L'astrolabe plan

Régine Leurquin
Docteur en philosophie et lettres

L'engouement des collectionneurs pour les astrolabes, qui peuvent atteindre des prix faramineux dans les grandes salles de vente, l'apparition régulière chez les antiquaires d'exemplaires nouvellement retrouvés –ou parfois, plus prosaïquement, nouvellement fabriqués–, les entreprises internationales de description et de catalogages des spécimens conservés, l'édition de traités théoriques ou pratiques sur cet instrument, une association de passionnés, telle que la Société internationale de l'astrolabe, tous ces phénomènes montrent l'attention accrue portée à l'astrolabe, ce «joyau mathématique» (1), qui allie beauté esthétique et intérêt scientifique et historique. Pierre Abélard, maître de théologie et de logique à Paris (1079-1142), n'a-t-il pas surnommé «Astrolabe» le fils que lui donna sa jeune élève Héloïse (2) ?

Le point de départ de ma rencontre avec cet instrument fut l'édition d'un traité d'astronomie du XIVe siècle (3), rédigé par un haut dignitaire ecclésiastique de Constantinople, Théodore Méliéniote (*ca* 1320-1393). La moitié du livre I de son traité en trois parties, la *Tribiblos astronomique*, est, en effet, consacrée à la construction et à l'utilisation d'un astrolabe plan (4). Il est bien sûr vain de prétendre épuiser en quelques lignes un sujet aussi vaste que celui de l'astrolabe et cette brève présentation n'a d'autre prétention que de donner au lecteur le goût d'aller fouiner dans l'abondante documentation qui s'offre à lui.

(1) H. MICHEL, *Traité de l'astrolabe*, p. 5.

(2) Mentionné par J. LE GOFF, *Les intellectuels au moyen âge*, p. 45.

(3) THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I et livre II. Pour une étude plus détaillée sur l'instrument, cf. R. LEURQUIN, *L'Astrolabe dans la* Tribiblos astronomique *de Théodore Méliéniote.*

(4) Méliéniote justifie la place importante ainsi réservée à l'astrolabe par le fait que, lors du calcul des mouvements des astres, il est important de connaître l'heure avec exactitude, une précision que ne permettra pas la lecture des cadrans solaires, clepsydres, soumis à des dérèglements (THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 154, ll. 9-21; Méliéniote décalque ici un passage de la *Tetrabiblos* de Ptolémée).

Signalons d'abord que, par «astrolabe», nous entendrons toujours astrolabe *plan* (5), c'est-à-dire un instrument portant la représentation aplatie de la sphère céleste vue de l'extérieur (6).

I. Origine : Mythe et réalité

Étymologiquement, le mot grec «ἀστρολάβος» ou «ἀστρολάβον /-λαβικόν ὄργανον» signifie «preneur d'astres» (ἄστρον, *astre, étoile* et λαμβάνειν, *prendre*) ; on trouve également parfois le terme «ἀστρολάβον ὡροσκοπεῖον». Le terme arabe médiéval «asṭurlâb» ou «asṭurlâb» en dérive directement. Certains auteurs arabes l'ont réinterprété correctement (ex. l'encyclopédiste al-Khwârismî au Xe siècle, al-Bîrûnî et al-Zarqûllu au XIe siècle, qui donnent aussi d'autres étymologies) ; d'autres l'interprètent comme «balance du Soleil» ou «miroir du Soleil» ou «des étoiles» (7). Le mot est décalqué en latin par «astrolabium».

Historiquement, l'astrolabe trouve son origine à la période hellénistique. Le principe de base de l'astrolabe est, en effet, celui de la projection plane de la sphère céleste, selon un procédé appelé aujourd'hui «projection stéréographique» et dont le principe est généralement attribué à l'astronome Hipparque de Nicée (qui travailla à Rhodes et Alexandrie, *ca* 150 *a.c.n.*). L'inventeur de l'astrolabe proprement dit n'est, par contre, pas connu et les certitudes s'effacent ici devant des explications aux accents plus au moins réalistes. Les traités anciens, qu'ils soient grecs, arabes ou latins, attribuent, en effet, différents pères à ce bel enfant. Certains avancent le nom d'Abraham. Abû Naṣr al-Qummî, auteur arabe de la fin du Xe siècle, l'attribue à Lâb, un fils d'Idrîs, ce qui permet d'expliquer étymologiquement «asṭur-lâb» comme les «lignes de Lâb» (8). Une source persane (Ibrâhîm Fârûqî, non identifié) cite le nom d'Aristote, qui aurait répondu à une requête d'Alexandre le Grand invitant tous les sages à construire un instrument propice à assurer la survie de son nom (9). On retrouve également le

(5) Il existe aussi un instrument sphérique, d'usage universel, mais dont il ne subsiste que deux spécimens arabes.

(6) Cf. encadré n°1, § 2 : la projection stéréographique.

(7) On trouvera une étude détaillée des étymologies du mot données par les auteurs arabes dans D.A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources.*

(8) D. A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources*, p. 48.

