

EXERCICES

Où se trouvent les planètes ?

Il y a cinq planètes visibles à l'œil nu, qu'un peu d'habitude suffit à repérer facilement. A la différence des étoiles, les planètes ont un diamètre apparent qui n'est pas négligeable (20'' à 50'' pour celles que l'on voit à l'œil nu) et qui, bien qu'inappréciable sans instrument, entraîne l'annulation du phénomène de scintillation. C'est là une première méthode de repérage. La seconde est leur couleur, chaque planète présentant une teinte caractéristique : jaunâtre pour Mercure, blanche pour Vénus, rougeâtre pour Mars, jaunâtre pour Jupiter et orangée pour Saturne. Uranus est bleu-vert mais son éclat la place juste à la limite de visibilité pour l'œil nu. Par ailleurs, une fois par mois, ces différentes planètes se trouvent à passer relativement près de la Lune, puisque tous les astres du système solaire, à quelques exceptions près, circulent au voisinage immédiat de l'écliptique : la Lune, dont le mouvement apparent sur le ciel est relativement rapide (13° par jour contre moins de 1° pour les planètes) repasse ainsi à chaque lunaison plus ou moins près des différentes planètes en donnant lieu au phénomène de conjonction, voire, mais plus rarement, d'occultation lorsque les deux trajectoires sont confondues. Quoi qu'il en soit, les occultations constituent un excellent moyen de repérer les planètes.

Une autre méthode — qui justifie le présent exercice — consiste à déterminer dans quelle constellation se situent ces différentes planètes. Un coup d'œil vers les constellations indiquées permet alors un repérage facile, surtout si l'on fait intervenir leur couleur comme second élément d'appréciation, ainsi que leur éclat, qui rivalise souvent avec celui des plus brillantes étoiles.

En lui-même, le principe de cette localisation est simple : il consiste, connaissant la longitude héliocentrique de la planète à un instant origine (en l'occurrence le 1^{er} janvier 1980) et sa vitesse orbitale angulaire, à extrapoler cette longitude pour la date considérée.

Après quoi, une relation géométrique assez simple ("résolution" d'un triangle) permet de déterminer l'orientation de la ligne de visée Terre-planète pour cette date-

là. La longitude écliptique ainsi obtenue est à reporter dans le **tableau 2** pour connaître la constellation au sein de laquelle évolue la planète considérée.

Exécution

Les données à introduire pour ce calcul sont :

1) N , nombre de jours écoulés entre la date origine (1-1-80) et la date choisie.

2) L_0 , la longitude de la planète considérée à la date origine.

3) ω , la vitesse angulaire moyenne de la planète. (Notons que pour Mars, dont l'orbite est assez elliptique, un écart de quelques degrés peut apparaître à certaines périodes dans la longitude ainsi déterminée, mais cet écart est négligeable pour une localisation au sein des constellations).

4) a , la distance moyenne de la planète au Soleil, exprimée en unités astronomiques.

5) L_{Ω} , la longitude du nœud ascendant de l'orbite.

6) $\Delta\Omega$, la dérive de cette longitude.

7) L_{per} , la longitude du périhélie de la planète.

8) $\Delta\omega$, la dérive de ce périhélie.

9) e , l'excentricité de l'orbite.

Toutes ces données sont rassemblées dans le **tableau 1**. Les paramètres 5 à 9 permettent de tenir compte de l'ellipticité des orbites pour déterminer une distance Terre-planète avec une précision de 1 à 14. 10⁻³ UA (en moyenne 700 000 km), car, pour simplifier le calcul, nous ne tenons pas compte de l'inclinaison des orbites en les considérant comme coplanaires.

Résultat

— Longitude écliptique de la planète observée depuis la Terre (arrondir au degré, les décimales n'étant pas significatives).

— Distance Terre-planète (en km) (arrondir au million de km, ce qui donne déjà une excellente valeur).

