

Le problème des équinoxes dans l'astronomie grecque

Jean-François Corre

La Ville Merel, 35380 Plélan-le-Grand, France

jeffcorre@wanadoo.fr

Abstract

When were equinoxes first understood? If the notion were as simple as it might seem, it ought not to be difficult to determine; but the controversies around it show that the matter is not so simple. In fact, it is very difficult to establish the equinoxes, and that difficulty led to several revisions of the notion. But with them came a change to the object under discussion changed as well – more profound than one would think given the stability of the term. This article traces the story.

Keywords

Equinox – gnomon – Thales – Anaximander – early Greek astronomy

1 Avant le gnomon

Avant de devenir autonome, l'astronomie a longtemps consisté en la simple observation du lever ou coucher annuels d'étoiles remarquables : ces repères, dits héliques¹, permettent de découper l'année en saisons de tâches agricoles, comme on le voit avec Hésiode dans *Les travaux et les jours*. L'astronomie avait

1 Le terme n'a pas les mêmes usages en français et en anglais le plus souvent. En français, il qualifie les levers et couchers *visibles* (que l'on parle du soir ou du matin) par différence avec les levers et couchers *exacts* (invisibles à cause du soleil), qualifiés de « cosmiques » (en direction du soleil) ou d'« achroniques » (à l'opposé du soleil). En anglais, la distinction passe *au sein* des levers et couchers *visibles* : sont dits « héliques » ceux qui accompagnent le soleil et « cosmique » et « acronyque » le lever et le coucher à l'*opposé du soleil*.

donc un rôle calendaire, utile à l'agriculture et à la navigation, qui s'est traduit par l'usage de *parapegmata* s'efforçant de matérialiser le cycle annuel de l'année stellaire². C'est une astronomie « horizontale » en un premier sens, dans la mesure où ce sont les étoiles à l'horizon qui font repère, mais en un premier sens seulement puisque la prise en compte du paysage terrestre comme repère n'est pas encore requise.

Cette astronomie est déjà en mesure de constater les solstices : l'attention aux levers et couchers héliques est de fait attention à la situation du soleil par rapport à ces étoiles. Une observation suivie montre alors, par rapport aux étoiles « fixes » prises comme repères, que le lever et le coucher du soleil se déplacent dans une direction pendant une partie de l'année stellaire et en sens inverse pendant l'autre partie. Deux situations particulières apparaissent ainsi : les retournements (*tropai*) qui divisent l'année en deux parties. Ils ne sont pas abruptement marqués quant au temps, mais s'effectuent très lentement, et il est difficile de dire quel jour ils ont lieu. On a même pu croire, et pendant longtemps, à un arrêt pendant plusieurs jours, ce dont témoigne encore l'étymologie latine du terme (de *sol* « soleil » et *sistere* « s'arrêter »). Cette astronomie ayant des fins calendaires, l'intérêt pour les solstices a ainsi dû rester faible tant qu'il n'a existé aucune méthode permettant d'en préciser la date : les données héliques faisaient aussi bien l'affaire.

Qu'en est-il des équinoxes à ce stade ? La connaissance des retournements solaires a dû être accompagnée de la conscience des milieux entre ces extrêmes, mais ils n'ont pas vraiment de fonction tant que les premiers ne sont pas davantage précisés. Aussi la notion élémentaire d'équinoxe a dû simplement désigner l'égalité de durée du jour et de la nuit qu'indique le terme latin dont nous héritons (*aequinoctium*), et on trouve mention chez Hésiode de cette période d'égalité à la fin de l'hiver³. Comme le remarque Kahn contre Dicks⁴, une telle idée ne demande aucune science avancée. Appelons par méthode

2 Daryn Lehoux, *Astronomy, Weather, and Calendars in the Ancient World: Parapegmata and Related Texts in Classical and Near-Eastern Societies* (Cambridge, 2007).

3 « Veille à cela jusqu'à ce que l'année se termine, que les nuits et les jours s'égalisent, que la Terre mère de tout porte ses fruits variés à nouveau » (*Les travaux et les jours* 561-3 : ταῦτα φυλασσόμενος τετελεσμένον εἰς ἐνιαυτὸν ἰσοῦσθαι νύκτας τε καὶ ἡμέρας, εἰς ὃ κεν αὐτίς γῆ πάντων μήτηρ καρπὸν σύμμικτον ἐνείχῃ). Nous ne considérons ici que le monde grec. D'autres conceptions des équinoxes (résultant de la quadripartition arithmétique de l'année par exemple) ont pu exister ailleurs et plus tôt. Cf. D. R. Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle* (Ithaca / Londres, 1970), p. 166.

4 « the concept of equality of day and night in a thoroughly untechnical context » : Charles H. Kahn, « On Early Greek Astronomy », *The Journal of Hellenic Studies* 90 (1970), 99-116 à la p. 113.

EN les équinoxes pensés comme les deux moments de l'année où l'égalité jour-nuit a lieu.

L'astronomie stellaire a ainsi pu constituer un cycle annuel sans s'appuyer sur les relevés des points d'horizon terrestre où se produisent les levers héliques. Les solstices et les équinoxes pouvaient être situés par rapport à ces étoiles, mais n'avaient pas l'avantage de la précision sur elles⁵. Un pas sera franchi lorsque l'astronomie saura tirer parti systématique du point d'horizon terrestre, et non plus seulement céleste, où apparaît le soleil.

2 Le pointeur

2.1 *Installation du pointeur*

L'observation du soleil au lever peut gagner en précision lorsque l'on ne le situe pas seulement par rapport aux étoiles qui l'ont précédé le matin ou suivi le soir, mais aussi par rapport au point particulier de l'horizon terrestre où celui-ci apparaît. Tel arbre, tel talus, telle maison permettent d'accroître la minutie de l'appréciation en l'ancrant dans des repères fins. L'idée est toute simple, mais elle a dû vaincre un obstacle : alors que les étoiles ont des rapports immuables entre elles malgré la rotation du ciel (d'où leur « fixité »), leur situation par rapport à l'horizon terrestre varie très vite selon le point d'observation : il suffit de faire quelques pas pour que le repérage change. On comprend alors la nécessité d'arrêter un point à partir duquel effectuer l'observation si l'on veut bénéficier de la précision possible de l'horizon terrestre. Le gain s'obtient ainsi en renonçant à l'indifférence du lieu d'observation qu'offrait la fixité des étoiles. L'astronome est encore « horizontale », mais d'une autre manière : l'horizon terrestre n'est plus indifférent.

Cela mène facilement au pointeur : la précision donnée par la marque au sol à partir de laquelle l'observation est stabilisée est encore accrue par l'élévation en ce point d'un viseur au niveau de l'œil, d'un pointeur. La marque au sol limitait les déplacements subreptices du corps entier, le repère au niveau de l'œil limite l'effet des mouvements de la tête. Le corps de l'observateur est ainsi entièrement neutralisé, débarrassé de ses hésitations, caprices, humeurs. Par cette stabilisation, la dépendance au point d'observation s'inverse en indépendance retrouvée autrement : le point de vue particulier de quelqu'un, à présent stabilisé en un point fixe, devient le point de vue de n'importe qui en ce point.

5 Les solstices ne définissent pas les saisons chez Hésiode, pour qui l'hiver s'achève soixante jours après le retournement hivernal (*Les travaux et les jours* 565), tandis que l'été se termine cinquante jours après le solstice (663).

Et puisque le soleil aveugle, il est plus commode de prendre comme objet d'attention l'ombre que le soleil dessine au lever par sa rencontre avec le pointeur.

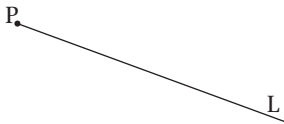


FIGURE 1 *La direction de l'ombre au lever (L), un jour quelconque*⁶

Par le pointeur des ombres précises se dessinent au sol, selon des moments caractéristiques, ainsi devenus objets et moyens de connaissance. C'est sans doute cette possibilité qui donne au dispositif du pointeur son nom de « gnomon » : instrument de connaissance par la discrimination, la désambiguïsation, le repérage. Appelons G₁ cette manière élémentaire d'utiliser le gnomon⁷.

2.2 *Orientation de l'observatoire*

Une telle ombre n'apporte pas grand-chose par elle-même, sinon la possibilité de la retenir, de la noter, pour la comparer à d'autres. On peut en particulier la mettre en rapport avec celle que donnent les derniers rayons du même jour.

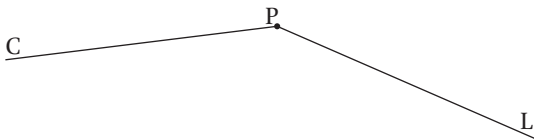


FIGURE 2 *L'ombre au coucher (C), un même jour*

Une telle comparaison est d'abord décevante : l'ombre du coucher forme avec celle du lever un angle quelconque en général, et il n'est même pas constant. Mais si l'on poursuit l'observation au fil des jours, on constate que cet angle

6 P désigne le pointeur, et L l'ombre au lever du soleil. Les ombres au lever (et au coucher) n'ont pas de longueur arrêtée et se prolongent à l'infini en principe, ou se perdent dans l'indéfini en fait, ce qu'il est impossible de figurer exactement bien entendu, mais importe pour la suite.