(9) D. A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources*, p. 61. On peut faire ici un parallèle avec l'histoire que raconte Théodore Méliténiote : le roi

(à suivre...)

nom de Ptolémée [10]. L'historien syrien Ibn Khallikân (XIIIe s.) raconte à ce propos que la création de l'astrolabe serait purement fortuite : un jour que Ptolémée se promenait à dos de bête, il laissa échapper le globe céleste qu'il tenait en main ; l'animal marcha dessus et l'affaire était faite : l'astrolabe plan était né [11] ; ce qui est réel, c'est que le principe de la projection stéréographique est à la base du traité de Ptolémée, le *planisphaerium* [12]. En réalité, l'indice indiscutable le plus ancien ne remonte qu'au VIe siècle *p.c.n.*, avec le traité sur la construction et l'utilisation de l'astrolabe rédigé en grec par Jean Philopon d'Alexandrie : celui-ci précise que son maître Ammonius –chef de file de l'école néoplatonicienne d'Alexandrie, dont on n'a rien conservé– a déjà traité le sujet, et décrit un instrument déjà bien défini [13]. Une lettre de Synésius de Cyrène († 413), un autre néoplatonicien qui vécut en Égypte et à Constantinople, intitulée *Sur le don de l'astrolabe* a fait couler beaucoup d'encre [14], mais il n'y serait finalement pas question d'un astrolabe plan. L'instrument s'est introduit dans les cercles des érudits syriens –nous possédons le traité de l'évêque Sévère Sebôhkt [15], au VIIe s., avant de pénétrer la civilisation arabo-islamique. Nous sommes incapables de préciser le moment, le lieu ou le mode exacts de transmission, car les plus anciens traités (souvent conservés à travers des traductions latines) et instruments arabes datent du IXe siècle. Ḥarrân, centre de traduction du grec et du syriaque vers l'arabe, connut tôt des manufactures d'astrolabes. La transmission vers le Maghreb s'est faite assez tôt et l'astrolabe a suivi la conquête arabe de l'Espagne ; le premier traité sur l'astrolabe plan connu, qui soit rédigé par un musulman espagnol, est celui d'Ibn aṣ-Ṣaffâr, et le plus ancien instrument celui de son frère Muhammed, en 1026/27. Par le

(...suite)
de Babylone Nabuchodonosor fit brûler toutes les observations astronomiques antérieures à son règne et exécuter de nouveaux relevés, afin que toutes les tables astronomiques trouvent leur point de départ au début de son règne (746 a.c.n.), assurant ainsi la pérennité de son nom (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre II : *Édition critique et traduction*, p. 12, l. 10 - p. 14, l. 42).

(10) Par exemple chez Théodore Méliténiote (THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 11, ll. 340-341).

(11) D. A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources*, pp. 54-55.

(12) Il existe un cadran solaire, contemporain de Ptolémée, portant une projection stéréographique (cf. note 18).

(13) L'édition en a été faite au siècle dernier par H. Hase et reproduite avec quelques corrections par A. P. Segonds (Jean PHILOPON, *Traité de l'astrolabe*), en 1981.

(14) Voir par exemple les développements de A.P. Segonds dans Jean PHILOPON, *Traité de l'astrolabe*, pp. 55-63.

(15) Traduction française par F. NAU, *Le traité sur l'astrolabe plan de Sévère Sabokt*, pp. 87-101 et pp. 274-303.

biais des traductions et des voyageurs, l'instrument s'est diffusé et a atteint la France, l'Italie, la Belgique, l'Angleterre, l'Allemagne (certains instruments occidentaux sont des astrolabes islamiques, avec indications en latin superposées à l'arabe). Dans l'Occident chrétien, on trouve une littérature technique au Xe et XIe siècle, mais elle décrit des instruments d'un type incomplètement fixé et suit très servilement les modèles arabes. Les XIIe et XIIIe siècles ont produit un très grand nombre de traductions en latin des textes arabes sur l'astrolabe, mais d'une façon plus originale (création d'un vocabulaire spécifique) ; l'outil est parfaitement constitué, la description et les usages varieront peu jusqu'au XVIIe siècle ; l'inscription de l'étude de l'astrolabe au programme de l'enseignement universitaire jointe à l'intérêt de la société pour l'instrument (ex. astrologie dans les cours européennes) favorisa la multiplication des traités, des traductions et la construction d'instruments. Il y eut sans doute aussi des contacts directs entre Byzance et l'Occident latin. Le déclin de l'astrolabe en Occident sonna à la fin du XVIIe siècle, avec le développement d'instruments plus précis ou plus maniables. L'instrument resta plus longtemps vivace en Orient ; il existait encore des astrolabistes au Maroc il y a vingt ans.

II. Les sources de notre connaissance

La source de notre connaissance sur l'astrolabe est triple : les exemplaires conservés, les traités et les représentations figurées.

