

HIPPARQUE, AUJOURD'HUI

"Je déclare sans peine qu'il doit y avoir des fautes dans mon ouvrage ; je ne connais aucun livre d'Astronomie où il n'y en ait plusieurs La mémoire nous trompe, le calcul nous égare, la chaleur de la composition nous entraîne ; enfin on ignore souvent des choses qu'il aurait fallu savoir."

Lalande (Préface au Traité d'Astronomie, Paris 1771)

Si l'on admet qu'une référence au moins occasionnelle à l'histoire des sciences est instructive, encore faut-il écarter la tentation de n'en citer que les épisodes glorieux : les grands savants, les découvertes essentielles, les inventions fameuses. Il y a aussi le travail des obscurs, les observations de routine (mais qui accumulent des données utiles) et aussi les conceptions fausses qui parfois ont égaré des chercheurs et, plus souvent, ont illustré l'approche difficile des idées les plus simples. Apprendre comment d'autres, et des plus illustres, se sont trompés fait partie de la formation scientifique d'aujourd'hui. Entendons-nous d'ailleurs sur le sens de "se sont trompés". Il est puéril de lire les textes anciens avec des lunettes de 1979, de juger des conceptions anciennes en arguant de ce que les découvertes ultérieures ont permis d'éclairer ou de corriger. Il est plus intéressant, spécialement dans une initiation à l'astronomie, d'apprécier comment dans le passé, avec des moyens d'observation et de calcul relativement rudimentaires, certains phénomènes ont pu être découverts ou expliqués. Je voudrais illustrer ces remarques par deux exemples tirés de l'oeuvre de Hipparque.

La précession des équinoxes

Rappelons d'abord que l'obliquité de l'écliptique sur l'équateur céleste avait été mesurée par Eratosthène (vers -250), soit $11/83$ de circonférence (environ $23^{\circ}51'$). Hipparque, qui vécut un siècle plus tard, le plus souvent à Rhodes, connaissait ce résultat.

Dans son ouvrage sur les solstices et les équinoxes, il distingue deux définitions de l'année. L'une concerne le retour apparent du Soleil parmi les mêmes étoiles, c'est l'année

sidérale, la durée d'une révolution de la Terre autour du Soleil rapportée à un repère fixe, soit 365,2564 jours comme on le sait aujourd'hui. L'autre concerne le retour du Soleil à un même solstice ou à un même équinoxe. C'est évidemment cette deuxième année qui, en définissant les saisons, a le plus d'importance pour l'humanité, en particulier pour son calendrier.

Hipparque commença par comparer ses propres observations du solstice d'été en -135 avec celles faites par Aristarque de Samos en -280. En 145 ans, la différence avec $365,25 \times 145 = 52\,961,25$ était d'une demi journée ($1/300$ de jour par ans, soit pour la valeur moyenne d'un solstice d'été au suivant 365,2466). Le moment exact du passage du Soleil au solstice pouvait difficilement être apprécié à moins d'un demi jour près, ce qui rendait suspecte cette différence. Hipparque comprit que mieux valait mesurer le moment du passage du Soleil au point vernal. D'après Ptolémée, Hipparque mesura trois équinoxes de printemps et six équinoxes d'automne entre -162 et -128 avec une erreur évaluée par Ptolémée à un quart de jour. Ce qui le conduisait à la valeur de l'année des saisons : 365j 5h 52 mn 48s encore un peu trop grande.

Hipparque dut alors se poser la question : comment expliquer la différence de cette année des saisons avec l'année des Babyloniens qui excédait 365,25 jours ?

Les tables des anciens Chaldéens font mention de plusieurs changements d'origine dans la mesure des longitudes du Soleil, de la Lune et des planètes ; peut-être soupçonnaient-ils le déplacement du point vernal. En tout cas, Hipparque acquit la certitude de ce déplacement en comparant les observations d'éclipses de Lune par Timocharsis (169 ans plus tôt) et par lui-même, grâce au raisonnement suivant. Au milieu d'une éclipse de Lune, celle-ci est exactement opposée au Soleil donc les longitudes des deux astres diffèrent de 180° ; la longitude du Soleil peut être déduite de la mesure de sa déclinaison (ce qui est facile au midi précédent et au midi suivant l'éclipse) puisque l'obliquité de l'écliptique est connue. Les conclusions de Hipparque étaient les suivantes : pour Timocharsis, l'Épi de la Vierge précédait l'équinoxe