7 Et, rétrospectivement, désignons par G₀ l'astronomie horizontale stellaire d'avant le gnomon.

conserve du moins son orientation globale : l'ouverture de l'angle varie certes, mais de manière continue selon une direction constante.

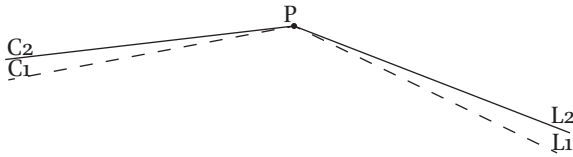


FIGURE 3 *Quelques jours plus tard*

Cette direction constitue ainsi un axe de symétrie des ombres du lever et du coucher au cours de l'année. Il y a alors avantage manifeste à prendre cet axe comme référence pour orienter l'observatoire dans son ensemble. Redresser la manière de se positionner par rapport aux ombres du matin et du soir permettra d'exploiter au mieux cette précieuse symétrie.

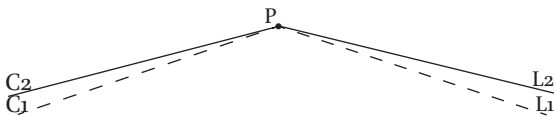


FIGURE 4 *Orientation de l'observatoire, à partir de la symétrie⁸*

Cet axe de symétrie peut être déterminé au compas à partir du pointeur comme centre : un cercle quelconque détermine des points de symétrie sur les ombres du lever et du coucher d'un jour donné. Les recouvrements des cercles de rayons égaux centrés sur ces points forment l'axe de symétrie :

8 Dans les images qui suivent, le trajet du soleil est "en face" : il traverse la page de gauche à droite, et est en haut de la page à midi (le sud est "en haut"). Cette convention pour faire comme si nous étions face au soleil, afin que notre ombre n'interfère pas.

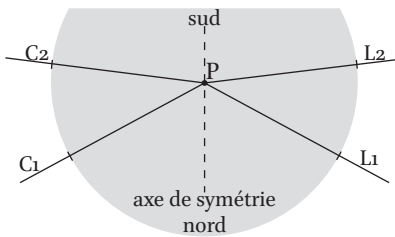


FIGURE 5 *Détermination au compas de l'axe de symétrie*

Il faut mesurer le pas accompli. On savait bien entendu sans cela qu'il y avait une certaine symétrie entre le lever et le coucher du soleil, entre les déplacements annuels des levers et des couchers à l'horizon, correspondant à la hauteur du soleil dans le ciel et à l'inégalité jour/nuit. Mais cette symétrie était sans doute perçue avant tout de façon qualitative : comme opposition davantage que comme symétrie. Le pointeur manifeste au contraire cette symétrie en un schéma qui mène à la penser comme telle, délestée des oppositions qualitatives soir/matin, lever/coucher, aube/crépuscule, début/fin, ouverture/fermeture, éclaircissement/assombrissement, orient/occident⁹. Le schéma que donnent les ombres orientées selon leur symétrie les met littéralement au même niveau, sur le même plan. Il les rend homogènes, et unifie pour la pensée ce que les qualités opposaient, faisaient paraître comme différent. Alors que l'appréhension qualitative soulignait la différence de ce qui est aussi identique par ailleurs, le schéma des ombres souligne l'identité de ce qui est aussi inverse par ailleurs.

Cet axe de symétrie institue ainsi l'axe fondamental du monde en indiquant le sud qui est aussi le midi : le milieu fixe du jour, qui est encore le même tous les jours, espace et temps à la fois. Milieu spatial puisque la course du soleil s'y répartit également d'un côté et de l'autre, milieu temporel puisque quand le soleil est dans cet axe (ce que manifeste son ombre), c'est le plein milieu de la journée, mi-di littéralement.

Cet axe du sud est aussi celui du nord bien entendu, mais renouvelé. La direction du nord était déjà importante dans la considération du ciel nocturne, puisque c'est la direction du centre autour duquel tournent les étoiles fixes. L'axe central du pointeur de l'observation solaire manifeste à présent que l'axe de la nuit et celui du jour coïncident pleinement : là encore le ciel s'unifie de

9 Qu'on les conçoive comme cadres anthropologiques, structures du comportement, coordonnées existentielles, schèmes corporels, les opposés qualitatifs portent en eux des résonances analogiques multiples, qui mettent d'abord en avant la différence qualitative.

façon formelle, par-delà les oppositions qualitatives (du jour et de la nuit, du sud et du nord), en s'unissant à la terre. C'est un même ordre qui fait leur unité.

2.3 *L'année du pointeur : les solstices*

Si l'observation est prolongée assez longtemps, le dispositif donne encore les bornes de l'année : les retournements à l'horizon se traduisent par des angles extrêmes. Au retournement de l'été :

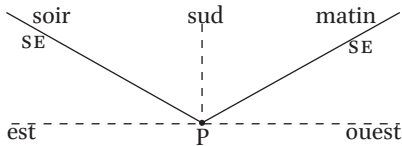


FIGURE 6 *Tracé des ombres extrêmes : le solstice d'été (SE)*

À l'autre bout de l'année, l'autre angle extrême figure le solstice d'hiver :

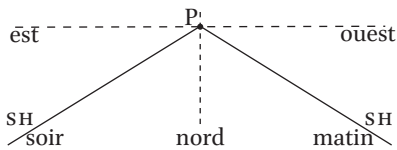


FIGURE 7 *Le solstice d'hiver (SH)*

Là encore les solstices qualitatifs deviennent des solstices schématiques, selon des figures élémentaires, aux symétries pleines d'enseignement. Et par leur précision schématique, les repères spatiaux deviennent aussi des repères temporels. Il est vrai qu'il est difficile de déterminer d'abord finement le moment de ces solstices : le soleil paraît stagner plusieurs jours durant au point extrême¹⁰. Mais puisque c'est désormais un point inscrit, l'observation peut être affinée, et une dichotomie du temps de stagnation apparente permet d'inférer un moment moyen¹¹. Ainsi affermie, cette détermination offre

10 Difficulté sur laquelle a insisté Dicks dans « More Astronomical Misconceptions », *Journal of Hellenic Studies* 92 (1972), 175-7 à la p. 177. Il estime « avec optimisme » à neuf jours d'incertitude l'imprécision que produirait une telle mesure.

11 Comme le remarque Stephen A. White, « Milesian Measures », *The Oxford Handbook of Presocratic Philosophy*, éds Patricia Curd et Daniel W. Graham (Oxford, 2008), 89-133, à la p. 94.

un cadre annuel plus précis que les levers et couchers héliques, comparativement moins fiables¹². Ceux-ci peuvent alors se subordonner à ce cadre : le solstice d'été devient le repère temporel essentiel, le début de l'année, à partir duquel les phénomènes stellaires seront désormais situés. Une sorte de basculement s'opère : l'année solaire devient plus rigoureuse que l'année stellaire.

2.4 *Équinoxes*

Avec un tel dispositif, l'idée élémentaire d'équinoxe (EN) a pu trouver deux manières de se concrétiser.

2.4.1 L'opposition des ombres

La configuration globale donnée par le pointeur (G₁) offre une manière immédiate de rendre concrète l'idée simple d'équinoxe : l'axe est-ouest qui découle simplement de l'axe fondamental sud-nord est aussi celui selon lequel, à distance des extrêmes solsticiaux, viennent s'opposer à deux moments de l'année l'ombre du coucher et celle du lever. Ces moments semblent incarner le milieu entre les extrêmes annuels, l'équilibre entre les opposés.

Ainsi, de même que l'axe sud-nord était le centre du jour, l'axe est-ouest figure le centre de l'année. L'est et l'ouest ne sont plus seulement des lieux où le soleil se lève et se couche en gros selon une ample variation, mais les points très précis, présume-t-on, autour desquels varie très exactement cette amplitude. Il suffit alors, en principe, d'attendre le jour de l'année où l'ombre au lever et celle du coucher s'opposent le plus rigoureusement possible pour avoir déterminé le milieu temporel de l'année¹³ : les ombres opposées (OP) montreraient ainsi le jour de l'équinoxe¹⁴. La présomption est "naturelle" : elle paraît aller de soi tant

12 De très nombreux paramètres rendent imprécis ces anciens repères, de l'acuité visuelle de l'observateur jusqu'aux conditions de pression atmosphérique et de température qui font varier le taux de la réfraction atmosphérique à l'horizon.

13 Précisons qu'en toute rigueur l'opposition des ombres n'est jamais stricte un jour donné si l'horizon est parfaitement régulier, puisque l'équinoxe n'est qu'un instant de la journée et non une journée entière. Si le soleil est à l'est exact le matin, il aura le temps de s'écarter un peu du point équinoxial pendant les douze heures où il traversera le ciel : il ne sera pas à l'ouest exact le soir. Si l'horizon est régulier, les ombres du lever et du coucher forment un angle de 0°12'. Il s'agit donc de repérer le jour où l'opposition se rapproche le plus de l'axe est-ouest.

