

# LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

## Comment pointer un télescope vers des astres invisibles

A l'exception d'astres lumineux comme la Lune, la plupart des planètes et quelques amas stellaires, bien des objets astronomiques intéressants sont délaissés par les astronomes amateurs débutants parce que difficiles à repérer. La méthode la plus souvent utilisée dans ce cas consiste à localiser l'astre en question par rapport à un canevas d'étoiles brillantes sur une carte du ciel. Ainsi sait-on que la nébuleuse planétaire de la Lyre (M 57), totalement invisible à l'œil nu, se situe presque exactement à mi-chemin entre les étoiles gamma et bêta qui, elles, sont parfaitement visibles.

Toutefois, la situation n'est pas toujours aussi simple. En outre, il est dommage de ne pas utiliser les cercles gradués dont sont dotés pratiquement toutes les lunettes et télescopes bénéficiant de la monture dite « équatoriale ». Connaissant les coordonnées exactes d'un astre invisible, relevées sur un atlas céleste s'il s'agit d'un objet fixe (étoile, nébuleuse, galaxie), ou dans un annuaire astronomique pour les objets en mouvement (planètes lointaines, astéroïdes, comètes), il est possible d'obtenir un pointage précis en affichant la déclinaison et l'ascension droite sur les cercles correspondants.

Déclinaison et ascension droite définissent les coordonnées des astres sur le ciel et sont en quelque sorte l'équivalent des latitudes et longitudes en géographie. Mais si la déclinaison s'affiche directement (hormis une petite correction sur laquelle nous reviendrons, mais que l'on peut éventuellement négliger), il n'en va pas de même pour l'ascension droite qui n'est pas directement utilisable. Ce que l'on doit afficher sur le deuxième cercle, c'est en effet l'angle horaire, qui nécessite de connaître le temps sidéral au moment de l'observation. Ce temps sidéral, c'est en quelque sorte l'heure des étoiles, qui n'est pas la même que l'heure de nos montres, déduite quant à elle de l'heure solaire moyenne. L'écart est dû au mouvement de révolution de la Terre autour de l'astre du jour, qui fait que le mouvement de ce dernier dans le ciel est plus lent que celui des étoiles : il lui faut 24 heures (à l'« équation de temps » près - voir

n° 749) pour repasser au méridien, alors que les étoiles mettent 23 h 56 mn. C'est le 22 septembre de chaque année que le temps solaire et temps sidéral sont identiques ; après quoi l'heure sidérale prend 4 mn d'avance par jour (3 mn 55,9 s exactement).

Une fois déterminée l'heure sidérale pour le jour et le lieu de l'observation, l'angle horaire à afficher sur le cercle de l'instrument se détermine facilement par la relation : Angle horaire = Temps sidéral — Ascension droite.

Par ailleurs, pour obtenir un pointage tout à fait précis, il convient d'apporter une petite correction sur les coordonnées de base de l'astre à observer, en raison du mouvement de précession. Ce dernier, dû à l'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil sur le bourrelet équatorial de la Terre, se traduit par un lent glissement des astres (50" à l'équateur céleste) sur la grille des coordonnées célestes, un peu comme les longitudes et latitudes des différents lieux terrestres se modifiera lentement par suite de la dérive des continents... Autres conséquences de cette précession : l'avance des saisons (l'été commençait à la date de l'automne actuel 4 500 ans avant notre ère) et le mouvement du pôle céleste suivant un grand cercle de 47° de diamètre centré sur le pôle dit de l'écliptique, parcouru en 25 800 ans environ. C'est pourquoi l'étoile polaire actuelle sera remplacée par Véga dans 12 000 ans environ. Cette correction sera effectuée par rapport à 1950, année de référence pour la quasi totalité des cartes du ciel actuelles.

Le programme ci-après permet de déterminer les valeurs exactes à afficher sur le cercle horaire et le cercle de déclinaison d'un instrument astronomique à monture équatoriale, opération qui est souvent rebutante pour les non initiés, et nécessite de toutes façons, manuellement, une série de calculs assez fastidieux. Nous l'avons complété par deux opérations faisant également intervenir le temps sidéral, pour obtenir la hauteur sur l'horizon et l'azimut de l'astre en question. Ainsi les possesseurs d'instruments à monture azimutale ne seront-ils pas défavorisés, et pourront-ils eux

aussi repérer facilement un astre peu lumineux.