Formulation

1) Longitude héliocentrique de la planète :

$$L_p = L_0 + N\omega$$

2) Longitude héliocentrique de la Terre :

$$L_t = 100.312 + 0.98653 N$$

LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

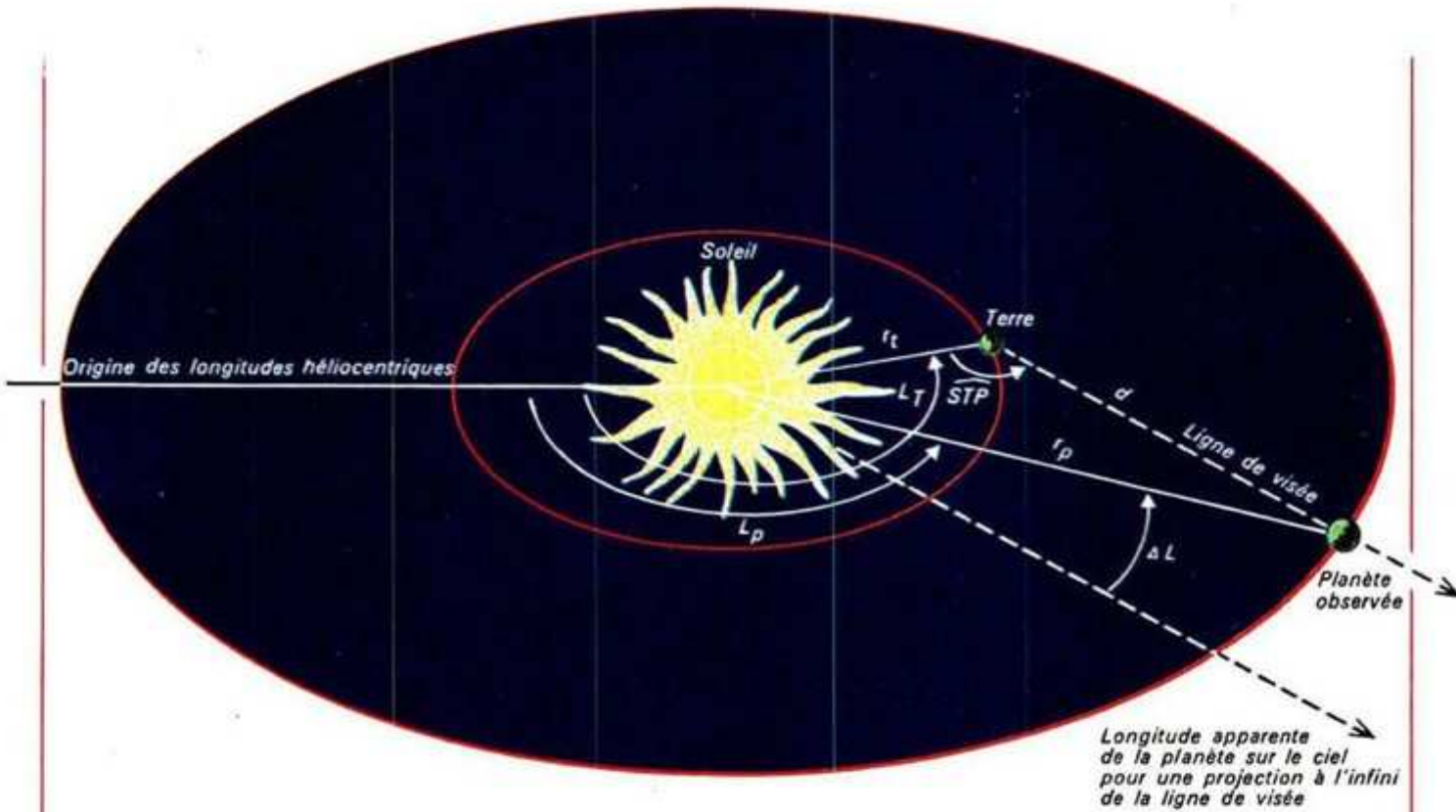


Tableau 1

Planète et code	Longitude héliocentrique (°) L_0 en degrés	Vitesse angulaire moyenne ω en degrés/jour	Distance au Soleil = demi-grand axe a en UA	Longitude du nœud de l'orbite (°) et dérive L_1 et $(\Delta\Omega)$ en degrés	Longitude du périhélie (°) et dérive L_2 et $(\Delta\omega)$ en degrés	Excentricité de l'orbite e
1 Mercure	242.80	4.09227	0.3871	48.10 (0.012)	77.14 (0.016)	0.2056
2 Vénus	356.59	1.60218	0.7233	76.50 (0.009)	131.29 (0.014)	0.0068
3 Mars	131.35	0.52409	1.5237	49.40 (0.008)	335.69 (0.018)	0.0933
4 Jupiter	150.84	0.08213	5.2028	100.25 (0.010)	14.01 (0.016)	0.0484
5 Saturne	170.94	0.03380	9.5388	113.49 (0.009)	92.66 (0.020)	0.0558
6 Uranus	231.69	0.01191	19.1885	73.88 (0.005)	172.74 (0.015)	0.0463
7 Neptune	260.12	0.00597	30.0604	131.56 (0.011)	47.87 (0.014)	0.0088

(1) Au 1^{er} janvier 1980.