14 C'est une réponse de Kahn à Dicks, concernant la possibilité d'une certaine détermination quantitative des équinoxes antérieure à l'astronomie classique. La date pourrait être estimée par l'observation directe : « the equinoctial phenomenon can be recognised on the day when it occurs, and consists simply in the fact that *the morning shadow and the evening shadow form a straight angle*, i.e. are diametrically opposed » (Kahn, « On Early

que rien ne vient la contredire, tant que l'on ne disposera pas de moyen de constater qu'elle n'est pas si juste que cela.

2.4.2 La division des jours

Une deuxième manière de placer les équinoxes présume que l'égalité de durée du jour et de la nuit (EN) doit se produire au milieu temporel des périodes entre les solstices¹⁵. Elle consiste simplement à diviser le nombre de jours entre les solstices en deux moitiés aussi égales que possible : appelons DJ cette dichotomie du compte des jours entre les solstices. La présomption $EN=DJ$ est "naturelle" là encore : il faudrait des démentis incontestables pour l'abandonner.

L'observation allait-elle confirmer la présomption $EN=OP=DJ$?

2.5 Correction de l'inégalité de l'horizon

L'observation des premières et dernières ombres est tributaire des particularités de l'horizon en un lieu donné. L'observateur a sans doute soin de placer son dispositif en un lieu aussi dégagé et plan que possible, mais cela ne garantit pas la parfaite égalité de l'horizon : sa déclivité peut être insensible si elle est régulière, et cela de plusieurs manières. C'est peut-être l'horizon du lever qui est régulièrement irrégulier, ou encore celui du coucher, et les deux peuvent l'être de manière opposée. De fausses symétries du lever et du coucher seraient ainsi produites, qui affecteraient les repères fondamentaux. Les axes sud-nord et est-ouest en seraient d'abord décalés. Le cadre solsticial en souffrirait à son tour puisque les angles extrêmes ne seraient pas justes, ce qui pourrait encore fausser la détermination du temps de l'événement. Et les équinoxes que l'on voudrait estimer par dichotomie (DJ) hériteraient encore de ce décalage. L'inégalité insue de l'horizon affecterait encore EN puisque les levers et

Greek Astronomy », n. 4 *supra*, p. 114, souligné par l'auteur). Comme le relève Dicks, il faut entendre un angle plat et non un angle droit, mais là n'est pas le problème de fond. Daniel D. Graham approuve le principe de la réponse de Kahn : « Dicks a absolument tort sur ce point », « La lumière de la lune dans la pensée grecque archaïque », *Qu'est-ce que la philosophie présocratique ?*, eds A. Laks et C. Louguet (Villeneuve d'Ascq, 2002), 351-80, p. 359 n. 17.

15 C'était une première réponse de Kahn à Dicks : « The simplest method [to specify the date] would be to count the number of days from solstice to solstice and to divide by two » (« On Early Greek Astronomy », n. 4 *supra*, p. 113). C'est une détermination par le calcul et non par l'observation. Cette solution a les faveurs de Stephen A. White, « Thales and the Stars », *Presocratic Philosophy*, eds V. Caston et D. W. Graham (Ashgate, 2002), 3-18 à la p. 14 : « The result would be rude and inaccurate, but fully within the limits of archaic methods and ideas. It would also be adequate for practical purposes, and consistent with any observable equality in the duration of day and night. »

couchers ne seraient pas véritables, aussi bien que OP puisque l'opposition rectiligne des ombres serait due à une dissymétrie inaperçue.

Des inégalités manifestes de l'horizon, ou des observations discordantes selon les observatoires, ont pu mener à vouloir neutraliser les inégalités éventuelles du relief lointain par la construction d'un horizon artificiel régulier à proximité¹⁶. Un muret circulaire régulier centré sur le gnomon mettrait toutes les apparitions et disparitions du soleil sur le même plan. Il aurait certes l'inconvénient de produire un horizon rehaussé, qui retarderait dans la journée les levers et anticiperait les couchers. Du moins les cadres fondamentaux (axes sud-nord et est-ouest) gagneraient-ils en rigueur, ainsi que la symétrie des solstices et l'opposition des ombres (OP).

Mais l'effet de la plus grande hauteur du muret peut être neutralisé à son tour, en comblant l'espace intérieur de sorte que le pied du gnomon soit au même niveau que le bord. Un gnomon placé sur un tambour de fût de colonne de temple fournirait un modèle de cet observatoire. Appelons G1b cette amélioration de l'abstraction du gnomon par égalisation artificielle de l'horizon.

3 Difficultés

L'adoption du pointeur (G1a), puis son perfectionnement (G1b), pouvaient laisser espérer que se concrétise par l'observation la présomption $EN=DJ=OP$. Mais cela pouvait difficilement advenir : ces trois termes ne coïncident en réalité pas, et aucun d'entre eux ne correspond à la conception qui sera finalement adoptée.

3.1 *Le problème des premiers et derniers rayons à l'horizon*

Le pointeur tient sa force du caractère discriminant des premiers et derniers rayons directs du soleil, puisque la clarté ne suffit pas à définir le jour : la nuit laisse place à l'aube d'une manière continue, sans rupture marquée. Il fallait adopter un critère incontestable, décider d'une limite nette, et faire des premiers et derniers rayons directs du soleil la marque du jour et de la nuit "véritables", ainsi redéfinis de manière désambiguïsée. Mais cette discrimination décisive, qui fait le privilège du jour solaire sur la nuit stellaire, n'en comporte pas moins un biais fondamental, de deux manières qui se renforcent.

16 Comme le suggère Dirk Couprie, *Heaven and Earth in Ancient Greek Cosmology* (New York, 2011), p. 22, et p. 23 fig. 2.6.

Le premier problème vient du fait que le soleil n'est pas un point mais comme un disque : les rayons venant de son sommet atteignent le pointeur le matin avant que son centre n'ait franchi l'horizon. Le soir, alors que le centre du soleil a déjà passé l'horizon, des rayons de la deuxième moitié du disque solaire atteignent encore le pointeur. Le diamètre apparent du soleil étant d'un demi-degré environ ($0^{\circ}32'$), la différence de hauteur est de $16'$ à chaque fois.

Les rayons discriminants étant plus hauts que ceux du centre, ils se manifestent un peu plus tôt le matin, et donc aussi un peu plus au nord puisque le soleil commence sa course quotidienne selon une trajectoire tournée vers le sud : le temps que dure l'élévation de son centre jusqu'à l'horizon, il se sera déplacé vers le sud.

Mais ce biais est comme redoublé par un phénomène optique que l'astronomie grecque n'a pas pris en compte¹⁷ : la réfraction atmosphérique, qui a pour effet que ce qui est observé à l'horizon paraît plus haut qu'il n'est en réalité. Les rayons lumineux sont courbés par la traversée de l'atmosphère, très faiblement pour des observations zénithales, mais de façon non négligeable pour les objets à l'horizon, où le décalage atteint un peu plus d'un demi-degré ($0^{\circ}34'$). Le soleil apparaît alors à l'horizon plus haut, de la hauteur d'un soleil à peu près, qu'il ne le ferait sans réfraction. Ainsi, au moment où il est devenu entièrement visible, si l'on enlevait par magie l'atmosphère terrestre, le soleil serait encore entièrement caché. Il n'apparaîtrait pleinement que plus tard dans la journée, plus au sud, avec une ombre plus au nord.

3.2 Conséquences sur *EN* et *OP*

Les deux biais (la taille du soleil et la réfraction atmosphérique) s'additionnent pour présenter un lever et un coucher apparents en décalage spatial et temporel avec ce qu'ils seraient sans cela :

17 Dans l'*Optique*, Ptolémée traite de la réfraction astronomique, mais il estime impossible de déterminer une table de réfraction éther-air, puisqu'on ignore à quelle distance de la terre est la surface de réfraction (*L'Optique de Claude Ptolémée, dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile*, éd. Albert Lejeune, New York / Leiden, 1957, pp. 241-2, la note 28 en particulier). La *Composition mathématique* (*l'Almageste*) ne prend pas en compte cette réfraction, et n'en fait pas l'explication de l'erreur de la mesure double des équinoxes à quelques heures de distance par l'armille équatoriale, survenue « plusieurs fois » (ἐπίστε, *Composition mathématique* III, 2, éd. Halma, p. 155).

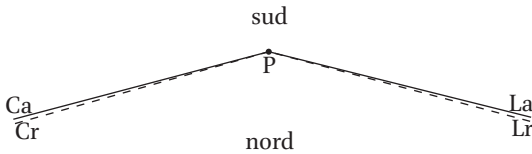


FIGURE 8 *Lever apparent (La) et lever rectifié (Lr) un jour quelconque*

Ce décalage n'affecte pas les axes fondamentaux de l'observatoire (sud-nord et est-ouest) puisqu'ils sont établis à partir de la symétrie des ombres du lever et du coucher. Les extrêmes solsticiaux sont en revanche un peu décalés. Les premiers et derniers rayons apparaissent plus au nord qu'ils ne le feraient sans cela : les ombres qu'ils produisent sont décalées vers le sud. L'estimation de la date des solstices n'est cependant pas modifiée : si le soleil apparaît plus tôt dans la journée qu'il ne le ferait sans réfraction, le moment annuel n'est changé que de cet écart, ce qui ne modifie en rien l'estimation de la date.

