coordonnées horizontales (Hauteur H au dessus de notre horizon et Azimut Z (direction de l'étoile par rapport au Nord)), en bref : dans quelle direction et à quelle hauteur pointer notre lunette (ou lever le nez) pour y découvrir l'astre considéré.

Dans le triangle PZA, considérant l'angle en P et les cotés : PZ, PA et ZA on a :

$$\cos ZA = \cos PZ \times \cos PA + \sin PZ \times \sin PA \times \cos P$$

soit :

$$\cos(90^\circ - HA) = \cos(90^\circ - NP) \times \cos(90^\circ - DA) + \sin(90^\circ - NP) \times \sin(90^\circ - DA) \times \cos AH$$

(car l'angle en P = AH)

ou encore :

$$\sin H = \sin L \cdot \sin D + \cos L \cdot \cos D \cdot \cos AH$$

Avec cette relation on obtient la hauteur H d'un astre lorsque l'on connaît son angle horaire AH, sa déclinaison D, et la latitude L du lieu d'observation.

Pour trouver l'azimut de l'astre, maintenant que nous avons trouvé la hauteur, nous allons considérer l'angle Z et les cotés du triangle pour établir la relation adéquate:

$$\cos PA = \cos PZ \times \cos ZA + \sin PZ \times \sin ZA \times \cos Z$$

qui devient de la même façon que plus haut :

$$\sin D = \sin L \times \sin H + \cos L \times \cos H \times \cos Z$$

d'où l'on tire :

$$\cos Z = \frac{\sin D - \sin L \times \sin H}{\cos L \times \cos H}$$

Avec cette deuxième relation on obtient l'azimut Z de l'astre, lorsque l'on connaît comme précédemment D et L , et H que l'on vient de calculer!

EXEMPLE : A Nantes, $L = 47^{\circ} 00'$ Nord le 18 mai 1991, à 10h00 TU (midi légal) l'angle horaire du Soleil est $329^{\circ}00'$ et sa déclinaison $19^{\circ}30'$ Nord.

Trouver : La hauteur et l'azimut du Soleil à 10h00 TU à Nantes le 18 mai 1991 .

Résultat : $L = 47$ $D = 19,5$ $AH = 329^{\circ}$ d'où $H = 52^{\circ}40',3$
et par suite, $Z = 126^{\circ},8$

Imaginons-nous au même endroit une heure plus tard, à 11h00 TU.

Le Soleil dans son mouvement diurne aura tourné de 15° et l'angle horaire sera devenu : $329^{\circ} + 15^{\circ} = 344^{\circ}$. Quelles seront : la nouvelle hauteur et le nouvel azimut du Soleil ?

Dans la formule on fait $AH = 344^{\circ}$ tout en gardant $L = 47^{\circ}$ N et $D = 19,5$ N.

On trouve : $H = 59^{\circ}33',2$ et $Z = 149^{\circ},1$

Revenons à 10h00 TU où $AH = 329^{\circ}$ et supposons que nous soyons à Aberdeen en Ecosse à une latitude $L = 57^{\circ}$ N. Trouver H et Z .

Dans la formule on laisse $D = 19,5$ N et $AH = 329^{\circ}$ mais on fait $L = 57$ N et on trouve : $H = 46^{\circ}03,3$ et $Z = 135^{\circ},6$

De la même façon, si le même jour à la même heure on se suppose dans le Sud de l'Espagne où la latitude est de 37° N, on trouvera :

$H = 57^{\circ}47',9$ et $Z = 114^{\circ},3$

Après avoir fait varier AH puis L , faisons varier D : Nous sommes le 26 mars à Nantes ($L = 47^{\circ}$ N), à la même heure où $AH = 329^{\circ}$, mais $D = 2^{\circ}$ N

On trouve : $H = 37^{\circ}34',2$ et $Z = 139^{\circ},5$

Le 11 juin à Nantes, même heure encore, où $AH = 329^{\circ}$, mais $D = 23^{\circ}$ N

On trouve cette fois :

$H = 55^{\circ}28',4$ et $Z = 123^{\circ},2$

Tout ceci mérite d'être médité, car l'on voit que lorsque l'un des éléments varie, hauteur et azimut varient.

REGLE DE SIGNE :

=====

Dans les calculs précédents, les latitudes et déclinaisons NORD = +
les latitudes et déclinaisons SUD = -

==> Exemple : $\sin 15^{\circ}36' \text{ N}$ taper 1 5 . 6 sin
 $\sin 15^{\circ}36' \text{ S}$ taper - 1 5 . 6 sin

Pour l'angle horaire, pas de problème en ce qui concerne le calcul de la hauteur; mais pour l'azimut :

Si $AH < 180^{\circ}$, l'astre est à l'OUEST et Azimut = $360^{\circ} - Z$

Si $AH > 180^{\circ}$, l'astre est à l'EST et Azimut = Z

Voici des exemples :

Reprenant l'exemple du Soleil plus haut : Nantes ($L = 47^\circ \text{ N}$), $AH = 329^\circ$ mais en hiver, le 12 décembre où sa déclinaison est de 23° Sud on effectuera le calcul en faisant : $L = 47$, $AH = 329$, mais cette fois on fera $D = -23$ et l'on obtiendra :

$$H = 14^\circ 36',9 \quad \text{et} \quad Z = 150^\circ,6$$

Comparez avec le 11 juin quand D était égal à 23° Nord ($+23$)

Quant à l'azimut, nous n'avons encore considéré jusqu'ici que le cas où le Soleil était dans l'EST, le matin avec un angle horaire $AH > 180^\circ$ et donc Azimut = Z

Nous replaçant à Nantes le 18 mai 1991 comme dans le premier exemple, non plus à 10h00 TU le matin, mais à 14h08 TU (16h08 heure légale d'été), le Soleil aura tourné pendant 4h08 depuis 10h00 TU, soit d'un angle de 62° ($15^\circ \times 4 = 60^\circ$ pour 4h00) + $((15^\circ/60) \times 8 = 2^\circ$ pour 8 minutes).

Son angle horaire sera devenu : $329^\circ + 62^\circ = 391^\circ$; mais comme chaque fois qu'il atteint 360° il attaque un nouveau circuit en partant de 0° ($360^\circ = 0^\circ$) le nouvel angle horaire sera donc de : $391 - 360 = 31^\circ$

On a vu : Si $AH < 180^\circ$, l'astre est à l'OUEST (ceci on s'en serait douté pour le Soleil puisque l'on est l'après-midi).

En opérant le même calcul que dans le premier exemple pour la recherche de l'azimut, mais avec un $AH = 31^\circ$ au lieu de 329° on obtient le même résultat pour Z , soit : $126^\circ,8$

Il y a donc ambiguïté sur Z , car 4h08 plus tard l'azimut a nécessairement changé.

La levée de l'ambiguïté se fait en considérant la valeur de AH par rapport à 180° :

$AH > 180^\circ \Rightarrow$ Astre dans l'EST et $AH < 180^\circ \Rightarrow$ Astre dans l'OUEST

Ceci est valable pour tous les astres.

Nous ferons alors : $AH < 180^\circ \Rightarrow$ Azimut = $360^\circ - Z$

soit ici : $360^\circ - 126^\circ,8 = 233^\circ,2$

Vous remarquerez que j'ai pris un exemple dans lequel le Soleil se trouve l'après-midi dans une situation symétrique de celle du matin par rapport au méridien.

EXERCICES :

Trouver Hauteurs et Azimuts à Nantes ($L=47^\circ \text{ Nord}$), le 18/5/91 ($D=19^\circ 30' \text{ Nord}$) pour les heures suivantes : (Heures TU)

10h00 où $AH = 329^\circ$ (déjà calculé plus haut)

11h00 où $AH = 344^\circ$ - -

12h00 où $AH = 359^\circ$ / 12h08 où $AH = 1^\circ$ / 13h08 où $AH = 16^\circ$ / 14h08 où $AH = 31^\circ$

Faire un graphique comme suit, et y placer approximativement les valeurs trouvées H et Azimuts pour les 6 instants considérés. Que remarquez-vous?

70°
60°!
50°!
40°!
30°!

120 150 180 210 240

CALCULER H et Z dans les cas suivants :

Latitude (L)	Déclinaison (D)	Angle Horaire (AH)
50° N	34° N	323°
45° S	10° N	24°
56° S	39° S	344°
20° N	13° S	53°
16° N	40° N	345°
22° S	52° S	33°
32°12' N	10°36' S	305°48'
43°15' N	20°45' N	49°30'
38°24' S	19°06' N	14°12'
45°14' N	15°08' N	15°22'
45°14' S	15°08' N	15°22'
21°12' S	38°15' S	332°18'
21°12' S	38°15' N	332°18'
47°12' N	24°29' N	34°12'
47°12' N	54°42' N	34°12'
47°12' N	54°42' N	325°48'

Attention aux signes (N+ et S-) des latitudes et des déclinaisons.

Remplacez-vous dans un environnement réel lorsque vous ferez chaque calcul: latitude et déclinaison de même nom mais déclinaison plus grande que latitude, ou bien mêmes déclinaison et angle horaire pour des latitudes symétriques au Nord et au Sud, etc... Ceci vous amènera à penser "dans l'espace".

Toutes les données vous sont fournies ici !!!

La prochaine étape consistera à apprendre à trouver par vous-mêmes ces données : latitude, déclinaison et angle horaire des différents astres du ciel en fonction de la date et de l'heure considérée.

CORRIGE DES EXERCICES DE LA

QUATRIEME LEÇON :

Hauteurs et azimuts à Nantes le 18/5/91 pour les heures suivantes :

10h00 : 52°40',3 & 126°8 -- 11h00 : 59°33',2 & 149°1
 12h00 : 62°29',2 & 177°9 -- 12h08 : 62°29',2 & 182°1
 13h08 : 59°33',2 & 210°9 -- 14h08 : 52°40',3 & 233°2

Lorsque l'on place sur un graphique les valeurs trouvées pour H & Z on a un aperçu du mouvement du soleil dans le ciel nantais le 18 mai aux alentours de midi vrai. (de 2h04m avant à 2h04m après)

Les valeurs des angles horaires étant symétriques par rapport à midi, on retrouve les mêmes hauteurs avant et après midi pour des angles horaires correspondants, de même que les azimuts font le même angle avec le Sud pour des AH correspondants.

Pour les 16 calculs suivants on obtient dans l'ordre :

(A 1/10ème de minute pour les hauteurs et 1/10ème de degré pour les azimuts)

Hauteur	Azimut
---------	--------

58°38',6	106°,4
30°53',3	332°,2
69°57',7	38°,6
28°17',9	242°,1
62°40',7	25°,5
50°42',5	212°,0

22°51',7	120°
43°14',6	257°,5
30°58',5	344°,4
57°13',7	208°,3
28°02',6	343°,2
60°42',4	131°,7
25°06',6	23°,7
54°38',2	242°,2
67°27',0	302°,2
67°27',0	57°,8

Une petite différence de 0,1 à 0,2 entre les résultats ci-dessus et les vôtres peut être due à une différence de calculatrices qui n'arrondissent pas toutes de la même façon.

CINQUIEME LEÇON

Dans les calculs précédents, les éléments "L", "D" et "AH" vous ont été fournis et vous avez trouvé "H" et "Z".

Dans la réalité, ce sera à vous qu'il appartiendra de déterminer ces éléments en fonction de votre position, de l'astre et de l'instant considérés. C'est maintenant que toutes les pièces de ce grand édifice que nous essayons de construire depuis la première leçon vont se mettre en place, et partant de renseignements recueillis par-ci par-là vous allez pouvoir effectuer un calcul astronomique complet !!!

Détermination de "L", la latitude :

Ceci vous savez le faire, il vous suffit de relever votre position sur une carte et de noter la latitude "L".

Par la même occasion vous noterez aussi votre longitude "G" qui va servir pour trouver l'angle horaire "AH".

Il va falloir déterminer la déclinaison "D" et "AH":

La déclinaison est une donnée astronomique et l'angle horaire une donnée "astronomico-géographique" (!!!) qui procède de l'astre et de votre position sur terre.

Je vous recommande de voir aux pages 15, 16, 16bis, 17 et 17bis du fascicule "Astronomie de Position"

Nous allons commencer par le Soleil, à tout seigneur, tout honneur, il a des tables pour lui tout seul.

Comme nous travaillons sur calculatrices nous allons utiliser des tables adaptées aux calculatrices et donc en données décimales.

Prenons au début du présent fascicule la table intitulée : TABLE PERMANENTE POUR LE SOLEIL

Cette table donne pour tous les jours de l'année la déclinaison du soleil à 0h00 TU (colonne Do) ainsi que son angle horaire à la même heure (colonne GH Ao)

Dans les colonnes "d" et "g" on trouve les variations horaires de la déclinaison Do et de GH Ao.

Pour tenir compte de la dérive annuelle du calendrier sur le soleil une correction "K" doit être apportée aux valeurs de la table afin de déterminer avec exactitude déclinaison et angle horaire. Cette correction figure dans le cartouche à gauche de la table principale. Elle ne va que jusqu'en 2000, mais j'ai mis à droite la relation qui permet de calculer "K" au-delà de cette date. Nous approfondirons cette relation au quatrième trimestre de l'an 2000 !!!

Au dessus de la table j'ai fait figurer les deux formules qui permettent de trouver d'une façon simple "D" et "GHA" c'est à dire la déclinaison

et l'angle horaire du soleil à une date et un instant considérés. (GHA = Greenwich Hour Angle qui veut dire : Angle Horaire de Greenwich)

Après toutes ces explications sur la table elle-même, voici comment trouver d'une façon simple les éléments D et AH.

Détermination de "D", la déclinaison :

$$D = D_0 + (UT + K) \times d \quad \text{====>} \quad UT = TU, \text{ c'est le Temps Universel !}$$

D_0 , K et d figurent dans la table et UT est l'heure GMT de l'observation.

* Quelle est la déclinaison du Soleil le 14 juin 1991 à 19h30 TU ?

- a) D_0 le 14 juin = 23.22
- b) d le 14 juin = 0.0022
- c) K pour 1991 = 1.50
- d) $UT = 19h30 = 19.50$ d'où

$$D = 23.22 + (19.5 + 1.5) \times 0.0022 = 23.22 + 0.0462 = 23.2662$$

Cette valeur 23.2662 sera utilisée dans tous nos calculs.

Exemple : Si l'on veut $\sin D$ on fera :

$$\sin D = \sin 23.2662 = 0.395003623$$

* Quelle est la déclinaison du Soleil le 27 octobre 1992 à 9h33m17s ?

- a) D_0 le 27 octobre = -12.51
- b) d le 27 octobre = - 0.0141
- c) K pour 1992 = 19.68 (nous sommes APRES le 29 février)
- d) $UT = 9h 33m 17s = 9.55472222....$ d'où

$$D = -12.51 + (9.554722 + 19.68) \times (- 0.0141) = -12.51 - 0.4122 = -12.9222 \text{ qui est la valeur de la déclinaison que nous utiliserons dans nos calculs: } \sin D = \sin (-12.9222) = - 0.223627946$$

Vous voyez que ceci est simple comme tout !!!

Détermination de "AH", l'angle horaire :

ATTENTION : La table va nous donner la valeur de l'angle horaire à Greenwich. Nous devons le corriger de notre longitude "G" en faisant :

$AH = GHA + G$ si nous sommes à l'EST, et

$AH = GHA - G$ si nous sommes à l'OUEST de Greenwich (le cas de NANTES)

Nous avons :

$$GHA = GHA_0 + (UT + K) \times g + (UT \times 15)$$

GHA_0 , K et g figurent dans la table, et comme plus haut, $UT = TU =$ Heure GMT de l'observation.

* Quel est l'angle horaire à Greenwich du soleil le 14 juin 1991 à 19h30 TU ?

- a) GHAo le 14 juin = 180.01
- b) g le 14 juin = - 0.0022
- c) k pour 1991 = 1.50
- d) UT = 19h 30m = 19.5

$GHA = 180.01 + (19.5 + 1.5) \times (-0.0022) + (19.5 \times 15)$
 $GHA = 180.01 - 0.0462 + 292.5$
 $GHA = 472.4638$ desquels on ote 360° pour obtenir :
 $GHA = 112.4638$

A Nantes la longitude moyenne "G" = $1^\circ 33'$ OUEST = 1.55 que l'ON RETIRERA de GHA pour avoir AH, l'angle horaire du soleil à Nantes.
d'où :

$$AH = 112.4638 - 1.55 = 110.9138$$

C'est la valeur que nous prendrons dans nos calculs.

$$\cos AH = \cos 110.9138 = - 0.356962997$$

Si l'on veut connaître la hauteur et l'azimut du soleil à Nantes le 14 juin 1991 à 19h 30m TU (21h30 heure d'été) nous effectuerons les calculs avec comme données :

$L = 47.20$ (Trouvé sur la carte)
 $D = 23.2662$ (Déterminé par la table du soleil)
 $AH = 110.9138$ (- - - -)
 et nous serons fiers de trouver :

$$H = 3^\circ 50' 5''$$

$$Z = 300^\circ, 7$$

Avec les renseignements précédents et la table du soleil (En début d'ouvrage) vous pouvez trouver la position du soleil dans le ciel local de n'importe quel endroit sur la Terre à n'importe quel moment.
 NOTA : une hauteur négative vous indique que le soleil est SOUS l'horizon.

CAS D'UNE ETOILE :

Les annexes A et B de mon fascicule "Astro de Position" permettent de trouver les angles horaires de 34 étoiles jusqu'en 2212, elles sont d'une utilisation facile, mais sont établies en degrés et minutes, c'est pour cela que nous étudierons plutôt une autre table en degrés décimaux plus conformes à une utilisation sur calculatrice. Elle traite les 81 étoiles principales (jusqu'à la magnitude 2,8) et se trouve en début d'ouvrage comme les tables solaires.

Les étoiles étant nombreuses, il n'est pas possible de dresser une table par étoile.

Mais comme elles sont pratiquement fixes dans le ciel les unes par rapport aux autres, on a dressé une table pour un point du ciel bien déterminé, on a répertorié les étoiles par rapport à ce point, ce qui fait que pour avoir l'angle horaire d'une étoile on cherche l'angle horaire du point de référence et on lui ajoute la distance qui le sépare de l'étoile.

Le point de référence s'appelle le point vernal, c'est l'endroit où se trouve le soleil au moment du printemps. (voir pages 18bis à 22bis du fascicule "Astro de Position")

L'angle horaire du point vernal s'appelle le "Temps sidéral" (TS), il est donné en degrés décimaux à 0h00 TU pour tous les jours de l'année dans la table "POINT VERNAL A 0h UT EN DEGRES DECIMAUX" située également en début d'ouvrage.

On le calcule de la façon suivante :

$$TS = \text{Valeur table} + \text{correction année} + (UT \times 15.041)$$

Exemple : Angle horaire du Point vernal le 14 juin 1991 à 21h 15m TU

$$a) \text{ Valeur table le 14 juin} = 262.20$$

$$b) \text{ Correction pour 1991} = -0.41$$

$$c) UT = 21h 15m = 21.25$$

d'où

$$TS = 262.20 - 0.41 + (21.25 \times 15.041) = 262.20 - 0.41 + 319.62125$$

$$TS = 581.41125 \text{ (desquels on ôte } 360^\circ \text{)}$$

$$TS = 221.41125$$

Cet angle horaire est l'angle horaire à Greenwich, il faut le corriger de notre longitude "G" de la même manière que nous l'avons fait pour le soleil.

Si nous sommes à Nantes avec "G" = 1.55 OUEST, nous aurons l'angle horaire du point vernal à Nantes le 14 juin 1991 à 21h15m TU
 $= 221.41125 - 1.55 = 219.86125$

Sur la table "ASCENSION VERSE ET DECLINAISON DES 81 PRINCIPALES ETOILES" en début d'ouvrage et déjà cité, comme son titre l'indique nous trouvons les Ascensions Verses et les Déclinaisons de 81 étoiles.

L'Ascension verse (AV) est la distance de l'étoile au point vernal, c'est la valeur qu'il faut AJOUTER à l'angle horaire du point vernal pour avoir l'angle horaire de l'étoile. Elle varie légèrement avec le temps et comme la table est établie pour 1981 il faudra corriger AV en fonction du nombre d'années qui nous sépare de 1981.

Par exemple : Trouver l'Ascension verse de DENEb en 1991 :

$$1991 - 1981 = 10 \text{ ans}$$

$$\text{Correction à AV} = 10 \times (-0.0085) = -0.085$$

$$AV = 49.79 - 0.085 = 49.705$$

Trouver l'angle horaire de DENEb à Nantes le 14 juin 1991 à 21h 15m TU :

TS à Nantes (déjà trouvé) = 219.86125
 Ascension Verse DENEb = 49.705

Angle Horaire Deneb AH = 269.56625

De même que l'on a trouvé l'Ascension verse de DENEb, on trouvera sa déclinaison dans la table des étoiles :

Valeur Déclinaison DENEb en 1981 = 45.21
 Corection 1991 - 1981 = + 0.037 (10 ans x 0.0037)

Déclinaison de DENEb D = 45.247

Nous pouvons maintenant calculer la hauteur et l'azimut de DENEb le 14 juin 1991 à 21h15m TU à Nantes :

L = 47.2
 D = 45.247
 AH = 269.56625
 et l'on obtient fièrement encore :
 H = 31°09'6
 Z = 55°,3

EXERCICES SUR LA CINQUIEME LEÇON :

Trouver la déclinaison (D) et l'angle horaire (AH) du Soleil aux dates et heures suivantes :

- 1) Le 15/6/91 à 12h39m (heure locale d'été) = 10h39m TU à Nantes (L=47°12' N , G=1°33' W)
- 2) Le 18/10/92 à 14h45m (locale) = 13h45m TU à Nantes (L & G ci-dessus)
- 3) Le 7/04/95 à 9h27m (locale) = 7h27m TU à Nantes
- 4) Le 20/06/91 à 20h51m (locale) = 18h51m TU à Nantes
- 5) Même jour , même heure à Angers : L=47°30' N , G=0°35' W
- 6) - - - - - à Strasbourg : L=48°35' N , G=7°45' E
- 7) - - - - - à Brest : L=48°24' N , G=4°30' W
- 8) Le 8/01/92 à 10h18m (locale) = 9h18m TU à Nantes

Trouver l'angle horaire du Point vernal (TS) :

- 9) Le 14/06/91 à 20h00m TU à Nantes
- 10) Le 8/02/92 à 03h12m TU à Nantes
- 11) Le 23/10/96 à 21h33m TU à Nantes
- 12) Le 18/07/93 à 0h45m TU à Nantes
- 13) Le 7/08/91 à 4h24m TU à Nantes
- 14) Le 5/02/92 à 21h00m TU à Nantes

15) Déterminer pour les étoiles suivantes : a) L'Ascension verse (AV) et b) la Déclinaison (D) en 1992, puis partant du résultat du N°14 ci-dessus (Le 5/2/92 à 21h00m) trouver l'angle horaire de chacune de ces étoiles à Nantes. (suite =====> page suivante!!!)

A l'aide de ces données que vous aurez trouvées (D et AH de chaque étoile, et la latitude L de Nantes), calculer : c) la hauteur (H) et d) l'azimut (Z) de chacune d'entre elles pour cette date et cette heure considérées.

Etoiles : Aldébaran , Bételgeuse , Capella , Pollux , Procyon ,
Rigel , Sirius

Donc : (par exemple)

Aldébaran : AV , D , AH , H , Z

16) Calculer la hauteur et l'azimut à Nantes, de l'étoile Antarès le 10

juillet 1991 à 22h00m TU (Minuit local)

17) Calculer la hauteur et l'azimut à Nantes, de l'étoile Fomalhaut le 30 septembre 1991 à 22h00m TU (23h00m loc.)

18) Calculer la hauteur et l'azimut à Pornic : $L=47^{\circ}07'N$ $G=2^{\circ}05'W$ de l'étoile Véga le 23 avril 1992 à 21h30m TU (23h30m loc.)

19) Calculer la hauteur et l'azimut à Rochefort sur Mer : $L=45^{\circ}56'N$ $G=0^{\circ}57'W$ de l'étoile Capella le 1er février 1992 à 20h35m TU (21h35m loc.) ==> Vous avez déjà calculé son AV et sa D pour 1992 dans l'exercice N°15, utilisez-les dans cet exercice !

20) Hauteur et azimut du Soleil à La Baule : $L=47^{\circ}17'N$ $G=2^{\circ}24'W$ le 15 août 1991 à 18h09m TU (20h09m loc.)

21) Hauteur et azimut du Soleil à Narvik (Norvège) : $L=68^{\circ}28'N$ $G=17^{\circ}26'E$ le 21 juin 1991 à 22h45m TU (23h45m loc) ==> c'est le Soleil de minuit moins le quart !!!

22) Calculer pour le 20 mars 1992 à 8h44m10s TU l'angle horaire à Nantes : a) du Soleil b) du Point vernal

Que constatez-vous ? Comment l'expliquez-vous ?

CORRIGES DES EXERCICES DE LA CINQUIEME LECON

N° exercice	D	AH	N° exerc.	D	AH
1	23,30187	338,12327	5	23,43814	101,799865
2	- 9,838136	28,430203	6	23,43814	110,133195
3	6,68229	289,61813	7	23,43814	97,883195
4	23,43814	100,833195	8	- 22,322112	316,348088

Vous remarquez que dans le cas du Soleil comme ici, les Angles horaires du matin sont compris entre 180° et 360° et ceux de l'après-midi entre 0° et 180°.

Dans les exercices 4,5,6 et 7 les déclinaisons trouvées sont les mêmes, cela parce que la date et l'heure de ces exercices sont les mêmes : la déclinaison est une donnée strictement astronomique (indépendante du lieu considéré).

Les angles horaires sont différents pour un même instant, ils diffèrent des écarts de longitude entre les différentes villes considérées : Nantes, Angers, Strasbourg et Brest. Plus la ville est Ouest et plus l'angle horaire sera faible "pour un même astre au même instant"

N°exerc.	T.S.	N° exerc.	T.S.
9	201,06	12	305,55075
10	183,9412	13	19,6504002
11	354,27355	14	88,721

15					
Etoile	AV	D	AH	H	Z
Aldébaran	291,1427	16,492	86,8637	55°11'2	214,9
Bételgeuse	271,3215	7,4022	0,0425	50°12'1	180,1
Capella	280,9765	45,991	9,6975	83°13'9	263,3
Pollux	243,8017	28,0425	332,5227	61°16'7	122
Procyon	245,2848	5,2403	334,0058	42°28'	143,7
Rigel	281,468	- 8,2068	10,189	33°51'4	192,2
Sirius	258,809	-16,7043	347,53	25°07'2	166,7

N°exerc.	TS	AV	D	AH	H	Z
16 Antarès	256,772	112,777	- 26,332	9,549	15°57'8	188,9
17 Fomalh.	337,592	15,712	- 29,667	353,304	12°53'7	174
18 Véga	172,58817	80,8265	38,781	253,41467	17°54'6	51,7
19 Capella	79,10387	280,9765	45,991	0,08037	89°55'1	316
20 Soleil			14,046515	88,7293	11°07'3	278,8
21 Soleil			23,4424	173,788245	2°01'3	354,4
22	AH Soleil = 307,63		AH Pt vernal = 307,63			

REMARQUES sur les exercices 9 à 22

15) Si vous avez un MINI CIEL mobile, vous pourrez le disposer pour le 5 février à 21h00 et voir si vos résultats (H et Z) collent avec l'aspect du MINI CIEL !!!

Vous pouvez faire de même pour 16,17,18 et 19.

16) & 17) Antarès, du Scorpion, est visible chez nous en été assez basse vers le Sud, hauteur maxi au passage méridien = $16^{\circ}28'$

De même pour Fomalhaut, du Poisson Austral qui culminera au maximum à 13° au passage méridien.