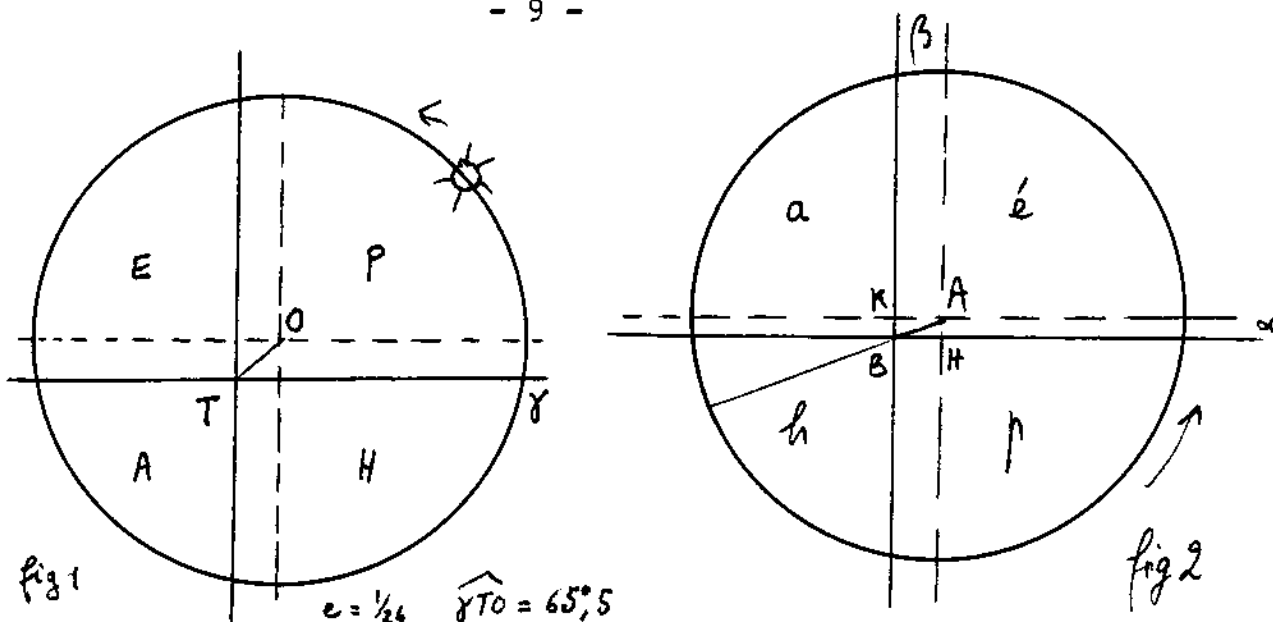
d'automne de 8° alors que pour Hipparque c'était seulement de 6° ; ce décalage de 2° correspond à une rétrogradation du point vernal de $45''$ par an. Dans d'autres textes, Ptolémée attribue à Hipparque une évaluation de la précession à $36''$ (valeur adoptée actuellement $50'',2$).

Remarques : 1°) Newton explique la précession par l'attraction du Soleil et de la Lune sur le bourrelet équatorial de la Terre et trouve $9'',12$ de la part du Soleil, $40'',88$ de la part de la Lune, au total $50''$.

2°) Paul Couderc a bien montré (voir dans ce numéro des Cahiers Clairaut la réponse à la 3^{ème} question dans le courrier des lecteurs) qu'il faut distinguer l'année des saisons, très irrégulière et l'année tropique, valeur moyenne de la première. Aussi faudrait-il, à mon avis, corriger la définition de l'année tropique donnée p.45 des Ephémérides 1979 du Bureau des Longitudes ; au lieu de "durée séparant deux passages consécutifs du Soleil dans la direction du point vernal", il suffirait d'écrire "durée moyenne...".

L'inégalité des saisons Callipe (de Cyzicus, entre -370 et - 300) qui fut élève de Polemarchis lui-même élève d'Eudoxe, évaluait ainsi la durée des saisons : printemps 94j, été 92, automne 89, hiver 90 ; inégalités soupçonnées cent ans avant lui. Hipparque confirma ces évaluations (printemps 94,5 été 92,5) et surtout il en donna une ingénieuse explication.

Selon les conceptions de l'époque (encore admises par Copernic), par besoin d'harmonie, les orbites du Soleil et des planètes autour de la Terre devaient être circulaires et les mouvements uniformes. Hipparque eut alors l'idée de placer la Terre hors du centre de l'orbite du Soleil, autrement dit, d'excentrer cette orbite ; cela permet en effet d'expliquer que la vitesse apparente du Soleil sur l'écliptique croisse puis décroisse régulièrement depuis la valeur la plus faible à l'apogée à la valeur la plus grande au périhélie. Restait à fixer la distance de la Terre au centre de l'orbite (l'excentricité) et dans quelle direction. A partir des valeurs des saisons indiquées plus haut, Hipparque pouvait tracer le schéma de la figure 1.(page suivante)



Remarques. 1°) Le mot excentricité a été naturellement repris par Copernic dont le système d'orbites circulaires exigeait encore de tels décentremements, le Soleil prenant la place de la Terre. Kepler le reprit à son tour pour les orbites elliptiques auxquelles nous sommes habitués.