Il n'en va pas de même pour les équinoxes. La détermination de l'égalité durée du jour et de la nuit (EN) se heurte de façon plus générale au problème de la précision de la mesure du temps. Imaginons toutefois des tentatives précoces de mesure à l'aide de clepsydres par exemple¹⁸ : ne donneraient-elles pas une certaine approche de l'égalité effective ? Le double biais du repérage du jour par les premiers et derniers rayons donne un avantage au jour sur la nuit, tant le soir que le matin : le jour ainsi mesuré est plus long qu'il ne serait sans biais. L'égalité constatée en fait ne traduit pas la symétrie du centre du soleil entre le lever et le coucher et sans atmosphère. Des mesures auraient ainsi situé l'égalité durée du jour et de la nuit au printemps plus tôt que sans ces biais, tandis qu'à l'automne elle aurait eu lieu plus tard que l'égalité sans biais.

Il est douteux que cette méthode ait été suivie de manière fine, puisque les instruments de mesure du temps manquent de précision, et que l'opposition des ombres (OP) paraît offrir un moyen bien plus simple. Mais la méthode de l'opposition a le même défaut : le soleil paraissant se lever et se coucher plus au nord que sans biais, au printemps (où le soleil se lève plus au nord chaque jour) l'opposition visible des ombres est devancée dans l'année, tandis qu'elle est retardée à l'automne (puisque'il se lève plus au sud chaque jour).

18 D. R. Dicks estime à 10 mn la précision de la mesure nocturne du temps à l'aide de clepsydres à l'époque de Ptolémée : « Ancient Astronomical Instruments », *Journal of the British Astronomical Association*, 64 (1953-54), 77-85, à la p. 84.

3.3 *Biais de DJ : uniformité présumée de l'année*

Les difficultés ne s'arrêtent pas là. La tentative d'obtenir la date des équinoxes par dichotomie du nombre de jours entre les solstices (DJ) présuppose une régularité de la course du soleil (d'un point de vue géocentrique). Mais cela n'a pas lieu en réalité : les quatre saisons n'ont pas une durée égale. La trajectoire de la terre autour du soleil est une ellipse qu'elle parcourt en une vitesse variable : la dichotomie des périodes intersolsticiales ne peut pas donner les jours des équinoxes effectifs. En supposant une détermination exacte des solstices, une évaluation par dichotomie (DJ) conduirait à placer l'équinoxe d'automne presque deux jours trop tôt et l'équinoxe de printemps presque deux jours trop tard¹⁹.

Il y a alors difficulté pour accorder OP avec DJ : la présomption d'équivalence a dû en souffrir. Mais le problème est peut-être resté longtemps comme suspendu, flottant.

4 Observatoire repensé (Gz)

Une nouvelle voie était requise pour sortir de ce flottement. Le pas consiste, à l'aide du même instrument qu'est le gnomon, à neutraliser la dépendance à l'égard des levers et couchers en déplaçant radicalement le regard, en une sorte de renoncement coûteux, de sacrifice. Il ne s'agit plus de s'intéresser à la direction de l'ombre infinie au lever et au coucher, mais de considérer les variations de la longueur des ombres *finies* au cours de la journée. Le point de discrimination change, et donc la caractérisation du « discriminant » qu'est le gnomon : c'est en renonçant au discernement par les premiers et derniers rayons que s'élabore un discernement épuré.

4.1 *Dispositif*

En notant les sommets des ombres finies tout au long de la journée, on obtient chaque jour au sol l'image inversée de la traversée du ciel par le soleil. La courbe obtenue serait décevante si l'on ne disposait pas d'habitudes de repérage, mais selon un observatoire orienté elle se présente en sa symétrie :

19 Ces estimations valent pour l'ensemble de l'astronomie grecque (de Thalès à Ptolémée), même si la durée des saisons a varié pendant ce temps.

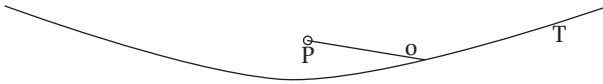


FIGURE 9 La trajectoire (T) de l'extrémité de l'ombre (O) au cours de la journée

Cette symétrie donne l'axe du jour (sud-nord) indépendamment de l'horizon, qu'il soit naturel (G1a) ou artificiel (G1b), et donc des doutes qui pouvaient les accompagner. L'orientation générale de l'observatoire peut être refondée d'une manière épurée : par construction géométrique. Par intersection avec la courbe journalière, le compas donne deux ombres de même longueur (I_1 et I_2) : elles forment un angle dont la bissectrice (qui joint I_3 , intersection de cercles centrés sur I_1 et I_2 , à P) est l'axe sud-nord.

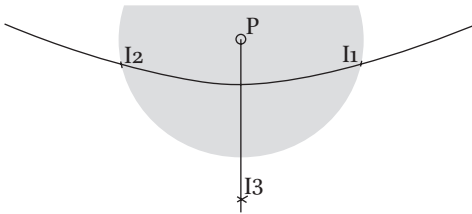


FIGURE 10 Construction hors horizon de l'axe fondamental

Le procédé, signalé en passant par Vitruve²⁰, ressemble en un sens beaucoup à celui déjà considéré aux points singuliers du lever et du coucher (Fig. 5), mais il est plus abstrait. Le rôle du compas est cette fois de repérer d'abord l'ombre de l'après-midi de même longueur qu'une ombre choisie arbitrairement le matin. À condition de présenter un angle exploitable, ces ombres sont indifférentes par elles-mêmes : leur symétrie suffit à déterminer l'axe essentiel. Des moments quelconques se substituent ainsi aux moments qualifiés, singuliers, du lever et du coucher. La symétrie exploitée n'est plus celle du lever et du coucher mais celle de la figure. Se trouvent ainsi neutralisés le problème de

20 Vitruve signale le procédé au début de sa description de l'orientation d'une tour des vents : il suffit d'attendre l'après midi l'ombre de même longueur que celle choisie le matin pour avoir un angle que l'on bissecte facilement en utilisant à nouveau le compas, déterminant par là l'axe nord-sud (*De l'architecture* 1, 6, 12).

l'horizon naturel peut-être inégal de G1a, le problème de la hauteur de G1b, et le problème plus général de la réfraction des rayons horizontaux.

Les solstices se présentent alors eux aussi selon une détermination épurée, abstraite : il suffit de repérer sur l'axe sud-nord l'ombre la plus courte pour avoir le point du solstice d'été, et le point d'intersection avec l'ombre la plus éloignée pour avoir le solstice d'hiver, sans souci de l'horizon.

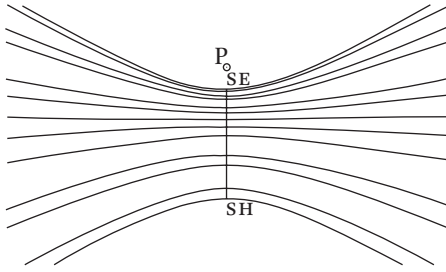


FIGURE 11 Les solstices, aux bornes du segment des midis de l'année

Les équinoxes ne pourraient-ils pas bénéficier de cette même abstraction ?

4.2 Redéfinition des équinoxes

4.2.1 Équilibre des courbes

La comparaison au cours de l'année des trajectoires quotidiennes présente une situation très singulière, intermédiaire entre deux sortes de courbures. Lors de la période printanière-estivale, alors que le soleil est plus haut dans le ciel, les trajectoires ont une courbure tournée vers l'intérieur du gnomon, de plus en plus jusqu'au solstice d'été, de moins en moins ensuite. À l'inverse, les trajectoires quotidiennes de la période automnale-hivernale sont comme tournées vers l'extérieur du gnomon, de plus en plus à mesure que l'on s'approche du solstice d'hiver, et de moins en moins ensuite. Entre les deux se produit donc un moment où la courbure n'est ni dans un sens ni dans l'autre, où elle n'est plus une courbure, mais est à l'équilibre entre les deux : selon une ligne droite tout à fait singulière.

Pour la première fois, le moment théorique des équinoxes apparaît complètement délesté de l'horizon terrestre, essentiel à leur définition première puisqu'il marquait la limite discriminante entre le jour et la nuit, mais qui empêchait pourtant de les trouver concrètement. Appelons G2a cet état de la connaissance par le gnomon.

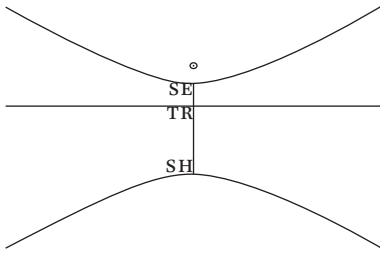


FIGURE 12 La trajectoire rectiligne (TR) entre les trajectoires courbes

4.2.2 Détermination géométrique (G2b)

Ce gain de principe dans la détermination des équinoxes est toutefois immédiatement tempéré par la difficulté à appréhender concrètement cette droite supposée : elle est difficile à isoler en fait. Plusieurs trajectoires quotidiennes sont assez comparables, et aucune d'entre elles ne peut être parfaitement rectiligne en réalité : l'équinoxe ne dure pas une journée entière, ne se fige pas, mais n'est qu'un passage. Il n'y a ainsi aucune trajectoire journalière parfaitement alignée d'est en ouest²¹. La trajectoire concrète de l'ombre correspond alors plus ou moins à l'axe de symétrie idéal, mais jamais parfaitement.