19) La latitude de Rochefort est $L=45^{\circ}56'N$ et la déclinaison de Capella est $D=45^{\circ}59'N$. Au passage méridien Capella passera à $3'$ seulement du zénith de Rochefort, cet angle est inappréciable à l'œil. Capella passera légèrement (à $3'$) au Nord de Rochefort puisque $D-L = + 3' (>0)$. Dans le cas présent, nous ne sommes qu'à 19 secondes de temps du passage au zénith, qui vient d'avoir lieu (puisque AH est entre 0° et 180°) et l'étoile est à $4'9$ du zénith seulement (inappréciable à l'œil) mais son azimut qui était de 360° au moment du passage (au Nord on l'a vu) est déjà de 316 . En 19 secondes de temps l'azimut a varié de $360 - 316 = 44^{\circ}$.

Les situations évoluent très vite aux alentours du passage zénithal: de heure passage - 19 sec. à heure passage + 19 sec., en 38 sec. l'azimut a changé de $44 \times 2 = 88^{\circ}$. Lorsque l'on observe un tel passage on a du mal à suivre l'étoile au sextant.

21) Dans 25 minutes le Soleil va passer au Nord de Narvik, au point le plus bas de sa trajectoire diurne, il sera à $1^{\circ}55'$ au-dessus de l'horizon : 4 diamètres environ (avec la réfraction astronomique il paraîtra légèrement plus haut!). L'azimut est encore $354,4$, le soleil doit tourner de $5^{\circ}6$ en azimut pour arriver au Nord et franchir le méridien inférieur. Nous verrons alors "le Soleil de minuit".

22) Les angles horaires du Soleil et du Point vernal sont égaux ce 20 mars 1992 à 8h 44m 10s. Cela veut dire que le Soleil et le Point vernal sont confondus, le Soleil se trouve au Point vernal! Ce qui confirme la théorie qui nous apprend que le printemps débute lorsque le Soleil passe au Point vernal (vernal = printanier, du latin "vernalis", de "ver" = printemps). Le printemps 1992 arriva le 20 mars vers 8h45m.

SIXIEME LECON

Voici quelques exercices pour vous entraîner.

Vous pourrez vous amuser à en créer de semblables afin de déterminer par vous même la position de telle ou telle étoile dans votre ciel local, cela où que vous soyez sur la Terre ! Vous êtes capables de le faire maintenant. De même pour le soleil !

Avant toute chose, quelques conseils :

==> Dans ce genre de calculs il ne doit pas y avoir de place pour la pagaille. Soyez ordonnés, ayez toujours la même façon de présenter vos calculs, sur un cahier, de préférence aux feuilles volantes, ainsi vous pourrez vous y retrouver si quelques semaines plus tard vous voulez revoir un ancien calcul particulier. N'ayez pas peur de prendre de la place sur vos feuilles, les opérations doivent être claires, aérées et non obscures et tassées. A chacun d'ordonner ses calculs et de suivre sa méthode, toujours la même. Je ne veux pas vous imposer de méthode particulière, car chacun a ses petites préférences. Mais une fois votre méthode au point, conservez-la et suivez-la strictement. Vous verrez qu'ainsi vous arriverez à un certain automatisme et les calculs seront plus agréables, plus faciles et plus rapides.

==> LES PIEGES :

Ils sont nombreux, et si dans un premier temps vous n'arrivez pas au résultat que je vous donne ce n'est pas grave; mais par la suite lorsque vous créerez vous-même vos propres problèmes, sur le terrain, si vous vous trompez, cela sera plus grave.

Si vous vous apercevez qu'un résultat ne "colle" pas, il faudra passer en revue tous les pièges possibles dans un ou plusieurs desquels vous risquez d'être tombé.

1) Avez vous pris les éléments à la bonne date?

2) N'avez vous pas confondu : Heure locale (été +2 ou hiver +1) avec Heure TU ?

3) Avez vous bien appliqué la correction de longitude, et dans le bon sens à l'angle horaire de Greenwich pour avoir l'angle horaire local ?

4) Attention pour les années bissextiles à la correction avant et après le 29 février; la première est généralement négative.

A cet effet, comme les tables n'indiquent aucune donnée pour le 29 février, voici comment on opère :

Pour le 28/2, prendre l'élément du 28 et la correction d'AVANT le 29.

Pour le 29/2, prendre l'élément du 28 et la correction d'APRES le 29.

Pour le 1 /3, prendre l'élément du 1/3 et la correction APRES le 29 etc...

5) Dans les tables du soleil, attention au sens des corrections "d" et "g" qui sont parfois (+) et parfois (-) ensemble ou alternativement !

De même ne pas oublier le signe de "D" s'il est négatif surtout !!!

6) Attention au sens des corrections dans la table du point vernal également.

7) Veiller au sens des variations de AV et de D ainsi qu'au signe de D chez les étoiles. Attention à la place de la virgule (le point ici) et au nombre de zéros après cette virgule.

Aussi élémentaire que cela puisse paraître, vous risquez de vous tromper à cause de choses aussi simples que celles là, surtout au début. Alors soyez attentifs, et bon courage !!!

EXERCICES : Nous restons à Nantes ($L=47.2$ N & $G=1.55$ W) pour tous ces exercices.

23) Le 18 février 1982 à 21h45m TU : AV, D, AH, H et Z de l'étoile ALGOL

24) Le 20 juillet 1991 à 22h15m TU (00h15m le 21/7, heure locale)

Vous calculerez le Temps Sidéral (TS) à Nantes.

Vous chercherez AV et D des 9 étoiles qui suivent,

Vous en déduirez l'Angle Horaire AH de chacune d'entre elle,

Puis avec ces éléments vous allez calculer la hauteur H et l'azimut Z de ces 9 étoiles.

Voici les 9 étoiles en question :

CAPELLA, DENEbola (Magnitude 2,2 pas très visible), L'EPI, ARCTURUS, ANTARES, VEGA, DENEb, ALTAIR, LA PERLE (Magnitude 2,3).

Certaines, telles Capella, Denebola et l'Epi sont à moins de 10° de hauteur, elles seront invisibles.

La Lune sera autour de son dernier quartier, elle brillera le matin avant le lever du soleil donc elle ne gênera pas l'observation.

25) De même que l'on a : $AH = TS + AV$, on peut écrire : $AV = AH - TS$ relation qui permet de trouver AV connaissant AH et TS.

Considérons le Soleil : Nous pouvons obtenir son AH par les Tables solaires en début d'ouvrage.

Nous savons également trouver TS par la Table du Point vernal, d'où l'Ascension Verse du Soleil (AV) en faisant : $AH - TS$.

Par exemple : le 16/10/1991 à 18h30m

AH soleil = 101,096 D soleil = - 8,896 TS = 302,2685

AV soleil = $(360 + 101,096) - 302,2685 = 158,8275$

L'Ascension Verse du Soleil le 16 octobre 1991 à 18h30m = 158,8275

Avec la Déclinaison (D) = - 8,896 nous avons les coordonnées célestes du Soleil à l'instant considéré et nous pouvons parfaitement le placer sur une carte du ciel. En opérant le calcul ci-dessus tout au long de l'année, on obtient la trajectoire annuelle du Soleil sur le fond des étoiles. Cette trajectoire est "l'écliptique".

Cherchons dans notre liste des 81 étoiles les plus visibles, si l'une d'entre elles ne possède pas des coordonnées voisines de celles du Soleil pour ce jour, à quelques degrés près.

En descendant dans la liste le long des AV décroissantes nous trouvons au N°54, SPICA (L'EPI), alpha Vierge, avec : AV = 158,95 (pour 1981) et D = - 11,06 (pour 1981). (On ne recherche pas une grande précision ici, c'est pour cela que l'on néglige la variation entre 1981 et 1991 qui n'est que 8' environ pour AV et de 3' pour D)

Le Soleil se trouve le 16/10/1991 à 19h30m TU, dans le ciel très près de l'Epi de la Vierge. (Qui est invisible naturellement!).

Vous inspirant du raisonnement et du modèle de calcul ci-dessus, vous allez chercher près de quelle étoile se trouve le Soleil le 24 août 1991 à 0h00 TU.

CORRIGES DES EXERCICES DE LA SIXIEME LECON

23) ALGOL, Nantes, 18/2/82 à 21h45 TU ?

TSg = 113.22175 ; AV = 313.2541 ; D = 40.8838 ; AHag = 66.476

H = 43°15'4 ; Z = 287°9

24) 20/7/1991 à 22h15m TU à Nantes :

TSg = 270.39225

Etoile	AV	D	AHag	H	Z
CAPELLA	280.995	45.99	191.389	3°43'7	007.8
DENEbola	182.853	14.62	93.245	8°30'7	282.4
L'EPI	158.818	-11.11	69.210	5°27'8	247.2
ARCTURUS	146.185	19.228	56.577	36°30'7	258.7
ANTARES	112.777	-26.332	23.169	13°33'2	201.3
VEGA	80.835	38.78	351.227	79°25'8	139.6
DENEB	49.705	45.247	320.097	62°37'5	79.1
ALTAIR	62.408	8.847	332.800	45°13'9	140.1
LA PERLE	126.047	26.746	36.439	54°55'0	247.4

25) Le 24/8/1991 à 0h00 TU : calculer TS puis AH du Soleil. En faisant AH - TS on obtient AV du soleil :

TS = 331.77 ; AH soleil = 179.35 + 1.50x0.0028 = 179.3542 ;

AV = AH - TS (comme AH > TS on ajoute 360° à AH qui devient : 539.3542)

AV = 539.3542 - 331.77 = 207.5842 .

On aura trouvé par ailleurs la déclinaison du Soleil : D = 11.3587

Prenant la liste des 81 étoiles cataloguées nous cherchons laquelle a une AV et une déclinaison proches des coordonnées célestes du soleil ce jour.

SOLEIL: AV = 207.58	(pour 1991) ETOILE : AV = 208.03
D = 11.36	D = 12.01

Il s'agit de l'étoile REGULUS (alpha Lion)

SEPTIEME LEÇON

LES PLANÈTES

CALCUL DES ELEMENTS ASTRONOMIQUES :

Elles ont un déplacement capricieux d'où leur nom : du grec "planêtês" = "errant" .

Aucune table simple ne peut en venir à bout comme pour le soleil et les étoiles.

Il faudra donc consulter des éphémérides (une table par planète), plus ou moins précises selon la fréquence des renseignements donnés.

A l'aide de ces éphémérides on opérera comme pour les étoiles en faisant :

$$AH = TS + AV$$

Avec "D" trouvé en regard de AV et la Latitude du lieu d'observation on obtiendra encore "H" et "Z".

Voir en début d'ouvrage les éphémérides de VENUS, MARS, JUPITER et SATURNE pour la période s'étendant de septembre/octobre 1991 à fin juillet 1992 (donc environ les 10 mois qui vont nous intéresser pour la résolution de la première partie de nos calculs!)

Les renseignements sont donnés de 10 jours en 10 jours, donc interpolations faciles.

Comment utiliser ces tables ?

(En partant de tables où sont fournis les renseignements en Ascension Droite exprimée en heures, minutes et secondes, j'ai calculé les Ascensions Verses correspondantes ainsi que les variations journalières des AV et des déclinaisons afin de vous rendre le travail plus facile).

Vous remarquerez qu'elles se présentent comme les tables des 81 étoiles que vous connaissez déjà.

Par planète il y a 4 colonnes :

- "AVo" qui est l'Ascension Verse à 0h00 le jour indiqué,
- "v" la variation journalière de AV au cours des 10 jours suivants,
- "Do" qui est la Déclinaison à 0h00 le jour indiqué, et
- "d" la variation journalière de D pour les 10 jours suivants.

Pour trouver AV et D d'une des planètes à un certain instant, nous devons considérer les jours et décimales de jours qui séparent cet instant de la date qui précède dans la table.

Par exemple : l'instant est le 22 octobre 1991 à 20h24m

====> Décimales de jour = heure divisée par 24, ici :
 20h24m = 20,4 et 20,4 divisé par 24 = 0,85

====> Date qui précède dans table = 18/10
 du 18/10 au 22/10 = 4 jours

====> D'où entre l'instant (22/10 à 20h24m) et la date qui précède dans la table (18/10 0h00m) il y a 4j 85

Appelons cette durée "J", nous avons donc : $J = 4,85$

En faisant : $J \times v$ et $J \times d$ nous avons la variation de l'Ascension Verse et de la Déclinaison de la planète choisie pour la durée considérée. Prenons le cas de VENUS par exemple :

Le 18/10/1991 : $AV_0 = 200.28$; $v = -0.888$; $D = 7.13$; $d = -0.237$

$4.85 \times (-0.888) = -4.307$ et $4.85 \times (-0.237) = -1.15$

on fait : $AV = AV_0 + J \times v$ -----> $AV = 200.28 + (-4.307) = 195.97$

et : $D = D_0 + J \times d$ -----> $D = 7.13 + (-1.15) = 5.98$

AUTRE EXEMPLE :

Calculer l'Ascension Verse et la Déclinaison de la planète JUPITER le 29 février 1992 à 21h36 TU.

Réponse :

====> Date de la table précédant cet instant = 20/2 à 0h00

====> Décimales de jour pour 21h36 = $21,6/24 = 0,9$

====> Nombre de jours entre le 20 et le 29 février = $29 - 20 = 9$ jours

====> Durée "J" à prendre en compte = 9,9 jours

Table JUPITER au 20/2/92 :

 $AV_0 : 197.15$; $v : 0.121$; $D_0 : 8.76$; $d : 0.051$

$J \times v = 9.9 \times 0.121 = 1.1979 = 1.20$

$J \times d = 9.9 \times 0.051 = 0.5049 = 0.50$

$AV = AV_0 + (J \times v) = 197.15 + 1.20 = 198.35$

$D = D_0 + (J \times d) = 8.76 + 0.50 = 9.26$

Avec ces éléments, en cherchant le Temps Sidéral (TS) à Greenwich pour cet instant (29/2 à 21h36m TU) on peut obtenir l'Angle Horaire (AH) de JUPITER à Greenwich. (N'oublions pas : $AH = TS + AV$)
 D'où en ajoutant la Longitude (- 1.55 à Nantes) on trouve l'Angle Horaire Local (AHsg).

Avec l'Angle Horaire Local, la Déclinaison (déjà trouvée en cherchant AV : $D = 9.26$) et la Latitude du lieu d'observation (47.2 à Nantes) vous savez trouver la Hauteur (H) de JUPITER, et son Azimut (Z).

$$TS = 157.73 + 0.34 + (21.6 \times 15.041) = 482.9556 \text{ (- 360)} = 122.9556 \text{ (à Greenwich)}$$

$$TSg \text{ (à Nantes)} = 122.9556 - 1.55 = 121.4056$$

$$AHag \text{ (AH Nantes)} = TS + AV = 121.4056 + 198.35 = 319.7556 = 319.76$$

Donc maintenant avec : Latitude "L" = 47.2
 Déclin. "D" = 9.26
 et Angle Horaire Local "AHag" = 319.76

il va vous être facile de trouver la Hauteur et l'Azimut de JUPITER à l'instant considéré.

$$\sin H = \sin L \times \sin D + \cos L \times \cos D \times \cos AH \quad \text{et}$$

$$\cos Z = \frac{\sin D - \sin L \times \sin H}{\cos L \times \cos H} \quad \text{avec AH} > \text{ou} < 180^\circ \text{ pour lever l'ambigüité rappelez-vous !}$$

$$\begin{aligned} \text{On trouve : } H &= 39.047 \text{ (39}^\circ 02'8\text{)} \\ Z &= 124.8 \end{aligned}$$

EXERCICES SUR LES PLANETES (1991/1992) :

26) Le 6/3/92 à 4h48m TU à NANTES (L: 47.2 N & 1.55 W)
 Calculer TSg, AV et AH puis D de VENUS et de MARS.

27) Le 19/10/91 à 5h24m TU à NANTES,
 calculer : AV, D, AH, H et Z de VENUS et JUPITER
 Que remarquez-vous ?

28) Le 1/3/92 à 19h12m TU à NANTES,
 calculer : AV, D, AH, H et Z de JUPITER

29) Le 26/3/92 à 21h36m TU à NANTES,
 calculer : AV, D, AH, H et Z de JUPITER

30) Le 22/4/92 à 3h00m TU à NANTES,
 calculer : AV, D, AH, H et Z de JUPITER et SATURNE

31) Le 11/11/91 à 6h00m TU à NANTES,
 calculer : AV, D, AH, H et Z de VENUS

HUITIEME LEÇON

LA LUNE

Comme pour les étoiles et les planètes le calcul des coordonnées horaires de la Lune se fait en deux étapes:

- 1) Calcul de l'angle horaire du Point Vernal (Temps Sidéral = T.S.)
- 2) Calcul de AV et D de la Lune.

On fait ensuite comme pour tous les astres ci-dessus : $AH = TS + AV$ d'où avec D et L on trouvera hauteur H et azimut Z dans le lieu et à l'instant considérés.

Alors que les étoiles ne bougent pratiquement pas dans le ciel, que les planètes se déplacent assez lentement ($<2''$ par jour), la Lune, elle, se meut rapidement dans le champ des étoiles ($390''$ par lunaison, $13''$ par jour, la valeur de son diamètre en une heure). C'est pour cette raison que les tables des étoiles sont établies pour une longue période (plusieurs dizaines d'années) avec infimes corrections annuelles, celles des planètes sont établies de 10 jours en 10 jours avec corrections journalières et celles de la Lune, de jour en jour avec corrections horaires.

Voici comment opérer :

Exemple : Calculer l'Angle Horaire AH, la Déclinaison D, la Hauteur H et l'azimut Z de la Lune à Nantes (L:47.2N ; G:1.55W) le 21 décembre 1991 à 22h12m UT.

Calcul de T.S. : $TS = 89.48 - 0.41 + 333.91 - 1.55 = 61.43$

Calcul de "J" : $J = 22h12m = 22.2$ ---> Ne pas oublier que "v" et "d" sont les variations horaires.

TABLE LUNE 21/12/91 à 0h: AV = 278.27 v = -0.687 D = 24.80 d = -0.056

Calcul de AV & D : $AV = 278.27 + (22.2 \times (-0.687)) = 263.02$

$D = 24.80 + (22.2 \times (-0.056)) = 23.56$

Calcul de AH : On obtient AH en faisant $TS + AV = 61.43 + 263.02$

$AH = 324.45$

Calcul de H & Z : $H = 53.13$

$Z = 117.3$

On voit que ce calcul n'est pas plus compliqué que celui des étoiles ni des planètes. (La complication est dans l'établissement des tables !)

* J'ai établi ces tables lunaires en partant d'un programme informatique qui intègre un grand nombre de paramètres du mouvement de la Lune. Il n'est pas d'une précision extrême, mais pour nos besoins il est bien suffisant. La comparaison avec des Ephémérides plus précises donne au maximum quelques minutes (') d'erreur (<5').

Attention au calcul de "J" qui est ici en heures et centièmes et non en jours décimaux comme pour les planètes ou en années comme pour les étoiles.

PHASES:

Lorsque l'on connaît les angles horaires de la Lune et du Soleil il est facile de trouver la valeur du secteur lunaire éclairé visible depuis la Terre, c'est à dire la "phase".

La partie éclairée visible depuis la Terre est égale à la différence des angles horaires du Soleil et de la Lune. Un peu de réflexion vous permettra de comprendre cela :

- Nouvelle Lune : Lune et Soleil alignés, angles horaires égaux d'où leur différence nulle et Lune non visible.
- Pleine Lune : Lune et Soleil opposés dans le ciel, différence des angles horaires = 180° , partie éclairée et visible de la Lune = 180° , un hémisphère entier, pleine Lune.
- On raisonnerait de même sur les quartiers où la différence des angles horaires est de 90° .

Lorsque l'on a obtenu les angles horaires de la Lune et du Soleil, on enlève le plus petit du plus grand et on a "l'angle de phase".

Pour savoir s'il s'agit d'une Lune croissante ou décroissante on raisonne ainsi : si l'angle horaire de la Lune est PLUS PETIT que celui du Soleil c'est une Lune croissante, s'il est PLUS GRAND, c'est une Lune décroissante.

Si l'on ne s'attache pas à une grande précision on peut ne calculer que l'angle horaire de la Lune et estimer celui du Soleil sachant qu'à Midi UT chez nous il est de $0^\circ/360^\circ$ et qu'il augmente de 15° par heure, donc : 13h = 15° , 14h = 30° , ... , 22h = 150° , 23h = 165° etc...

Par exemple: le 8/12/91 à 16h30m à NANTES AH Lune = 38° , AH approché du Soleil = $4h,5 \times 15^\circ =$ environ 68°

On fera: $68^\circ - 38^\circ = 30^\circ$

Phase de la Lune = 30° et comme AH Lune est plus petit que AH Soleil il s'agit d'une Lune croissante qui va vers son Premier Quartier.

Un bon calendrier des Postes vous aurait donné cela, mais il est plus exaltant de le trouver soi-même par le calcul !!! (voir problème N°143)

CORRIGES DES EXERCICES DE LASEPTIEME LEÇON

(Exercices sur les Planètes)

N°26 : 1) "VENUS" Tsg = 234.63 AV = 37.02 AH = 271.65 D = 15.35
 2) "MARS " Tsg = 234.63 AV = 44.16 AH = 278.79 D = -17.89

N°27 : 1) "VENUS" AV= 199.19 D= 6.84 AH= 305.83 H= 28.83 Z= 113.2
 2) "JUPIT" AV= 200.68 D= 9.65 AH= 307.32 H= 31.94 Z= 112.5
 Ces deux astres ont une hauteur voisine (3°) et sont dans le même azimut à 0°7 près. On les voit très proches dans le ciel.

N°28 : AV= 198.46 D= 9.30 AH= 284.75 H= 16.82 Z= 94.5

N°29 : AV= 201.26 D= 10.40 AH= 348.29 H= 51.89 Z= 161.1

N°30 : 1) JUP. AV= 202.89 D= 10.99 AH= 96.76 H= 3.52 Z= 282.4
 2) SAT. AV= 39.91 D= -16.34 AH= 293.78 H= 3.24 Z= 118.4

N°31 : AV= 177.58 D= 0.20 AH= 315.92 H= 29.38 Z= 127.0

EXERCICES sur tous les astres ! ! ! !

Pour NANTES : L= 47.2 Nord ; G= 1.55 Ouest

N°	Date	Heure UT	Astre	Eléments à calculer
32	1/12/91	12h39m	LUNE	AV, AH, D, H & Z
33	8/12/91	11h15m	LUNE	AV, AH, D, H & Z
34	25/12/91	1h00m	LUNE	AV, AH, D, H & Z
35	8/12/91	16h27m	LUNE	AV, AH, D, H & Z
36	12/03/92	10h35m43s	SOLEIL	AH, D, H & Z
37	17/07/96	16h30m	SOLEIL	AH, D, H & Z
38	19/01/92	3h07m12s	POLLUX	AV, AH, D, H & Z
39	5/05/92	20h24m	JUPITER	AV, AH, D, H & Z
40	29/05/92	8h24m	VENUS	AV, AH, D, H & Z

S.A.N.

CALCULS ASTRONOMIQUESSOLEIL

Le à ... h ... m ... s (UT) à

Latitude : L N/S, Longitude : G E/W

Calculer, AH, D, H, & Z du SOLEIL !

On désignera (UT + k) par "m"

UT : k : (UT + k) = m :

TABLE ---->	Do :	d :	AHo :	g :
	m x d :		m x g :	
	D :		UT x 15 :	
			G (E+/W-) :	
			AHvg :	

CALCUL DE LA HAUTEUR ET DE L'AZIMUT

L : D : AHvg :

H : Z :

$$\sin H = \sin L \times \sin D + \cos L \times \cos D \times \cos AH$$

$$\cos Z = \frac{\sin D - \sin L \times \sin H}{\cos L \times \cos H}$$

Si AH < 180°, astre à l'Ouest, et Azimut = 360° - Z
 Si AH > 180°, astre à l'Est, et Azimut = Z

S.A.N. CALCULS ASTRONOMIQUESETOILES, PLANETES, LUNE & autres objets célestes

Le . . . à . . . h . . . m . . . s (UT) à

Latitude : L = N/S, Longitude : G = E/W

Nom de l'astre :

Calculer : AV, AH, D puis Hauteur H et Azimut Z

TABLE POINT VERNAL

(Calcul de T.S.)

TABLES EPHEMERIDES

(Calcul de AV & D)

TS à 0h00 :

ETOILES = Variation annuelle à
partir de 1981

Correction d'année :

PLANETES = Variation journalière
de 10 j. en 10 jours.

UT x 15,041 :

G (E+/W-) :

LUNE = Variation horaire de jour
en jour.

Tsg :

On désignera par "J" l'intervalle de temps séparant la date précédente figurant sur la table, de la date
et de l'heure de l'observation !

J =

CALCUL DE AV, AH & D

AVo :

v :

Do :

d :

J x v : -----

J x d : -----

AV :

D :

Tsg :

AHag :

CALCUL DE LA HAUTEUR ET DE L'AZIMUT

L :

D :

AHag :

H :

Z :

NEUVIEME LEÇON

Après avoir appris à trouver les différents éléments astronomiques du Soleil, des étoiles, des planètes et de la Lune, ainsi que leurs coordonnées horizontales H et Z à tout moment et en tout lieu, nous allons commencer à examiner maintenant les situations particulières et remarquables de leurs mouvements diurnes apparents.

Ces situations particulières sont :

- 1) le passage méridien,
- 2) le lever,
- 3) le coucher.

Nous considérerons successivement ces situations pour :

- a) le Soleil,
- b) les étoiles,
- c) les planètes,
- d) la Lune.

Lors du passage d'un astre au méridien, par définition son angle horaire est nul, donc :

$$AH = 0$$

Lors du lever comme du coucher, c'est la hauteur qui est nulle, donc :

$$H = 0$$

En reprenant les diverses relations trigonométriques que nous connaissons et en faisant $AH = 0$ puis $H = 0$ nous simplifions ces relations puisque :

$$\sin 0 = 0 \quad \text{et} \quad \cos 0 = 1$$

Nous verrons cela plus loin.

1 - a * LE SOLEIL :

Pour trouver l'heure du passage du Soleil au méridien, en utilisant nos tables "permanentes", nous prendrons celles du Soleil et nous ferons:

$$\text{Heure passage méridien du Soleil} = \frac{360 - GHA_0 - K_g}{15 + g}$$

le résultat, en heures et décimales, est donné pour le méridien de Greenwich en heures UT, il faudra corriger de la Longitude G (+W/-E) et de la différence d'heure (+ 1 h, hiver et + 2 h, été).

Exemple : Le 2 décembre 1991, heure pass. mérid. du Soleil à Nantes ?

$$GHA_0 = 182,74 \quad K = 1,5 \quad g = -0,004 \quad Kg = -0,006 \quad (15 + g) = 14,996$$

$$\text{Heure UT pass.mér.Greenwich} = (360 - 182,74 + 0,006) / 14,996 = 11 \text{ h } 820$$

Correction de Longitude pour Nantes et d'heure pour la France hivernale:

Heure UT Greenwich	=	11h 820	----->	11h 49m 15s
Longitude Nantes	=	1° 33' W	----->	+ 0h 6m 12s
Corr.UT/Hre hiver	=	+ 1h	----->	+ 1h

$$\text{Hre pass. Soleil au méridien de Nantes } 12\text{h } 55\text{m } 27\text{s}$$

Résultat : Le 2 décembre 1991 le Soleil est passé au méridien de Nantes à 12h 55m 27s, heure légale d'hiver.

Ce résultat est utile pour un nombre de choses que nous verrons par la suite, mais on peut s'en servir déjà pour matérialiser la direction méridienne afin de s'orienter, d'orienter une girouette ou un cadran solaire, puisque ce 2/12/91 à 12h 55m 27s il était MIDI AU SOLEIL.