1. Les exemplaires conservés

La nature robuste du matériau utilisé pour la fabrication de l'astrolabe (généralement du laiton, du bronze [16]) et l'intérêt manifesté par les antiquaires dès le XVIIIe siècle ont favorisé la conservation d'un certain nombre d'exemplaires, qui font les délices des historiens des sciences. C'est ainsi qu'il reste des centaines d'astrolabes planisphériques d'origine islamique dans les musées ou dans des collections privées, mais on compte seulement une dizaine de spécimens antérieurs à l'an 1000. Pour le monde grec, par contre, pour la période byzantine, on connaît le seul astrolabe de Brescia (1032 p.c.n.) qui est signé par un «Sergios le Persan» et est inspiré de

(16) Charles V le Sage (1338-1380) en posséda même un en or et deux en argent ; il commanda à Pèlerin de Prusse le premier traité en français sur cet instrument. Il existait cependant aussi des exemplaires en bois (cf. par exemple B. CHARLES, *Le traité sur l'astrolabe de Nicéphore Grégoras,* p. 76).

modèles islamiques [17]. On dénombre aussi plusieurs centaines d'astrolabes occidentaux, mais, dans le monde latin, les plus anciens instruments conservés ne paraissent pas antérieurs au XIVe siècle [18]. On peut ainsi établir toute une typologie des astrolabes, selon les lieux, les écoles d'astrolabistes etc.

2. Les traités

C'est également par la lecture des traités, dont beaucoup demeurent encore inédits, que l'on peut se faire une idée de l'instrument, bien que ce type de littérature présente un certain conservatisme. Il y a plusieurs genres de traités : traités de «fabrication», qui donnent les bases théoriques pour la construction de l'instrument (théorie de la projection stéréographique) ; traités d'utilisation, qui décrivent les différentes parties de l'instrument et proposent des applications pratiques ; traités relevant des deux catégories. Dans le monde grec, on peut relever une quinzaine de traités sur l'astrolabe plan à l'époque byzantine, qu'il s'agisse de traités complets, d'extraits, de scolies, etc., et l'Université catholique de Louvain figure en bonne place dans l'édition de ces textes [19]. Dans le monde islamique, entre le IXe et le XVIe siècle furent écrits des dizaines de traités sur l'usage de l'astrolabe et il subsiste encore de nombreux manuscrits non catalogués au Moyen-Orient et en Inde; alors qu'il existe d'assez nombreuses descriptions des instruments conservés, les textes ont été moins étudiés.

3. Les représentations figurées de l'instrument

La connaissance de l'astrolabe s'appuie aussi sur des représentations artistiques de l'appareil : sculptures des cathédrales occidentales [20],

(17) Cf. la reproduction dans R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, vol. 1, p. 105, fig. 57.

(18) On conserve un exemplaire de 1326 au British Museum (R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, vol. 2, pp. 465-467) ; notons cependant l'existence d'un cadran solaire de l'époque d'Antonin le Pieux avec projection stéréographique (mentionnés par A. J. TURNER, *The time museum*, respectivement p. 33 et pp. 10-11).

(19) Cf. le dernier état de la question dans A. TIHON, *Traités byzantins sur l'astrolabe*, à paraître dans *Physis*.

(20) Reproduction des sculptures de Sens et Laon dans S. GARCIA FRANCO, *Catálogo crítico de astrolabios existentes en España,* Madrid, 1945, p. 54 (je n'ai pas eu accès à cet ouvrage, cité par E. POULLE, *Les sources astronomiques (textes, tables, instruments)*, p. 89 et note 3, qui relève que les images ont été inversées).

gravures sur bois [21], miniatures des manuscrits [22] (même en dehors des traités consacrés à cet instrument, qui symbolise alors la discipline de l'astronomie), peintures [23] etc.

III. La construction d'un astrolabe plan : Théorie et réalité

L'astrolabe peut être construit de différentes façons [24]. Le traité de Théodore Méliténiote, directement inspiré par Jean Philopon, nous en donne un exemple bien concret. Son œuvre offre, en effet, une vue assez complète de la construction d'un astrolabe, limitée cependant à un point de vue purement descriptif, sans aucune notion théorique.

La première pièce à construire est le boîtier ou *matrice/mère* (ill. 1), composé d'un anneau gradué en 360°, d'un disque de même taille, auquel l'anneau est superposé, et d'un petit anneau de suspension (0° étant à l'aplomb de cet anneau de suspension).

Au dos de cet assemblage, sur les quadrants supérieurs, on dessine deux nouvelles graduations de 90° (la double graduation permet l'emploi de l'instrument par des gauchers ou des droitiers) : les 0° sont sur une ligne horizontale, qui représente l'horizon du lieu d'observ-

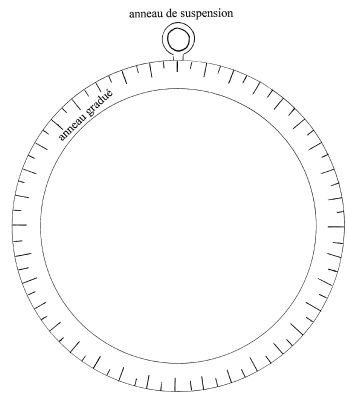

Illustration n°1.
La matrice (face).