Ce manque se traduit pourtant en une sorte d'appel : l'axe idéal est comme appelé par le renversement effectif des courbes. Qu'un tel défaut ait été effectivement éprouvé ou non, la logique du dispositif invite, si l'on peut dire, à la détermination de cet axe idéal, à partir duquel sera jugée chaque trajectoire quotidienne.

Le problème général a été rencontré plusieurs fois : comment, au sein de données qui changent peu sensiblement, déterminer le point de retournement ? Il fallait alors souvent exploiter la symétrie quand symétrie il y avait. Mais ce n'est plus le cas cette fois, du moins immédiatement : la dissymétrie est même manifeste entre le segment printanier-estival et le segment automnal-hivernal. Le pas consiste alors à considérer que la dissymétrie au sol est en fait la traduction régulière d'une symétrie dans le ciel, symétrie *angulaire* de l'amplitude annuelle du parcours du soleil. Cela revient à comprendre cette symétrie dans le ciel, en la projetant en une égalité angulaire parcourue par l'amplitude du soleil : celle d'un déplacement selon une sphère.

L'égalité qui donnait son nom aux équinoxes a ainsi trouvé réalisation satisfaisante, stable, après bien des errements : celle d'une égalité angulaire dans le ciel, se manifestant par la pointe du gnomon.

21 C'est une autre conséquence de la difficulté indiquée à la note 13 *supra*.

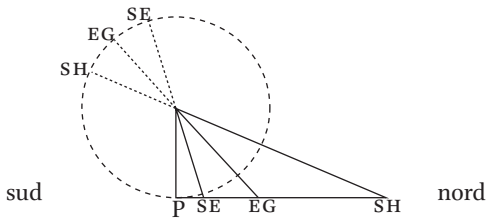


FIGURE 13 *Le point équinoxial géométrique (EG) par bissection de l'angle intersolsticial*

Cette bissection de droit permet de concevoir une construction géométrique pratique : il suffit de reporter sur le sol au pied du gnomon et à la perpendiculaire de l'axe sud-nord la longueur de ce gnomon, puis de rejoindre le sommet de cette longueur aux deux points solsticiaux pour avoir reconstitué au sol l'angle intersolsticial, qu'il est alors facile de bissecter.

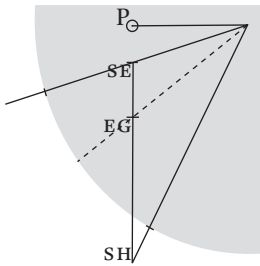


FIGURE 14 *La bissection au sol de l'angle intersolsticial*

Appelons G2b ce moment où le gnomon renouvelé (G2) trouve son centre équinoxial géométrique. L'axe équinoxial ainsi construit définit avec la pointe du gnomon un plan cosmique : le plan équinoxial, ou équatorial. L'axe équinoxial est alors l'intersection du plan équatorial avec celui de l'écliptique. Et, puisque ces plans sont comme des cercles pour nous qui en sommes au centre, le cercle équatorial et le cercle écliptique se rencontrent en deux "points" remarquables du ciel : les équinoxes, définis spatialement. Ces points sont aussi des indicateurs temporels : lorsque le soleil y passe, c'est-à-dire croise le cercle équatorial, c'est le temps des équinoxes. Ils ont ainsi trouvé leur définition à la fois conceptuelle et observationnelle, cosmique et temporelle : les équinoxes sont des points d'intersection, qui indiquent aussi les moments singuliers d'équilibre de l'année.

5 Attributions

La mise au point de l'idée d'équinoxe n'a donc pas résulté de la convergence sereine d'intuitions assurées, mais a exigé des remaniements profonds, et d'abord le renouvellement d'un instrument bien connu : le gnomon. Peut-on espérer trouver des indices de ces étapes dans les documents ? Quels effets peut-on attendre de tels changements ? Prenons comme guide le problème de la connaissance de l'inégalité des saisons : quand l'observation embarrassante de l'« anomalie annuelle » a-t-elle eu assez de rigueur, de précision et de force pour vaincre la présomption d'uniformité ?

5.1 *La didascalie de Leptine*

La *Didascalie céleste de Leptine* présente des données comparatives riches d'enseignements si elles sont justes²² :

D'après :	Eudoxe	Démocrite	Euctémon	Callippe
du solstice d'été à l'équinoxe d'automne :	[91]	[91]	90	92
de l'équinoxe d'automne au solstice d'hiver :	92	91	90	89
du solstice d'hiver à l'équinoxe de printemps :	91	91	92	90
de l'équinoxe de printemps au solstice d'été :	91	92	93	94

Remarquons d'abord que si les nombres sont donnés en jours entiers, cela n'implique aucunement la croyance en l'idée que l'année dure 365 jours exactement. Ainsi le cycle de Méton de 19 ans impliquait une année moyenne de

22 Texte grec du II^{ème} av. J.-C. siècle également appelé *Art d'Eudoxe* (ou *Papyrus d'Eudoxe*). Texte grec d'abord paru dans F. Blass, éd, *Eudoxi ars astronomica qualis in charta aegyptiaca superest* (Keil, 1887) (réimprimé dans *Zeitschrift für Papyrologie und Epigraphik* 115, 1997, 79-101). Également dans Lehoux, *Astronomy* (n. 2, *supra*), p. 486. La *Didascalie de Leptine* a été traduite en français dans l'Appendice I des *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne* de P. Tannery (Paris, 1893), p. 294.

365 $\frac{5}{19}$ jours²³, tandis que Callippe, à l'autre extrémité de cet échantillon, donnait une durée de 365 $\frac{1}{4}$ jours²⁴.

Remarquons encore l'ordre curieux dans lequel sont présentés les astronomes : il ne s'agit pas de leur succession chronologique. Est-elle pourtant sans aucun ordre ? Il y a une certaine progression vers plus de justesse, de fait en tout cas.

La donnée la plus remarquable est la précision avec laquelle la durée des quatre saisons est connue de Callippe (vers 330 av. J.-C.), en rupture avec les autres indications.

5.1.1 Eudoxe et Démocrite

Les trois autres astronomes font certes état d'une inégalité numérique, mais elle n'est pas du tout du même type. Il suffit en effet que les comptes soient proposés en jours entiers pour que la répartition des 365 jours de l'année soit de toute façon inégale, puisque le total est impair. Le jour excédentaire a pu être placé de manière simplement arbitraire. C'est ainsi que paraissent avoir procédé Eudoxe et Démocrite, Eudoxe attribuant le jour excédentaire à l'automne, et Démocrite au printemps, plus proche ainsi de la réalité, mais simplement par chance si la répartition n'obéit à aucun autre principe. L'inégalité proposée est à chaque fois la plus petite possible dans cette logique : ils ne pouvaient pas faire moins.

5.1.2 Équinoxes d'Euctémon

Les nombres nettement plus différenciés d'Euctémon ne doivent pas tromper. L'inégalité des périodes intersolsticiales ne doit pas masquer que la division à l'intérieur de ces périodes procède sans doute de manière simplement dichotomique : les équinoxes sont vraisemblablement calculés par simple division égale des périodes inégales, corrigée par l'ajout du jour "excédentaire" à la dernière saison. Euctémon ignore manifestement, tout comme Démocrite et Eudoxe, la véritable différence de durée entre l'été et l'automne et celle entre

23 Dicks, *Early Greek Astronomy* (n. 3 *supra*), p. 88.

24 La question de savoir ce qu'il en était avant Méton de la connaissance de la durée de l'année dépend de la manière dont était conçue l'octaétéride. Comptait-elle 8 années de 365 jours = 2920 jours, pour correspondre à 99 mois lunaires de 29 $\frac{1}{2}$ jours (= 2920 $\frac{1}{2}$ jours) à une demi-journée près, comme le pensait Dicks (*Early Greek Astronomy*, n. 3 *supra*, p. 189, après T. L. Heath, *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*, Oxford 1913, p. 289) ? Ou comptait-elle déjà 2922 jours, soit 8 années de 365 $\frac{1}{4}$ jours, pour correspondre aux 99 mois lunaires de 29 $\frac{1}{2}$ jours à 1,5 jours près, comme le pense J. Evans (*The History and Practice of Ancient Astronomy*, Oxford 1998, p. 207) ?

l'hiver et le printemps, qui sont de 3,6 jours environ à son époque²⁵. On ne peut donc pas dire qu'il connaissait « l'inégalité des saisons » (au sens strict) comme l'affirme Dicks, même si l'inégalité des périodes entre les solstices laisse penser qu'il avait peut-être constaté la « non-uniformité de la course du soleil autour de la terre »²⁶. Les équinoxes d'Euctémon étaient en tout cas sans doute obtenus par dichotomie des périodes solsticiales (DJ).