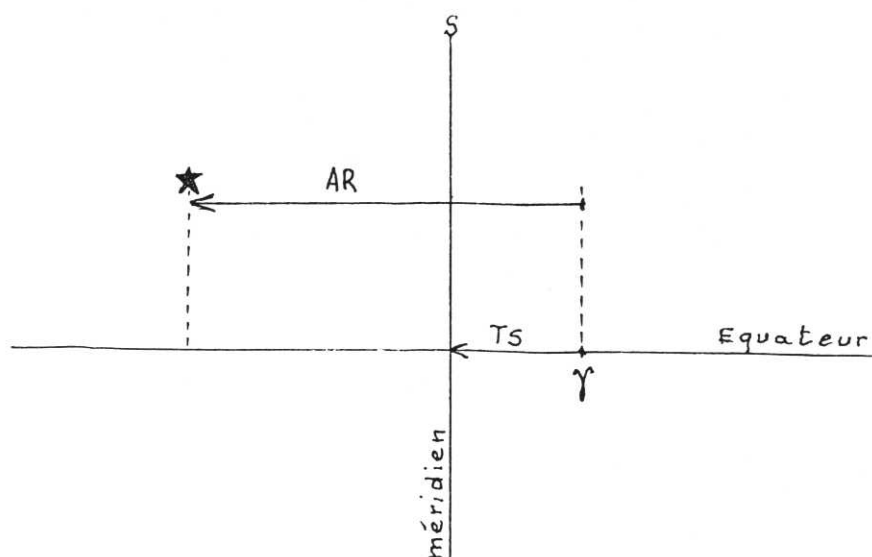
1 - b * LES ETOILES :

Comme il a été dit plus haut, au moment du passage au méridien d'un astre quelconque son angle horaire est égal à zéro :

$$\begin{aligned} \text{AH} &= 0 \\ \text{Donc comme : } \text{AH} &= \text{TS} + \text{AV}, \\ \text{on a : } \text{TS} + \text{AV} &= 0 \\ \text{et : } \text{TS} &= - \text{AV} \\ \text{ou encore : } \text{TS} &= 360 - \text{AV} \end{aligned}$$

NOTA : $360 - \text{AV}$ n'est autre que l'ascension droite AR de l'étoile.

Donc lorsque $\text{TS} = \text{AR}$ l'étoile passe au méridien :



Pour trouver l'heure du passage méridien d'une étoile :

- 1) Chercher son AV pour l'année considérée,
- 2) Faire : $360^\circ - AV$ (on trouve AR = Ascension Droite),
- 3) Chercher pour le jour considéré, à quelle heure $TS = (360 - AV)$

* Pour cela il faut prendre dans la Table du Point Vernal :

TS + correction pour l'année, le mois et le jour choisis à 0 heure

* Corriger de la Longitude (W-/E+)

* Puis faire : $(360 - AV) - TS = t$,

ce "t" est le temps en degrés
qui sépare 0 heure du passage méridien de l'étoile.

Sachant que les étoiles (comme le Point Vernal) se déplacent de $15'',041$
par heure de temps moyen, en faisant :

$$t/15,041$$

on aura l'heure UT du passage méridien de l'étoile au point de
longitude "G".

Exemple :

Calculer l'heure du passage méridien de REGULUS (alpha Lion, N° 41) à
Nantes le 10 janvier 1992.

REGULUS :	AV 1981 : 208.16	$v : - 0.0133$
	correction 11 ans : - 0.15	

	AV 1992 : 208.01	
	360 - AV : 151.99	
TS : 109.43		
corr. : - 0.65		
G : - 1.55		

TSg : 107.23	-----> - TSg : -107.23	

	t = 44.76	

d'où :

Heure pass. mérid. = $44.76/15.041 = 2h,9757$ ou 2h 58m 33s UT le 10/1/92

Autre exemple :

Heure passage méridien de SIRIUS (alpha Grand Chien, N° 27) à Nantes le 20 février 1992.

SIRIUS :	AV 1981	: 258.93	v :	- 0.011
	11 ans	: - 0.12		

	AV 1992	: 258.81		
		360 - AV	: 101.19	
		+360 pour soustraction	: 401.19	
TS :	149.84			
corr.92 :	- 0.65			
G :	- 1.55			

TSg :	147.64	----->	- TSg	: -147.64

			t	: 313.55

d'où :

Heure pass. mérid. : $313.55/15.041 = 20h,8464 = 20h\ 50m\ 47s$ UT le 20 février 1992.

*** Quand $(360 - AV) > TS$, l'étoile passera au méridien dans la matinée, et quand $(360 - AV) < TS$ (et qu'il faut donc lui ajouter 360° pour effectuer la soustraction), l'étoile passera au méridien dans la soirée.

Donc faire attention aux dates J et J + 1 si l'on veut faire des prévisions pour une certaine nuit, du soir au matin.

TYPE DE CALCULHEURE PASSAGE MERIDIEN DU SOLEIL

Le à L

G Calculer l'heure du passage du
SOLEIL au méridien du lieu.

$$\text{Heure passage} = \frac{360^\circ - \text{GHAo} - K_g}{15 + g}$$

(voir Table permanente pour le Soleil)

GHAo = g = K =

K x g = 15 + g =

3 6 0 °

- GHAo :

- Kg :

360° - GHAo - Kg =

divisé par 15 + g :

Hre décim.pass.Greenwi =

G (W+/E-) :

U.T. passage local :

Pour l'heure locale ajouter l'heure du fuseau (à Nantes :
été + 2 h, hiver + 1 h)

HAUTEUR MERIDIENNE

$$H = (90^\circ - L) + D$$

L :

90° - L :

D :

Hauteur méridienne =

TYPE DE CALCULPASSAGE ETOILE AU MERIDIEN SUPERIEUR

Le à L

G Calculer l'heure du passage de
l'étoile (ou de l'objet céleste) au
méridien supérieur du lieu.

TS :	AV :
corr. année :	360 - AV :
G (W-/E+) :	(+360 éventuelmt) :
TSg :	-----> - TSg : -
	t :

Heure passage méridien supér. = $t/15.041$:

Heure passage de au méridien supérieur du
lieu =h.....m.....s

HAUTEUR PASSAGE ETOILE

$$H = (90^\circ - L) + D$$

$$L = \dots\dots\dots$$

$$90^\circ - L = \dots\dots\dots$$

$$D = \dots\dots\dots$$

Hauteur pass. mérid. =

CORRIGES DES EXERCICES 32 à 40

N°	Date	U.T.	Astre	AV	AH	D	H	Z
32	1/12/91	1239	LUNE	168.36	66.43	-10.60	7.59	245.4
33	8/12/91	1115	LUNE	77.93	321.74	-22.72	12.05	144.3
34	25/12/91	0100	LUNE	215.79	322.29	10.41	41.40	126.7
35	8/12/91	1627	LUNE	75.18	37.30	-22.26	12.84	215.1
36	12/03/92	103543	SOLEIL		334.95	-3.13	35.07	148.9
37	17/07/96	1630	SOLEIL		64.41	21.07	32.52	266.5
38	19/01/92	030712	POLLUX	243.80	47.82	28.04	48.38	260.0
39	5/05/92	2024	JUPITER	202.97	11.38	10.98	52.53	198.6
40	29/05/92	0824	VENUS	297.84	309.40	20.49	41.36	105.3

EXERCICES SUR LA NEUVIEME LECON

N°	Date	Hre U.T.	Astre			
41	23/10/94	09h45m	SOLEIL	NANTES	Trouver	AH, D, H et Z
42	25/12/93	11h45M	SOLEIL	NANTES	Trouver	AH, D, H et Z
43	8/11/91	22h48m	SATURNE	NANTES	Trouver	AV, AH, D, H et Z
44	13/12/91	10h15m	LUNE	BREST (L:48.4 N, G:4.5 W)	Trouver	AV, AH, D, H et Z
45	11/12/91	14h30m	LUNE	ANGERS (L:47.5 N, G:0.55 W)	Trouver	AV, AH, D, H et Z
46	8/01/92	21h00m	BETELGEUSE	NANTES	Trouver	AV, AH et D
47	5/01/92	21h33m	NEBULEUSE du CRABE (M1, NGC 1952)			
			AV: 276.38 & D: 22.02	NANTES	Trouver	AH, H et Z
48	20/07/92		SOLEIL	NANTES	Calculer heure U.T. du	Passage au méridien
49	3/11/92		SOLEIL	NANTES	Calculer heure U.T. du	Passage au méridien
50	20/12/91		RIGEL	NANTES	Calculer heure U.T. du	Passage au méridien

DIXIEME LEÇON

1 - c * LES PLANETES :

On va traiter les planètes comme les étoiles en faisant : $AH = 0$

puis : $TS + AV = 0$ et $TS = (360 - AV)$

On recherchera donc à quelle heure $TS = (360 - AV)$

*** Mais attention, car les planètes se déplacent dans le ciel, et entre 0 heure pour laquelle on aura calculé la valeur de AV , et l'instant de la méridienne de la planète, celle-ci se sera déplacée dans le ciel, il faudra tenir compte de ce déplacement.

Voici comment opérer :

- 1) Faire le calcul comme pour une étoile en prenant pour AV celle de 0 heure le jour choisi. On trouve " t " que l'on divise par 15,041 etc... et l'on obtient l'heure approchée du passage méridien.
- 2) Convertir cette heure approchée en fraction de jour en la divisant par 24h
- 3) Multiplier la fraction de jour trouvée, par " v " trouvé dans la table de la planète, on obtient alors " dt " qui est la variation de AV entre 0h et l'heure approximative de la méridienne.
- 4) Diviser " dt " par 15,041 et l'on aura la correction à apporter à l'heure approchée pour avoir l'heure exacte de la méridienne.

*** Si " v " et donc " dt " est négatif, la correction s'ajoutera à l'heure approchée,
si " v " et donc " dt " est positif, on retranchera la correction de l'heure approchée.

Exemple :

Calculer l'heure du passage méridien de VENUS le 15/2/92 à Greenwich.

VENUS 10/2/92 à 0h AV_0 : 69.18 v : - 1.306
variation pour 5 j. (10/2-15/2) : - 6.53

AV à 0h le 15 :	62.65	TS :	144.91
		corr.92 :	- 0.65
360 - AV :	297.35	G :	0
		- 144.26 <-----	TSg : 144.26
	t :		153.09

Heure approchée pass.mér. VENUS : $153.09/15.041 = 10h,17818$

Fraction de Jour = $10h,17818/24 = 0,424$

Variation de AV pour 0j 424: $dt = 0.424 \times (- 1.306) = - 0.55$

Comme "dt" est négatif, la correction à l'heure approchée devra être ajoutée à celle-ci pour avoir l'heure exacte du passage.

Correction à l'heure approchée : $- 0.55/15.041 = 0.03657$

Heure UT passage méridien VENUS = $10h,17818 + 0h,03657 = 10h,21475$

= 10h 12m 53s
=====

Autre exemple :

Calculer l'heure du passage méridien de JUPITER le 6/1/1992 à Greenwich.

JUPITER	1/1/92 à 0h	AVo : 193.70	v : + 0.017
	variation pour 5 j.(1/1 - 6/1)	: + 0.09	

	AV :	193.79	TS : 105.49
			1992 : - 0.65
			G : 0
	360 - AV :	166.21	

		- 104.84	<----- TSg : 104.84

	t :	61.37	
	t/15.041 :	4h,08018	
	4h,08018/24 :	0j,1700	
	0j,17 x 0.017 :	0h,00289	(à retrancher de 4h,08018)

d'où :

Heure passage méridien de JUPITER à Greenwich le 6/1/92 = 4,07729

4h 4m 38s
=====

On remarquera que VENUS et MARS qui sont des planètes proches de la TERRE, ont en général des variations d'Ascension Verse journalières plus élevées que celles de JUPITER et SATURNE. VENUS et MARS font partie des "Planètes rapides" alors que JUPITER et SATURNE font partie des "Planètes lentes". Si l'on se contente d'une approximation de l'ordre de la minute de temps, pour les planètes lentes il sera inutile de faire la correction de "dt".

CORRIGES DES EXERCICES 41 à 50

N°	Date	U.T.	ASTRE	AV	AH	D	H	Z
41	23/10/94	09h45	SOLEIL		328.61	-11.38	25.076	145.7
42	25/12/93	11h45	SOLEIL		354.67	-23.39	19.246	174.8
43	8/11/91	22h48	SATURNE	56.43	84.49	-20.43	11.244	252.0
44	13/12/91	10h15	LUNE	24.47	255.32	- 3.56	-12.38	(couchée)
45	11/12/91	14h30	LUNE	40.47	337.22	-12.22	26.92	154.9
46	8/1/92	21h00	BETELGEUSE	271.32	332.44	7.40	43.775	140.5
47	5/1/92	21h33	Nébul.CRABE	276.38	342.81	22.02	61.26	145.3
48	20/7/92	Heure pass.méridien	SOLEIL	UT 12h12m32s (14h12m32s Locales)				
49	3/11/92	Heure pass.méridien	SOLEIL	UT 11h49m44s (12h49m44s Locales)				
50	20/12/91	Heure pass.méridien	RIGEL	UT 23h24m07s 0h24m07s Loc.21/12				

EXERCICES SUR LA DIXIEME LECON

N°	Date	Hre UT	ASTRE	LIEU	Calculer :
51	22/05/93	17h39	SOLEIL	NANTES	AH, D, H, Z
52	15/01/92	18h00	ALDEBARAN	NANTES	AV, AH, D, H, Z
53	27/05/92	17h31m12s	JUPITER	NANTES	AV, AH, D, H, Z
54	15/01/92	20h42	LUNE	NANTES	AV, AH, D, H, Z
55	20/12/91		BETELGEUSE	NANTES	Hre passage méridien sup.
56	22/12/91		BETELGEUSE	NANTES	Hre passage méridien sup.
57	23/12/91		BETELGEUSE	NANTES	Hre passage méridien sup.
58	3/03/92		JUPITER	SAUMUR	Hre passage méridien (47°25'N 0°10'W)
59	29/01/92		SATURNE	NANTES	Hre passage méridien et comparer avec celle du SOLEIL pour le même jour.
60	13/02/92		JUPITER	NEW YORK	Hre passage méridien (UT) (40°40'N 73°50'W)

TYPE DE CALCULHEURE PASSAGE MERIDIEN PLANETE

Le à L

G Calculer l'heure du passage
méridien de

AV Table : v :

correction jour : -----

TS : AV à 0 h :

corr. année : 360 - AV :

G (W-/E+) : (+360 éventlmt) : -----

TSg : -----> - TSg : -

t :

t/15.041 : = H(1)

H(1) / 24 : 0 j..... = J

J x v = dt :

dt/15.041 :

+ H(1) : -----

Hre passage :

Heure passage méridien de à =

REMARQUES :

TYPE DE CALCULHEURE PASSAGE MERIDIEN DE LA LUNE

Le à L

G Calculer l'heure du passage
méridien de la LUNE.

TS :	AV :	v :
corr. année :	360 - AV :	
G (W-/E+) :	(+360 éventlmt) :	
TSg :	-----> - TSG :	-----
	t°(1) :	
	t°(1)/15.041 :	= H(1)
	v : x	-----
t°(2)/15.041 :	<----- t°(2) :	
H(1) : +	-----	
H(2) :		
v : x	-----	
t°(3) :	t°(3)/15.041 :	
	H(1) : +	-----
	H(3) :	

Heure passage méridien LUNE <H(3)> :

REMARQUES :

ONZIEME LEÇON1 - d * LA LUNE :

On calculera le passage méridien de la Lune comme nous avons appris à le faire pour les étoiles (1 - b) et les planètes (1 - c) en faisant toujours : $AH = 0$

On recherchera encore à quelle heure $TS = (360^\circ - AV)$

Comme pour les planètes nous opérerons par approximations successives; mais comme la Lune se déplace dans le ciel bien plus vite que les planètes, au lieu de deux calculs d'approximation il faudra en faire trois.

On opérera comme suit :

- 1) Faire le calcul comme pour une étoile ou une planète en prenant AV à 0 heure le jour choisi. On trouve "t" en degrés que l'on divise par 15.041 pour obtenir l'heure approchée du passage méridien : H(1).
- 2) Multiplier cette heure approchée (Hre décimale) par "v" variation horaire trouvée dans la Table Lunaire, on obtient alors "dt(1)", variation de AV en degrés entre 0 heure et l'heure approchée H(1).
- 3) Diviser "dt(1)" par 15.041. On obtient dt(1) en heures décimales que l'on ajoutera à H(1) pour avoir H(2) heure plus proche du passage méridien de la Lune que H(1).
- 4) Refaire une autre approximation en multipliant H(2) par "v"; on trouve alors "dt(2)" en degrés que l'on va encore diviser par 15.041 pour avoir des heures.
- 5) Dernière opération : Ajouter ces heures dt(2) trouvées en 4) à H(1) trouvé en 1) et l'on aura l'heure exacte du passage méridien de la Lune.

*** Dans le cas de la Lune, "v" étant toujours négatif, on ajoutera toujours "dt" à H(1).

Le résultat sera obtenu à quelques secondes près. Cela nous suffit !

Exemple : Calculer l'heure U.T. du passage méridien de la Lune à Greenwich le 10 janvier 1992 :

TS = 109.43	AV = 17.02	v = - 0.458
Correction 92 = -0.65	360° - AV = 342.98	
G = 0		
TSg = 108.78		
		-----> -108.78
		t° = 234.20
		t°/15.041 = 15.57077 = H(1)
		x v = x 0.458
dt(1)/15.041 = 0.47413		dt(1) = 7.1314
+ H(1) = 15.57077		
H(2) = 16.04490		
x v = x 0.458		
dt(2) = 7.3486		-----> dt(2)/15.041 = 0.48857
		+ H(1) = 15.57077
		Heure passage = 16.05934
		soit = 16 h 03 m 34 s

CORRIGES DES EXERCICES 51 à 60

N°	AV	AH	D	H	Z
51		84.05	20.49 N	18.833	280.0
52	291.16	3.69	16.49 N	59.14	186.9
53	202.03	348.80	10.54 N	52.136	161.9
54	303.69	7.20	23.26 N	65.374	196.0

HEURES PASSAGES MERIDIENS

55	0h 08m 32s UT	1e 20/12/91	
56	0h 00m 41s UT	1e 22/12/91	
	23h 56m 44s5 UT	1e même jour	
57	23h 52m 48s UT	1e 23/12/91	
58	0h 01m 55s UT	1e 3/03/92	
59	12h 21m 21s UT	1e 29/01/92	(Passage Soleil même jour à :
	12h 19m 15s UT		
60	6h 19m 34s UT	1e 13/02/92	

EXERCICES DE LA ONZIEME LECON

Calculer les heures de passages méridiens des astres suivants aux dates ci-dessous pour les lieux indiqués :

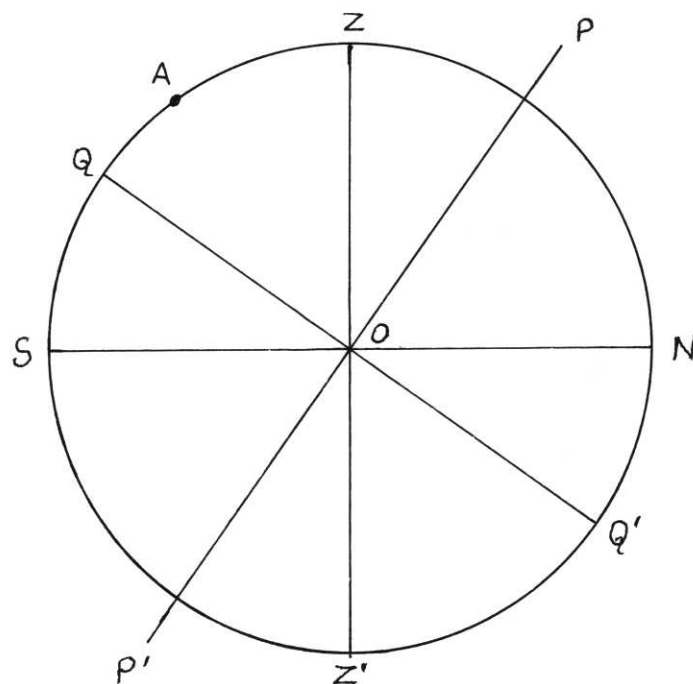
61	JUPITER	23/03/92	NANTES
62	MARS	17/02/92	NANTES
63	VENUS	25/04/92	NANTES
64	SATURNE	14/07/92	NANTES
65	JUPITER	4/05/92	St NAZAIRE (47.3 N ; 2.2 W)
66	LUNE	18/01/92	NANTES
67	LUNE	19/01/92	NANTES
68	LUNE	20/12/91	PARIS (48.83 N ; 2.34 E)
69	LUNE	23/01/92	GREENWICH
70	LUNE	15/01/92	NANTES

DOUZIEME LEÇON

CONSEQUENCES DU PASSAGE D'UN ASTRE AU MERIDIEN

Lors du passage au méridien, le triangle de position PZA se réduit à un seul arc puisque l'angle horaire = 0 (l'angle horaire est l'angle en P sur la figure).

L'astre A étant dans le plan du méridien, nous prendrons ce plan comme plan de figure.



Nous situant dans l'hémisphère Nord nous avons :

- O = Position de l'observateur,
- P = Pôle Nord céleste,
- P' = Pôle Sud céleste,
- PP' = Axe du monde, ligne des pôles,
- Z = Zénith,
- ZO = Verticale du lieu,
- SN = Horizon Nord/Sud du lieu,
- QQ' = Equateur céleste,

La déclinaison de l'astre A est $QA = D$

La latitude du lieu est $ZQ = L$

La hauteur de l'astre A au-dessus de l'horizon est $SA = H$

On ne raisonnera pas sur SA la hauteur, mais sur ZA que l'on appelle la "Distance zénithale" et qui vaut $90^\circ - SA$ (ou $90^\circ - H$) et que l'on désigne par N.

Dans ces conditions, on voit sur la figure que : $QZ = QA + AZ$
 ou encore : $L = D + N$
 D'où, en observant la hauteur H d'un astre connu de déclinaison D à son passage méridien, en faisant :

$$N = 90^\circ - H$$

puis $L = D + (90^\circ - H)$, on obtient la latitude L du lieu.

EXEMPLE :

Le 25/5/92 au passage méridien du Soleil, $D = 21^\circ 00' N$, on observe une hauteur $H = 63^\circ 5'$. Quelle est la latitude du lieu d'observation ?

$$\text{====> On a : } L = 21 + (90 - 63,5) = 21 + 26,5 = 47^\circ 5'$$

De même, connaissant sa latitude, on peut connaître la hauteur méridienne de tous les astres :

$$N = L - D$$

$$90 - H = L - D$$

$$H = 90 - L + D = (90 - L) + D$$

$$\text{ici à Nantes, } (90 - L) = 90 - 47,3 = 42,8$$

$$\text{on a donc : } \text{=====}> H = 42,8 + D$$

EXEMPLE :

Le 11 avril 1992, $D = 8^\circ 5' N$, quelle sera la hauteur méridienne du Soleil à Nantes ?

$$\text{====> On fait : } H = 42,8 + D = 42,8 + 8,5 = 51^\circ 3'$$

Ceci est valable pour tous les astres, en tous les lieux, avec les seules restrictions de signes suivantes :

*** TOUT ce qui EST NORD est + (plus)
 *** TOUT ce qui est SUD est - (moins)

*** N, la distance zénithale $(90 - H)$ a le signe du POLE AUQUEL ON TOURNE LE DOS en observant l'astre.

Ceci est une précision "de terrain" que l'observateur constate en opérant.

Dans nos exercices cette précision sera donnée dans l'énoncé, ou alors inversement elle sera à trouver.

EXEMPLE :

1) $D = 12^\circ$ Sud, $H = 33^\circ$ face au Nord. Trouver L :

$$N = 90 - 33 = 57 \text{ (moins, car on tourne le dos au Sud)}$$

$$L = -57 + (-12) = -69^\circ = 69^\circ \text{ Sud}$$

2) $D = 60^\circ$ Nord, $H = 70^\circ$, face au Nord. Trouver L :

$$L = -20 + 60 = +40 = 40^\circ \text{ Nord}$$

3) Hauteur méridienne du Soleil à Nantes le 21 juin 92 où $D = 23^\circ 26' 4''$ N :

$$H = (90 - L) + D = +42,8 + 23,45 = 66,25 \quad (66^\circ 15')$$

Le jour de l'été le Soleil culmine à $66^\circ 15'$ de hauteur au-dessus de Nantes.

4) Hauteur du passage à Nantes de ANTARES, $D = 26,4$ Sud ?

$$H = +42,8 - 26,4 = 16,4 \quad (16^\circ 24') \quad (\text{C'est assez faible !})$$

5) Hauteur du passage à Nantes de DENEK, $D = 45,25$ N ?

$$H = +42,8 + 45,25 = 88,05 \quad (\text{C'est très haut, presque au Zénith !})$$

6) Hauteur passage à Nantes de DUBHE, $D = 61,8$ N ?

$$H = 42,8 + 61,8 = 104,6$$

C'est plus fort que le Zénith qui est à 90° . On a donc :

$N = 90 - H = 90 - 104,6 = -14,5$ qui est négatif, on tourne donc le dos au Sud et la hauteur sera telle que :

$$H = 180 - 104,6 = 75,4 \quad \text{ou bien} \quad H = 90 - |N| = 90 - |14,5| = 75,4, \text{ en observant l'astre face au Nord.}$$

*** De toute façon, lorsque la déclinaison de l'astre est supérieure à la latitude du lieu d'observation, on observe l'astre du côté du pôle, vers le Nord chez nous.

Ainsi : DUBHE $D = 61,8$ N qui est plus grand que $L = 47,2$ N à Nantes passe au Nord de Nantes lors de son passage méridien.

CORRIGES DES EXERCICES

N° 61 à 70

HEURES PASSAGES MERIDIENS DIFFERENTS CORPS CELESTES

- 61 22h 35m 38s UT le 23/3/92 (23h 35m 38s LOC.)
- 62 10h 26m 39s UT le 17/2/92 (11h 26m 39s LOC.)
- 63 11h 16m 19s UT le 25/4/92 (13h 16m 19s LOC. été)
- 64 1h 55m 53s UT le 14/7/92 (3h 55m 53s LOC. été)

SATURNE est une planète lente, la correction dt est de 0h0003 soit 1 seconde. On peut se dispenser de la faire, et prendre comme heure du passage l'heure H(1) du passage "approché", on trouverait : 1h 55m 54s

- 65 19h 45m 08s UT le 04/05/92 (21h 45m 08s LOC. été)
- 66 23h 20m 37s UT le 18/01/92 (0h 20m 37s LOC.)
- 67 0h 22m 20s UT le 20/01/92 (1h 20m 37s LOC.)

En raisonnant sur les heures UT, comparant les exercices 66 et 67 où il était demandé de calculer les heures de passages de la Lune au méridien pour deux jours successifs (données : 18/1 & 19/1) on voit que le premier passage a eu lieu à 23h 20m 37s le 18/1, et le suivant calculé pour le 19/1 tombe le 20/1 à 0h 22m 20s. IL N'Y A DONC PAS EU DE PASSAGE MERIDIEN DE LA LUNE LE 19 JANVIER 1992;
Entre les deux passages il y a : 25h 01m 43s soit plus de 24h; le 19/1/92 est sauté.
Tous les mois ce phénomène survient, FAIRE ATTENTION !

- 68 23h 19m 24s UT le 20/12/91 (Passage suivant à 0h 25m le surlendemain 22/12/91, donc pas de passage le 21/12/91)

- 69 2h 59m 56s le 23/01/92
- 70 20h 11m 59s le 15/01/92

EXERCICES SUR LA DOUZIEME LECON

Prendre dans les tables du SOLEIL les déclinaisons à 0h00 sans tenir compte de la correction pour l'année. Avec ces éléments et le complément de la latitude de NANTES (42,8) on va pouvoir établir un tableau des hauteurs du SOLEIL à NANTES tout au cours de l'année.