(21) R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, vol. 2, p. 349, fig. 151, reproduit une gravure due au Professeur Oronce Fine de Paris (1515), où l'on voit Ptolémée utilisant un astrolabe (muni d'une boussole dans la partie supérieure du tympan ?).

(22) Ainsi, dans un manuscrit conservé à Milan (*Ambrosianus* H 57 sup., milieu du XIVe siècle), qui contient le *Petit commentaire* de Théon d'Alexandrie (IV ^e^p.c.n.), on trouve l'illustration d'une observation faite de jour avec l'astrolabe, bien que Théon ne parle pas de cet instrument dont on a parfois tenté de lui attribuer la paternité. Voir aussi, par exemple, les reproductions de manuscrits arabes dans A. J. TURNER, *The time museum,* p. 25 et p. 27.

(23) Par exemple une peinture de H. Jordaens (*circa* 1615) dans R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, page de garde du vol. 2.

(24) Pour faciliter le tracé de cercles sur les astrolabes, il existait, dans le monde musulman, des tables, inconnues de l'Europe médiévale, comportant plusieurs milliers d'entrées (cf. D. A. KING, *Strumentazione astronomica nel mondo medievale islamico*, p. 168).

vation, 90° se situant à l'aplomb de l'anneau de suspension et figurant le zénith. Cette double échelle est destinée à mesurer la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon, moyennant une règle de visée ou *alidade* (cf. ill. 2).

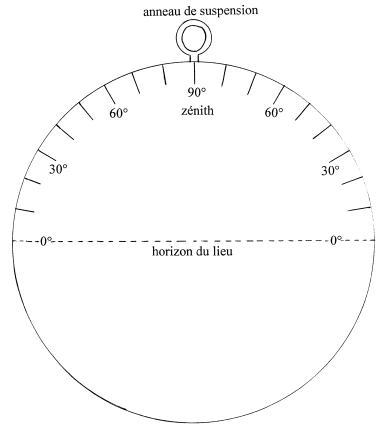

Illustration n°2.
La matrice (dos).

Celle-ci est formée d'une règle, dont les extrémités sont taillées en pointes qui forment des index, et de deux pinnules percées en leur centre. La longueur de l'alidade est équivalente à celle du dos du boîtier, sur lequel elle est fixée par une cheville autour de laquelle elle peut pivoter : l'un des index peut ainsi se déplacer sur la graduation du quadrant choisi ; la tête de la cheville ne doit pas être trop proéminente pour ne pas gêner la visée par les œilletons des pinnules ; d'autre part, la longueur de ce pivot doit être suffisante pour qu'on puisse y enfiler, de l'autre côté du boîtier, les tympans (cf. ill. 3).

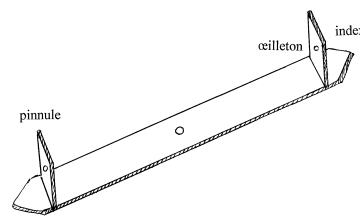

Illustration n°3.
L'alidade.

Le *tympan* est un disque qui porte la représentation plane des cercles célestes fixes pour l'observateur [25] : tropiques, équateur, horizon du lieu et cercles parallèles à cet horizon. À chaque latitude (ou inclinaison du pôle sur l'horizon du lieu) correspondra donc un tympan différent, un astrolabe comprenant généralement plusieurs tympans identifiables. Méliéniote décrit le tracé de ces cercles de façon géométrique [26], sans jamais tenter

(25) Cf. l'encadré n°1.
(26) Cf. l'encadré n°2.

Deux rapides rappels :

1. *La sphère céleste*

Pour un observateur terrestre, le ciel apparaît comme une sphère, qui semble effectuer une rotation sur elle-même, d'Est en Ouest, autour de l'axe de ses pôles Nord-Sud : c'est le mouvement diurne, appelé aussi rétrograde. Ce mouvement ne modifie pas, aux yeux de l'observateur, la disposition de l'*équateur* (cercle perpendiculaire à l'axe des pôles), des *tropiques,* de l'*horizon du lieu* (ou horizon oblique) et des *cercles parallèles* à cet horizon. Ces cercles seront donc représentés de façon *fixe* dans l'instrument. Par contre, pour l'observateur terrestre, la position du Soleil par rapport aux étoiles change de jour en jour : il fait en un an le tour de la sphère céleste, d'Ouest en Est, en sens direct, parcourant un grand cercle appelé *écliptique,* incliné d'environ 24° sur l'équateur. Ce cercle sera donc figuré de façon *mobile* sur l'instrument. Les intersections entre l'équateur et cet écliptique définissent les *points d'équinoxe* ; les points de l'écliptique les plus éloignés sont les *points de solstice,* où passent deux cercles parallèles à l'équateur, les *tropiques* du Cancer (Nord) et du Capricorne (Sud).