5.1.3 Équinoxes de Callippe

La *Didascalie de Leptine* fait ainsi apparaître que c'est à Callippe que l'on doit la mesure précise et donc la découverte de l'inégalité véritable des saisons, entendue non pas seulement comme inégalité des périodes solsticiales, mais comme inégalité des divisions de ces périodes. Les données de Callippe indiquent que l'inégalité des périodes entre les équinoxes est même plus de deux fois plus grande que celle entre les solstices : alors que la différence entre ces dernières est estimée à trois jours (184-181)²⁷, celle entre les équinoxes est estimée à 7 jours (186-179)²⁸.

Les résultats sont remarquables : l'erreur pour chaque saison n'excède pas une demi-journée. Bien que données en nombres entiers, les durées proposées sont aussi valables en fait que celles d'Hipparque (vers 130 av. J.-C.)²⁹, qui seront encore celles de Ptolémée (II^{ème} siècle). Les estimations de Callippe marquent donc un accomplissement indépassé dans l'astronomie grecque. Il a échappé aux biais d'EN et d'OP, et est parvenu à rompre la présomption erronée DJ qui est encore celle d'Eudoxe.

À quoi attribuer un tel succès ? Après Callippe l'astronomie alexandrine hellénistique prendra un nouveau visage. Au lieu de scruter les ombres au sol, l'attention sera à nouveau tournée vers le ciel mais non plus à l'horizon, grâce à de nouveaux instruments. De même que l'on était passé de la considération

25 Selon les calculs logiciels de l'*Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides* [IMCCE] : <http://www.imcce.fr/>.

26 Dicks, *Early Greek Astronomy* (n. 3 *supra*), p. 88. La question sera examinée en § 5.1.4.

27 Cette différence était en fait de 3,7 jours (184,5-180,8) à cette époque selon les calculs actuels (source IMCCE).

28 La différence était de 186,3-179 = 7,3 jours (IMCCE).

29 Selon Hipparque le printemps dure 94 ½ jours, l'été 92 ½ jours, l'automne 88 ⅛ jours et l'hiver 90 ⅛ jours. Il surestime le printemps et sous-estime l'automne d'une demi-journée environ, tandis que Callippe sous-estime l'automne et surestime l'hiver de près d'une demi-journée. La précision apparente des valeurs d'Hipparque vient du fait que les données d'observation sont corrigées par le modèle géométrique de l'excentricité, selon lequel Hiver + Été = Automne + Printemps = $\frac{\text{Année}}{2} = 182,625$ jours (Evans, *History and Practice*, n. 24 *supra*, p. 224 et p. 225).

du soleil à l'horizon à celle du soleil en pleine journée par le dispositif du gnomon, on passera de même du repérage des étoiles à l'horizon à celui des étoiles en plein ciel, grâce aux nouveaux dispositifs de visée angulaire : la dioptré, le goniomètre, le quadrant, la plinthe, la règle astronomique, l'anneau (ou armille) méridien, l'anneau équatorial, que viendront épauler finalement la division du cercle en degrés et la trigonométrie avec Hipparque. Les armilles installées par Ératosthène à l'observatoire d'Alexandrie incarneront cette nouvelle approche, déjà initiée par Arisylle et Timocharis au début du III^{ème} siècle av. J.-C., qui produisent le premier catalogue grec de déclinaisons d'étoiles. Il a sans doute fallu du temps pour que ces instruments acquièrent une bonne précision : Hipparque a exprimé sa méfiance à l'égard des observations de Timocharis³⁰.

Callippe ne disposant pas encore de ce que cet équipement donnera à son meilleur³¹, il reste, pour expliquer l'excellence de ses résultats, la possibilité d'observations effectuées grâce au gnomon réformé (G2), armé de la bissection de l'angle intersolsticial (G2b).

5.1.4 Solstices d'Euctémon et Méton

On a dit les raisons pour lesquelles Euctémon n'a sans doute connu au mieux que l'inégalité intersolsticial. Mais est-il du moins assuré qu'il l'ait connue ? A-t-il constaté la « non-uniformité de la course du soleil autour de la terre » dont parle Dicks³² ? Les nombres proposés semblent le manifester, mais James Evans en doute pourtant : il n'y voit pas le résultat d'observations précises, mais une répartition *a priori*³³ :

30 Selon le témoignage de Ptolémée, *Composition mathématique* (= *Almageste*) VII, 2 (trad. Halma, p. 15) : « les observations de Timocharis ne lui paraissent pas mériter une grande confiance, attendu qu'elles avaient été faites assez légèrement ».

31 La chronologie de l'usage des instruments de visée en Grèce est certes difficile à établir, mais ils n'étaient pas précis dès leur conception, et devront de toute façon pendant longtemps encore être installés à partir des repères donnés par le gnomon.

32 Dicks, *Early Greek Astronomy* (n. 3 *supra*), p. 88.

33 Evans, *History and Practice* (n. 24 *supra*), p. 458 n.10 : « Euctemon's seasons follow from a uniform distribution of 360 days over the four seasons, with the five extra days arbitrarily divided as evenly as possible between winter and spring – a matter of arithmetical convenience, not of observation. » Il suit O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (Berlin 1975), pp. 627-9. Euctémon reprendrait ainsi une manière babylonienne de diviser l'année *a priori* en quatre périodes de 90 jours, auxquels s'ajoutent cinq jours supplémentaires, qu'il aurait distribués sur les deux dernières saisons.

Les saisons d'Euctémon découlent d'une distribution uniforme de 360 jours au cours des quatre saisons, avec les cinq jours supplémentaires arbitrairement divisés aussi également que possible entre l'hiver et le printemps – une question de commodité arithmétique, pas d'observation.

Cette interprétation entend sans doute réserver à Callippe la primeur de la découverte de la véritable inégalité des saisons³⁴, et semble confortée par l'ignorance de Démocrite et d'Eudoxe.

Mais elle est peut-être inutilement excessive. L'observation relativement précise de l'inégalité solsticiale ne requiert pas du tout la même technicité que celle des équinoxes. Il aurait suffi, en plus des mesures du solstice d'été indiquées par Ptolémée³⁵, qu'Euctémon ait également procédé à celles du solstice d'hiver. L'ignorance de Démocrite et d'Eudoxe pourrait alors venir d'un doute porté sur des mesures qu'ils n'auraient pas faites eux-mêmes, doute nourri par la force de la présomption d'uniformité de l'année.

De plus, la manière dont les cinq jours excédentaires sont répartis ajouterait de l'arbitraire inutile à l'arbitraire inévitable : il aurait été plus commode soit de les placer sur une seule saison, soit de les répartir aussi également que possible sur les quatre comme le feront Démocrite et Eudoxe. Et si l'on met entre parenthèses les estimations certainement *a priori* des équinoxes (DJ), les durées assignées à l'inégalité solsticiale tombent en tout cas plutôt juste : Euctémon compte une différence de 180 à 185 jours alors qu'elle était en réalité de 180,6 à 184,6 en son temps (IMCCE). La possibilité du constat effectif de l'inégalité solsticiale paraît dès lors vraisemblable. Tandis que les équinoxes n'ont été obtenus que par dichotomie commode, il aurait effectivement observé le solstice d'hiver.

Peut-on préciser par quels dispositifs ont été observés les solstices, ceux d'été certainement et ceux d'hiver peut-être ? L'observation rapportée par Hipparque, aux dires de Ptolémée, eut lieu eut lieu « au matin »³⁶. Qu'est-ce

34 « Callippus's are the first Greek data that incontestably show recognition of the solar anomaly » (Evans, *History and Practice*, n. 24 *supra*, p. 458).

35 Ptolémée, *Composition mathématique* (= *Almageste*) III, 2 (trad. Halma, p. 160). Un autre ouvrage de Ptolémée (*Phases des fixes et leurs significations*) signale d'autres observations dans les Cyclades, en Macédoine et en Thrace : *Phases* 2.67.6 : Μέτων και Εὐκτῆμων Ἀθήνησιν και ταῖς Κυκλάσι και Μακεδονία και Θράκη.

36 Il s'agit de l'observation faite « sous l'archontat d'Apseude, à Athènes, le 21 du mois phamethoth, au matin (πρωίως) », *Composition mathématique* (= *Almageste*) III, 2 (trad. Halma, p. 162) (*Syntaxis mathematica*, 1,1.205,21). La date correspond au 27 juin 432 av. J.-C., tandis que le solstice logiciel est situé le 28 juin 432 av. J.-C. à 2h54m UT selon l'IMCCE. C'est « la plus ancienne observation grecque datée » selon Evans, *History and Practice* (n. 24 *supra*), p. 20.

que cela peut signifier concernant les solstices³⁷ ? Il n'est pas vraisemblable qu'il s'agisse d'une inférence après plusieurs années à partir d'observations directes à midi, puisqu'il vaudrait mieux donner celles-ci³⁸. Et Hipparque ayant trouvé l'observation grossière³⁹, on peut penser qu'il s'agit d'une observation au lever à partir des premiers rayons à l'horizon, c'est-à-dire sur G₁.

À mesure que l'on remonte dans le temps, les hypothèses deviennent plus fragiles. Peut-on remonter plus haut encore ?