Tableau 2

LES CONSTELLATIONS ET LEURS LONGITUDES ÉCLIPTIQUES			
Bélier	28 à 52°	Scorpion	239 à 247°
Taureau	52 à 89°	Ophiuchus	247 à 266°
Gémeaux	89 à 116°	Sagittaire	266 à 299°
Cancer	116 à 137°	Capricorne	299 à 327°
Lion	137 à 173°	Verseau	327 à 350°
Vierge	173 à 216°	Poissons	350 à 28°
Balance	216 à 239°		

3) Longitude du nœud de l'orbite de la planète :

$$L_{21} = L_{20} + \frac{N\Delta\Omega}{365}$$

4) Longitude du périhélie (compté par rapport au nœud) :

$$L_{11} = L_{10} + \frac{N\Delta\omega}{365}$$

5) Distance effective planète-Soleil :

$$r_p = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(L_{p1} - (L_{21} + L_{n1}))}$$

6) Distance effective Terre-Soleil :

$$r_t = \frac{1 - e^2}{1 + e' \cos v}$$

$$e' = 0.0167$$

$$v = 0.98563 (N-2)$$

(le terme N-2 s'explique par le fait que la Terre passe au périhélie deux jours après le 1^{er} janvier, qui est l'origine de N).

7) Résolution du triangle :

$$\Delta L = L_i - L_p \text{ (à } 360^\circ \text{ près)}$$

$$d = \text{distance Terre-planète} =$$

$$\sqrt{r_p^2 + r_i^2 - 2 r_p r_i \cos \Delta L}$$

angle STP (Terre au sommet) :

$$STP = \text{Arcos} \left(\frac{r_i - r_p \cos \Delta L}{d} \right)$$

Ces calculs seront effectués, sur les Texas, par le programme n° 11 du module de base ML-01 :

8) Longitude projetée à l'infini (pour localiser la planète parmi les constellations) :

a) pour les planètes "inférieures" (Mercure et Vénus) :

$$\text{si } \Delta L < 180, L_\infty = L_i + 180 + STP$$

$$\text{si } \Delta L \geq 180, L_\infty = L_i + 180 - STP$$

b) pour les planètes "supérieures" (au-delà de l'orbite terrestre) :

$$\text{si } \Delta L < 180, L_\infty = L_p - STP$$

$$\text{si } \Delta L \geq 180, L_\infty = L_p + STP$$

Les programmes afficheront la distance d en millions de kilomètres, et la longitude écliptique L en degrés. Ils seront valables pour n'importe quelle date (postérieure à 1581 sur les TI). Il faudra se reporter au tableau 2 pour l'interprétation du résultat.

Ce mois-ci, nous donnerons trois programmes : pour HP-34 C, pour TI-58 et pour TI-59. Les TI-59 ont, en effet, la possibilité d'enregistrer des données sur carte magnétique : c'est ainsi que pourront être emmagasinées les caractéristiques de chaque planète.

Programme pour HP-34 C

001	LBL A		
	CF 1	020	RCL 6
	DEG		GSB 9
	FIX 0		RCL 2
	RCL Σ +		1
	RCL 0		x < y
	X		SF 1
	+		X
	STO 8		X
010	RCL 5		STO 7
	RCL 0		RCL 0
	X	030	.
	3		9
	6		8
	5		5
	÷		6
	RCL 4		3
	+		STO 1

	X		
	1	090	LBL 5
	0		X
	0		F? 1
040	0		GTO 8
	.		CHS
	3		RCL 1
	1		+
	2		1
	+		8
	RCL 8		0
	-		+
	GSB 7	100	LBL 8
	x = 1		RCL 8
050	RCL 0		+
	2		GSB 7
	-		RCL 7
	X		1
	6		4
	0		9
	1/x		.
	GSB 9	110	X
	STO 9		RTN
	x ²		LBL 7
060	LST x		3
	RCL 1		6
	cos		0
	RCL 7		-
	X		x > 0
	STO-9		GTO 7
	LST x		LBL 6
	x ²	120	3
	R↓		6
	X		0
070	2		+
	X		x < 0
	-		GTO 6
	+		RTN
	√x		LBL 9
	STO 7		STO 9
	STO ÷ 9		x = y
	RCL 9	130	cos
	cos ⁻¹		X
	RCL 1		1
080	1		+
	8		1/x
	0		1
	-		RCL 9
	x = 0		x ²
	GTO 5		-
	ENTER		X
	ABS	140	RTN
	÷		

On remarquera que ce programme occupe toute la mémoire de la machine (partition : 140 lignes, 11 mémoires).