Du 10 mars au 30 septembre, de 10 jours en 10 jours, calculer la hauteur méridienne du SOLEIL à NANTES. (10/3, 20/3, 30/3, 10/4, 20/4, 30/4 etc.)

TREIZIEME LECON

ANGLE AU POLE D'UN ASTRE AU MOMENT DE SON LEVER OU DE SON COUCHER

L'angle au pôle d'un astre est l'angle formé au pôle entre le méridien du lieu et le cercle horaire de l'astre. Il se compte en partant du méridien vers l'astre, soit donc vers l'ouest ou vers l'est selon que l'astre est à l'ouest ou à l'est.

L'angle au pôle se confond avec l'angle horaire lorsque l'astre est dans l'ouest auquel cas l'angle horaire est compris entre 0° et 180° , et il vaut $360^\circ - AH$ quand l'astre est dans l'est. L'angle au pôle est toujours plus petit que 180° .

Donc si $AH < 180^\circ$ on a $P = AH$, et si $AH > 180^\circ$ on aura $P = 360^\circ - AH$

Nous nous proposons de calculer l'angle au pôle d'un astre lorsqu'il franchit l'horizon lors de son lever ou de son coucher. Avec ce résultat que nous transformerons en heures il sera possible de connaître l'heure du lever et celle du coucher de cet astre si l'on a eu soin auparavant de calculer l'heure de son passage méridien.

On fera : Heure lever = Heure passage - P

Heure coucher = Heure passage + P

Aux lever et coucher d'un astre sa hauteur est nulle, et donc $H = 0$ tout comme : $\sin H = 0$

Considérant la relation : $\sin H = \sin L \cdot \sin D + \cos L \cdot \cos D \cdot \cos AH$
elle devient : $0 = \sin L \cdot \sin D + \cos L \cdot \cos D \cdot \cos AH$

d'où : $\cos L \cdot \cos D \cdot \cos AH = - \sin L \cdot \sin D$

et : $\cos AH = - \frac{\sin L \cdot \sin D}{\cos L \cdot \cos D}$

soit :

$$\cos AH = - \tan L \cdot \tan D$$

Exemple : A Nantes, $L = 47,2^\circ \text{ N}$ le 2/12/91 on a $D = - 21,92^\circ$ (Soleil)

$\tan L = 1,07990$ et $\tan D = - 0,40240$

d'où : $\cos AH = - 0,434556$ et $\cos AH = 0,434556$

et $AH = 64^\circ,24 = 4 \text{ h } 16 \text{ m } 58 \text{ s}$

Le même jour : Heure passage mérid. Soleil à Nantes = 12 h 55 m 27 s

D'où Heure lever soleil = 12 h 55 m 27 s - 4 h 16 m 58 s = 8 h 38 m 29 s

et Heure coucher sol. = 12 h 55 m 27 s + 4 h 16 m 58 s = 17 h 12 m 25 s

On ne considérera que l'angle $< 180^\circ$ fourni par $+\cos AH$, soit P, car c'est lui qu'il faudra retrancher ou ajouter à l'heure du passage pour avoir l'heure du lever ou celle du coucher.

Pour les étoiles où D reste constant il n'y a aucun problème; pour les planètes non plus; mais on pourrait penser (à juste titre d'ailleurs !) que le soleil et la lune dont la déclinaison varie depuis l'instant du lever à celui du coucher n'ont pas le même angle au pôle au lever et au coucher à cause justement de cette variation de D dans la relation donnant $\cos AH$.

De fait, en prenant pour le soleil une déclinaison moyenne, celle de son passage méridien, on ne commet pas une erreur supérieure à 26 secondes dans nos régions au moment de l'équinoxe où D soleil varie de $0^{\circ}2$ entre 6 heures (lever) et 18 heures (coucher). En 26 secondes le soleil s'élève ou s'abaisse de $3'$ ($1/10$ de diamètre) par rapport à l'horizon ces jours-là. L'erreur d'appréciation de la hauteur du soleil due à la réfraction astronomique, très imprécise à ces basses hauteurs, est supérieure à la petite erreur sur l'heure du phénomène, induite par le choix d'une déclinaison moyenne du soleil.

Par contre, pour la lune, il faudrait pour un calcul précis tenir compte de la variation de déclinaison entre le moment de son lever et celui de son coucher.

Mais les Tables lunaires que je vous ai fournies comme les Ephémérides officielles n'ont pas la précision qui permettrait de mettre ceci en évidence. Nous ne nous étendrons pas sur le sujet.

Le calcul exposé plus haut nous donnera l'heure du lever et du coucher vrais du CENTRE de l'astre (Soleil ou Lune). Ce phénomène est difficile à saisir à cause de la réfraction astronomique qui relève l'image du soleil (ou de la lune) et qui nous le fait voir là où il n'est pas.

Un instant intéressant est celui du lever ou du coucher apparents du bord supérieur du soleil : premier et dernier rayons de soleil.

A ces instants le centre du soleil est à $0^{\circ} 54'$ sous l'horizon, soit $0^{\circ},9$.

Reprenant la relation : $\sin H = \sin L \cdot \sin D + \cos L \cdot \cos D \cdot \cos AH$
on a :

$$\cos AH = \frac{\sin H - \sin L \cdot \sin D}{\cos L \cdot \cos D}$$

dans laquelle en faisant $H = -0,9$ et $\sin H = -0.01570732$

on a comme résultat l'angle au pôle aux moments des lever et coucher apparents du bord supérieur du soleil (et de la lune).

On peut également obtenir l'azimut de l'astre à ces instants en appliquant la relation :

$$\cos Z = \frac{\sin D - \sin L \cdot \sin H}{\cos L \cdot \cos H}$$

Pour les lever et coucher vrais du centre de l'astre on fait : $H = 0$

et il vient : $\sin H = 0$ et $\cos H = 1$

d'où :

$$\cos Z = \frac{\sin D}{\cos L}$$

ou bien alors pour l'azimut du premier ou du dernier rayon on fera :

$$H = -0,9$$

L'azimut sera égal à :

$$Z, \text{ s'il s'agit du lever (auquel cas } AH > 180^{\circ}) \\ 360^{\circ} - Z, \text{ au coucher (où } AH < 180^{\circ})$$

EXERCICES SUR LA TREIZIEME LECON

Calculer pour Nantes (47,2 N et 1,55 W),

- l'heure du passage méridien, heure du lever, du coucher et azimuts aux lever et coucher des astres suivants aux jours indiqués.

71) SOLEIL	15/3/92	VRAI	CENTRE
72) SOLEIL	30/3/92	VRAI	CENTRE
73) SOLEIL	22/12/91	VRAI	CENTRE
74) SOLEIL	22/9/92	APPARENT	BORD SUPERIEUR
75) SOLEIL	21/6/92	APPARENT	BORD SUPERIEUR
76) PROCYON	20/3/92	VRAI	
77) BETELGEUSE	15/6/92	VRAI	
78) JUPITER	17/3/92	VRAI	
79) LUNE	16/3/92	VRAI	CENTRE
80) LUNE	28/3/92	VRAI	CENTRE

QUATORZIEME LECON

LEVER ET COUCHER VRAIS DE LA LUNE : (Suite de la 13ème leçon)

En fait, ce qui a été exposé au sujet du lever ou du coucher d'un astre ne s'applique pas rigoureusement à la Lune.

Le calcul pour cette dernière est bien plus complexe que cela, d'une part parce que son mouvement est très complexe, d'autre part parce que cet astre étant très proche de la Terre, les éléments astronomiques donnés de centre à centre (centre de la Lune vu du centre de la Terre) doivent être corrigés du demi-diamètre apparent de la Lune et de la parallaxe (angle sous lequel depuis la Lune on voit le rayon de la Terre).

Or ces deux éléments varient tout au long du mois lunaire et ceci sans régularité au gré de la position de notre satellite sur son orbite : périégée et apogée, eux-mêmes variables en coordonnées célestes et en distance par rapport à la Terre.

Pour approcher la réalité, il faudra :

1) Dans la relation donnant $\cos AH$, pour le lever/coucher apparent du bord supérieur, au lieu de faire :

$\sin H = \sin (-0^{\circ},9)$ comme pour le Soleil, on fera :

$\sin H = \sin (0,7275 \pi - 0^{\circ},5667)$

où π est la parallaxe donnée chaque jour pour 0 heure dans les Ephémérides.

La parallaxe donnée en (') et (") devra être transformée en degrés décimaux avant utilisation dans la relation ci-dessus.

Exemple :

Le 4 avril 1992, lever de la Lune à Paris : 5h25m

Parallaxe = $(56'54'' - 56'23'')/24 \times 5h,4 + 56'23'' = 56'30'' = 0^{\circ},9417$

d'où $\sin H = \sin (0,7275 \times 0,9417 - 0,5667) = \sin (0^{\circ},1184) = 0,002066$

* En prenant comme heure du lever/coucher Lune celle donnée pour Paris, on ne commet pour toute la France qu'une infime erreur sur la parallaxe qui varie au plus d'environ 1" par heure !

2) Lorsque l'on aura trouvé l'angle au pôle au lever/coucher, le transformer en heures, en divisant les degrés non plus par 15 comme pour le Soleil; mais par :

$15 + v$ où v , toujours négatif pour la Lune est la variation horaire de l'Ascension Verse.

$15 + v$ est donc toujours plus petit que 15 !

Ce calcul assez long ne vous donnera pas encore des résultats rigoureusement exacts; mais la précision sera suffisante pour la plupart des applications.

* Dans les Traités de Navigation il est écrit que si l'on prend comme valeur moyenne de la parallaxe : 57' et comme demi-diamètre de la Lune, sa valeur moyenne : 16', toutes ces corrections s'annulent et l'on a la hauteur vraie du centre de la Lune à 2' seulement au-dessus de l'horizon quand le bord supérieur est tangent à l'horizon, et il est dit que :

Le lever ou le coucher apparent du bord supérieur de la Lune coïncide à peu près rigoureusement avec le lever ou le coucher vrai du centre de l'astre.

Donc en faisant $\sin H = 0$ on ne se trompe pas de beaucoup !

* Ne pas oublier de transformer la Déclinaison en degrés décimaux pour pouvoir l'utiliser dans nos formules, si l'on se sert des Ephémérides.

* Lever, passage méridien, coucher sont donnés pour Paris en UT.

Pour calculer le passage méridien à Nantes, rien de plus facile, et ici les Ephémérides sont plus rapides, donc plus pratiques que notre Table ! Il faudra ajouter à l'heure du passage à Paris, la différence de longitude Paris ----> Nantes :

Longitude de Paris = $2^{\circ},34$ Est de Greenwich
 Longitude de Nantes = $1^{\circ},55$ Ouest de Greenwich
 Différence Paris-Nantes = $3^{\circ},89$ Ouest (Nantes est à l'Ouest de Paris)
 soit $3^{\circ},89 \times 4\text{min} = 15\text{m},6$

Exemple : Le 15 avril 1992

Par Ephémérides :

Heure passage Paris = $11\text{h}50\text{m},6$ UT
 Différence longit. Paris-Nantes = $0\text{h}15\text{m},6$
 Heure passage Nantes = $12\text{h}06\text{m},2$ UT

(On ajoute $0\text{h}15\text{m},6$ car Nantes est à l'Ouest)

Par notre Table : $(360 - \text{GHA}_0 - \text{kg}) / (15 + g) + \text{Longit. Nantes (en heure)}$
 $(360 - 179.93 - 0.05) / 15,0026 + 0\text{h}1033 = 12\text{h},10259$
 $= 12\text{h}06\text{m},15$ UT

Les deux méthodes : même résultat; mais Ephémérides plus rapide.

Il va sans dire que ce qui est dit pour Nantes est applicable pour n'importe quel lieu de France (et du Monde) en ajoutant (si Ouest) ou soustrayant (si Est) la différence de longitude entre Paris ($2^{\circ},34$ Est) et le lieu considéré.

Pour calculer les lever/coucher il faut tenir compte de la latitude. Celle de Nantes étant différente de celle de Paris (Nantes $47^{\circ}12'$ N, Paris $48^{\circ}50'$ N) il faut passer par la relation donnant l'angle au pôle, que nous connaissons.

LUNE :

* Position en Ascension Droite (AR) exprimée en heures et D en degrés.

Pour nous ramener à une situation connue, il faudra transformer les AR en degrés décimaux puis en faisant :

$360 - \text{AR}$ on trouvera AV, l'Ascension Verse qui s'ajoute à T.S. pour avoir AH.

$$\text{AH} = \text{TS} + \text{AV}$$

Nous devons bien sûr interpoler pour toute heure autre que 0 heure. Par exemple : Le 15 avril 1992 à Nantes. Calculer l'angle horaire AH de la Lune à 19h00 UT.

On cherchera d'abord T.S. pour 19h00 par le moyen de notre Table :

$$\text{T.S.} = 203.06 + 0.34 + (19\text{h} \times 15.041) - 1^{\circ},55 = 127^{\circ},629$$

puis AV pour la même heure. (AV = $360 - \text{AR}$)

AR le 15/4 : $11\text{h}38\text{m}30\text{s} = 174.625$ ----> AV = $185^{\circ},375$
 - AR le 16/4 : $12\text{h}31\text{m}03\text{s} = 187.7625$ ----> AV = $172^{\circ},2375$
 Variation en 24 heures = $-13^{\circ},1375$

AV à 19h00 le 15 = AV à 0 heure le 15 + (Variation en 24h/24 x 19h)

(Attention au signe de la variation toujours (-) pour la Lune)

AV à 0h le 15 = 185°,375
 - 13°,1375/24 x 19 = + (-)10°,401
 AV à 19h le 15 = 174°,974
 Ajoutons à T.S. = + 127°,629
 AH Lune à 19h UT le 15/4 à Nantes = 302°,603

Pour la Déclinaison on ferait de même :

Chercher la Déclinaison de la Lune à 19h00 le 15/4/1992 :

D à 0h le 15 = - 3°07',7 = - 3.1283
 - D à 0h le 16 = - 8°47',6 = - 8.7933
 Variation en 24 heures = - 5.665
 D à 19h le 15 = D à 0h le 15 + (Variation en 24h/24 x 19h)
 (Attention au signe de la variation qui peut être (+) ou (-)

D à 0h le 15 = - 3.1283
 - 5.665/24 x 19 = - 4.4848
 D à 19h le 15 = - 7.6131

* La parallaxe est l'angle sous lequel depuis la Lune on voit le rayon de la Terre.

Nous avons vu qu'on l'utilise dans la calcul de l'heure du lever ou du coucher.

Remarquez que la parallaxe est la plus grande le 13 avril 1992 lorsque la Lune est au périgée (le 13/4 à 7h, π = 59'37") et la plus petite lorsqu'elle est à l'apogée (le 25/4 à 10h, voir bas page "Ephémérides lune" pour avril 1992 en début d'ouvrage, où π = 54'16"). Cela se comprend aisément.

Certains mois, cette parallaxe peut dépasser 61' et descendre sous 54', il n'y a rien de régulier.

* Lever, passage méridien, coucher

Mêmes remarques que pour le Soleil :

Passage méridien d'un lieu = Passage Paris +/- diff. de long. Paris-Lieu avec (+) si lieu à l'Ouest de Paris et (-) si lieu à l'Est.

(Paris ----> Nantes = + 0h15m,6)

Exemple : Trouver heure UT du pass. mérid. Lune à Nantes le 15/4/1992

Passage Paris = 22h41m,5 UT
 Diff. longitude = + 0h15m,6
 Passage Nantes = 22h57m,1 UT

NOTA : Si le lieu considéré est éloigné de Paris en longitude, il y aura une correction supplémentaire à ajouter. Mais nous considérant en France métropolitaine nous ne l'appliquons pas.

Nous avons vu comment calculer les heures des lever et coucher de la Lune.

LES PLANETES :

Les mêmes renseignements figurent pour toutes les planètes.

* Attention aux dates :

Mercure et Vénus tous les 4 jours,

Mars, Jupiter et Saturne tous les 10 jours,

Uranus tous les 20 jours.

On interpolera en tenant compte de ces différences de dates (5,10 ou 20 jours)

* Mag = Magnitude de la planète, plus elle est faible algébriquement, plus l'astre brille (- 3.8/Vénus en janvier 92 et + 6.2/Uranus).

* Lever, passage méridien, coucher

On agira comme pour le Soleil :

Passage Nantes = Passage Paris + 0h15m,6

Il faudra interpoler pour trouver l'heure du passage à Paris entre les dates figurant dans les Ephémérides.

Exemple : Heures passages méridiens à Paris le 15 avril 1992 de :

VENUS : le 14 = 10h54m,0

le 18 = 10h56m,3

Diff. 4 jours = + 2m,3

On fera $2,3/4j$ pour avoir variation

Journalière, et $10h54m,0 + (2,3/4) =$ Heure passage à Paris le 15/4/92

Heure passage Vénus à Paris le 15/4/92 = 10h54m,6

MARS : le 10 = 9h24m,5

le 20 = 9h13m,9

Diff. 10 jours = - 10m,6

Hre pass.Mars Paris le 15/4/92 = $9h24m,5 - (10m,6/10 \times 5) = 9h19m,2$

JUPITER : le 10 = 21h03m,5

le 20 = 20h22m,5

Diff. 10 jours = - 41m,0

Hre pass. Jupiter Paris le 15/4/92 = $21h03m,5 - (41m/10 \times 5) = 20h43m,0$

SATURNE : le 10 = 7h52m,8

le 20 = 7h16m,1

Diff. 10 jours = - 36m,7

Hre pass. Saturne Paris le 15/4/92 = $7h52m,8 - (36m,7/10 \times 5) = 7h34m,5$

URANUS : le 10 = 5h53m,8

le 30 = 4h35m,3

Diff. 20 jours = - 1h18m,5

Hre pass. Uranus Paris le 15/4/92 = $5h53m,8 - (78m,5/20 \times 5) = 5h34m,2$

Toutes les autres interpolations se feraient de la même manière, qu'il s'agisse de l'Ascension Droite (ou Asc. Verse) ou de la Déclinaison.

----> Dans tous les cas, se méfier du sens de la variation.

Lever et coucher : En prenant la déclinaison à l'heure ronde la plus proche de celle du passage à Paris on ne commet pas d'erreur importante sur l'angle au pôle.

On démontre que :

Au moment du lever ou du coucher apparents d'une étoile ou d'une planète, la hauteur vraie de l'astre est négative et égale à $-39'$

Dans la relation donnant l'angle au pôle au lever ou au coucher, on fera donc : $\sin H = \sin (-39') = -0,0113444$

Dans nos régions ces précisions sont de peu d'importance car l'atmosphère au ras de l'horizon est rarement assez claire pour nous permettre de voir une planète ou une étoile sur l'horizon.

* Position à 0h UT

Ascension Droite (AR) en heures, à transformer en degrés décimaux puis faire $360 - AR$ pour trouver AV.

On interpolera sur les AV plutôt que sur les AR pour ne pas se tromper dans les signes.

Attention car il faudra transformer les heures UT d'observation en heures décimales puis ces mêmes heures décimales en fractions de jour (en les divisant par 24)

Ainsi entre le 10/4 à 0h et le 15/4 à 19h39m il y aura :

$19h39m = 19,65 \text{ ----> } 19,65/24 = 0j,81875$
 $+ \frac{5j}{5j,81875}$

Exemple : Calculer AV Jupiter le 15/4/92 à 19h39m

AR le 10/4 = 10h30m28s = $157^{\circ},617$ ---> AV = 202,383

- AR le 20/4 = 10h28m36s = $157^{\circ},150$ ---> AV = 202,85

Variation en 10 jours = + 0,467

AV à 19h39m le 15/4 = $202,383 + (0,467/10 \times 5,81875) = 202,6547$

Cherchons T.S. à Nantes au même instant :

T.S. Nantes = $203^{\circ},06 + 0,34 + (19h,65 \times 15,041) - 1^{\circ},55 = 137^{\circ},4057$

auquel on ajoute AV + 202^{\circ},6547

pour obtenir AH Jupiter à Nantes le 15/4/92 à 19h39m = $340^{\circ},0604$

NOTA : En analysant les résultats trouvés pour Jupiter : AH = $340,06$ on s'aperçoit que Jupiter est dans l'Est de Nantes et il lui reste à parcourir : $360^{\circ} - 340^{\circ},06 = 19^{\circ},94$ ou 1h19m,7 avant de passer au méridien de Nantes qu'il devrait franchir à :

$19h39m,0 + 1h19m,7 = 20h58m,7$ UT

Or nous avons trouvé plus haut :

Hre passage mér. Jupiter à Paris le 15/4/92 = 20h43m,0

si on y ajoute la diff. de longit. Paris-Nantes + 0h15m,6

on aura pass.mér. Nantes le 15/4 Jupiter = 20h58m,6 UT

A comparer au résultat trouvé ci-dessus.

Les calculs se recoupent, ils sont donc bons tous les deux et nos méthodes le sont également.

On opère de même pour la déclinaison :

Exemple : D le 15 avril 1992 à 19h39m ?

D le 10 = + $10^{\circ}49'$

D le 20 = + $10^{\circ}58'$

Diff. 10 J. = 9'

D le 15 à 19h39m = $10^{\circ}49' + (9'/10 \times 5,81875) = 10^{\circ}54',2 = + 10^{\circ},903$

Je pense avoir tout dit de l'utilisation des Ephémérides Astronomiques pour les calculs astronomiques de position.

En résumé :

- Calculer T.S. au moyen de notre Table
- Calculer Soleil au moyen de notre Table
- Calculer AV et D Lune et planètes par les Ephémérides
- On trouvera AH Lune et planètes en faisant TS + AV
- Les Ephémérides ne permettent pas de calculer les éléments

des étoiles : AH et D pour avoir : Hauteur, azimut, passage méridien, lever, coucher, passage au premier vertical et digression maximum (ces deux derniers phénomènes seront étudiés bientôt !) il nous faut nécessairement utiliser nos Tables pour cela.

Pas d'exercices aujourd'hui, vous aurez assez à faire à recalculer les exemples que je donne tout au long de cette quatorzième leçon.

TYPE DE CALCULCALCUL DE "AV", "v", "D", "d"DES PLANETES ET DE LA LUNE A PARTIR DESEPHEMERIDES ASTRONOMIQUES

ASTRE :

DATE :

1) ASCENSION DROITE (AR) à 0h UT
en heures décimales, date suivante :

* $AR \times 15 = AR$ en degrés décimaux :

* $360^\circ - AR^\circ = AV2$ (Asc.verse date suivante) : a) $D2$ en degrés décimaux :

2) ASCENSION DROITE (AR) à 0h UT
en heures décimales, date précédente :

* $AR \times 15 = AR$ en degrés décimaux :

* $360^\circ - AR^\circ = AV1$ (Asc.verse date précédente) : b) $D1$ en degrés décimaux :

3) $AV2 - AV1$ ((1) - (2)) : c) $D2 - D1$ ((a) - (b)) :

4) Intervalle de temps
date 2 - date 1 = "i" :
en jours (planètes) ou heures (lune)

5) $"v" = (AV2 - AV1)/i$ ou (3)/(4) : e) $"d" = (D2 - D1)/i$ ou (c)/4 :

Les éléments trouvés : $AV1$, "v", $D1$ et "d" sont à reporter dans le type de calcul :

"ETOILES, PLANETES, LUNE & autres objets célestes"

pour le calcul des hauteur et azimut, respectivement :

2) = $AV1$, en AV_0 5) = "v", en v

b) = $D1$, en D_0 e) = "d", en d

NOTA: $AV2 - AV1$ (ligne 3) ainsi que "v" (ligne 5) sont toujours négatifs pour la LUNE et pour les planètes se déplaçant en sens direct. Pour les planètes rétrogrades le signe est (+)

QUINZIEME LECON

FORMULES DES TRIANGLES SPHERIQUES RECTANGLES :

Soit un triangle sphérique ABC, rectangle en A :

$A = 90^\circ$, d'où $\sin A = 1$ $\cos A = 0$ $\cotg A = 0$

Les formules applicables à un triangle sphérique quelconque deviennent :

$$\cos a = \cos b \cos c$$

Le cosinus de l'hypothénuse est égal au produit des cosinus des côtés de l'angle droit.

$$\sin a = \sin b / \sin B = \sin c / \sin C$$

Le sinus d'un côté de l'angle droit est égal au produit du sinus de l'hypothénuse par le sinus de l'angle opposé.

$$\tg b = \tga \cos C \quad \tg c = \tga \cos B$$

La tangente d'un côté de l'angle droit est égale au produit de la tangente de l'hypothénuse par le cosinus de l'angle compris entre ce côté et l'hypothénuse.

PASSAGE AU 1er VERTICAL :

(Le 1er vertical est, vous vous en rappelez, le cercle vertical qui part du Zénith pour passer par le point cardinal Est de l'horizon, puis le Nadir, et le point cardinal Ouest)

Nous raisonnerons en nous considérant dans l'hémisphère NORD.

Comme on le voit facilement sur la figure 1, dont le plan de figure est le méridien du lieu,

pour qu'un astre passe au premier vertical d'un lieu, il faut et il suffit que sa déclinaison soit inférieure à la latitude de ce lieu.

$$D < L$$

Une étoile équatoriale, de déclinaison nulle, passe au premier vertical au moment de son lever et de son coucher, qui ont lieu respectivement aux points Est et Ouest de l'horizon.

FORMULES DU PASSAGE AU PREMIER VERTICAL :

Au moment de son passage au premier vertical, l'**Azimat** d'une étoile a pour valeur : 90° quand l'étoile est à l'Est du méridien et 270° quand elle est à l'Ouest du méridien.