6 Le gnomon d'Anaximandre

Que faire alors des témoignages qui attribuent le gnomon à Anaximandre, en lien avec les équinoxes ? De quel dispositif s'agit-il au juste ?

6.1 Hypothèse G_{2a}

On a distingué deux moments de G₂ : le premier est le déplacement du regard qui fait passer des ombres extrêmes du matin et du soir (G₁) aux ombres intermédiaires de la journée (G_{2a}) ; le second moment est celui où est construit sur ce dispositif la bissectrice équinoxiale de l'angle intersolsticial (G_{2b}). On a attribué ce dernier à Callippe. Pourrait-on faire remonter G_{2a} à Anaximandre ? Deux types de données peuvent paraître aller dans ce sens.

Un premier type vient des témoignages sur le gnomon d'Anaximandre. Certaines mentions lui en attribuent la découverte, mais si elles se référaient simplement à G₁ elles commettraient un abus de langage. Il ne l'a pas découvert purement et simplement, puisque son usage le précède, comme le disent

37 Bien plus tard, des observations directes d'équinoxes pourront avoir lieu le matin, grâce au dispositif très particulier de l'armille équatoriale, anneau incliné sur le plan équatorial, qui peut être éclairé sur ses deux bords dès les premiers rayons. Ces observations souffriront cependant du problème de la réfraction des rayons à l'horizon, ce qui peut mener à observer l'équinoxe deux fois dans la journée, comme en témoigne Ptolémée. Mais les solstices sont en principe observés sur G₂ à midi.

38 Il aurait fallu pouvoir constater que l'ombre la plus courte à midi est plus courte encore une année sur quatre. Le moment solsticial des trois autres années serait inféré à partir de là, et non constaté, l'un étant placé le soir, le deuxième au milieu de la nuit et le troisième le matin. Mais il vaudrait alors mieux prendre pour référence l'année de l'ombre la plus courte, et non celle d'un solstice inféré.

39 *Composition mathématique* (= *Almageste*) III, 2 (trad. Halma, p. 160) : « celles qu'ils nous ont transmises paraissent à Hipparque avoir été mal faites ». *Syntaxis mathematica* 1,1.203.13-15 : τὰς ὑπ' ἐκείνων παραδεδομένας ὀλοσχερέστερον εἰλημμένας, ὡς καὶ τῷ Ἰππάρχῳ δοκεῖ φαίνεσθαι.

aussi bien Hérodote que l'histoire égyptienne ou mésopotamienne⁴⁰. L'apport d'Anaximandre résiderait alors soit dans l'importation du gnomon en Grèce, soit dans un nouvel usage de l'instrument. Cette dernière possibilité aurait l'avantage de donner sens à plusieurs témoignages où il est difficile d'identifier ou de distinguer divers dispositifs. La mention d'Eusèbe de Césarée offre l'intérêt de lier plusieurs découvertes que d'autres sources se contentent de superposer : « le premier il équipa des gnomons pour la discrimination des solstices et des temps du soleil et des saisons et des équinoxes »⁴¹. Le verbe *kataskueazein* peut signifier simplement construire, mais aussi équiper, garnir⁴², ce qui laisse place à la possibilité de la préexistence de ce que l'on équipe. Une manière de lever ce type d'ambiguïtés est de supposer que l'équipement ait consisté à corriger et compléter G₁ pour en faire G_{2a}.

Le deuxième type vient de la citation des mots mêmes d'Anaximandre par Théophraste concernant « l'ordre du temps »⁴³. Il est tentant de voir dans la découverte de l'équilibre équinoxial entre les segments solsticiaux inégaux une sorte de visualisation du déséquilibre apparent auquel rend finalement justice l'ordre du temps.⁴⁴ Anaximandre s'exprimerait en termes « poétiques »⁴⁵, en utilisant un vocabulaire éthico-juridique pour traduire une réalité physique en termes moraux. Le déséquilibre apparent des saisons serait ainsi exprimé en termes d'injustice (*adikia*), qui trouverait compensation (*tisis*) avec le temps en un équilibre rétabli (la justice, *dikè*). Tel serait l'« ordre du temps », et G_{2a} serait la visualisation schématique de cet ordre cosmique.

6.2 Hypothèse G₁

L'hypothèse précédente, qui nous a paru un temps pouvoir être soutenue⁴⁶, nous semble à présent non pas strictement impossible mais trop fragile. Elle

40 Hérodote, *Enquête* II, 109 : « Les Grecs ont appris des Babyloniens le polos et le gnomon ainsi que les douze parties du jour » (πόλον μὲν γὰρ καὶ γνώμονα καὶ τὰ δώδεκα μέρη τῆς ἡμέρας παρὰ Βαβυλωνίων ἔμαθον οἱ Ἕλληνες).

41 Eusèbe de Césarée, *Préparation évangélique* X, 14, II (= 12 A4 DK) : οὗτος πρῶτος γνῶμονας κατασκεύασε πρὸς διάγνωσιν τροπῶν τε ἡλίου καὶ χρόνων καὶ ὥρων καὶ ἰσημερίας.

42 C'est le premier sens donné par le LSJ pour *κατασκευάζειν*, « construire » est le deuxième.

43 Qui pourraient se limiter à ces quelques mots : « se rendent justice et réparation des injustices les unes aux autres selon l'ordre du temps » (διδόναι γὰρ αὐτὰ δίκην καὶ τίσιν ἀλλήλοισ τῆς ἀδικίας κατὰ τὴν τοῦ χρόνου τάξιν, 12 B1 DK, d'après Simplicius).

44 Franck Haase propose ainsi une lecture « médiologique » des mots d'Anaximandre dans *Philosophie des Gnomon: Anaximanders Medientheorie* (München 2008).

45 Selon Théophraste, ou Simplicius : « disant cela en des termes très poétiques » (ποιητικωτέροις οὕτως ὀνόμασιν αὐτὰ λέγων, 12 A9 DK).

46 C'était l'intention première du présent article, qui entendait préciser, nuancer et approfondir une précédente étude où l'hypothèse de l'attribution de G_{2a} à Anaximandre était

revient à considérer qu'il a fallu en quelque sorte deux sauts pour parvenir aux équinoxes "classiques" : G2a et G2b. Mais il y a une telle différence de justesse sur la question des saisons entre Euctémon, Démocrite et Eudoxe d'une part et Callippe d'autre part qu'il est difficile de penser que G2 ait été compris deux siècles avant Callippe sans donner de meilleurs résultats. Il est vrai qu'il a fallu le temps que se constitue le modèle de la sphère, qui offre support de pensée à la bissection géométrique de l'angle intersolsticial. Mais tant que ce dernier pas n'a pas été franchi, tant que des résultats observationnels incontestables et remarquables n'en ont pas été obtenus, il est douteux que G2 ait paru présenter une supériorité globale sur G1, qui a sans doute gardé longtemps l'avantage de la simplicité.

Doit-on alors déplorer qu'Anaximandre n'ait connu que G1 ? Si G2 est remarquable par son abstraction et la précision qu'elle a rendue possible dans le calcul des saisons, il ne faut pas sous-estimer ce que permet G1⁴⁷. Loin de se borner à donner quelques résultats ponctuels et épars, il est en mesure d'organiser toute une configuration systématique, capable à son tour de fonder la mise en ordre du monde. En établissant les directions essentielles de l'espace, il constitue un cadre dans lequel viennent s'inscrire les solstices et les équinoxes. Ces derniers sont sans doute simplement figurés et non véritablement observés, mais ils n'en constituent pas moins un ordre systématique. Le gnomon comme centre d'intelligibilité peut ainsi armer une sorte de gnomocentrisme systématique, grâce auquel l'espace (cartographique, géographique, cosmologique, astronomique) est conçu selon la cyclicité du temps, elle-même figurée dans les symétries spatiales qui la dévoilent. Ce gnomocentrisme pourrait alors inviter au géocentrisme.

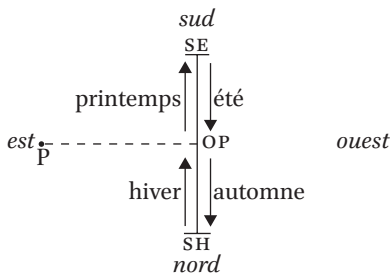


FIGURE 15 L'« ordre du temps » selon G1, qui ordonne les directions, les solstices, les équinoxes et les saisons

développée. Jean-François Corre, « Le gnomon d'Anaximandre », *Revue de Philosophie Ancienne* 27 (2010), pp. 3-31.

47 L'article de 2010 a sans doute souffert avant tout de cette sous-estimation. C'est en reconsidérant ce que permet G1 que nous avons été amené à revoir la perspective globale.

Si cette systématique due à G₁ est l'apport propre d'Anaximandre, on peut voir autrement l'ambiguïté des témoignages sur le lien d'Anaximandre au gnomon qui paraissent indiquer un nouvel usage de l'instrument. Plutôt que le passage de G₁ à G₂, ils traduiraient le passage d'un usage contingent et occasionnel de l'instrument à un rôle de fondement d'un déploiement systématique : le gnomon institue un ordre (l'« ordre du temps »), qui structure le monde dans son ensemble. Ce gnomon est *de droit* en quelque sorte, et non plus seulement de fait, et c'est cette autorité qui trouverait expression « poétique » dans la « justice » rendue selon l'ordre du temps⁴⁸.