Mode d'emploi

Il est nécessaire d'entrer les données manuellement dans les mémoires. Mais elles y resteront intactes en cours de programme. Exécuter :
 1) L_i STO 3, ω STO 1, a STO 2, L_Ω ENTER, L_∞ +, STO 4, ΔΩ ENTER, Δω +, STO 5, e STO 6.
 2) N STO 0, nombre de jours sé-

parant la date concernée du 1^{er} janvier 1980, précédé du signe - s'il s'agit d'une année antérieure à 1980.

3) Appuyer sur A, la distance est affichée : en faisant x=y, apparaîtra la longitude. La durée de calcul est fonction croissante de N (minimum 20 secondes).

4) Pour changer de date ou de planète, rentrer en mémoire soit la nouvelle valeur de N, soit les nouvelles caractéristiques de la planète.

Programme pour TI-58

000	Deg		5
	Fix 0	070	6
	RCL 10		3
	+		STO 09
	RCL 18		SBR 202
	X		=
	RCL 11		STO 01
011	-	080	RCL 18
	STO 20		X
	(RCL 09
	RCL 14		+
	+		1
	RCL 16		0
			0
020)		.
	X	090	3
	RCL 18		1
	÷		2
	RCL 17		-
	x = t		RCL 20
	3		SBR 141
	6		STO 02
030	5	101	STO 22
	-		-
	RCL 13		1
	-		8
	RCL 15		0
	SBR 202		SUM 22
040	X		=
	1	110	x = t
	x = t		PGM 11
	RCL 12		E
	INV x ≥ t		X
	051		1
	St flg 4		4
051	=		9
	STO 06		.
	.		6
	1	120	=
	6		R/S
	7		If flg 4
	x = t		132
060	RCL 18		RCL 22
	-		x = t
	2	130	+ / -
	=		x = t
	X		+
	.		RCL 20
	9		+
	8		RCL 03
			X
			x = t

LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

141	OP 10	1
-		8
(180 0
CE		=
÷		STO 18
3		R/S
6		LBL B
0		x=t
)		INV Fix
INT		190 9
150 X		STO 00
3		x=t
6		OP 20
0		STOInd 00
+		R/S
CP		GTO 194
x>t		202 =
161		cos
3		X
160 6		x=t
0		STO 19
=		+
INV SBR		1
LBL C		210 =
RST		1/x
LBL A		X
PGM 20		(
171 A		1
RCL 04		-
-		RCL 19
7		x ²
2)
3		220 INV SBR

Mode d'emploi

- 1) Entrer la date sous la forme MMJJ.AAAA en A.
- 2) Mettre L₀ en B et, en les séparant par des R/S, dans l'ordre, ω, α, L₀, ΔΩ, L₀, Δω, e.
- 3) Faire C pour avoir la distance, puis R/S pour obtenir la longitude.
- 4) Les données restant en mémoire, il suffit, pour changer de calcul, de modifier la date (en A) ou les caractéristiques de la planète (en B), suivant le cas.

Premier programme pour TI-59

(il sert à emmagasiner les données)

X	SUM 00
1	4
0	INV log
0	=
=	STOInd 00
R/S	R/S
÷	2
1	INV SUM 00
0	INV log
=	=
SUMInd 00	STOInd 00
R/S	R/S
X	OP 20
3	X

3	SUMInd 00
INV log	R/S
=	OP 20
STOInd 00	SUMInd 00
R/S	R/S
OP 30	OP 20
÷	SUMInd 00
3	R/S
INV log	OP 20
=	RST

Partition : 479.59

Une fois ce programme dans l'appareil, mettre 30 en mémoire 00, se placer au début (RST) et introduire, pour Mercure, dans l'ordre et en les séparant par des R/S : L₀, ω, α, L₀, ΔΩ, L₀, Δω, e, tels qu'ils apparaissent sur le **tableau 1**, avec tous les chiffres (tous les zéros) et sans oublier les virgules. Continuer de même pour les autres planètes, dans l'ordre, jusqu'à Neptune en appuyant toujours et uniquement sur R/S. A la fin, RCL 00 doit donner 57.