2. *La projection stéréographique* (cf. ill. ci-dessous).

Pour ramener la sphère sur un plan, on applique le principe de la *projection stéréographique*.

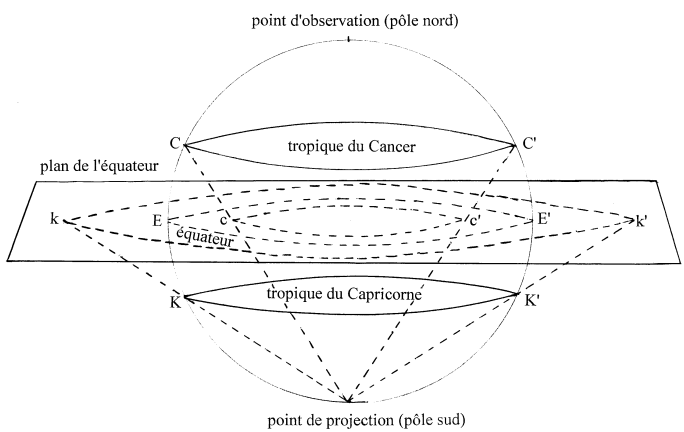

Illustration n°4.
Projection stéréographique (Nord).

Encadré 1.

(suite)

Pour l'hémisphère Nord, on imagine l'observateur –c'est-à-dire le centre de projection– au pôle sud ; il faut, en effet, être à l'extérieur de la sphère pour pouvoir l'embrasser d'un seul coup d'œil ; on trace des lignes imaginaires à travers les cercles célestes pour couper le plan de l'équateur, tout en considérant la face nord du plan de projection ; on a donc le tropique du Cancer projeté à l'intérieur de la figure, l'équateur au milieu et le tropique du Capricorne à l'extérieur. Le diamètre du tympan de l'astrolabe sera limité au tropique du Capricorne, la partie de la sphère céleste entre ce tropique et le pôle sud n'étant pas représentée sur un astrolabe nord. Rappelons que la projection stéréographique a pour propriétés que la projection d'un cercle quelconque de la sphère est un cercle, et que l'angle de deux lignes tracées sur la sphère se projette en vraie grandeur.

Encadré 1.

Voici comment Méliténiote procède.

Pour les *tropiques* et l'*équateur* : on dessine un cercle qui correspond au tropique du Capricorne et on y fait se croiser perpendiculairement en un point ε une droite verticale (méridien) et une horizontale (horizon). Dans le quadrant supérieur gauche, on compte, à partir de la droite horizontale, un arc sous-tendu par un angle de 24° (qui correspond à l'écart entre les tropiques et l'équateur) ; on trace une droite qui va de l'extrémité supérieure de cet arc à l'extrémité inférieure de la droite verticale et on repère l'intersection avec l'horizontale soit le point θ ; le segment de droite qui va de cette intersection au centre du cercle du tropique du Capricorne (ε) représente le rayon de l'équateur, qu'on peut dès lors tracer. Pour dessiner le tropique du Cancer, on procède de la même façon, en se limitant au cercle de l'*équateur*.

On dessine ensuite l'*horizon oblique* et les *cercles parallèles* à l'horizon du lieu d'observation ; l'écart entre ces cercles parallèles peut être de 1, 2, 3° etc.: plus l'écart choisi entre les cercles est petit, plus les cercles seront nombreux et le tympan chargé ; en revanche, les utilisations de l'astrolabe en seront facilitées. On mesure donc dans le quadrant supérieur gauche de l'équateur un angle φ égal à la latitude du lieu ($\theta\varepsilon\tau$) et on cherche le point de l'équateur diamétralement opposé à τ, soit ρ ; l'arc de 180° ainsi délimité est divisé en parts égales de 1 ou 2 ou 3° etc. ; on prolonge vers le haut la droite représentant le méridien et on calcule tous les points d'intersection avec le méridien obtenus quand on fait passer par chacune des divisions de l'arc une règle dont une

Encadré 2.

(suite)

extrémité est fixée en θ ; en prenant ces points deux par deux, le premier obtenu avec le dernier, le second avec l'avant-dernier etc., on définit respectivement les diamètres de l'horizon oblique puis des cercles parallèles, le point restant isolé figurant le zénith. Il reste à inscrire sur chaque parallèle la hauteur qu'il représente (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 164, l. 174ss, avec figures).