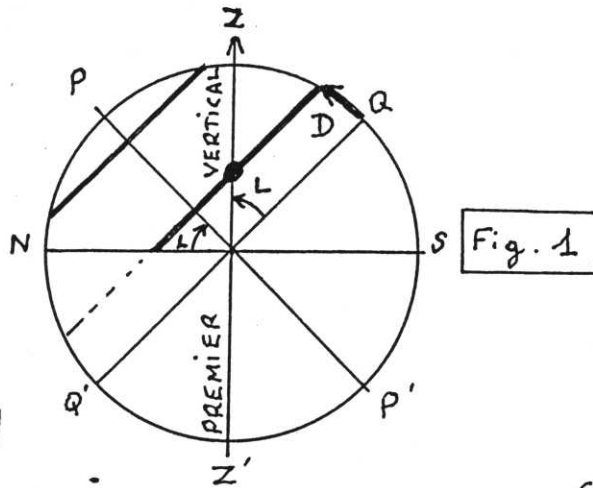


Fig. 1

PASSAGE AU PREMIER VERTICAL

Fig. 2

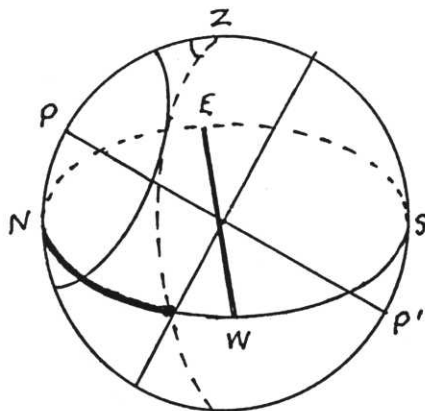
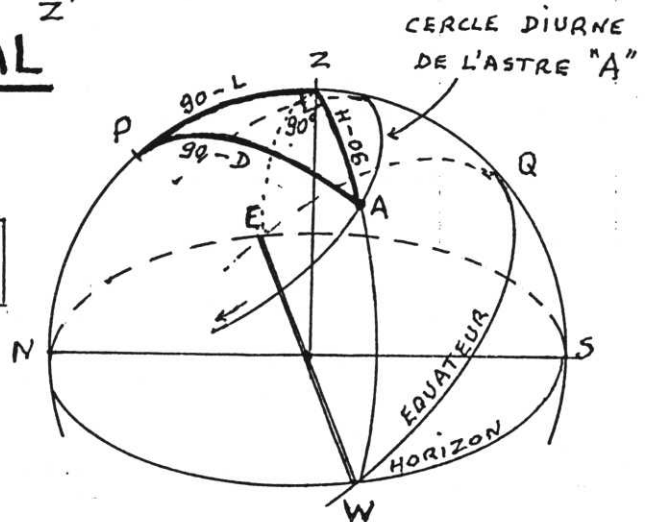


Fig. 3

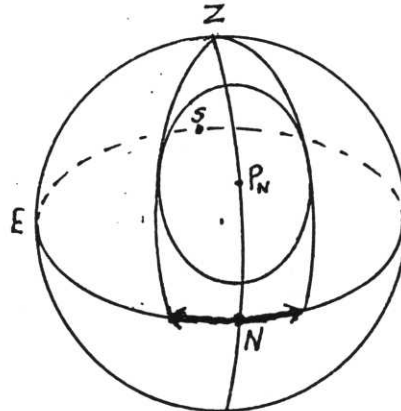


Fig. 4

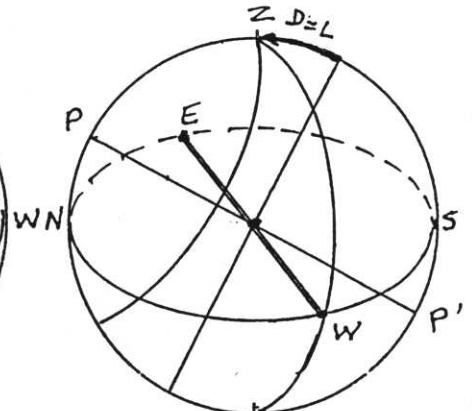


Fig. 5

DIGRESSION MAXIMUM

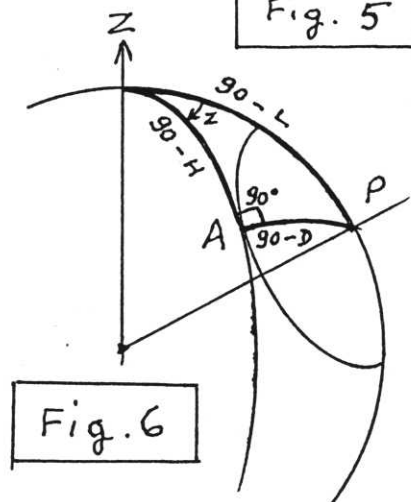


Fig. 6

Le triangle de position de l'étoile (Célèbre triangle PZA) devient alors rectangle en Z : (Figure 2 : qui représente le passage au premier vertical, d'un astre à l'Ouest dans un lieu de latitude Nord).

a) L'angle horaire de l'astre est donné par la formule :

$$\operatorname{tg} PZ = \operatorname{tg} PA \cos ZPA \quad \text{ou} \quad \cotg L = \cotg D \cos AH$$

d'où $\cos AH = \operatorname{tg} D / \operatorname{tg} L$

Les 2 valeurs de AH tirées de cette formule correspondent :

- AH < 180°, au passage Ouest
- 360° - AH > 180°, au passage Est

b) La hauteur au moment du passage est obtenue en écrivant :

$$\cos PA = \cos ZP \cos ZA$$

d'où $\sin H = \sin D / \sin L$

DIGRESSION MAXIMUM :

Une étoile dont la déclinaison est supérieure à la latitude du lieu d'observation, ne passe jamais au premier vertical.

La distance angulaire de son vertical au méridien ne peut alors dépasser une certaine valeur "M", appelée **digression maximum**, atteinte au moment où ce vertical est tangent au cercle diurne de l'étoile.

Que l'étoile ait un lever et un coucher (figure 3), ou qu'elle soit circumpolaire (figure 4), l'Azimut d'une étoile à digression varie :

- pour les étoiles à déclinaison NORD,

entre la valeur $Z = M$ et la valeur $Z = 360^\circ - M$, en passant par la valeur 0° au moment des passages méridiens. (Les étoiles à déclinaisons Sud sont chez nous soit invisibles soit qu'elles passent au premier vertical)

Dans le cas limite où le cercle diurne est tangent au premier vertical (où $D = L$) la digression maximum est de 90° (figure 5) et l'Azimut varie entre 90° et 270° en passant, lors de son passage inférieur, par le Nord et au moment de son passage au 1er vertical, l'astre culmine au zénith et saute brusquement de l'Est à l'Ouest.

FORMULES DE LA DIGRESSION MAXIMUM :

Quand une étoile présente une digression maximum, son triangle de position devient rectangle, car son "angle à l'astre" (Angle A) est alors égal à 90°

a) Angle horaire au moment de la digression :

$$\operatorname{tg} PA = \operatorname{tg} PZ \cos ZPA$$

d'où $\cos AH = \operatorname{tg} L / \operatorname{tg} D$

avec AH > 180° pour une digression Est
et AH < 180° pour une digression Ouest

b) Azimut au moment de la digression :

$$\sin PA = \sin PZ \sin ZPA$$

d'où $\sin Z = \pm \cos D / \cos L \quad (+ E, - W)$

c) Hauteur au moment de la digression ;
 $\cos PZ = \cos PA \cos ZA$

d'où $\sin H = \sin L / \sin D$

CORRIGES DES EXERCICES N° 71 à 80

71-Pass.mér.:12h15m04sUT lever:6h23m22s UT coucher:18h06m46s UT Z: 92,8/267,2

72- 12h10m17s UT - 5h51m UT - 18h29m UT Z: 83,6/276,4

73- 12h04m36s UT - 7h56m16s UT - 16h12m56s UT Z:125,8/234,2

74- 11h58m46s UT - 5h52m58s UT - 18h04m34s UT Z: 88,9/271,1

75- 12h07m51s UT - 4h09m35s UT - 20h06m07s UT Z: 53,0/307,0

76- 19h50m41s UT - 13h27m57s UT - 26h13m25s UT Z: 82,3/277,7
 2h13m25s UT le 21/3

77- 12h24m45s UT - 5h52m30s UT - 18h57m00s UT Z: 79,1/280,9

78- 23h01m45s UT - 16h17m47s UT - 5h45m43s UT Z: 75,2/284,8
 le 18/3

79- 22h35m10s UT - 15h41m22s UT - 5h13m51s UT Z: 77,2/277,9
 le 17/3

80- 7h57m06s UT - 3h10m37s UT (3h11m) 12h51m08s UT (12h51m)
 Z: 117,3/245,0

EXERCICES DIVERS

(A effectuer avec les Ephémérides et documents à votre disposition)
(en début d'ouvrage)

Coordonnées de NANTES pour nos calculs :

L = 47°12' Nord (47,20)
G = 1°33' Ouest (1,55)

- 81) Le 15/12/91 à 22h06 UT à NANTES, calculer : AV, AH, D, H et Z de POLLUX
- 82) Le 14/02/91 à 13h45 UT à NANTES, calculer : AHvg, D, H et Z du SOLEIL
- 83) Le 23/06/92 à 7h42 UT à NANTES, calculer : AHvg, D, H et Z du SOLEIL
- 84) Le 30/01/92 à 10h30 UT à NANTES, calculer : AHvg, D, H et Z du SOLEIL
- 85) Le 22/06/92 à 22h17m19s au CAP NORD (Norvège), L = 71°,180 N; G = 25°67 E
Calculer : AHvg, D, H et Z du SOLEIL (Heure UT)
- 86) Le 26/05/92 à 11h12m UT à DAKAR, L = 14°,570 N; G = 17,480 W
Calculer : AHvg, D, H et Z du SOLEIL
- 87) Le 07/02/92 à NANTES, calculer l'heure du passage méridien de la LUNE
- 88) Le 09/03/92 à NANTES, calculer l'heure du passage méridien de la LUNE
- * Le 4/1/92 à NOUMEA, L = 22°270 Sud; G = 166°430 Est avait lieu une ECLIPSE ANNULAIRE DE SOLEIL à 23h16m UT :
- 89) Calculer pour cet instant à cet endroit, le Hauteur H et l'Azimut Z du SOLEIL,
- 90) la Hauteur H et l'Azimut Z de la LUNE, et comparez les résultats.

CORRIGES DES EXERCICES N°81 à 90

81)	AV = 243.82	AH = 297.83	D = 28.04	H = 38.67	Z = 88.7
82)		21.14	-13.06	26.84	203.2
83)		293.41	23.43	32.65	89.8
84)		334.14	-17.80	20.97	153.6
85)		179.51	23.44	4.62	NORD

Soleil de minuit au Cap Nord le jour de l'été . A 22h17m19s UT il est 24h00 au Cap Nord :
 $22h,29 + (25^{\circ},67/15) = 24,00$

86)	331.27	21.21	61.91	72.1
-----	--------	-------	-------	------

D)L, déclinaison > latitude, l'astre est vers le Nord-Est et culminera au Nord à midi.

87) Passage méridien LUNE = 14h 51m 14s UT le 7/2
 (15h 51m 14s locales)

88) Passage méridien LUNE = 15h 57m 22s UT le 9/3/92
 (16h 57m 22s locales)

SOLEIL :

89)	AH = 334.25	D = -22.72	H = 66.23	Z = 96.1
-----	-------------	------------	-----------	----------

LUNE :

90)	AV = 74.95	AH = 334.20	D = -22.32	H = 66.16	Z = 95.1
-----	------------	-------------	------------	-----------	----------

EXERCICES VARIES

de 91 à 100

91) Le 23/11/1992 à 15h 7m 12s UT à NANTES (47.2 N - 1.55 W)
Calculer AH, D, H & Z du SOLEIL

92) Le 7/1/92 à 19h 27m 0s UT à SAN FRANCISCO (37.55 N - 122.5 W). Calculer AH, D, H & Z du SOLEIL

93) Le 22/12/91 à 14h 39m 0s UT à DUMONT-D'URVILLE en Terre Adélie (66.70 S - 140.0 E). Calculer AH, D, H & Z du SOLEIL.

94) Le 6/8/92 à 20h 31m 12s UT à NANTES. Calculer AV, AH et D de l'étoile ANTARES (a Scorpion)

95) Le 10/4/92 à 21h 19m 6s UT à NANTES. Calculer AV, AH et D de la planète JUPITER.

96) Le 17/3/92 à NANTES. Calculer l'heure du passage méridien de la LUNE.

97) Le 25/3/92 à NANTES. Calculer l'heure du passage méridien de la LUNE.

98) Le 11/2/92 à NANTES. Calculer l'heure du passage méridien de la LUNE.

99) Le 15/1/93 à 21h 10m 23s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H & Z de l'étoile ALDEBARAN (a Taureau)

100) Le 27/1/93 à 20h 8m 15s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H & Z de l'étoile BETELGEUSE (a Orion)

CORRIGES DES EXERCICES N° 91 à 100

	AV	AH	D	H	Z
91) SOLEIL		48.61	- 20.49	9.438	225.4
92) SOLEIL		347.70	- 22.41	28.93	167.0

Alors que chez nous il est 20h27 locales et que le Soleil est couché depuis 3 heures en cette saison, il n'est pas encore midi à San Francisco, il s'en faut de 50 minutes environ!

93) SOLEIL		180.14	- 23.44	0.14 (0°8'24")	179.9
------------	--	--------	---------	-------------------	-------

Soleil de minuit légèrement au-delà du cercle polaire antarctique. Le soleil est au Sud à minuit et au Nord à midi.

A 14h39m UT il est 23h59m à Dumont d'Urville : $14,65 + (140^\circ/15) = 23,983$

Avec la réfraction astronomique qui relève le soleil d'environ 55' près de l'horizon, le centre de l'astre sera vu à : $55' + 8',4 = 1^\circ3'4$ au-dessus de l'horizon. Le bord inférieur sera à environ 3/4 de degré au-dessus de l'horizon. (Le diamètre du soleil fait environ 1/2°)

94) ANTARES	112.76	14.63	- 26.33		
95) JUPITER	202.42	360.00	10.83		

AH = 360°, Jupiter passe au méridien, son azimut Z = 180°. Pour trouver la hauteur au passage (Hauteur méridienne) on fait : $H = (90 - L) + D$ d'où

$$H = 90 - 47,2 + 10,83 = 53,63$$

96) Heure passage méridien de la LUNE : 23h27m17s UT le 17/3
0h27m17s locale le 18/3

97) Heure passage méridien de la LUNE : 5h32m58s UT le 25/3
6h32m58s locales

98) Heure passage méridien de la LUNE : 18h01m10s UT le 11/2
19h01m10s locales

99) ALDEBARAN	291.13	2.50	16.49	59.22	184.7
100) BETELGEUSE	271.31	338.94	7.40	46.33	148.9

EXERCICES VARIES

de 101 à 110

101) Le 3/2/1993 à 20h47m34s UT à NANTES, $L = 47,2^\circ \text{ N}$ et $G = 1,55^\circ \text{ W}$. Calculer AV, AH, D puis hauteur H et Azimut Z de l'étoile CAPELLA (a Cocher).

102) Le 8/1/1993 à 1h16m37s UT à AGEN, $L = 44,2^\circ \text{ N}$ & $G = 0,63^\circ \text{ Est}$. Calculer AV, AH, D, H et Z de l'étoile REGULUS (a Lion).

103) Le 15/5/93 à 0h41m17s UT à DIJON, $L = 47^\circ 20' \text{ N}$ & $G = 5^\circ 00' \text{ E}$. Calculer AV, AH, D, H et Z de l'étoile ANTARES (a Scorpion).

104) Le 21/9/93 à 22h33m8s UT à LORIENT, $L = 47,75^\circ \text{ N}$ & $G = 3,38^\circ \text{ W}$. Calculer AV, AH, D, H et Z de l'étoile ALTAIR (a Aigle).

105) Le 14/8/93 à 1h4m27s UT à PARIS, $L = 48^\circ 50' \text{ N}$ & $G = 2^\circ 20' \text{ E}$. Calculer AV, AH, D, H et Z de VEGA (a Lyre).

106) Le 6/10/93 à 2h47m13s UT à MONTREAL, $L = 45,52^\circ \text{ N}$ & $G = 73,57^\circ \text{ W}$. Calculer AV, AH, D, H et Z d'ALGOL (b Persée).

107) Le 8/1/93 à 20h45m UT à NANTES, $L = 47,2^\circ \text{ N}$ & $G = 1,55^\circ \text{ W}$. Calculer AV, AH, D, H et Z de la LUNE.

108) Le 2/6/93 à 2h12m UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de la LUNE.

109) Le 15/4/93 à 20h13m17s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de la planète MARS.

110) Le 7/3/93 à 12h13m23s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de VENUS.

CORRIGES DES EXERCICES N° 101 à 110

	AV	AH	D	H	Z
101) CAPELLA	280,96	5,33	45,99	86,14	253,7
102) REGULUS	208,00	335,40	12,00	51,49	139,1
103) ANTARES	112,75	0,83	-26,34	16,326	180,8
104) ALTAIR	62,38	38,09	8,85	39,55	232,2
105) VEGA	81,02	61,94	38,78	45,47	281,2
106) ALGOL	313,08	296,10	40,93	44,45	71,9
107) LUNE	245,46	303,57	18,65	36,20	102,0
108) LUNE	143,87	65,89	-17,28	2,697	240,8
109) MARS	243,164	28,924	23,40	56,842	234,3
110) VENUS	344,738	331,765	13,53	48,91	135,5

SEIZIEME LECONIDENTIFICATION DES SATELLITES DE JUPITER

Voici une relation qui va vous permettre d'identifier les quatre satellites galiléens de Jupiter.

Il ne s'agit pas de calculer avec une précision extrême la position exacte de chacun d'eux, mais chaque résultat nous permettra d'identifier avec certitude : IO, EUROPE, GANYMEDE et CALLISTO.

$$X = A \cdot \sin (360 \times D/B + C)$$

D = nombre de jours depuis le 0 janvier 1984 à 0h00
(0/1/84 = 31/12/83 = 0, 1/1/84 = 1 etc...)

pour 1993 : + 3288 (12/1/93 = 3288 + 12 = 3300)
- 1994 : + 3653
- 1995 : + 4018
- 1996 : + 4383 , 1997 : + 4749 , 1998 : + 5114
- 1999 : + 5479 , 2000 : + 5844

en continuant à ajouter 365 par année normale et 366 par année bissextile.

A = Taille de l'orbite par rapport à celle de CALLISTO qui vaut 100 unités.

B = Période de révolution du satellite en jours.

C = Phase de l'orbite, quand sa courbe croise un point zéro mis au centre de Jupiter.

Satellite	A	B	C (Radians)	C°
IO	22	1.76986049	0.8533	48.89
EUROPE	36	3.55409417	- 1.4482	- 82.98
GANYMEDE	57	7.16638722	5.2447	300.50
CALLISTO	100	16.75355227	1.3642	78.16

Si l'on utilise les radians, on remplacera 360 par 2 x pi dans la relation donnant : X

Pour repérer les satellites on tracera un axe horizontal x' O x gradué de - 100 à + 100 et l'on portera sur cet axes les valeurs X trouvées pour chacun des satellites. Le diamètre de Jupiter qui vaut 4 unités à cette échelle ira de - 2 à + 2.

Pour vous entraîner, vous effectuerez les exercices ci-dessous et devrez trouver les résultats suivants :

22/1/93 0h00 IO: 18.6 EU: 19.3 GA: -55.5 CA: -97.3
22/1/93 18h00 IO: -21.9 EU: 34.2 GA: -51.9 CA: -87.0
22/1/93 23h00 IO: -14.9 EU: 27.8 GA: -46.8 CA: -82.9
23/1/93 0h00 IO: -12.4 EU: 26.1 GA: -45.5 CA: -82.0
25/1/93 20h00 IO: - 0.8 EU: 31.4 GA: 57.0 CA: 10.0
3/2/93 19h30 IO: -10.5 EU: -33.9 GA: - 0.4 CA: -32.0
20/3/93 0h00 IO: - 6.2 EU: 25.9 GA: -49.4 CA: 92.8
- - - 18h00 IO: - 4.2 EU: 30.6 GA: -56.5 CA: 99.5

EXERCICES DE RECAPITULATION

de 111 à 120

111) Le 21/2/1993 à 17h23m47s UT à NANTES $L = 47,2^\circ$ N et $G = 1,55^\circ$ W. Calculer AV, AH, D, H et Z de MERCURE.

112) Le 15/1/1993 à 22h34m12s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de MARS.

113) Le 30/3/1993 à 21h13m55s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de JUPITER.

114) Le 15/8/1993 à 3h33m42s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de SATURNE.

115) Le 24/4/1993 à 21h11m18s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de JUPITER.

116) Le 15/4/1993 à 21h43m17s UT à NANTES. Calculer AV, AH, D, H et Z de MARS.

117) Le 30/3/1993 à NANTES. Calculer l'heure du passage méridien du SOLEIL en heure locale ainsi que les heures des lever et coucher du même astre en heure locale également.

118) Le 13/3/1993 à NANTES. Calculer heure passage méridien du SOLEIL en heure locale. Puis :

1) Heures lever et coucher centre du SOLEIL (Heure locale)

2) Heures lever et coucher apparent bord supérieur du SOLEIL (en heure locale).

On arrondira à la minute la plus proche.

NOTA: En 1993 on passera à l'heure d'été le 28 mars.

119) Le 24 mars 1993 à NANTES, en vue de faire une observation astronomique :

1) Calculer à quelle heure le SOLEIL sera à 18° sous l'horizon (fin du crépuscule astronomique).

2) Trouver pour cet instant la position de JUPITER en hauteur et azimut.

3) Déterminer la position des satellites de celui-ci.

120) Le 29 mars 1993, calculer l'heure locale du passage de la LUNE au méridien de NANTES.

Calculer la valeur (approximative) du secteur éclairé de l'astre des nuits.

CORRIGES DES EXERCICES 111 à 120

	AV	AH	D	H	Z
111) MERCURE	9.008	60.028	-2.39	17.971	245.5
112) MARS (Rétro)	253.58	345.97	26.68	66.70	146.8
113) JUPITER	170.42	315.61	-2.39	27.03	128.3
114) SATURNE	29.95	45.38	-13.83	16.74	226.2
115) JUPITER	173.11	342.29	-1.26	39.12	156.9
116) MARS	243.15	51.47	23.39	42.82	258.2

117) SOLEIL Hre pass. NANTES le 30/3/93 : 14h10m40s (UT+2)
 AH lever/coucher : 6h16m48s6
 Hre lever vrai centre : 7h54m
 Hre couch.vrai centre : 20h27m
 AH l/c app.bord sup. : 6h22m08s
 Lever appar.bord sup. : 7h48m
 Couch.appar.bord sup. : 20h32m

118) SOLEIL Hre pass. NANTES le 13/3/93 : 13h15m42s5 (UT+1)
 AH lever/coucher : 5h47m51s
 Lever vrai centre : 7h27m51s
 Coucher vrai centre : 19h03m33s
 AH l/c app.bord sup. : 5h53m09s
 Lever appar.bord sup. : 7h22m33s
 Couch.appar.bord sup. : 19h08m51s

119) SOLEIL 1)
 Hre pass. NANTES le 24/3/93 : 13h12m28s (UT+1)
 AH pour hauteur = -18° : 7h56m
 Fin du crépuscule astronomique : 21h08m (UT+1)
 Pour mémoire : Couch.app. : 19h24m (UT+1)

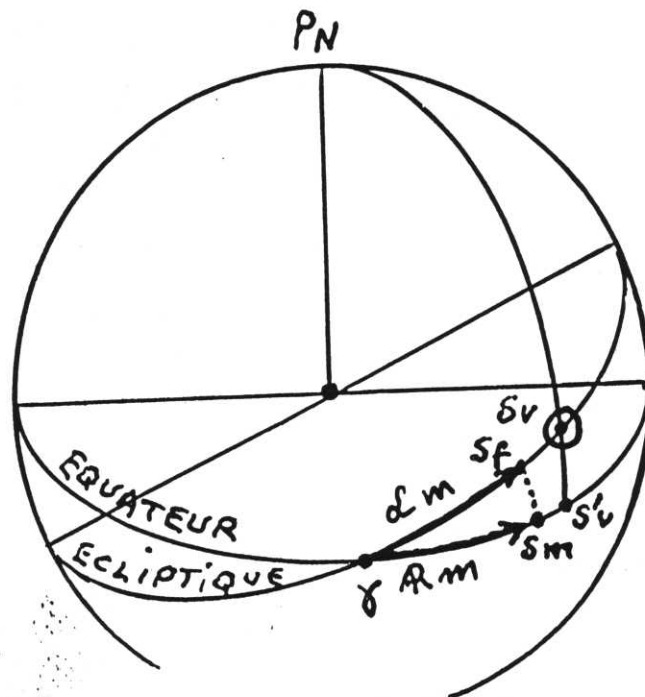
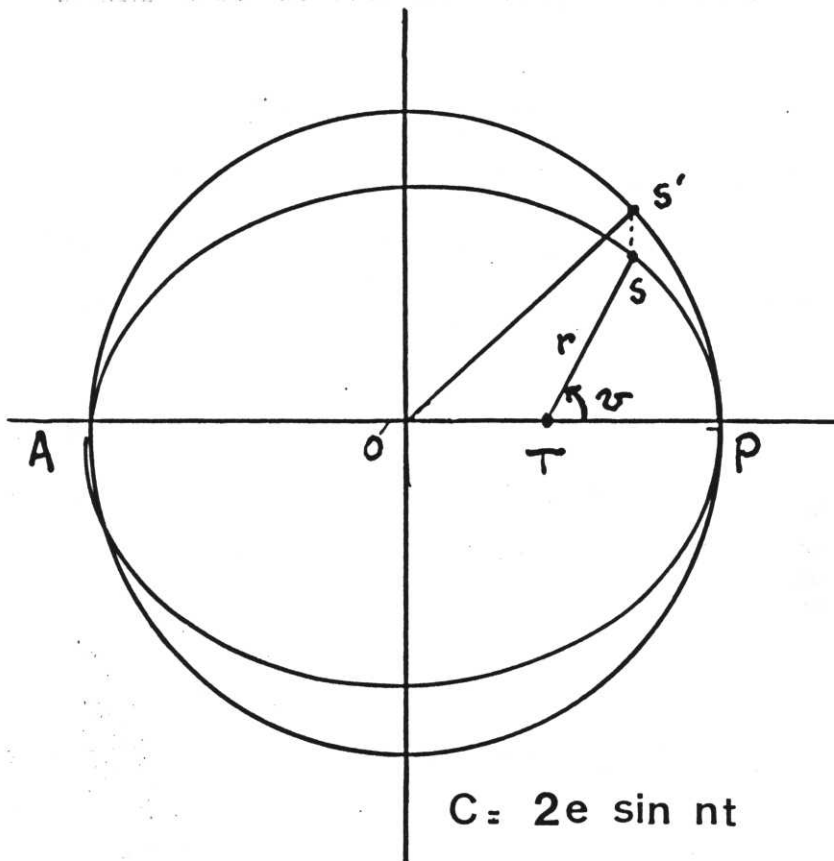
2) JUPITER
 AV: 169.71 / AH: 292.58 / D: -2.70 / H: 13.06 / Z: 108.8

(Attention à la détermination du signe de "d" :
 "d" = - 2.33 - (- 2.85) = + 0.517)

3) IO : 21.61
 EUROPE : 2.43
 GANYMEDE : 47.69
 CALLISTO : 13.61

120) LUNE
 Hre pass. LUNE NANTES le 29/3/93 : 18h59m,7 (UT+2)
 Angle de phase = AVs - AVI
 AVs = AHs - TS = 73.83 - 82.11 = 351.72
 AVI = 289.38 - (17h x 0.58) = 279.52
 Phase = ... (entre NL et PL) 72°

Pour le calcul de la phase il faudra chercher TS et AV lune pour 17h (UT) 1 heure du passage au méridien de Nantes.



$$R = -\operatorname{tg}^2 \frac{w}{2} \sin 2(\bar{w} + nt)$$

$$E = C + R$$

DIX-SEPTIEME LECONCONSIDERATIONS SUR L'EQUATION DU TEMPS

Nous savons (voir fascicules : Diagramme Solaire & Cadrons Solaires) que le Soleil "ne tourne pas rond !".

C'est ce qui a amené les humains à créer un soleil dit "moyen" qui tourne régulièrement celui-là et qui règle nos occupations journalières. Nos montres, pendules, horloges et chronomètres nous donnent le temps moyen.

La différence entre le temps moyen et le temps vrai, différence variable au cours de l'année solaire, s'appelle l'EQUATION DU TEMPS (Equation veut dire "correction").

On définit l'Equation du temps comme "la quantité qu'il faut ajouter au temps solaire vrai pour obtenir le temps solaire moyen" donc c'est la correction à apporter à la lecture d'un cadran solaire (heure vraie) pour avoir l'heure de la montre (heure moyenne).

La cause de cette différence entre le temps moyen et le temps vrai, donc de cette irrégularité du fonctionnement du soleil vrai est la complexité du mouvement solaire.

1) Le soleil apparent se déplace au cours de l'année selon une ellipse dont la terre occupe un des foyers. Ce mouvement de translation obéit à la 2ème loi de Kepler, dite loi des aires que nous ne reverrons pas ici, mais qui implique que le soleil se déplace linéairement plus vite lorsqu'il est au périhélie que lorsqu'il est à l'apogée.

Pour des besoins de régularité de mouvement, on suppose un soleil fictif qui parcourrait une orbite circulaire d'un mouvement régulier.

Ces deux soleils passent au même moment au périhélie et à l'apogée.