Faire ensuite : 0.98563 + 723180 = STO 58 (nombre à 11 chiffres); 100.312 STO 59. Prendre un côté de carte, faire 3 Write et l'enregistrer. Le programme précédent (non enregistré sur la carte) est désormais inutile. Il s'agit maintenant de taper le programme de calcul.

Deuxième programme pour TI-59

000	GTO 065	1
	LBL A'	-
	RCLInd 00	RCL 19
	INV INT	x ²
	INV SBR)
010	LBL B'	INV SBR
	x=t	050 LBL A
	RCLInd 00	PGM 20
	INT	A
	÷	RCL 04
	x=t	-
	INV log	RCL 58
020	INV SBR	060 INT
	LBL C	=
	RST	STO 18
	LBL B	R/S
	STO 10	Deg
	R/S	Cp
	LBL D'	Fix 0
031	=	RCL 10
	cos	071 -
	X	3
	x=t	=
	STO 19	INV x>t
	+	080
	1	St flg 4
	=	080 X
040	1/x	4
	X	+
	(

3	160 X
8	RCL 58
=	INV INT
STO 00	+
2	RCL 59
B'	-
090 +	RCL 20
RCL 18	171 SBR 216
X	STO 02
1	STO 22
0	-
X	1
A'	180 8
-	0
STO 20	SUM 22
101 OP 20	=
2	x = t
B'	PGM 11
-	E
A'	X
X	190 1
3	4
INV log	9
111 -	•
OP 20	6
(=
3	R/S
B'	If flg 4
+	207
A'	201 x = t
)	+/-
120 X	x = t
RCL 18	RCL 22
÷	+
OP 20	RCL 20
A'	+
x=t	RCL 03
3	210 X
6	x = t
130 5	OP 10
D'	-
X	(
4	CE
B'	÷
=	3
STO 06	6
140 -	0
RCL 18)
2	INT
=	X
X	3
•	6
0	0
1	+
6	230 CP
7	x > t
x=t	236
150 RCL 58	3
INV INT	6
D'	0
=	=
STO 01	238 INV SBR
RCL 18	

Partition : 479.59

Mode d'emploi

Il convient d'abord de l'enregistrer sur l'autre côté de carte (1 Write). Pour se servir de l'ensemble, effa-

LA CALCULETTE

cer (CLR), passer le premier côté de carte (un 3 doit apparaître), effacer, passer le deuxième côté de carte (apparaît un 1).

La machine est maintenant prête à travailler.

1) Écrire la date sous la forme MMJJ.AAAA et appuyer sur A.

2) Entrer le code de la planète (1 pour Mercure, 2 pour Vénus, etc.) en B.

3) Faire C : apparaît la distance Terre-planète.

4) Après R/S, apparaît la longitude écliptique.

5) Pour changer de date ou de planète, entrer la nouvelle donnée en A ou B, suivant le cas (l'autre reste en mémoire).

Exemple

Où se trouvait Jupiter le 13 septembre 1980 ?

Sur HP-34 C :

1) 150.84 STO 3, 0.08213 STO 1, 5.2028 STO 2, 100.25 ENTER 14.01 + STO 4, 0.01 ENTER 0.016 + STO 5, 0.0484 STO 6

2) N = 256 STO 0.

3) Appuyer sur A : apparaît d = 907 millions de kilomètres : x = y donne $L_{\infty} = 173^{\circ}$.

Sur TI-58 :

1) Faire 913.1980 A (apparaît le nombre de jours, soit 256).

2) 150.84 B, 0.08213 R/S, 5.2028 R/S, 100.25 R/S, 0.01 R/S, 14.01 R/S, 0.016 R/S, 0.0484 R/S.

3) En appuyant sur C, on obtient d = 907 millions de kilomètres : R/S donne $L_{\infty} = 173^{\circ}$.

Sur TI-59 :

Après avoir passé les deux côtés de carte, faire :

1) 913.1980 A.

2) 4 B.

3) C : d = 907 millions de kilomètres.

4) Après R/S, $L_{\infty} = 173^{\circ}$.

Conclusion concernant l'exemple

Le tableau 2 indique que Jupiter se trouvait à la limite entre les constellations du Lion et de la Vierge. Quant à la très faible valeur de l'angle STP, elle s'explique par le fait que le 13-9-80 Jupiter était en conjonction avec le Soleil et la Terre. La valeur de STP est contenue en fin de programme dans la mémoire 03 des Texas. Son cosinus est contenu dans la mémoire 9 de la HP.

Pierre KOHLER
Programmation Daniel FERRO □