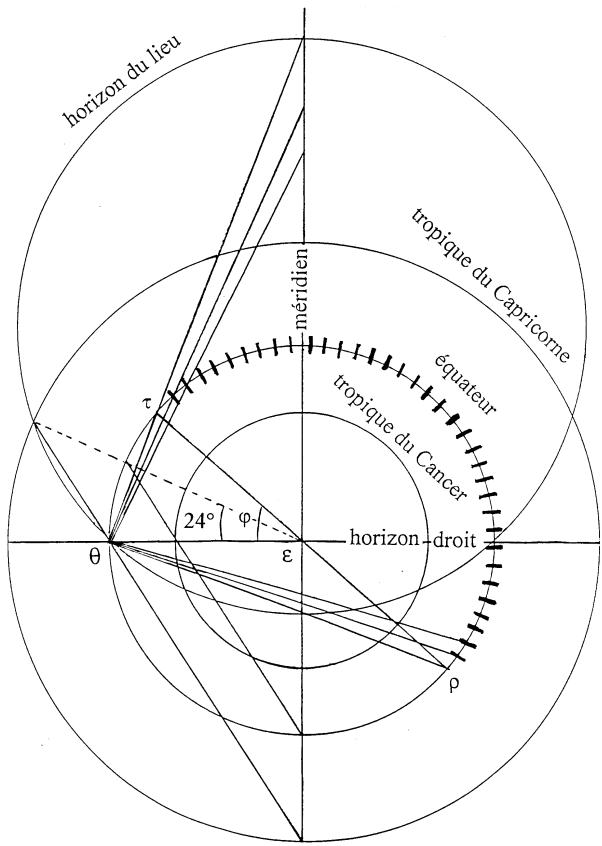

Illustration n°5.
Le tracé des tropiques, de l'équateur et de l'horizon oblique.

Encadré 2.

(suite)

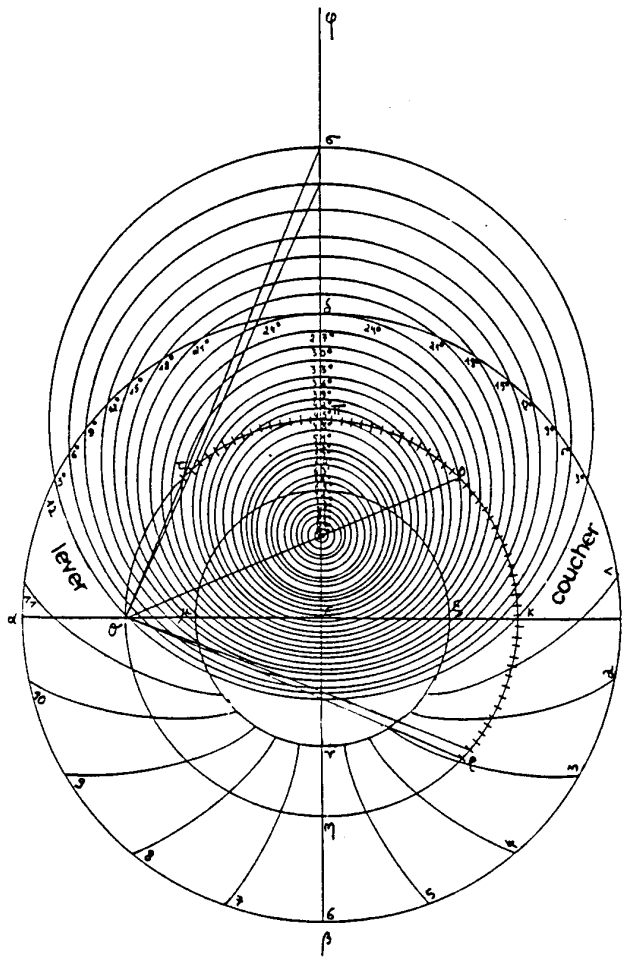

Illustration n°6.
Le tracé des cercles parallèles et des lignes horaires selon Théodore Méliténiote.
(d'après le *Vaticanus gr.* 792, fol. 48r).

Encadré 2.

jamais tenter d'expliquer ou de démontrer les propriétés de la projection [27] ; d'autres auteurs byzantins de la même époque, comme Nicéphore Grégoras (*circa* 1295-1360) [28] ou Isaac Argyre (*circa* 1368) [29] présentent des tentatives de démonstrations. Le tympan est complété par le tracé des *lignes horaires* dans l'espace situé sous l'horizon oblique, qui est divisé en 12 parts égales représentant les 12 heures (dites «saisonnières» car leur longueur varie avec les saisons) qui s'écoulent entre le coucher et le lever du Soleil (cf. ill. 6). Une fois les tympans gravés, ceux-ci sont empilés et fixés dans la matrice de façon à être immobilisés, puisqu'ils représentent les éléments de la sphère céleste dont la position, pour un observateur terrestre, n'est pas affectée par le mouvement diurne.

Vient ensuite la construction de l'*araignée* (cf. ill. n°7). Il s'agit d'un disque ajouré, de même diamètre que les tympans, auxquels il sera superposé. L'araignée porte la représentation de la trajectoire annuelle apparente du Soleil, ou *écliptique* (tangente au tropique du Cancer et du Capricorne au niveau du méridien), entouré par le bandeau des 12 signes du *zodiaque* (calculés par le système des ascensions et divisés en décans puis degrés) et

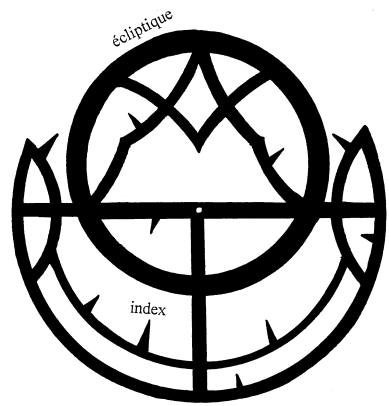

Illustration n°7.
L'araignée.