L'écart angulaire entre ces deux soleils qui s'annule deux fois par an on vient de le dire, s'appelle : l'EQUATION DU CENTRE, que l'on désigne par "C" et qui a pour valeur :

$$C = 2 e \sin nt$$

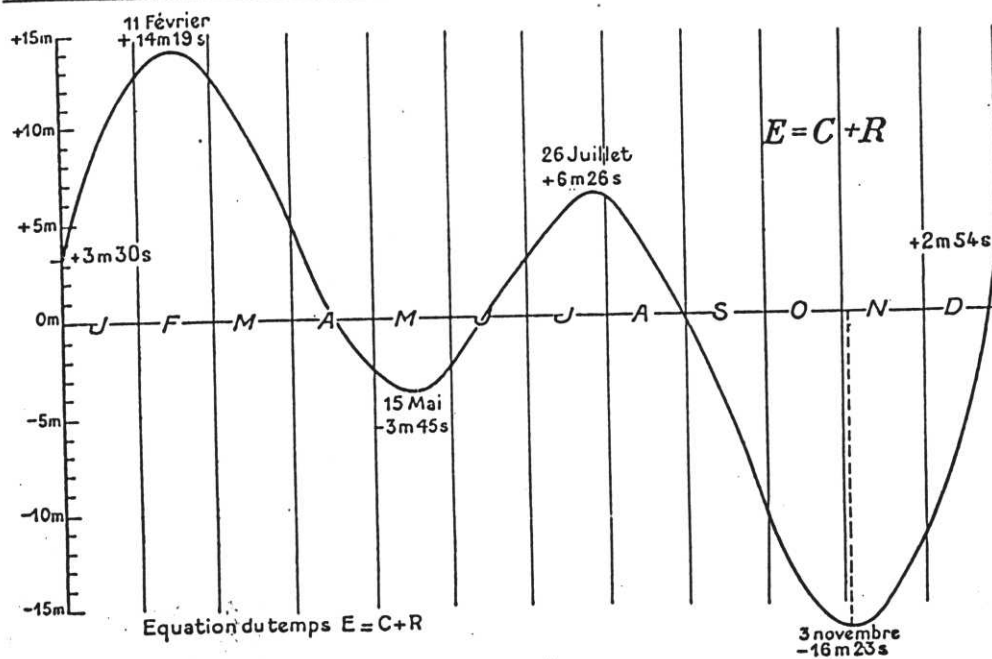
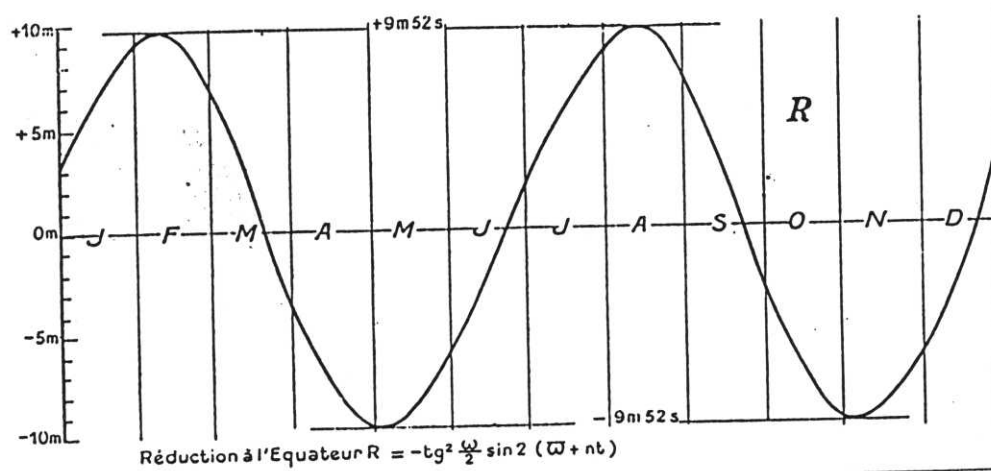
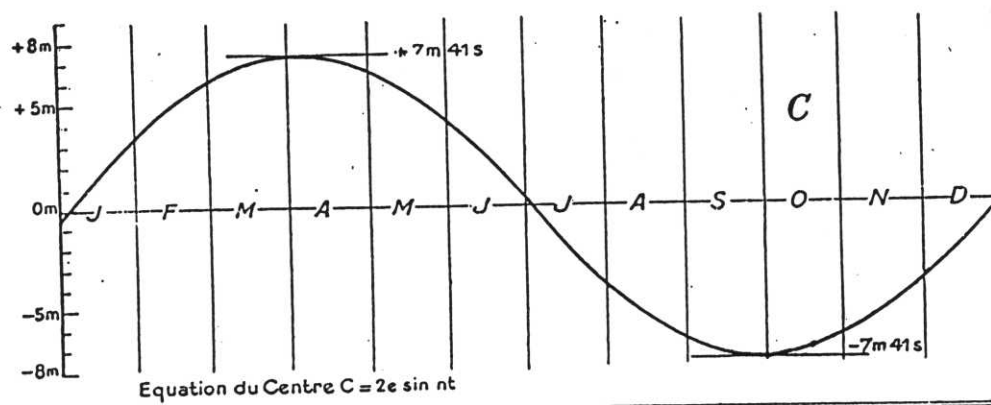
2) Le soleil vrai se déplace sur l'écliptique, de même que le soleil fictif; mais nos heures déterminées par la rotation de la terre sur elle-même se comptent sur l'équateur céleste : quand le soleil s'est déplacé parallèlement à l'équateur de 45° par exemple, il s'est écoulé 3 heures moyennes (15° = 1 h).

Ici encore il a fallu supposer un autre soleil différent du soleil fictif de tout à l'heure, le soleil moyen qui se déplace sur l'équateur d'un mouvement régulier et sur lequel sont réglés tous nos chronomètres.

L'écart angulaire entre le soleil fictif et le soleil moyen s'appelle : la REDUCTION A L'EQUATEUR, que l'on désigne par "R" et qui vaut :

$$R = - \operatorname{tg}^2 w/2 \sin 2 (\bar{w} + nt)$$

3) La correction totale à apporter au temps vrai pour obtenir le temps moyen, c'est à dire l'EQUATION du TEMPS comme on l'a vu plus haut est donc égale à la somme des deux corrections partielles : équation du centre plus réduction à l'équateur.



$$E = C + R$$

$$\text{Temps moyen} = \text{Temps vrai} + E$$

$$\text{Temps montre} = \text{Temps cadran} + E$$

CALCUL DE L'EQUATION DU TEMPS

Valeur des coefficients:

$$e = \text{excentricité de l'orbite terrestre} = 1/60 \text{ rad.}$$

$$2e = 1/30 \text{ rad} = 115' = 1^{\circ}55' = 7\text{m } 41\text{s} = 461\text{s}$$

$$n = \text{"moyen mouvement" du soleil (vit.angul.)} = 0^{\circ}9856$$

$$w = \text{obliquité écliptique} = 23^{\circ}27'$$

$$w = \text{longitude céleste du périhélie}$$

$$t = \text{Nbre de jours depuis passage soleil au périhélie}$$

On voit que les seules inconnues sont :

$$- \text{la longitude du périhélie: } \bar{w}$$

$$- \text{le temps écoulé depuis passage au périhélie: } t$$

CALCUL DE "C" :

$$C = 2 e \sin nt ; \quad \text{comme } 2e = 461\text{s} \text{ et } n = 0.9856 \text{ on aura:}$$

$$C = 461\text{s} \times \sin (0.9856 \times t)$$

CALCUL DE "R" :

$$R = - \text{tg}^2 w/2 \times \sin 2(\bar{w} + nt)$$

$$\text{comme : } \text{tg}^2 w/2 = 9\text{m}52\text{s} = 592\text{s} \text{ on aura :}$$

$$R = - 592\text{s} \times \sin 2x(\bar{w} + nt)$$

Comment trouver la longitude céleste du périhélie et le nombre de jours écoulés depuis le passage du soleil au périhélie ?

Nous l'étudions plus bas; mais que l'on sache que pour 1993 le soleil est passé au périhélie le 3 janvier vers 4 heures et que la longitude de ce même périhélie est d'environ $282^{\circ}82'$ on pourra déjà effectuer les calculs d'Equation du temps pour 1993.

On prendra dans un bon calendrier l'ordre du jour dans l'année on lui enlèvera 3 (car le 3 janvier) et l'on aura "n".

Par exemple :

Calculer l'Equation du temps pour le 1er juillet 1993 :

$$1/7 = 182 \quad n = 182 - 3 = 179$$

$$C = 461\text{s} \times \sin(0.9856 \times 179) = 28\text{s}77$$

$$R = - 592\text{s} \times \sin 2x(282.82 + 0.9856 \times 179) = + 187\text{s}70$$

$$E = C+R = 216\text{s} = 3\text{m}36\text{s} \quad (\text{Ephém.Astro} = 3\text{m}43\text{s})$$

Donc à Midi solaire à Greenwich la montre marquera :

$$\text{Midi} + 3\text{m}36\text{s} = 12\text{h}03\text{m}36\text{s}$$

A Nantes (Longitude = $6\text{m}12\text{s}$) et décalage horaire = + 2h

on lira sur nos montres : $12\text{h}03\text{m}36\text{s} + 2\text{h}06\text{m}12\text{s} = 14\text{h}09\text{m}48\text{s}$

A 14h09m48s le 1er juillet 1993, le Soleil passera au méridien de NANTES.

On peut contrôler (pourquoi pas ?) par la méthode que nous connaissons déjà en partant de nos tables :

$$\text{Heure pass. mérid. Greenwich} : (360 - \text{GHAo} - \text{kg}) / (15 + \text{g}) =$$

12h03m46s soit 10s de diff. avec les 12h03m36s de plus haut.

Nous avons trouvé là le moyen de nous passer de nos tables pour calculer l'heure du passage méridien du soleil.

CALCUL DE LA LONGITUDE DU PERIGEE ET DATE PASSAGE SOLEIL :

On part du 31 décembre 1900 à 0h (soit le 0 janvier 1901) où la longitude du périégée était : 281,235 et l'on applique un pas journalier de 0.0000469.

Il faut déterminer le nombre de jours écoulés depuis le 31/12/1900 soit N et l'on fera :

$$281.235 + 0.0000469 \times N$$

Calcul de N : On part de Jour, mois, année :

1) Retrancher 1901 de l'année considérée on obtient "A"

2) Faire : $A \times 365.25$

3) Ajouter le quantième du jour considéré

4) Selon le mois ajouter :

Janvier: 0	Avril: 90.25	Juillet: 181.25	Oct.: 273.25
------------	--------------	-----------------	--------------

Février: 31	Mai : 120.25	Aout : 212.25	Nov.: 304.25
-------------	--------------	---------------	--------------

Mars : 59.25	Juin : 151.25	Sept. : 243.25	Déc.: 334.25
--------------	---------------	----------------	--------------

5) Ne conserver que la partie entière

Exemple: Le 29 mars 1993 à 0h UT

1) $1993 - 1901 = 92$

2) $92 \times 365.25 = 33603$

3) Quantième du jour = 29

4) Mars = 59.25

N = 33691

Longitude céleste du périégée :

$$w = 281.235 + 0.0000469 \times 33691 = 282.815$$

c'est le résultat que l'on mettra dans la relation donnant "R".

Passage du soleil au périhélie :

Il est évident que lorsque le soleil passe au périhélie, sa longitude céleste est égale à la longitude céleste du périhélie.

Il nous va falloir chercher la longitude céleste du soleil.

On l'obtient comme celle du périhélie en partant du 31/12/1900 où elle valait 278.965. Elle augmente tous les jours de 0.985647342.

On va donc avec N déjà trouvé déterminer l'augmentation de la longitude du soleil depuis le 31/12/1900.

On trouvera un nombre duquel il faudra enlever un multiple de 360° pour avoir comme résultat un angle plus petit que 360°. Ce multiple de 360 est en principe : $A \times 360$.

Exemple : Longitude céleste du soleil le 3 janvier 1993 à 0h
 $N = (92 \times 365.25) + 3 + 0 = 33606$

Longit. = $278.965 + (0.985647342 \times 33606) = 33402.62958$
 desquels on enlèvera : (92×360) soit 33120 il restera donc
 Longit. soleil le 3/1/1993 = 282.62958

Pour avoir l'heure du passage du soleil au périhélie (on sait que le phénomène a lieu le 3 janvier 1993) on va chercher la longitude du périhélie le même jour :

Longit. périhélie : $281.235 + (0.0000469 \times 33606) = 282.811$

Le 3/1/1993 à 0h la différence de longitudes entre le soleil et le périhélie est de :

$$282.811 - 282.62958 = 0.18142$$

Or le soleil rattrape le périhélie de :

$0.985647342 - 0.0000469 = 0.9856$ par jour (0.041 par heure)
 pour rattraper 0.18142 qui lui reste à 0 h il lui faudra :
 $0.18142 / 0.041 = 4h42m49s = 4h25m$

Le soleil est donc passé au périhélie en 1993 le 3 janvier à 4h25m.

C'est cette date du 3/1/1993 à 4h25m que l'on prendra en considération pour trouver "t" = nombre de jours écoulés depuis le passage du soleil au périhélie.

EXERCICES DIVERS N° 121 à 130

- 121) Calculer la date et l'heure du passage du Soleil à l'apogée en 1993.
Calculer l'équation du temps pour ce jour.
Que vous inspire la valeur de "C", l'équation du centre?
- 122) Calculer l'Equation du temps E le 3/11/1993 et déterminer l'heure du passage du Soleil au méridien de Nantes.
Comparer avec le résultat trouvé en partant de la table.
- 123) Calculer E le 27/3/1993, heure passage méridien Nantes et comparer avec résultat table.
- 124) Le 12 avril 1993 à NANTES. Calculer l'heure locale du passage du Soleil au 1er vertical le matin ainsi que sa hauteur à cet instant. Que dire de l'Azimut ?
- 125) Le 21 juin 1993 à NANTES (47.2N/1.55W) : on demande de calculer pour le soleil, en heure locale :
- 1) l'heure du lever apparent du bord supérieur,
 - 2) l'azimut à cet instant,
 - 3) l'heure du passage au 1er vertical EST,
 - 4) l'azimut à cet instant (pour la forme !),
 - 5) la hauteur au passage du 1er vertical,
 - 6) l'heure du passage méridien,
 - 7) la hauteur à cet instant,
 - 8) l'heure du passage au 1er vertical OUEST,
 - 9) la hauteur à ce moment,
 - 10) l'heure du coucher apparent du bord supérieur,
 - 11) l'azimut lors de ce coucher,
 - 12) la durée de visibilité du soleil (lever au coucher)
 - 13) la durée de la nuit (coucher au lever)
- 126) On fera les mêmes calculs pour le 21 décembre 1993, on comparera les résultats avec ceux de l'exercice N°125, on y réfléchira et l'on en tirera tous enseignements utiles.
- 127) A Nantes, l'étoile DUBHE, a Gde Ourse, on calculera :
- 1) son angle horaire à sa digression maximum,
 - 2) son azimut, Est et Ouest à ce moment
 - 3) sa hauteur à chacun de ces instants.
- 128) Le 20 mai 1993 à DAKAR (14°34'N/17°29'W). Calculer pour le SOLEIL tous les éléments demandés dans l'exercice N°127
- 129) Le 21 avril 1993 à DAKAR. Mêmes questions que N°125. Pour le SOLEIL.
- 130) Le 13 août 1993 à DAKAR. Même exercice que 125 ou 127 Pour le SOLEIL. (on traitera celui qui s'impose!)

(Comparer les résultats de ces 3 derniers exercices et y réfléchir longuement !!!)

CORRIGES DES EXERCICES 121 à 130

121) Il s'agit du passage à l'APOGEE et non au périgée.

$$\text{Longitude de l'apogée} = 282^{\circ},82 + 180^{\circ} = 102,82$$

$$N = (92 \times 365,25) + 4 + 181,25 = 33788$$

$$\lambda (\text{Long. Soleil}) = 278,965 + (0,985647342 \times 33788) = 102,017$$

$$\text{Long. apogée} - \text{Long. soleil} = 102,82 - 102,017 = 0,803 \text{ à } 0\text{h}00$$

le 4/7/93

$$\text{Passage} = 0,803/0,9856 = 0,814732 \text{ jour soit } (\times 24\text{H}) : 19\text{h}33\text{m}$$

Calcul de l'équation du temps :

Le 4 juillet 1993 à 19h33m, $n = 182,63$

$$C = 461 \times \sin (0,9856 \times 182,63) = 0,0010 \text{ s} = 0$$

$$R = -592 \times \sin 2 \times (282,815 + 0,9856 \times 182,63) = 256 \text{ sec.} \\ = 4\text{m } 16\text{s}$$

$$E = C + R = 0 + 4\text{m } 16\text{s} = 4\text{m } 16\text{s}$$

Remarque : Lors du passage à l'apogée, l'équation du centre s'annule, ce qui confirme la théorie.

122) Le 3/11/1993 $n = 307 - 3 = 304 \text{ j}$

$$C = 461 \times \sin (0,9856 \times 304) = - 400,75$$

$$R = -592 \times \sin 2 \times (282,82 + 0,9856 \times 304) = - 589,64$$

$$E = C + R = - 990,4 \text{ sec.} = - 16\text{m } 30\text{s}$$

Heure passage Nantes : $12\text{h}00 + 0\text{h}06\text{m}12\text{s} - 0\text{h}16\text{m}30\text{s} + 1\text{h} = 12\text{h}49\text{m}42\text{s}$

Par la Table : Hre passage Greenwich = $11\text{h}43\text{m}33\text{s}$
+ longitude Nantes = + $6\text{m}12\text{s}$

Hre pass. Nantes = $12\text{h}49\text{m}45\text{s}$

La différence n'est pas très grande entre les deux procédés.

123) 27/3/1993 $n = 86 - 3 = 83$

$$C = 429,29 \text{ sec.} \quad R = - 95,15 \text{ sec.} \quad E = 361 \text{ s.} = + 6\text{m } 01\text{s}$$

Passage Nantes = $12\text{h}00 + 1\text{h} + 0\text{h}06\text{m}01\text{s} + 0\text{h}06\text{m}12\text{s} = 13\text{h}12\text{m}13\text{s}$

Par la Table = $13\text{h}11\text{m}18\text{s}$

124) Le 12/4/1993 Nantes

$$\text{a) Passage méridien} = 12\text{h } 00\text{m } 45\text{s} \quad D = 8^{\circ},78$$

$$\text{Longit. Nantes} = 6\text{m } 12\text{s}$$

$$\text{Heure d'été} + 2\text{h}$$

Heure passage à Nantes : $14\text{h } 06\text{m } 58\text{s}$

b) AH au moment du passage au 1er vertical :

$$\cos AH = \tan D / \tan L = 81^{\circ},7741 = 5\text{h}27\text{m}06\text{s}$$

Astre à l'Est d'où $AH = 360 - 81,7741 = 278,226$

Heure passage 1er vertical : 12h 06m 58s
 - 5h 27m 06s

 6h 39m 52s (UT)
 8h 39m 52s (Loc)

$L = 47,2$ $D = 8,78$ $AH = 278,226$ Hauteur = 12,01
 L'azimut est Est naturellement ! Passage au 1er vertical.

125) 21/6/1993 à Nantes $L=47,2$ $G=-1,55$

Passage méridien à Nantes : 12h07m33s UT = 14h07m33s Loc

$D = 23^{\circ},44$ AH lever apparent = 119,565 = 7h58m16s

Heure lever = 6h09m17s Loc Heure coucher = 22h05m49s Loc

Az. lever = 53,0 Az. coucher = 307,0

Passage 1er vertical:

	matin	soir
AH	293,671	66,329
	(- 4h25m19s)	(+ 4h25m19s)
Heure pass. 1er Vert.	9h42m14s	18h32m52s
Z	90° bien sûr	270° aussi
Hauteur à ce moment :	32°,83	32°,83

Hauteur méridienne : 66°,24 $H = D + (90 - L)$

Durée du jour = 2 x AH lever = 15h56m31s

Durée nuit = 24h - (2xAH) = 8h03m29s

126) 21/12/1993 à Nantes $D = - 23,44$

1) 7h49m UT : 8h49m Loc

2) 124,7

3) 4h29m39s UT : 5h29m39s Loc

4) 90°

5) - 32°,8

6) 12h04m20s UT : 13h04m20s Loc

7) 19,36

8) 19h39m01s UT : 20h39m Loc

9) - 32°,8

10) 16h19m UT : 17h19m Loc

11) 235,3

12) 8h30m

13) 15h30m

On peut tirer de nombreux enseignements en comparant les divers phénomènes qui se passent à six mois d'intervalle .

127) DUBHE Nantes : $L = 47,2$ $D = 61,8$

1) AH Est = 305,4	AH Ouest = 54,6
2) Z Est = 44,1	Z Ouest = 315,9
3) H Est = 56,37	H Ouest = 56,37

Passages méridiens :

a) Méridien supérieur $\implies H = (90 - L) + D$
 $H = 42,8 + 61,8 = 104,6$ soit
 $(180^\circ - 104,6) = 75,4$

Comme $D > L$ passage face au Nord.

b) Méridien inférieur $\implies H = L - (90 - D)$
 Ce qui se produit si $(90 - D) > L$
 $H = 47,2 - 28,2 = 19,0$

128) SOLEIL DAKAR $L = 14^\circ 34' N / G = 17^\circ 29' W$
 20/5/1993 $D > L$ Passage face au Nord

1) AH Est = 315,43	AH Ouest = 44,57
2) Z Est = 76,1	Z Ouest = 283,9
3) H Est = 47,22	H Ouest = 47,22

H méridien = 95,47 soit $(180 - 95,47) = 84,53$ face au Nord

129) SOLEIL DAKAR 21/4/93 $D = 11,96 N$
 Le SOLEIL passe au 1er vertical à cette date!

1) 6h52m UT	2) 77,4	3) 10h46m57s UT
4) 90°	5) 55,46	6) 13h08m37s UT
7) 87,39	8) 15h30m17m UT	9) 55,46
10) 19h25m UT	11) 282,6	12) 12h33m UT
13) 11h27m UT		

130) SOLEIL DAKAR 13/8/93 $D = 14,58$
 D est à peine $> L$, il n'y a pas de passage au 1er vertical mais passage au zénith. (H mér. = 90°)

Toutes les heures sont des heures UT

1) 6h55m	2) 74,7	3) Non applicable	4) N.A.	5) N.A.
6) 13h14m44s	7) 90° (au zénith)		8) N.A.	9) N.A.
10) 19h34m	11) 285,3	12) 12h39m	13) 11h21m	

Réflexions :

Dans l'exercice N°128, le Soleil a une déclinaison plus élevée que la Latitude du lieu d'observation, on se trouve dans le cas de DUBHE à NANTES (Exerc. 127) avec passage au Nord (le pôle élevé) à Midi solaire : lever entre Est et Nord et coucher entre Ouest et Nord. L'astre ne passera pas au premier vertical. Il aura une digression maximale au moment où il se rapprochera le plus du premier vertical.

Dans le cas présent $76^{\circ},1$ du Nord, soit $90 - 76,1 = 13^{\circ},9$ de l'Est ou de l'Ouest.

Vous pourriez vous amuser à calculer H et Z du soleil toutes les heures depuis l'instant de son lever jusqu'à celui de son passage méridien pour avoir une idée de son mouvement et de sa trajectoire dans le ciel sénégalais ce jour-là.

Exercice N° 129, ici la déclinaison du soleil est plus petite que la latitude, pas de beaucoup, mais il aura le même mouvement dans le ciel que chez nous en été, et il passera au 1er vertical.

Exercice N° 130: Ici la déclinaison est presque égale à la Latitude, le soleil culmine au zénith à midi, il ne passera pas au 1er vertical, mais il va le tangenter à midi. Toute la journée il aura un azimut entre 0° et 90° le matin, puis entre 270° et 360° le soir. On saute brutalement de $Z = 90^{\circ}$ à $Z = 270^{\circ}$ lors du passage méridien.

Dans le cas présent, la digression maximale aura lieu lorsque $AH = 357,12$ le matin et $2,88$ le soir, c'est à dire : $2^{\circ},88 \times 4 = 11$ minutes 52 avant midi et 11 minutes 52 après midi. A ce moment, $Z = 89,3$ et $270,7$ pour une hauteur de $87,2$.

Vous voyez que tout cela demande réflexion !!

DIX-HUITIEME LECONDETERMINATION DE LA DATE DE PÂQUES

Par définition Pâques tombe le dimanche après la Pleine Lune de printemps.

La PL étant mobile par rapport à l'équinoxe liée au soleil, la fête de Pâques sera une fête "mobile".

Le problème consiste à déterminer la date de la PL de printemps, puis à trouver quel jour de la semaine a lieu cette Pleine Lune afin de connaître la date de Pâques qui sera le dimanche suivant.

En 1993, année de la rédaction de cet exposé, la PL de printemps (encore appelée "Lune Pascale") a lieu le 6 avril qui est un mardi; le dimanche suivant est le 11 avril, jour de Pâques.

En corollaire de la définition même de la date de Pâques, la semaine qui précède cette fête, la Semaine Sainte des chrétiens, contient toujours une PL, et donc aussi une grande marée.

De là, également, tous les dictons météorologiques concernant les Rameaux (le dimanche avant Pâques), la Semaine Sainte et Pâques qui sont automatiquement liés à la lune.

Ceci étant, il faut pouvoir déterminer la date de la Pleine Lune et sa position dans les jours de la semaine.

La PL de printemps est celle qui tombe le jour de l'équinoxe, ou immédiatement APRES le 21 mars de chaque année, soit après le 80ème jour de l'année.

On obtient la date de la PL en partant de l'EPACTE qui est "l'âge" de la lune au 31 décembre de l'année précédente. (L'âge est le nombre de jours écoulés depuis la Nlle Lune).

L'EPACTE se déduit du NOMBRE D'OR de l'année.

Le jour de la semaine où tombe la PL de printemps découle de la LETTRE DOMINICALE.

EPACTE et LETTRE DOMINICALE figurent (avec le NOMBRE D'OR d'ailleurs) sous le 28 février sur tous les bons calendriers. Entre Janvier et Mars il y a un petit vide sous le dernier jour de Février que les fabricants de calendriers utilisent pour noter les éléments astronomiques de l'année.

Pour 1993 par exemple :

Nombre d'or = 18 / Epacte = 6 / Lettre dominicale = C

(A : 1, B : 2, C : 3 etc... le 1er dimanche de l'année tombe le 3 janvier.

Voici comment opérer en partant de ces éléments :

1993 :

EPACTE = âge de la lune le 31/12/92 = 6 jours.

La PL a lieu le 14ème jour de la lune, donc $14 - 6 = 8$ soit le 8 janvier 1993.

Les PL suivantes se succéderont tous les 29,5 jours soit :

$8/1 + 29 = 37$ =====> 6 février

$37 + 30 = 67$ =====> 8 mars (avant l'équinoxe)

$67 + 29 = 96$ =====> 6 avril (après l'équinoxe),

c'est la Lune Pascale.

Pâques tomba en 1993 le dimanche qui suivit le 6 avril, c'est à dire qui suivit le 96ème jour de l'année.

Lettre dominicale = C, le 3/1/93 est un dimanche, le 3ème jour de l'année; puis les dimanches se suivront dans l'ordre, de 7 en 7 jours :

10,17,24,31,38,45,52,59,66,73,80,87,94,101,...

Le 101ème jour de l'année est le dimanche qui suit le 96ème jour.

C'est le 11 avril 1993 !

" Tout ceci est bien joli, me direz-vous, mais si j'ai en main un calendrier sur lequel figurent épacte et lettre dominicale, je pourrai y trouver aisément la date de Pâques qui ne manquera pas d'y figurer."