### Données à entrer

A : année de l'observation  
jour de l'observation  
instant de l'observation (HH. MM)  
L : longitude  
l : latitude de l'observateur  
 $\alpha$  : ascension droite (hh.mm) de l'astre à observer  
 $\delta$  : déclinaison (°, ')

### Calculs de base pour l'utilisation des programmes

Soit N le nombre de jours écoulés entre le 9 septembre dernier et le jour de l'observation, n la fraction de jour représentant l'heure d'observation.

1. Le temps sidéral pour l'instant d'observation est

$$TS1 = 0,002734 \times (N \cdot n) + .n$$

2. Le temps sidéral local est

$$TSL = TS1 + L/360$$

3. La correction de précession est  $AL = \alpha + \Delta\alpha$ , avec

$$\Delta\alpha = \frac{A' (3,973 + 1,336 \sin \frac{1}{2} a) \operatorname{tg} \delta}{3600}$$

où  $a = (\alpha/24) \times 360$

et  $A' = A - 1950$ .

$ALPHA = AL/24$  et  $DELTA = \delta + A' (20,04 \cos \frac{1}{2} a) / 3600$

4. Coordonnées équatoriales à afficher sur les cercles.

Angle horaire = TSL — ALPHA = AH.

Déclinaison = DELTA = D.

5. Coordonnées azimutales :

Hauteur =  $H \operatorname{Arcsin} \left\{ \frac{\sin D \sin L + \cos D \cos l \cos \frac{1}{2} (360 AH)}{\cos l \cos H} \right\}$

Azimut =  $Az = \operatorname{Arcos} \left( \frac{\sin D - \sin L \sin H}{\cos l \cos H} \right)$

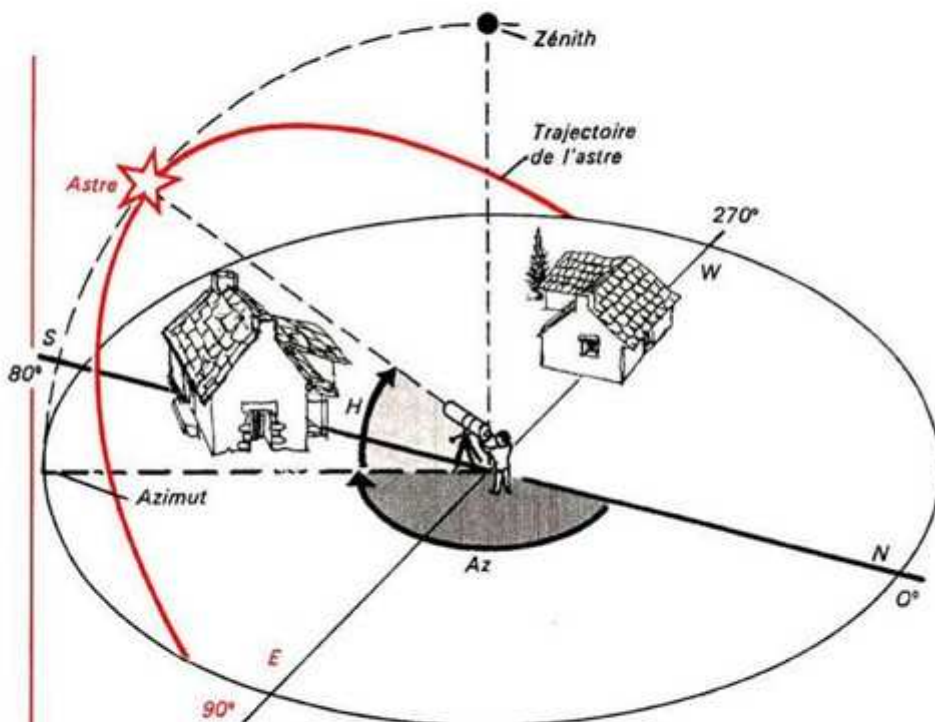
### Remarques

● L et l doivent être introduites sous forme de degrés décimaux. L est comptée positivement vers l'Est, l vers le Nord.

● Les azimuts sont comptés positivement vers l'Est, à partir du Nord (voir dessin).