Ce gnomon de droit justifierait ainsi qu'Anaximandre ait été parfois vu comme son réformateur, parfois comme son inventeur, alors que son simple usage ne pouvait pas être entièrement nouveau. Il est même vraisemblable que Thalès ait déjà eu recours au dispositif. De façon générale, la tradition rapporte qu'il se serait servi d'ombres pour effectuer diverses mesures⁴⁹, et il aurait découvert l'inégalité des intervalles entre les solstices⁵⁰, ce qui requiert l'usage du gnomon. Et il aurait même déterminé les équinoxes si l'on en croit un passage curieux de l'*Histoire naturelle* de Pline l'Ancien. Mais de quels équinoxes s'agit-il ? Le passage mentionne des observations du coucher matinal des Pléiades situées par rapport à l'équinoxe d'automne, aussi bien chez Thalès que chez Anaximandre. Pline s'y plaint de la difficulté d'accorder des sources différentes⁵¹ :

voici un exemple de désaccord entre des auteurs qui, pour le même pays, se sont contredits : Hésiode – car nous avons aussi sous ce nom un traité d'astronomie – a indiqué que le coucher matinal des Pléiades avait lieu à la fin de l'équinoxe d'automne ; Thalès, le vingt-cinquième jour après l'équinoxe ; Anaximandre, le vingt-neuvième jour après⁵² ; Euctémon,

48 Cette autorité aurait peut-être encore permis à Anaximandre d'« oser » le premier écrire un livre sur la nature, comme le rapporte Thémistius, *Discours* 26 (ἐθάρρησε πρῶτος ὦν ἴσμεν Ἑλλήνων λόγον ἐξενεγκεῖν περὶ φύσεως συγγεγραμμένον, 12 A7 DK).

49 White, « Thales and the Stars » (n. 15 *supra*).

50 D'après Théon de Smyrne, selon Dercyllide « Eudème rapporte dans ses *Astronomies*, que . . . Thalès (a le premier découvert) une éclipse du soleil et l'intervalle entre ses solstices, qui est toujours inégal » (Εὐδήμος ἴστορεῖ ἐν ταῖς Ἀστρολογίαις, ὅτι . . . Θαλῆς δὲ ἡλίου ἔκλειψιν καὶ τὴν κατὰ τὰς τροπὰς αὐτοῦ περίοδον, ὡς οὐκ ἴση αἰεὶ συμβαίνει, 11 A17 DK).

51 Pline l'Ancien, *Histoire naturelle* 18, § 213 (trad. Henri Le Bonniec, pp. 128-30).

52 Ou trente et unième selon une correction proposée par Diels (12 A20 DK), suivant le scholie à l'*Aratea* de Germanicus. Cette proposition n'est généralement pas retenue.

<le quarante-quatrième jour après ; Eudoxe,⁵³> le quarante-huitième jour après.

Si l'on laisse de côté la mention d'Hésiode⁵⁴, il reste un hiatus entre Thalès et Anaximandre d'un côté et Euctémon et Eudoxe de l'autre. Les causes possibles de désaccord au sujet des données héliques sont certes nombreuses, et plus encore dans le cas des Pléiades puisqu'il s'agit d'un groupe d'étoiles, mais l'aberration des données les dépasse largement. Ne pourrait-elle pas s'expliquer par l'autre terme de l'estimation, c'est-à-dire l'équinoxe d'automne ? L'histoire de la notion montre que ce repère a dû varier. Or on a vu que les équinoxes selon Eudoxe (§ 5.1.1) et Euctémon (§ 5.1.2) sont des équinoxes par dichotomie des périodes solsticiales (DJ). Mais on avait auparavant remarqué que la détermination des équinoxes par l'opposition linéaire des ombres au lever et au coucher (OP) menait à retarder l'équinoxe d'automne dans l'année (§ 3.2.), ce qui réduit la durée qui le sépare des phénomènes suivants. Ne pourrait-on pas attribuer à cette différence dans la conception (et l'estimation) des équinoxes le hiatus entre Anaximandre et Euctémon, difficilement compréhensible sans cela⁵⁵ ? Thalès et Anaximandre auraient compté les équinoxes par les ombres opposées (OP), tandis qu'Euctémon et Eudoxe auraient adopté une autre conception (DJ), avant que Callippe ne vienne apporter sa solution (EG).

Ces mêmes usages de fait du gnomon chez les deux Milésiens sur cette question ne doivent cependant pas gommer la singularité possible d'Anaximandre : ce qui était sans doute instrument ingénieux chez Thalès a pu devenir centre de perspective globale chez Anaximandre, et fondement de l'ensemble de sa cartographie-géographie-cosmographie-cosmologie.

53 Correction par la prise en compte des données plus différenciées indiquées par le paraphe de la fin de *l'Introduction aux phénomènes* de Géminos, qui situe le coucher des Pléiades 44 jours après l'équinoxe d'automne selon Euctémon, contre 48 selon Eudoxe. La correction a été proposée par A. Boeckh (*Über der viehjähigen Sonnenkreise der Alten*, Berlin, 1863, p. 86), et est généralement acceptée.

54 Qui pourrait venir d'une interprétation trop large d'Hésiode. *Les travaux et les jours* font de ce coucher l'un des deux repères des travaux de l'année, à distance des solstices : « Quand les Pléiades filles d'Atlas se lèvent commence la moisson, quand elles se couchent le labour » (383-4).

55 Couprie, *Heaven and Earth* (n. 16 *supra*), p. 19, propose d'expliquer l'écart par le fait que les uns (Thalès et Anaximandre) parleraient du coucher véritable (invisible), tandis que les autres (Euctémon et Eudoxe) parleraient du coucher visible. Cela donne sens aux données numériques en effet, mais suppose que Thalès et Anaximandre aient signalé un coucher inféré plutôt qu'observé, pratique qui semble pourtant plus tardive.

On peut alors ajouter l'hypothèse selon laquelle ce gnomon "de droit" aurait acquis son surcroît d'autorité par le passage de G1a à G1b⁵⁶. Cette transformation peut être illustrée par un gnomon placé sur le tambour d'un fût de colonne, qui donne un horizon artificiel régulier, apte à neutraliser les accidents du relief.

La doxographie sur Anaximandre fait état de ce tambour à propos de la figure (*skhēma*) de la terre, et plusieurs commentaires y ont insisté⁵⁷. Sans nier qu'il en ait fait la forme de la terre, son importance tient peut-être davantage encore au modèle de l'observatoire qu'il a pu donner : il suffit de placer un pôle dans l'*empolion* du tambour pour réaliser tout ce que G1b requiert matériellement, à partir de quoi peuvent être établis les axes les plus fondamentaux du monde, qui ordonnent à la fois la cartographie, la géographie et l'astronomie.

Le gnomon réalise une sorte de chiasme entre le ciel et la terre, entre le temps céleste et l'espace terrestre : la temporalité du ciel donne fermeté aux coordonnées spatiales de la terre, qui assure réciproquement la saisie spatiale du temps du ciel. Un tel chiasme entre l'espace et le temps produit le temps comme espace, comme ordre : l'« ordre du temps » (B1: κατὰ τὴν τοῦ χρόνου τάξιν). Au centre du chiasme, comme son pivot, le gnomon, qui inverse la lumière aveuglante du soleil en ombre de la connaissance⁵⁸.

7 Sommaire

Cet article a cherché à conjecturer comment et quand a pu se transformer en profondeur la notion d'équinoxe, selon les dispositifs qui la réalisent :

56 Il ne s'agit pas de prétendre que c'est l'explication de la correction apportée par Anaximandre à la date du coucher matinal des Pléiades donnée par Thalès, puisqu'une telle prétention excéderait ce qu'il est possible d'établir, mais simplement d'en proposer la possibilité.

57 12 A10, 11, 25 DK. Robert Hahn en fait le cœur de sa perspective. Il met en relation la cosmologie d'Anaximandre avec l'architecture de son temps dans *Anaximander and the Architects* (Albany NY, 2001), puis dans *Archaeology and the Origins of Philosophy* (Albany NY, 2010), au chapitre 6 en particulier : « Anaximander's Cosmic Picture, Reconstructing the Seasonal Sundial for the Archaeologist's Investigations ». Sans le suivre dans toutes ses hypothèses, nous retenons avant tout l'intérêt de la technique de l'*empolion* : pièce creuse disposée au centre du tambour, destinée à recevoir la cheville qui assurera le même centrage du fût superposé et la stabilité de l'assemblage.

58 L'audace d'avancer que la terre ne repose sur rien a dû s'établir sur quelque chose de particulièrement ferme.

Équinoxes	Dispositif	Attribution	justification
EN	G0	Hésiode	1
OP	G1a	Thalès	6.2
OP	G1b	Anaximandre	6.2
DJ	G1b	Euctémon	5.1.2
DJ	G1b	Eudoxe	5.1.1
EG	G2	Callippe	5.1.3