Exact !! Mais du moins vous constaterez que le procédé que j'expose est rigoureux, et si vous aviez le moyen de connaître ces deux éléments pour n'importe quelle année, vous pourriez calculer la date de Pâques ces années-là.

C'est ce que nous allons tenter de faire ensemble : voir comment on trouve l'épacte, clé de la Lune ainsi que la lettre dominicale.

L'EPACTE découle du nombre d'or.

Le NOMBRE D'OR est le rang de l'année dans le Cycle de METON, cycle de 19 ans contenant exactement 235 lunaisons :

19 ans x 365,2422 jours moyens = 6939, 60 jours moyens

235 lunaisons x 29,5306 jours m = 6939, 69 jours moyens

Tous les 19 ans les lunaisons se retrouvent aux mêmes dates de l'année solaire; ainsi en 1974 la Lune Pascale tombait le 6 avril comme en 1993 et comme elle tombera en 2012.

Pour trouver le NOMBRE D'OR on divise l'année augmentée d'une unité, par 19. Le reste de la division est le NOMBRE D'OR.

Exemple : $(1993 + 1) / 19 = (104 \times 19) + 18$

d'où, NOMBRE D'OR pour 1993 = 18

pour 1994 = 19

pour 1995 = 1

pour 1996 = 2 etc...

Les EPACTES correspondent aux NOMBRES D'OR et se suivent de 11 en 11 en restant toujours < 30 comme ci-dessous :

NO : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Ep : 29 10 21 2 13 24 5 16 27 8 19 0 11 22 3 14 25 6 17

(on ajoute toujours 12 à la dernière épacte du cycle pour tenir compte d'une petite décimale délaissée : $17 + 12 = 29$) et le cycle de METON recommence.

Pour trouver la LETTRE DOMINICALE ou la position du 1er dimanche de l'année, on se sert du JOUR JULIEN.

Les jours juliens se comptent depuis le 1er Janvier de l'année -4712 (4713 avant J.C. car il n'y a pas eu d'année

zéro) Nous en sommes le 1er janvier 1993 à Midi au Jour julien 2448989. Le J.J. est le meilleur moyen pour calculer la différence entre deux dates.

Depuis la création du monde les jours de la semaine se sont suivis sans interruption et ce, malgré les civilisations et les calendriers les plus divers : juif, julien, musulman, grégorien etc...(sauf républicain qui avait supprimé la semaine, mais il a vécu !!). La semaine est la seule unité commune à tous ces calendriers : les chrétiens orthodoxes utilisent encore le calendrier julien et ont donc une date décalée par rapport à tout le monde, mais leurs jours de la semaine correspondent avec ceux des autres !

Tous les sept jours, la semaine se reproduit pareille à elle-même.

En divisant le jour julien par 7, le reste correspondra à un jour précis de la semaine.

Dividende / diviseur = quotient + reste

Si reste = 0 jour = Lundi

1 = Mardi

2 = Mercredi, 3 = jeudi, 4 = vendredi

5 = samedi, 6 = dimanche

Le calcul du jour julien est fastidieux !

Mais comme seule nous intéresse une période se situant autour de cette fin de siècle, on peut simplifier le problème.

De plus, dans le cas présent il nous suffit de trouver le 1er dimanche de l'année ou mieux, quel jour tombe le 1er janvier d'une année considérée.

Voici une méthode simple :

Le 1/1/1990 à midi, Jour julien = 2447893

$2447893 / 7 = 349699 + 0$, c'est un lundi.

Pour trouver le jour julien correspondant au 1/1/1991 il suffit d'ajouter 365 J à 2447893 on obtient : 2448258 et ainsi de suite tous les ans, sauf entre année bissextile et suivante où on ajoutera 366 J.

Pour trouver le reste de la division par 7 on fait :

1991 : $2448258 / 7 = 349751, 1429$

0, $1429 \times 7 = 1 \implies$ mardi

1992 : + 365

 $2448623 / 7 = 349803, 2857$

0, $2857 \times 7 = 2 \implies$ mercredi

1993 : + 366

 $2448989 / 7 = 349855, 5714$

0, $5714 \times 7 = 4 \implies$ vendredi

etc ...

Connaissant quel jour tombe le 1er janvier on trouve aisément la date du 1er dimanche de l'année, puis des dimanches suivants de 7 en 7 jours.

Exemple 1993 : 1 janvier = vendredi, le 1er dimanche était le 3 janvier. Ce que nous avait déjà appris la lettre dominicale : C

A titre d'exemple nous allons chercher quel jour tombe Pâques en 1994. (Il y a une petite subtilité!)

1/1/1994 : Jour julien = 2449354

Divisons par 7 = 349907,7143 ; $0,7143 \times 7 = 5$ soit samedi

Le 1er dimanche de 1994 est le 2 janvier (Lettre dom. = B)

Nombre d'or = $(1994 + 1)/19 = 105,000$

C'est un compte rond, le reste de la division est zéro et le nombre d'or = 0 (on dit 19 car le zéro n'existe pas dans les nombres d'or)

Au N.O. 19 correspond une Epacte de 17 (voir table ci-dessus)

Âge de la lune le 31/12/1993 = 17 jours.

La Pleine Lune est passée, elle était le 28/12/93 au 14ème jour de son âge.

La prochaine PL aura lieu 30 jours après le 28/12 ou si l'on veut $(30 - 17) + 14$ jours après le 31/12 soit le 27 janvier 1994.

Suite des PL en 1994 : 27ème jour, 57ème jour, 86ème jour
 27/1 26/2 27/3

Suite des dimanches : 2,9,16,23,30,37,44,51,58,65,72,79,86, 93
 27/3 3/4

La lune pascalle tombe le 27 mars 1994 qui est un dimanche, on pourrait penser que ce jour sera le jour de Pâques; non, car Pâques est le dimanche APRES la PL de printemps donc le 3 avril.

On peut trouver de rares divergences entre le résultat du calcul ci-dessus et la réelle date de Pâques, car la lune liturgique n'est pas toujours en accord avec la lune astronomique.

Les lunaisons liturgiques sont alternativement de 29 et de 30 jours (29 jours = mois pairs et 30 jours mois impairs) ceci amène un petit décalage certains mois avec la lune vraie.

De nombreux astronomes et mathématiciens ont tenté d'établir des formules permettant de trouver mathématiquement la date de Pâques.

Voici la formule de GAUSS :

$$\begin{array}{l} \text{Pâques} = 22 + d + e \text{ mars} \\ \text{ou} \quad \quad \quad d + e - 9 \text{ avril} \end{array}$$

a = reste de la division de l'année proposée par 19

b = reste de la division de l'année proposée par 4

c = reste de la division de l'année proposée par 7

d = reste de la division de $(19a + 24)$ par 30

e = reste de la division de $(2b + 4c + 6d + 5)$ par 7

(Formule valable jusqu'en 2100)

Exemple 1993 : a = 17, b = 1, c = 5, d = 17, e = 3

Pâques = $d + e - 9 = 17 + 3 - 9 = 11$ avril (CQFD)

EXERCICES DIVERS N° 131 à 140

- 131) Le 22/8/1993 à AGEN, $L = 44^{\circ}12'N$, $G = 0^{\circ}38'E$ à 16h03m15s UT. Calculer AH, D, H et Z du SOLEIL.
- 132) Le 29/5/1995 à NANTES $L = 47^{\circ}12'N$, $G = 1^{\circ}33'W$ à 10h42m07s UT. Calculer AH, D, H et Z du SOLEIL.
- 133) Le 1/6/1998 à NANTES (L & G voir ci-dessus). Calculer les heures du passage méridien, des lever et coucher apparents du SOLEIL, ainsi que les azimuts aux lever et coucher.
- 134) Le 4/7/1993 à NANTES, à 2h12m0s UT. Calculer AV, AH, D, H et Z de la LUNE.
- 135) Le 20/4/1993 à NANTES, à 22h14m23s UT. Calculer le temps sidéral (TS) ainsi que AV, AH, D, H et Z de JUPITER.
- 136) Le 15/5/1993 à NANTES. Calculer les heures de passage méridien, de lever et coucher de MARS. On cherchera la hauteur au moment du passage méridien.
- 137) Le 5/12/1993 à NANTES, pour l'étoile SIRIUS du Grand Chien, on calculera la hauteur et l'azimut aux heures UT suivantes : 21h55m, 22h55m, 23h55m. Puis on continuera pour le 6/12 aux heures UT : 0h55m, 1h55m, 2h55m, 3h55m, 4h55m et 5h55m.
Faire un graphique où l'on prendra $10^{\circ} = 1 \text{ cm}$. On portera Z en abscisse de 120° à 240° et H en ordonnée. On obtiendra ainsi pour chaque heure la position de SIRIUS dans le ciel nantais depuis son lever jusqu'à son coucher (De 21h30m à 6h20m environ).
- 138) Le 1/2/1994 à NANTES, l'étoile CAPELLA du Cocher. On calculera l'heure du passage au méridien supérieur et la hauteur à ce moment.
Si $D > 90^{\circ} - L$ l'étoile ne se couche pas! On calculera alors l'heure du passage au méridien inférieur ainsi que la hauteur à ce moment. Quel sera son azimut?
Calculez H et Z toutes les deux heures depuis 8h37m le 1/2 jusqu'à 20h35m.
Déterminez l'heure et la hauteur au passage du 1er méridien Est.

- 139) Le 1/2/1994 à FOURAS (La Pointe face à l'Ile d'Aix)
L = $45^{\circ}59'4N$ G = $1^{\circ}05'W$. Calculer l'heure du passage
méridien de CAPELLA et sa hauteur à cet instant.
On calculera également l'heure et la hauteur au passage
méridien inférieur.
Calculer H et Z toutes les deux heures depuis 10h35m
jusqu'à 19h35m, puis pour 20h00m, 20h15m, 20h30m,
20h31m, 32m, 33m, 34m, 35m.
Calculer l'heure et la hauteur à la digression
maximale.
Tirer des calculs précédents tous les enseignements et
conclusions qui s'imposent.
- 140) Le 1/2/1994 à TOULOUSE L = $43^{\circ}37'N$ G = $1^{\circ}27'E$.
Calculer l'heure du passage méridien et la hauteur de
CAPELLA. (Attention à la direction dans laquelle on
voit cette étoile à TOULOUSE lors du passage méridien
supérieur!!!). On calculera l'heure de son lever et
celle de son coucher également.

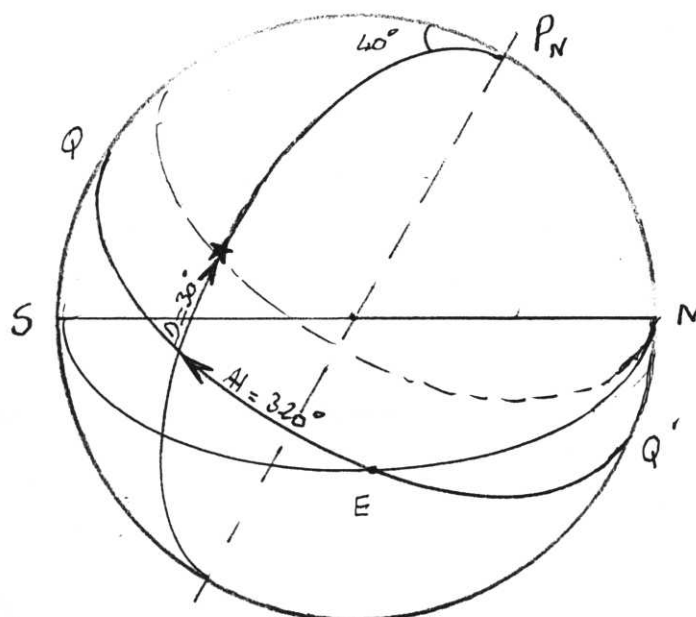
CORRIGES DES EXERCICES 131 à 140

- 131) AGEN, 22/8/93, SOLEIL : AH = 60,75 D = 11,63 H = 28,92
Z = 257,5
- 132) NANTES, 29/5/95, SOLEIL : AH = 339,66 D = 21,57
H = 59,57 Z = 140,3
- 133) NANTES, 1/6/98, SOLEIL : Passage : 12h03m55s
Lever apparent : 4h13m UT Z = 55,2
Coucher apparent : 19h54m UT Z = 304,8
- 134) NANTES, 4/7/93, LUNE : AV = 75,8 AH = 29,35
D = -20,02 H = 17,77 Z = 208,9
- 135) NANTES, 20/4/93, JUPITER : TS = 181,05 AV = 172,79
AH = 353,84 D = -1,4 H = 41,1 Z = 171,8
- 136) NANTES, 15/5/93, MARS : Heure passage : 17h19m21s UT
Hre lever : 9h48m28s UT le 15
Hre coucher : 0h50m14s UT le 16
Hauteur méridienne : 62°,5
Si on fait $T = AH/15,041$ on a : lever 9h49m42s et coucher 0h49m00s
- 137) NANTES, 5 & 6/12/93, SIRIUS : 21h55m 6,97/123,9 -
22h55 14,78/136,3 - 23h55m 20,95/150,1 - 0h55m
24,83/165 - 1h55m 26,1/180 - 2h55m 24,51/196,8 - 3h55m
20,30/211,7 - 4h55m 13,96/225,2 - 5h55m 5,98/237,4
- 138) NANTES, 1/2/94, CAPELLA : Hre passage sup. 20h35m11s
le 1/2 et Hauteur méridienne = 88,8.
 $D > 90 - L$ (46 > 42,8) donc l'étoile ne se couche pas
à NANTES.
Passage méridien inférieur : 8h33m le 2/2/94 H = 3,19
et Z = 360° car passage au Nord! ($H = D - (90 - L)$)
8h37 : 3,19/360 - 10h37 : 6,84/20,5 - 12h37 :
17,01/39,1 - 14h36 : 31,83/54,9 - 16h36 : 49,82/68,8 -
18h35m : 69,39/82,2 - 20h35 : 88,79/178,5
Passage 1er vertical à 19h29m où AH = 343,4 et H = 78,6
- 139) FOURAS, 1/2/94, CAPELLA : Passage sup. 20h33m19s UT
Hauteur au passage supérieur : 90° (Astre au Zénith!)
Pass. mér. infér. = 8h35m16s6 H = 1,98 Z = Nord
10h35 : 5,7/20,4 - 12h35 : 16,06/38,8 - 14h34 :
31,11/54,2 - 16h34 : 49,35/67,5 - 18h34 : 69,34/79,1 -
19h33 : 79,51/84,5 - 20h00 : 84,2/87 - 20h15 :
86,81/88,3 - 20h30 : 89,42/89,7 - 20h31 : 89,6/89,8 -
20h32 : 89,77/89,9 - 20h33 : 89,94/90 - 20h33m19s :
90/* - 20h34 : 89,88/270,1 - 20h35 : 89,71/270,2 etc...
Digression max. au passage au Zénith!
- 140) TOULOUSE, 1/2/94, CAPELLA : Passage : 20h23m11s UT le
1/2; on observera face au NORD Hauteur mérid. 87,6
AH Lever/coucher : 11h22m06s
Hre lever : 9h01m05s UT le 1/2 - Hre coucher :
7h45m17s UT le 2/2

CORRIGES DES PROBLEMES

141)

a)



$$b) \sin H = \sin L \cdot \sin D + \cos L \cdot \cos D \cdot \cos A_{Hag}$$

$$H = 49^{\circ},882 = 49^{\circ}52',9$$

$$\cos Z = \frac{\sin D - \sin L \cdot \sin H}{\cos L \cdot \cos H}$$

$$Z = 120^{\circ},2$$

$$c) \text{ Lors du passage m\u00e9ridien : } H = (90^{\circ} - L) + D$$

$$H = (90^{\circ} - 60^{\circ}) + 30^{\circ} = 60^{\circ}$$

d) L'azimut au lever ou coucher vrai est donn\u00e9 par la relation :

$$\cos Z = \frac{\sin D}{\cos L}$$

(on a fait $H = 0^{\circ}$ dans la formule donnant $\cos Z$ ci-dessus)

d'o\u00f9 $\cos Z = \sin 60 / \cos 30 = 1$ et $Z = 0^{\circ}$ (Nord!)

comme $|D| = 90^{\circ} - |L|$ l'astre tangentera l'horizon au Nord

142)

La connaissance des heures de passages aux points remarquables du trajet diurne de l'étoile va permettre de calculer, par différence, les angles au pôle au lever et au 1er vertical (l'angle au pôle au passage méridien = 0).

Désignons par A1, A2 & A3 les heures de lever, passage au 1er vertical et au méridien supérieur :

L'angle au pôle au lever sera :

$$P1 = A3 - A1 = 9h - 1h = 8h00 = 120^\circ$$

L'angle au pôle au passage du 1er vertical sera :

$$P2 = A3 - A2 = 9h - 5h = 4h00 = 60^\circ$$

Or nous savons que l'angle au pôle au lever vrai d'un astre est donné par la relation :

$$\cos P1 = - \operatorname{tg} L \cdot \operatorname{tg} D$$

et celui de son passage au 1er vertical par :

$$\cos P2 = \frac{\operatorname{tg} D}{\operatorname{tg} L}$$

Réolvons :

Déclinaison de l'astre :

$$\begin{aligned} \cos P1 \times \cos P2 &= - (\operatorname{tg} D)^2 \\ - (\operatorname{tg} D)^2 &= \cos 120 \times \cos 60 = - 0,25 \\ \operatorname{tg} D &= \sqrt{0,25} = 0,5 \\ D &= 26^\circ 525 = 26^\circ 33',9 \text{ N} \end{aligned}$$

Latitude de l'observateur :

$$\begin{aligned} \frac{\cos P1}{\cos P2} &= - (\operatorname{tg} L)^2 = \frac{\cos 120}{\cos 60} = - 1 \\ \operatorname{tg} L &= 1 \\ L &= 45^\circ \text{ N} \end{aligned}$$

Azimut au lever vrai :

$$\begin{aligned} \cos Z &= \frac{\sin D}{\cos L} \\ Z &= 50^\circ,768 \end{aligned}$$

Hauteur passage 1er vertical :

$$\begin{aligned} \sin H &= \frac{\sin D}{\sin L} \\ H &= 39^\circ,231 \\ &= (39^\circ 13',9) \end{aligned}$$

Hauteur passage méridien supérieur :

$$\begin{aligned} H &= (90^\circ - L) + D \\ H &= 45 + 26^\circ 33',9 = 71^\circ 33',9 \end{aligned}$$

143)

a)

A l'instant de la nouvelle lune, les angles horaires du soleil et de la lune sont égaux.

La révolution synodique de la lune (celle qui la ramène en conjonction avec le soleil, c'est à dire d'une nouvelle lune à la nouvelle lune suivante) est de 29j5306. Notre satellite naturel parcourt donc par rapport au soleil 360° en 29 jours 5306 soit : $360/29,5306 = 12^\circ,19$ par jour.

La lune perd $12^\circ,19$ tous les jours sur la soleil car elle se déplace par rapport à celui-ci dans le sens des angles horaires décroissants (de l'ouest vers l'est).

Au bord de la mer on remarque bien ce phénomène car les marées retardent en moyenne de $12^\circ,19 \times 4 \text{ min} = 48 \text{ min } 3/4$ chaque jour sur le précédent.

La différence d'angle horaire Soleil - Lune est dans le présent exercice de :

$$AH_{vo} - AH_{ao} = 180^\circ 50',9 (+360^\circ) - 289^\circ 05',3 = 251^\circ,76$$

Donc depuis la nouvelle lune où cette différence était nulle, il s'est écoulé :

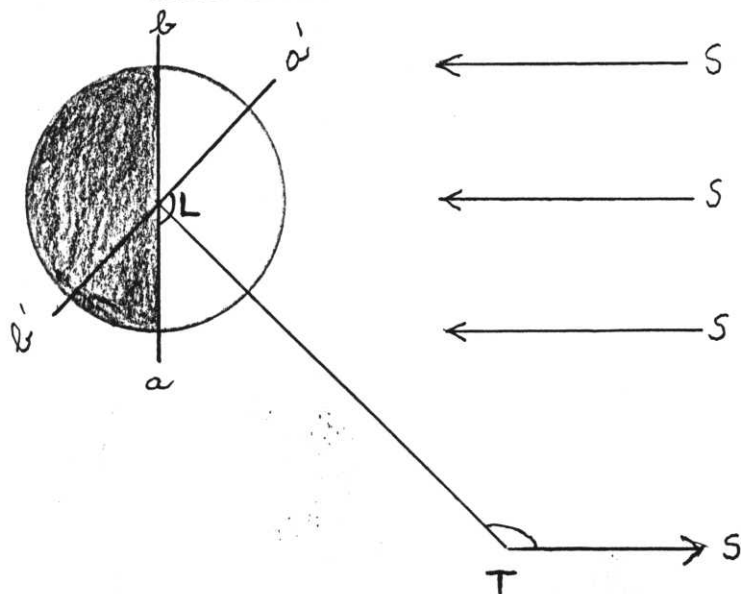
$$251,76/12,19 = 20 \text{ j } 653$$

L'âge de la lune est donc 20,653 jours ou

20j15h40m

2)

L'étendue en degrés du fuseau lunaire visible par un observateur géocentrique est égal à "l'angle à la terre", c'est à dire à l'angle sous lequel depuis le centre de la terre on verrait les directions Lune/Soleil.

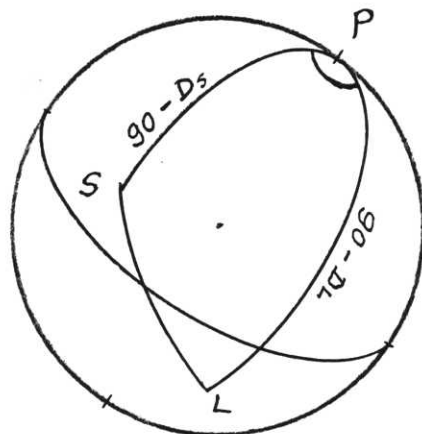


Hémisphère éclairé de la lune = ba'a
Hémisphère visible depuis la terre = a'ab'.

De la terre on ne pourra voir que la partie éclairée de a'ab', soit aa' commune aux deux hémisphères.

L'angle $aLa' = \widehat{LTS}$ (angles à côtés perpendiculaires).

Représentons sur la sphère céleste les positions du soleil et de la lune. La distance angulaire SL représente l'arc Soleil/Lune vu depuis la terre. Il faut résoudre le triangle PSL pour obtenir la valeur du côté SL.



$$PS = 90 - D_s, PL = 90 - D_l \text{ et l'angle } P = 251^{\circ},76 \\ (\text{ou } 360 - 251,76 = 108^{\circ},24)$$

$$\cos SL = \sin D_s \cdot \sin D_l + \cos D_s \cdot \cos D_l \cdot \cos P$$

$$D_s = +16^{\circ}24',3 \quad ; \quad D_l = -18^{\circ}13',6 \quad ; \quad P = 108^{\circ}14',4$$

$$SL = 111^{\circ},933 = 111^{\circ}56'$$

Le fuseau lunaire visible a une étendue approximative de 112° .

144)

- 1) Au passage méridien supérieur $AH = 0^{\circ}$
 et comme $AH = TS - AR$ (ou bien $TS + AV$ que l'on connaît, mais $AR = 360 - AV$)
 on a : $AR = TS - AH$
 $AR = 14h01m42s$

Le passage au méridien inférieur aura lieu lorsque l'étoile aura parcouru 180° dans le ciel à raison de $15^{\circ},041$ par heure, soit :

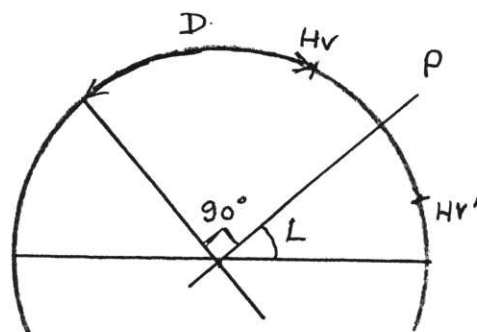
$$\frac{180}{15,041} = 11h96729 \text{ après le passage supérieur.}$$

$$\begin{array}{rcl} & 11h58m02s & - & - & - & - \\ + & 14h12m18s & & \text{(Hre pass. mér. sup.)} & & \\ \hline & 26h10m20s & & \text{jour "J"} & & \\ - & 24h & & \text{(+ 1 jour)} & & \\ \hline & 2h10m20s & & \text{jour "J + 1"} & & \end{array}$$

- 2) La latitude est égale à la moyenne des hauteurs aux deux passages, supérieur et inférieur.

$$L = \frac{H_v + H_v'}{2} = 39^{\circ},255 = 39^{\circ}15'18" \text{ N}$$

$$D = 90 + L - H_v = 66^{\circ},8517 = 66^{\circ}51'06" \text{ N}$$



$$3) \cos P = -\operatorname{tg} L \cdot \operatorname{tg} D_s = -0,27687$$

(Attention à prendre D soleil : $18^{\circ}43'N$ et non D trouvée en 2) pour l'étoile.)

$P = 106^{\circ}0732$ et comme il s'agit du lever $AH_vg = 360^{\circ} - P$
d'où : $AH_vg = 253,927$

$$4) AH_{vo} = T_{co} + E_c \quad (T_{co} = UT)$$

$$AH_{vo} = 14h12m18s + 12h03m43s = 26h16m01s = 2h16m01s \quad J+1$$

soit $34^{\circ},004$

$$\text{or} \quad AH_{vo} = AH_{vg} + G$$

$$\text{d'où} \quad G = AH_{vo} - AH_{vg} = 34^{\circ},004 (+360^{\circ}) - 253,927$$

$$G = +140^{\circ},077$$

$$\text{Longitude} = 140^{\circ}04',6 \text{ W} \quad (\text{W car } G \text{ est } +)$$

5) Angle horaire au passage au 1er vertical est donné par :

$$\cos P = \frac{\operatorname{tg} D}{\operatorname{tg} L} = 0,4146$$

$$AH = 360^{\circ} - P \quad (\text{car 1er vertical EST}) = 294,494$$

or au lever où AH était égal à $253,927$ il était $14h12m18s$,
donc il passera au 1er vertical Est à :

$$\text{Heure lever} + \frac{AH(1er \text{ vert}) - AH(\text{lever})}{15^{\circ}}$$

$$14h12m18s + \frac{294,494 - 253,927}{15}$$

$$14h12m18s + 2h42m16s = 16h54m34s = UT'$$

Ouvrages du même auteur

édités par la Sté d'Astronomie de Nantes

Prix

- Les cadrans solaires	****
- Diagramme solaire	***
- Astronomie de position (Complément indispensable au présent ouvrage)	§§
- Le phénomène des marées	**
- Le système de Ptolémée	**
- Histoire de la navigation astronomique	***
- Propos sur la cartographie	**
- Réfraction astronomique	**
- Le système de Kepler	****

 Prix : ** 10 F

*** 12 F

§§ 40 F

**** 15 F

PROBLEMES DE COSMOGRAPHIE

145) Sur un navire en mer, au point de coordonnées géographiques $L = 48^{\circ}52' S$, $G = 123^{\circ}15' W$, à l'heure sidérale $AH_{so} = 143^{\circ}41'2$, les coordonnées horizontales du soleil sont $H = 33^{\circ}45'6$ et $Z = 290^{\circ},5$.

1) Représenter la sphère locale.

2) Déterminer les coordonnées équatoriales du Soleil.

3) Déterminer l'azimut du Soleil à son coucher en adoptant pour sa déclinaison celle qui a été déterminée en 2.

4) A ce moment on relève au compas magnétique l'azimut du Soleil et on lit : $Z_c = 262^{\circ},3$.

Quelle est la variation (l'erreur) du compas ?

(La variation est la valeur qu'il faut ajouter à la lecture du compas pour avoir une lecture vraie : $Z_c + V = Z_v$)

5) A la montre du bord, au moment du coucher du centre du Soleil on note : $T_{mf} = 19h19m15s$.