(27) Méliéniote se contente de dire que les cercles parallèles, ici comme dans la sphère céleste, rétrécissent à mesure qu'ils se rapprochent du zénith ; cela lui semble bien juste parce que cela correspond bien à la réalité qu'il appréhende : «[les cercles parallèles] coupent ainsi l'hémisphère au-dessus de la terre en couronnes, position que présentent les cercles parallèles dans la disposition en forme de meule de l'univers. Aussi les cercles intérieurs et plus élevés que l'horizon sont-ils nécessairement plus petits, vu qu'ils interceptent une circonférence plus petite de l'hémisphère au-dessus de la terre» (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 177).

(28) Nicéphore Grégoras a d'abord publié un court traité relatif à la manière de construire l'astrolabe plan avant d'en faire une édition plus scientifique augmentée d'un prologue contre les envieux et les faux savants, et accompagnée de démonstrations géométriques justifiant la projection stéréographique. Son traité fut fort copié du XIVe au XVIe siècle (pour les références précises, cf. l'étude de A. TIHON, *Traités byzantins sur l'astrolabe*, mentionnée note 19).

(29) Argyre démarque les traités de Grégoras et Méliéniote.

d'un certain nombre d'étoiles (dont les coordonnées sont connues par des tables et reportées sur l'araignée) symbolisées par des index. La rotation de l'araignée permet de figurer le déplacement que le Soleil et les étoiles subissent pour un observateur terrestre.

Le nombre d'étoiles représentées varie d'un traité à l'autre. Les coordonnées des étoiles peuvent théoriquement permettre de dater approximativement la construction d'un instrument (30). On dispose également un index au niveau de 0° du Capricorne : ce point, toujours tangent au tropique du même nom, servira de repère lors d'interpolations faites sur le limbe de l'instrument. Tel est, rapidement présenté, l'instrument décrit par Méliténiote. Mais la liste des indications présentes sur un instrument pourrait s'étendre (carrés d'ombres, indications astrologiques etc.).

D'une façon générale, on peut se poser la question de la réelle mise en pratique des ces traités de construction. Remarquons d'abord que, si le mécanisme reproduit théoriquement les phénomènes tels qu'ils sont appréhendés par l'observateur, il peut cependant y avoir un décalage entre les instructions données pour la construction de l'appareil et la réalité de son exécution. Il faut d'abord tenir compte de la difficulté purement matérielle rencontrée par l'astrolabiste dans son travail de gravure. Il convient également de ne pas perdre de vue que des considérations esthétiques peuvent parfois avoir pris le pas sur des préoccupations purement scientifiques (31). Il est probable aussi que certains traités relevant de cette littérature sont de purs exercices d'école, leurs auteurs compilant des traités antérieurs, parfois périmés, sans toujours comprendre l'instrument qu'ils tentent de décrire. On sait également que, par traditionalisme, on a continué à travailler avec des données périmées (32). À ce sujet, on peut citer

(30) Suite au phénomène dit de «précession des équinoxes» (mouvement de recul du point de repère pour le calcul des coordonnées), la position des étoiles se modifie lentement (36" par an pour Ptolémée). Il ne faut toutefois pas perdre de vue que des astrolabes peuvent avoir été gravés non pas d'après des données astronomiques originales, mais selon des traités périmés, ce qui rend caduque toute datation.

(31) L'araignée est un terrain où peut s'exprimer toue la sensibilité artistique de son créateur. Parfois, des étoiles sont choisies pour produire un effet esthétique grâce à certaines symétries. Dans le monde islamique, on voit apparaître, dès le Xe siècle, des constellations ou groupes d'étoiles présentés de façon zoomorphe ; au XVIe siècle apparaissent des motifs floraux. Les étoiles pouvaient également être marquées par des boutons de cuivre ou d'argent.

(32) Cf. D. A. KING, *Strumentazione astronomica nel mondo medievale islamico,* p. 170, indique que, dans le monde arabe, par traditionalisme, on a continué à graver des tympans portant l'indication de la longueur du jour le plus long pour la latitude donnée,

(à suivre...)

la remarque de Nicéphore Grégoras dénonçant le conservatisme de certains «astrolabistes» : «[nous avons] de longue date édité un ouvrage sur la méthode de construction d'un astrolabe de n'importe quelle grandeur donnée, œuvre facile et qui va de soi si on la réalise sur plan et si on s'émancipe des modèles anciens tout en évitant des règles inadaptées, défaut perpétuellement observé chez les plus ignorants des cordonniers et des potiers qui, fixés sur des modèles d'école, leur comparent toujours leurs propres œuvres sans oser jamais s'en écarter en aucun point» (33).