2) Je me suis amusé à reprendre les calculs de Hipparque à partir des données actuelles (fig 2) : excentricité $e=0,017$ angle de la ligne des apsides avec celle des solstices $a = 11^{\circ},82$ (périhélie 2 janvier, aphélie 5 juillet) ;

$$AH = 0,017 \sin a = \sin \alpha \quad \alpha = 0^{\circ},1987$$

$$AK = 0,017 \cos a = \sin \beta \quad \beta = 0^{\circ},9536$$

Durée des saisons :

$$\text{hiver} \quad 90 - 0,1987 - 0,9536 = 88^{\circ},847$$

$$\text{printemps} \quad 90 - 0,1987 + 0,9536 = 90,7549$$

$$\text{été} \quad 90 + 0,1987 + 0,9536 = 91,1523$$

$$\text{automne} \quad 90 + 0,1987 - 0,9536 = 89,245$$

soit en transformant ces angles en jours les quatre valeurs respectives h: 90,142 j ; p: 92,078 ; é: 92,481 ; a: 90,546 dont le total est 365 247.

Ces valeurs sont assez différentes de celles qui peuvent être tirées de n'importe quel calendrier soit 89,0 ; 92,8 ; 93,6 et 89,8. Autrement dit la progression uniforme de la Terre sur son orbite n'est pas une bonne solution ; c'est bien ce qu'énonce la deuxième loi de Kepler.

3) Entre les figures 1 et 2, il y a une différence notable ; n'oublions pas que la ligne des apsides tourne dans le sens direct de $12''$ par an ; en y ajoutant la précession, la lon-

gitude du périhélie augmente donc de 62" par an, soit en 2100 années plus de 36°.

K.MIZAR

N.B. La plus grande partie des données historiques utilisées dans cette note sont prises dans A.PANNEKOEK, A history of Astronomy traduction anglaise du livre publié en 1951 en néerlandais.

Rectification ... sur dix heures perdues

===== Dans le N°1 des Cahiers Clairaut(p.22), j'affirmais qu'en Terminale C les prof de math et de physique disposaient toujours de 10 h annuelles pour une initiation à l'astronomie organisée en commun. Je faisais erreur. Des collègues m'ont averti des difficultés à obtenir ces 10 h. J'ai écrit au Doyen de l'Inspection Générale de Mathématique, M.Ramis. De sa réponse du 9 novembre 78, voici de larges extraits :

"Les dix heures annuelles(facultatives) d'astronomie en T.C dont vous parlez ont été introduites pour une durée d'un an(pour 62-63) par un arrêté du 28/03/62.D.L.3 a trouvé trace d'interventions de mes prédécesseurs (MM Desforge et Thiberge) qui demandaient leur reconduction. Celle-ci a eu lieu d'année en année, par des circulaires dont la dernière (n°4-67-309) date du 13 juillet 1967.

Le programme actuel de T.C. élaboré par une commission ministérielle et fixé par un arrêté du 14 mai 1971, ne fait aucune allusion à l'enseignement de l'astronomie (cf brochure SEVPEN de 1974 qui remplace la brochure 59Pg). Peut-être quelques uns de vos collègues ont-ils encore utilisé quelque temps les dix heures annuelles, mais pour le Bureau DL 3, elles n'étaient plus reconduites : un seul Rectorat, celui d'Aix-Marseille s'est d'ailleurs inquiété de la question ; il a reçu une réponse négative (en 1975).

Certains établissements ont profité des 10% pour organiser un enseignement de l'astronomie sous la forme de collaboration entre mathématiciens et physiciens dont vous parlez dans votre lettre... Faut-il institutionnaliser une telle entreprise et en revenir, sous une forme interdisciplinaire, à un enseignement de l'astronomie dans toutes les classes terminales ? La question mériterait certainement d'être étudiée au niveau des associations de professeurs et des IREM dans le contexte de l'introduction de nouveaux programmes du second cycle en 1981."

Dans l'organisation du second cycle secondaire (et pas seulement celle des classes terminales), y aura-t-il place pour un enseignement pluridisciplinaire de l'astronomie ? A mon avis, cela dépend beaucoup de nous.

G.W.