**Note :** exceptionnellement, ce mois-ci, vu la complexité des calculs, il nous a été impossible d'écrire un programme convenable pour la HP-33. Nous en proposons donc un pour la HP-19 ou HP-29C, en espérant que nos lecteurs voudront bien nous en excuser. Ce cas se présentera probablement dans les prochains articles : la difficulté et l'intérêt de certains calculs nécessiteront parfois l'utilisation d'une HP 34C dont le prix approximatif est de 950 F T.T.C.

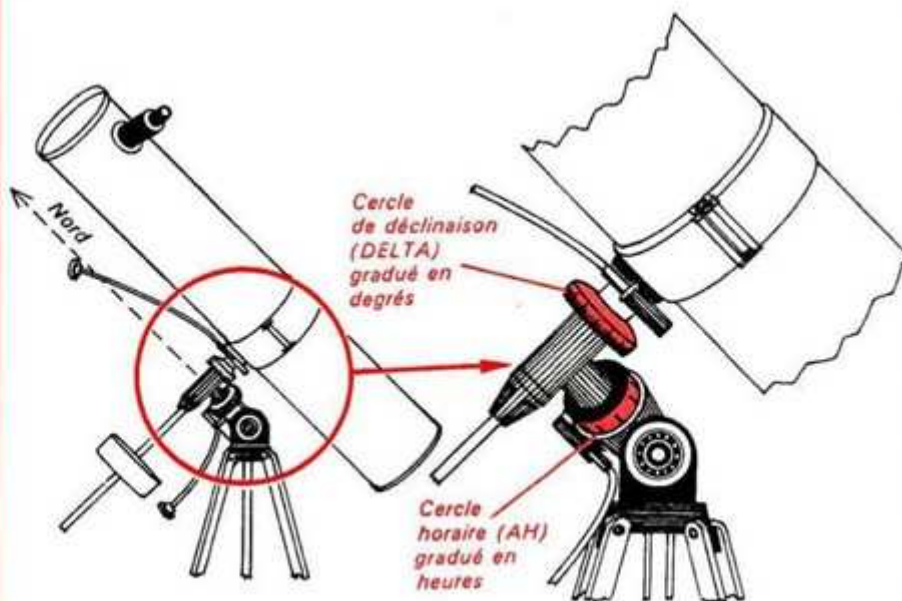




**Le système de coordonnées azimutales**

H: hauteur du dessus de l'horizon (zénith=90°)

Az: azimut (Nord=0, comptés dans le sens des aiguilles d'une montre)



**Le système de coordonnées équatoriales**

AH: temps sidéral local -  $\alpha$  (+ correction de précision)

DELTA =  $\delta$  + correction de précision

DELTA est très voisin de +90° quand on vise l'étoile polaire

**Programme pour HP-19 C et HP-29 C**

01	LBL 0	RCL 0	RCL 3	0
	→ H	RCL 6	tan	0
2		÷	×	÷
4		+	RCL 5	RCL 2
	STO.3	RCL 2	×	+
	+	1	RCL 7	2
	RCL 9	5	+	4
	×	×	RCL 4	÷
10	RCL.3	20	×	-
	+	STO.0	3	↑
		DEG	6	x > 0
		sin		

	GTO 1	cos
	1	×
	+ LBL 1	RCL 1
	2	sin
50	4	RCL.1
	×	sin
	→ H.MS	×
	R/S	+ sin <sup>-1</sup>
	R ↓	80
	RCL 6	STO.2
	×	R/S
	cos	sin
	RCL 1	RCL 1
	cos	sin
60	×	CHS
	RCL.0	×
	cos	RCL.1
	RCL 8	sin
	÷	+
	RCL 4	90
	×	RCL 1
	RCL 3	cos
	+ STO.1	RCL.2
		cos
		×
70	R/S	÷
		cos <sup>-1</sup>
		97
		R/S

**Mode d'emploi**

1. Taper le programme.
2. Mettre : 1,336 en STO 5  
360 en STO 6  
3,973 en STO 7  
179,6 en STO 8  
0,002 734 en STO 9.
3. Mettre L en STO 0, l en STO 1,  $\alpha$  en STO 2,  $\delta$  en STO 3, A' en STO 4.
4. Écrire N (nombre de jours écoulés depuis le 9 septembre dernier). Faire ENTER, écrire l'heure d'observation en temps universel, et faire GSB 0: AH apparaît, en heures et minutes. Continuer en faisant R/S: D, H et AZ apparaissent successivement.