A quelle heure du bord (T_{mf} = Temps moyen du fuseau) le soleil est-il passé au méridien ?

Quels étaient au moment de ce passage, son azimut et sa hauteur ?

146) Un observateur dont la latitude est $L = 42^{\circ}48' N$ observe le passage au premier vertical Est d'une étoile de déclinaison $Da = 18^{\circ}50' N$ et d'ascension verse $AVa = 173^{\circ}30'$ à l'heure sidérale $AH_{sp} = 212^{\circ}25'$.

1) Tracer la sphère locale pour cet instant.

2) Calculer la longitude de l'observateur.

3) Au même instant une étoile B est observée à la hauteur $H = 27^{\circ}40'$ dans l'azimut $Z = 110^{\circ}$.

Quelles sont ses coordonnées équatoriales ?

- 147) Au point Z, l'étoile A, de déclinaison $D_a = 14^{\circ}30' S$, s'est levée à l'heure $T_{cp1} = 9h48m14s$ et s'est couchée à l'heure $T_{cp2} = 23h02m36s$ après être passée au méridien supérieur à l'heure civile locale $T_{cg} = 22h14m24s$ à l'instant où l'angle horaire sidéral au premier méridien était $AH_{sp} = 139^{\circ}20'$.

Déterminer :

- 1) Les coordonnées géographiques du point Z,
 - 2) L'ascension verse de l'étoile A,
 - 3) L'heure civile locale et la hauteur de l'étoile A au moment de son passage au premier vertical Ouest.
- 148) Dans un observatoire, une étoile circumpolaire passe au méridien supérieur, face au Nord, à la hauteur vraie $H_v1 = 86^{\circ}17',2$ et à l'heure $T_{cp1} = 13h14m07s$. Elle passe au méridien inférieur, face au Nord, à la hauteur vraie $H_v2 = 11^{\circ}09',4$, à l'instant où la pendule sidérale, réglée sur le méridien du lieu, marque $15h23m18s$. Pour ce même instant les Ephémérides donnent $AH_{sp} = 168^{\circ}33',7$.

On demande de déterminer :

- 1) Les coordonnées géographiques de l'observatoire;
- 2) Les coordonnées équatoriales de l'étoile;
- 3) L'heure T_{cp} et les coordonnées horizontales de l'étoile quand elle sera le lendemain à sa digression maximale dans l'Ouest.

- 149) Un certain jour une étoile passe au méridien supérieur d'un lieu Z_1 à la hauteur vraie $H_v = 64^\circ 32'$ observée face au Nord à $Tcp = 5h20m$ et au méridien inférieur du même lieu à la hauteur vraie $H'_v = 12^\circ 04'$ observée face au Sud à l'instant où $AHsg = 338^\circ 40'$.

Pour cette date les Ephémérides donnent :

! U.T. !	! AHso !
! 5 h !	! $123^\circ 24',1$!
! 6 h !	! $138^\circ 26',6$!

- 1) Quelles sont les coordonnées géographiques du lieu Z_1 ?
 - 2) Quelles sont les coordonnées équatoriales de l'étoile A ?
 - 3) A quelle heure Tcp se fera le prochain passage de A au premier vertical dans l'Est du lieu Z_1 ? A quelle hauteur ?
 - 4) Quelles sont les coordonnées géographiques du lieu Z_2 où l'étoile A se couche (coucher vrai) dans le $231^\circ,7$ au moment où elle passe au méridien supérieur du lieu Z_1 ?
- 150) En un lieu Z de l'hémisphère Nord, une étoile A d'ascension verse $AVa = 17^\circ 51'$ passe au méridien supérieur, face au Nord, à l'heure $Tcp1 = 19h34m05s$, à la hauteur vraie $H_v1 = 75^\circ 37'$, alors que l'angle horaire sidéral au premier méridien est $AHsp = 12^\circ 09'$

Cette même étoile passe au méridien inférieur du même lieu à la hauteur vraie $H_v2 = 12^\circ 13'$.

Calculer :

- 1) la latitude du lieu Z,
- 2) la longitude du lieu Z,
- 3) la déclinaison de l'étoile A,
- 4) les azimuts de digression maximale,
- 5) la hauteur de l'étoile A à sa digression maximale,
- 6) l'heure $Tcp2$ du passage de l'étoile A à sa digression maximale dans l'ouest.

3) Azimut au coucher vrai : (voir bas p.112 du cours)

$$\cos Z = \sin D / \cos L$$

$Z = 110,2$ mais l'astre est au coucher,
donc Azimut = $360^\circ - Z = 249^\circ,8$

4) Variation du compas : Si $Z_c + W = Z_v$ comme indiqué dans la donnée, on aura :

$$W = Z_v - Z_c$$

$$\text{Variation} = \text{Azimut vrai} - \text{Azimut compas}$$

$$W = 249^\circ,8 - 262^\circ,3$$

$$\text{Variation} = -12^\circ,5$$

Chaque fois que l'on devra utiliser le compas magnétique il faudra corriger la lecture en otant $12^\circ,5$ ($-12,5$) pour avoir la valeur exacte de la direction. Par exemple si l'on fait route au compas au 148° , on suit effectivement une route au : $148 - 12,5 = 135,5$.

5) Le soleil est passé au méridien un certain temps avant son coucher, ($1/2$ journée) et ce temps est égal à l'angle horaire au moment de son coucher vrai. Donc en otant l'angle horaire de l'heure du coucher nous aurons l'heure du passage méridien.

L'angle horaire d'un astre à son coucher est donné par la relation : (voir p.111)

$$\cos AH = -\tan L \times \tan D$$

$$AH = 105,481 = 7h,03207 = 7h 01m 55s,5$$

$$\text{Heure passage méridien du soleil} = T_{mf} - AH$$

$$\text{Heure passage} = 19h 19m 15s,5 - 7h 01m 55s,5 = 12h 17m 20s$$

Azimut du soleil au moment du passage :

$$\text{Latitude } L = 48^\circ 52' \text{ Sud et Déclinaison } D = 13^\circ 07',3 \text{ Sud}$$

Nous sommes dans l'hémisphère sud à une latitude plus grande que la déclinaison du soleil, (qui est sud également), le passage méridien aura lieu face au Nord. (On trouve cela en raisonnant!) Donc :

$$\text{Azimut passage} = \text{Nord (ou } 0^\circ \text{ ou } 360^\circ)$$

La hauteur méridienne est donnée par la relation :

$$H = (90 - L) + D$$

$$H = 54^\circ 15',3$$

3) Les coordonnées équatoriales à trouver sont :

Déclinaison Db et Ascension verse AVb

Cours page 53, la formule des cotangentes (ou des 4 éléments consécutifs) donne :

$$\text{Tg } H \times \text{Cos } L - \text{Cot } P \times \text{Sin } Z = \text{Cos } Z \times \text{Sin } L$$

$$\text{et} \quad \text{Cot } P = \frac{\text{Tg } H \times \text{Cos } L - \text{Cos } Z \times \text{Sin } L}{\text{Sin } Z}$$

et comme $\text{Tg } P = 1 / \text{Cos } P$ il vient :

$$\text{Tg } P = \frac{\text{Sin } Z}{\text{Tg } H \times \text{Cos } L - \text{Cos } Z \times \text{Sin } L}$$

$$P = 56^{\circ}709 = 56^{\circ}42',5$$

Comme l'astre est dans l'Est (Azimut = 110° voir énoncé) nous aurons :

$$AHbg = 360 - 56,709 = 303,291$$

Il nous faut chercher l'angle horaire de l'astre B à Greenwich, $AHbo$, pour cela nous ferons :

$$AHbo = AHbg + G = 303,291 + 94,305 = 37,595$$

Comme $AH = TS + AV$ (vieuse relation archi-connue) nous aurons :

$$AVb = AHbo - TSo = 37,595 - 212,417 = 185,178$$

*** La Formule fondamentale (p. 53) nous donne :

$$\text{Sin } D = \text{Sin } L \text{ Sin } H + \text{Cos } L \text{ Cos } H \text{ Cos } Z$$

$$Db = 5^{\circ}3494 = 5^{\circ}21' \text{ N}$$

Donc : $AVb = 185^{\circ}10',7$ et $Db = 5^{\circ}21' \text{ Nord}$

NOTA : $TS = AHs$ & $TSo = AHso = AHsp = TSp$

Tout cela n'est que le temps sidéral :

TS = Temps sidéral

AHs = Angle horaire du point vernal

TSo = Temps sidéral au méridien zéro

TSp = Temps sidéral au premier méridien

$AHso$ = Angle horaire du point vernal au méridien zéro

$AHsp$ = - - - - au premier méridien

Nombreuses appellations et sigles pour le même élément!!!

147)

1) Ici : T_{cp} = Temps civil du premier méridien, on dit aussi T_{co} = Temps civil du méridien zéro, nous disons plutôt :

T.U. = Temps Universel (or in english U.T.)

Il y a de quoi s'embrouiller avec toutes ces appellations différentes pour la même chose!!

Donc ici nous aurons :

Da = - 14,5 ; UT1 = 9h48m14s ; UT2 = 23h02m36s ;

T_{cg} = Heure locale du passage méridien = 22h14m24s

AH_{sp} = T_{So} = 139,333

Nous allons utiliser indifféremment ces sigles pour apprendre à les connaître.

*** Le passage méridien UT = $\frac{UT2 - UT1}{2} = 16,4236$

T_{cp} = T_{cg} + G d'où G = T_{cp} - T_{cg}

G = 16,4236 - 22,24

(en heures) G = - 5,8164 (- = E)
en degrés (x 15)

G = 87°,246

G = 87° 14',8 Est

A l'heure du lever (ou du coucher) l'angle au pôle

$$P = \frac{UT2 - UT1}{2}$$

UT2 est l'heure du coucher et UT1 est celle du lever.
En faisant UT2 - UT1 on aura la durée du "jour" de l'étoile, le temps où elle sera restée au-dessus de l'horizon. En divisant cette durée par deux on aura l'angle au pôle au lever et au coucher, avec :

AH = 360 - P au lever
AH = P au coucher

Ici, 23h02m36s - 9h48m14s = 13h14m22s qui divisé par 2 donne :

P = 6h37m11s ou 6,6197 h

ou encore en ° P = 99°,2955

Au lever : AH = 360 - 99,2955 = 260,7045
Au coucher: AH = 99,2955

Or nous savons (Cours p.111) qu'au moment du lever ou du coucher d'un astre :

$$\cos AH = - \operatorname{Tg} L \cdot \operatorname{Tg} D \quad \text{d'où}$$

$$\operatorname{Tg} L = - \cos AH / \operatorname{Tg} D$$

$$\text{ici :} \quad L = - 31,9879$$

$$L = 31^{\circ}59',3 \text{ Sud}$$

Les coordonnées géographiques du point Z sont donc :

$$L = 31^{\circ}59',3 \text{ Sud}$$

$$G = 87^{\circ}14',8 \text{ Est}$$

2)

$$AH = TS + AV \quad \text{ou bien} \quad AHa = AHs + AVa$$

$$\text{et donc :} \quad AVa = AHa - AHs$$

Au moment du passage de l'étoile A au méridien supérieur du point Z, AHag (Angle horaire local de l'*) est par définition égal à zéro, donc :

$$\text{nous avons} \quad AHag = 0^{\circ}$$

$$\text{comme} \quad AHao = AHag + G$$

$$\text{ici} \quad AHao = 0^{\circ} - 87,246 = 272,754$$

$$\text{d'où} \quad AVa = AHao - AHso$$

$$AVa = 272,754 - 139,333$$

$$AVa = 133^{\circ},421 = 133^{\circ}25'3$$

3) L'angle horaire au passage au 1er vertical est donné par la relation :

$$\cos AH = \operatorname{Tg} D / \operatorname{Tg} L$$

$$AHag = 65^{\circ},5393 \text{ au passage 1er vertic.}$$

ouest

A la vitesse de $15^{\circ},041$ par heure moyenne il faudra à cette étoile :

$$65^{\circ},5393 / 15,041 \text{ soit}$$

4h 21m 26s,5 pour arriver au passage au 1er vertical.

D'où :

Tcg pass. 1er vert.Ouest = Tcg pass. méridien + 4h 21m 26s,5

Tcg = 22h 14m 24s + 4h 21m 26s,5

Tcg 1er vert.Ouest = 2h 35m 50s,5 jour J+1

*** Au 1er vertical : $\sin H = \sin D / \sin L$

$H = 28^{\circ},2062$

$H = 28^{\circ}12',4$

148)

1) $Hv1 = 86,2867$ $Hv2 = 11,1567$

La latitude est donnée par la moyenne des hauteurs aux deux passages.

$$L = \frac{Hv1 + Hv2}{2}$$

$L = 48^{\circ},7217$

$L = 48^{\circ}43',8$ Nord

$AHsg = 15h 23m 18s = 230^{\circ},825$

$AHsp = 168^{\circ},5617$

$AHsp = AHsg + G$ et $G = AHsp - AHsg$ (-E/+W)

$G = 168,5617 - 230,825 = -62^{\circ},2633$ (E car -)

$G = 62^{\circ}15',8$ Est

2) Lors du passage au méridien inférieur, l'angle horaire local d'un astre vaut 180° donc :

$$AHag = 180^\circ$$

et comme $AHag = AHsg + AVa$ nous avons $AVa = AHag - AHsg$

$$AVa = 180^\circ - 168,5617$$

$$AVa = 11,4383$$

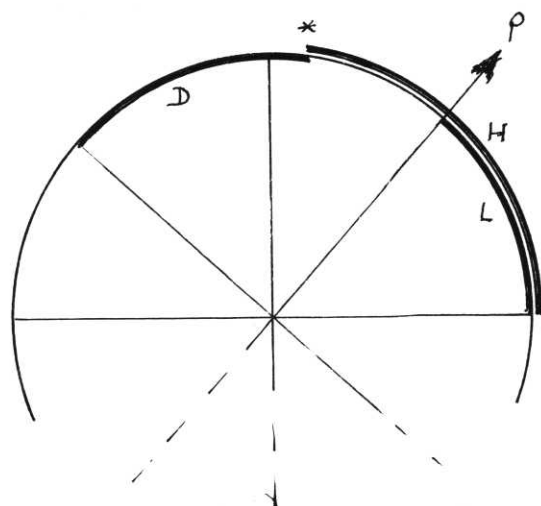
$$AVa = 11^\circ 26',3$$

$$D = 90 + L - H$$

$$D = 138,7217 - 86,2867$$

$$D = 52,435 \text{ N}$$

$$D = 52^\circ 26',1 \text{ Nord}$$



3)

Au moment de la digression maximale nous avons :

$$\cos AH = \tan L / \tan D \quad \text{et} \quad AH = 28,818$$

$$\sin Z = -\cos D / \cos L \quad \text{et} \quad Z = 292,5$$

$$\sin H = \sin L / \sin D \quad \text{et} \quad H = 71,4576$$

$$H = 71^\circ 27',5$$

$$Tcpl = 13h \ 14m \ 07s$$

Entre le passage méridien le jour J1 à 13h 14m 07s et le passage à la digression maximale OUEST le jour J2, l'étoile aura fait dans le ciel, un tour + $28^\circ,818$, soit

$$388^\circ,81834$$

Du fait du mouvement du Soleil sur la sphère étoilée, une étoile parcourt $15^\circ 041$ en 1h de temps moyen (c'est à dire quand le Soleil en parcourt 15°), donc, pour parcourir $388^\circ,81834$ il faudra à l'étoile :

$$388,81834 / 15,041 = 25h85056 = 25h \ 51m \ 02s$$

AHso à 5h20m : $128^{\circ}24',9$ (Passage au méridien supérieur)

Entre le passage supérieur et le passage inférieur, AHso a augmenté de :

$$180^{\circ}$$

d'où : AHso au pass. infér. = $128^{\circ}24',9 + 180^{\circ} = 308^{\circ}24',9$

$$G = AHso - AHsg = 308^{\circ}24',9 - 338^{\circ}40' = -30^{\circ}15'$$

$$G = 30^{\circ}15' \text{ Est}$$

Coordonnées géographiques de Z1 :

$$L1 = 63^{\circ}46' \text{ Sud}$$

$$G1 = 30^{\circ}15' \text{ Est}$$

2) Les coordonnées équatoriales de l'* A sont : Da et AVa

Voir figure ci-dessus : $D = QE = NE - NQ$

or $NQ = ZPs$ (Angles à côtés perpendiculaires)

$$NQ = 90^{\circ} - L = 90^{\circ} - 63^{\circ}46' = 26^{\circ}14'$$

$$\text{Donc } QE = D = 64^{\circ}32' - 26^{\circ}14'$$

$$D = 38^{\circ}18' \text{ Sud}$$

$$AVa = AHa - AHs$$

Au passage supérieur d'un astre, AHag = 0° (ou 360°)

Ici, le passage a lieu à 5h20m où AHso donné par les Ephémérides est :

$$128^{\circ}24',9$$

$$AHsg = AHso - G \quad (-E/+W)$$

$$= 128^{\circ}24',9 - (-30^{\circ}15') = 158^{\circ}39',9$$

donc,

$$AVa = 360^{\circ} - 158^{\circ}39',9 = 201^{\circ}20',1$$

Coordonnées équatoriales de l'étoile A :

$$Da = 38^{\circ}18' \text{ Sud}$$

$$AVa = 201^{\circ}20',1$$

3) Lors du passage au 1er vertical :

$$\cos AH = \text{Tg } D / \text{Tg } L$$

AH = $67^{\circ}0967$, mais comme l'astre sera à l'Est on aura :

$$AH = 360 - 67,0967 = 292^{\circ},9033$$

Depuis le passage au méridien supérieur, à 5h20m, l'étoile aura tourné de $292^{\circ}0933$, et à $15^{\circ},041$ pour une heure moyenne, il lui faudra :

$$\begin{aligned} 292,9033 / 15,041 &= 19h47366 \\ &= 19h 28m 25s \text{ pour} \end{aligned}$$

arriver jusqu'au 1er vertical Est :

Heure passage = 5h 20 m + 19h 28m 25s = 0h 48m 25s le lendemain.

NOTA : Si l'on prend comme variation de AHs en 1 heure moyenne la valeur trouvée entre 5h et 6h dans l'extrait des Ephémérides, c'est à dire :

$15^{\circ}04167$ au lieu de $15^{\circ}041$ que nous adoptons,
nous aurons : 19h 28m 22s au lieu de 19h 28m 25s

et heure passage : 0h 48m 22s au lieu de 0h 48m 25s

soit une différence de 3 secondes.

Il conviendrait peut-être de prendre ici : $15,04167$ puisque c'est la valeur fournie par la donnée.

$$\sin H = \sin D / \sin L \quad ; \quad H = 43^{\circ}42',3$$

4) Lever et coucher vrais d'un astre (Cours p.112)

$$\cos Z = \sin D / \cos L$$

Au coucher, $Z = 360^{\circ} - \text{Azimut} = 360 - 231,7 = 128,3$

Nous avons $D = -38,3$ ($38^{\circ}18'$ Sud)

d'où $\cos L = \sin D / \cos Z = 1$

et $L2 = 0^{\circ}$ (Sur l'équateur)

Au moment du coucher :

$$\cos AH = - \operatorname{Tg} L \times \operatorname{Tg} D = 0$$

donc $AH_{ag2} = 90^{\circ}$

En Z1 au moment où l'étoile A passe au méridien supérieur :

$$\begin{aligned} AH_{ag1} &= 0^{\circ} \text{ et au même moment en Z2, on a :} \\ AH_{ag2} &= 90^{\circ} \end{aligned}$$

La différence de longitudes "g" entre Z1 et Z2 sera donnée par la différence de leurs angles horaires :

$$AH_{ag1} = AH_{ag2} + g$$

$$\text{et } g = AH_{ag1} - AH_{ag2} = 0^{\circ} - 90^{\circ} = -90^{\circ} \quad (- = E)$$

Effectivement, Z2 est à l'Est de Z1 puisque l'astre se couche déjà en Z2 alors qu'il n'est encore qu'au méridien en Z1.

Comme $G1 = 30^{\circ}15' \text{ E}$ on aura : $G2 = 30^{\circ}15' + 90^{\circ}$

$$G2 = 120^{\circ}15' \text{ Est.}$$

Les coordonnées géographiques de Z2 sont donc :

$$\begin{aligned} L2 &= 0^{\circ} \\ G2 &= 120^{\circ}15' \text{ Est} \end{aligned}$$

150)

$$1) \quad L = \frac{Hv1 + Hv2}{2} = 43^{\circ},9167$$

$$L = 43^{\circ}55' \text{ N}$$

$$2) \quad AHap = AHsp + AVa = 12^{\circ}09' + 17^{\circ}51' = 29^{\circ}00'$$

$$\text{Au passage mérid. supér.} \quad AHag = 0^{\circ}$$

$$G = AHap - AHag = 29^{\circ}00' \quad (+ \text{ W})$$

3) $L = N + D$ et $D = L - N$ ($N = 90 - H = 14,38333$ et de signe (-) puisque l'on tourne le dos au Sud (par convention)).

$$D = 43^{\circ}55' + 14^{\circ}23' = 58^{\circ}18' \text{ Nord} \quad (+ = \text{N})$$

$$4) \text{ A la digression maximale : } \sin Z = \cos D / \cos L$$

$$Ze = 46^{\circ},8 \text{ à l'Est} \quad ; \quad Zw = 313^{\circ},2 \text{ à l'Ouest}$$

$$5) \text{ A la digression maximale : } \sin H = \sin L / \sin D$$

$$H = 54^{\circ},610 = 54^{\circ}36',6$$

$$6) \text{ A la digression maximale : } \cos AH = \tan L / \tan D$$

$$AH = 53^{\circ},5096$$

Durée en temps moyen entre le passage méridien et la digression maximale ouest :

$$\begin{array}{rcl} 53^{\circ},5096 / 15,041 & = & 3\text{h } 33\text{m } 27\text{s} \\ \text{Tcp1} & = & 19\text{h } 34\text{m } 05\text{s} \\ & & \text{-----} \\ \text{Tcp2} & = & 23\text{h } 07\text{m } 32\text{s} \end{array}$$

PROBLEME N° 151 SUIVI DE SON CORRIGE

151) Quelles sont les coordonnées géographiques d'un observateur qui note pour une étoile A ($ARa = 21h$, $Da = 26^{\circ}30' N$) :

a) que son jour est égal à sa nuit,

b) qu'à son lever $AHsp = 210^{\circ}23'$ et $Tcp = 20h 03m 10s$ le 5 mai ?

Quelle est l'heure locale de passage de l'étoile au méridien supérieur ?

Quel est l'azimut de l'étoile à son coucher ?

Quelles sont les coordonnées géographiques d'un lieu où l'étoile se lève au $Zv = 045^{\circ}$ lorsqu'elle est au méridien supérieur de l'observateur précédent ?

CORRIGE DU PROBLEME N° 151

a) L'équateur est le seul lieu de la Terre où tous les astres quelles que soient leurs déclinaisons voient leurs jours égaux à leurs nuits. Autrefois on l'appelait : Linea Aequinoxialis (Ligne équinoxiale = jours et nuits égaux).

Donc dans le cas présent, la latitude sera nulle :

$$L = 0^{\circ}$$

b) Au lever : $\cos P = - \operatorname{Tg} L \cdot \operatorname{Tg} D$

Comme $L = 0^{\circ}$, $\operatorname{Tg} L = 0$ et $\cos P = 0$

$$P = 90^{\circ}$$

Au lever, l'astre est dans l'ouest et $AHag = 360 - P$

$$AHag = 270^{\circ}$$

Nous savons que : $AHap = AHsp + AVa$

$$\text{or } AVa = 360 - ARa = 360^{\circ} - (21h \times 15^{\circ})$$

$$= 360 - 315^{\circ}$$

$$AVa = 45^{\circ}$$

$$\text{et } AHap = 210^{\circ}23' + 45^{\circ} = 255^{\circ}23'$$

Nous avons G par la relation :

$$\begin{aligned} G &= AHap - AHag \\ &= 255^{\circ}23' - 270^{\circ} = -14^{\circ}6167 \quad (- = E) \\ G &= 14^{\circ}37' \text{ Est} \end{aligned}$$

Les coordonnées géographiques cherchées sont donc :

$$\begin{aligned} L &= 0^{\circ} \\ G &= 14^{\circ}37' \text{ Est} \end{aligned}$$

2) Heure UT lever étoile : $Tcp = 20h \ 03m \ 10s$ le 5 mai

Heure locale --"-- : $Tcg = Tcp - G$

$$\begin{array}{rcl} Tcp & = & 20h \ 03m \ 10s \ \text{le } 5/5 \\ - \ G & = & - (- 0h \ 58m \ 28s) \\ \hline Tcg & = & 21h \ 01m \ 38s \ \text{au lever de } 1^{\circ} * \end{array}$$

or au lever, $P = 90^{\circ}$ et il faudra à l'étoile :

$90^{\circ} / 15,041 = 5h,9836 = 5h \ 59m \ 01s$ pour se déplacer de ces 90° entre son lever et son passage méridien.

Heure loc. pass. mérid. sup. = Heure loc. lever + $5h \ 59m \ 01s$

$$\begin{array}{rcl} Tcg \text{ au lever} & = & 21h \ 01m \ 38s \\ & + & 5h \ 59m \ 01s \\ \hline Tcg \text{ pass. mér. sup.} & = & 27h \ 00m \ 39s \ \text{le } 5 \ \text{mai} \\ & - & 24h \ \dots\dots\dots + 1 \ \text{jour} \\ \hline & & 3h \ 00m \ 39s \ \text{le } 6 \ \text{mai} \end{array}$$

Au coucher : $\cos Z = \sin D / \cos L$ et $Z = 63^{\circ},5$

Astre dans l'ouest (coucher) : Azimut = $360 - Z$

$$\text{Azimut} = 296,5$$

$$\implies Z = 45 \qquad \cos L = \sin D / \cos Z$$

$$L = 50,8726$$

$$L = 50^{\circ}52',5 \text{ Nord}$$

AHag au lever est donné par : $\cos P = -\operatorname{Tg} L \cdot \operatorname{Tg} D$
avec $AHag = 360 - P$ si astre à l'est.

Ici $P = 127^{\circ},8046$

$$AHag2 = 232^{\circ},19536 = 232^{\circ}11',7$$

qui est l'angle horaire local de l'étoile au lieu où elle se lève au $Zv = 45^{\circ}$

Pour l'observateur ayant l'étoile au méridien :

$AHag1 = 0^{\circ} = 360^{\circ}$, et la différence de longitudes "g" entre les deux lieux est donnée par :

$$g = AHag1 - AHag2 = 360^{\circ} - 232^{\circ}11',7 = 127^{\circ}48',3$$

Le lieu "2" se trouve à $127^{\circ}48',3$ dans l'OUEST (car g est positif) du lieu "1".

La longitude du lieu "2", G2, sera donnée par :

$$G2 = G1 + g = 14^{\circ}37'E + 127^{\circ}48',3 W \quad (-14,6167 + 127,8046)$$

$$G2 = 113^{\circ}11',3 W$$

Les coordonnées géographiques du deuxième lieu sont donc :

$$L = 50^{\circ}52',5 \text{ Nord}$$

$$G = 113^{\circ}11',3 \text{ West}$$

ASTRONOMIE DE POSITION

II. Cours pratiques et exercices

Louis CAMPION

Ce fascicule rassemble les « causeries » données par Louis CAMPION entre 1991 et 1993 dans le cadre d'un atelier de calculs astronomiques.

Les calculs présentés l'ont été pour la période 1991-1993 et n'ont pas été ré-actualisés depuis. Pour ce faire, il faudra se reporter aux Ephémérides astronomiques pour les dates ultérieures.



SOCIÉTÉ
d'ASTRONOMIE
de NANTES

Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23
Internet : www.san.asso.fr - E-mail : san@san-fr.com