**Notes**

- Les constantes mises en mémoire ne sont pas modifiées au cours de l'opération.
- $\alpha$  et  $\delta$  doivent être introduits sous forme décimale. Par exemple, si  $\alpha = 1$  h 32 mn, faire → H avant de le mettre en mémoire ( $\alpha = 1,53333$ ).

**Programme pour TI-58.59**

000	LBL A	D.MS
	STO 07	STO 10
	R/S	R/S
	LBL B	LBL D
	STO 09	D.MS
	R/S	020
010	LBL C	STO 11
		R/S

# LA CALCULETTE DE L'ASTRONOME

	LBL E		\
	PGM 20		RCL 11
	B		tan
	RCL 03		/
	—		1
030	1		.
	9		3
	5	110	3
	0		6
	=		+
	STO 13		3
	RCL 03		.
	+		9
040	4		7
	INV log		3
	+		=
	9		×
	2	120	RCL 13
	2		÷
	=		3
	PGM 20		6
050	A		0
	PGM 20		0
	C		+
	CP		RCL 10
	x $\gg$ T	130	=
	063		÷
	+		2
	3		4
	=		=
060	6		INV SUM 03
	5		RCL 06
	=		cos
	x $\leftrightarrow$ t	140	÷
	R/S		1
	D.MS		7
	÷		9
	2		.
	4		6
	+		×
070	x $\leftrightarrow$ t		RCL 13
	=	150	+
	×		RCL 11
	.		=
	0		STO 14
	0		sin
	2		×
	7		RCL 09
	3		sin
	4	160	+
080	+		RCL 14
	x $\leftrightarrow$ t		cos
	+		/
	RCL 07		RCL 09
	÷		cos
	3		\
	6		(
	0	170	RCL 03
	=		×
090	STO 03		3
	RCL 10		6
	×		0
	1		)
	5		cos
	=		=
	STO 06		INV sin
100	Deg	180	STO 08
	sin		

	R/S		INV cos
	RCL 14		R/S
	sin		RCL 14
	—	211	R/S
190	RCL 09		RCL 03
	sin		CP
	×		x $\gg$ t
	RCL 08		221
	sin		+
	=		1
	÷	220	=
	RCL 09		×
200	cos		2
	÷		4
	RCL 08		=
	cos		INVD.MS
	=		R/S

### Mode d'emploi

Une fois le programme entré, mettre L en A, l en B;  $\alpha$  en C,  $\delta$  en D et la date d'observation en E sous la forme MMJJ.AAAA (MM = mois, JJ = jour, AAAA = année). Dès que la machine s'arrête, écrire l'heure d'observation en temps universel et faire R/S à la suite : H, AZ, D et AH apparaissent successivement, la dernière valeur sous la forme sexagésimale (heures, minutes et secondes). Pour recommencer il faut rentrer la date et l'heure. Les autres valeurs ne sont pas modifiées au cours du programme.  $\alpha$  et  $\delta$  doivent toujours être introduits sous forme sexagésimale.

### Exemple

Observateur situé à Rennes : L = 1,73° Ouest; l = 48,11° Nord désirant observer la galaxie M33 du triangle : coordonnées célestes  $\alpha$  = 1 h 32 mn,  $\delta$  = + 30° 30'. Observation le 26 septembre 1980 à 23 h 30, heure légale (22 h 30 en temps universel).

● *Sur HP.* Après les 5 premières constantes, mettre — 1,73 STO 0, 48,11 STO 1, 1,32  $\rightarrow$  H STO 2 30,30  $\rightarrow$  H STO 3, 30 = 1980 — 1950 en STO 4, entrer 4 (nombre de jours d'intervalle), faire ENTER  $\uparrow$ , écrire 22,30 et taper GSB 0 : apparaît 21 h 08 mn, soit AH. Faire R/S : apparaît D = 30,65°; après R/S, apparaît H = 53,2° et enfin AZ = 102,4°.

● *Sur TI :* faire — 1,73 A, 48,11 B, 1,32 C, 30,30 D, 926,1980 E et, quand la machine s'arrête sur 0, écrire 22,30, puis faire R/S à la suite : H = 53,2° puis AZ = 102,4° puis D = 30,65°, puis AH = 21 h 08 mn apparaissent.

Pierre KOHLER

Programmation Daniel FERRO