IV. Les destinations d'un astrolabe plan : Théorie et réalité

Même si, d'un traité à l'autre, la description des utilisations de l'astrolabe ne varie guère, on ne saurait dresser le catalogue exhaustif de ses applications car de nombreux traités restent encore inédits. Voici donc quelques exemples extraits de traités grecs.

1. Commençons par des *applications astronomiques* qu'on trouve chez Méliténiote, qui les a, la plupart du temps, recopiées chez Jean Philopon (VIe s.) :

— *mesurer la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon du lieu* : orienter l'astrolabe de façon à ce que les rayons du Soleil passent à travers les deux pinnules de l'alidade et lire le degré indiqué par l'index sur le quadrant gradué.

— *mesurer la hauteur d'une étoile* : viser l'astre à travers les pinnules et procéder de la même façon.

— *disposer la carte du ciel selon sa position au moment de l'observation* : disposer l'araignée sur le tympan propre à la latitude du lieu d'observation, dans la position où se trouve la voûte céleste, en mettant le Soleil (dont on connaît la longitude par des tables) ou l'étoile observée sur son parallèle de hauteur. Une fois qu'un point est correctement disposé, le reste de la «carte» l'est également et on peut, par exemple, connaître la hauteur du Soleil la nuit, ou d'une étoile le jour.

(...suite)
en se basant sur l'obliquité de l'écliptique calculée par Ptolémée, alors que de nouvelles observations avaient «affiné» cette valeur.

(33) Traduction de B. CHARLES, *Le traité sur l'astrolabe de Nicéphore Grégoras,* p. 9.

— *connaître l'heure saisonnière (ou inégale) de jour* : lire l'heure saisonnière du jour en observant la ligne horaire que touche le point du zodiaque diamétralement opposé au Soleil (puisque les lignes horaires ont été tracées sous l'horizon et qu'elles sont donc à l'opposé de celles devant lesquelles le Soleil se déplace dans son mouvement diurne). Si on ne tombe pas juste sur une heure, on procède par interpolation, à partir des lignes horaires précédente et suivante, grâce à l'index situé à 0° du Capricorne.

— *connaître l'heure saisonnière de nuit* : lire l'heure saisonnière de nuit en observant la ligne horaire que touche le Soleil sous l'horizon.

— *trouver les quatre centres* : repérer les quatre points de l'écliptique qui coupent respectivement le parallèle de l'horizon Est («horoscope»), de l'horizon Ouest (point qui se couche), le méridien au-dessus de l'horizon (culmination), au-dessous de l'horizon (culmination inférieure).

— *calculer l'heure équinoxiale (ou égale) de jour* : calculer l'arc parcouru sur la graduation de 360° par l'index de l'araignée situé à 0° du Capricorne quand on fait pivoter, d'Est en Ouest au-dessus de l'horizon, le degré du zodiaque qu'occupe le Soleil ; comme la graduation est concentrique avec celle de l'équateur, cet arc nous donne la longueur du jour en degrés d'équateur.

Exemple : il est 10 1/4 h saisonnières et 128° sont parcourus par l'index. En divisant le résultat par 12, on a la durée d'une heure saisonnière (1/12 du temps entre le lever et le coucher du Soleil) exprimée en degrés d'équateur :

128° : 12 = 10° 40'

On multiplie les heures saisonnières relevées précédemment, par ce résultat et on a l'heure du jour en degrés d'équateur :

10h 1/4 x 10°40' = 109°20'

En divisant le produit par 15°, on a la valeur en heures équinoxiales (15° d'équateur = 1h équinoxiale puisque 360° d'équateur franchissent l'horizon en 24h) :

109°20' : 15° = 7h 17min 20sec

On peut également calculer directement l'heure équinoxiale de jour en faisant pivoter le Soleil depuis l'horizon Est jusqu'à son parallèle de hauteur et en mesurant l'arc d'équateur passé sur l'horizon.

— *calculer l'heure équinoxiale (ou égale) de nuit* : procéder comme pour le jour, mais effectuer le calcul avec l'arc parcouru d'Ouest en Est sous l'horizon. L'heure équinoxiale de nuit sera calculée plus rapidement en

faisant pivoter le Soleil depuis l'horizon Ouest jusqu'à ce que l'étoile visée soit positionnée sur son parallèle et en mesurant l'arc d'équateur passé sous l'horizon.

— *calculer la latitude du lieu d'observation* : à l'époque de l'équinoxe de printemps (Soleil à 0° du Bélier) ou d'automne (0° de la Balance), calculer la hauteur du Soleil à midi ; la différence entre 90° et cette culmination donne la latitude.

2. La destination de sa *Tribiblos astronomique* et la violente sortie que fait Méliéniote contre l'astrologie au début de son ouvrage (34) excluaient qu'on y trouvât d'autres applications que celles que nous venons d'énumérer. La lecture d'autres traités permet cependant d'étendre ce mode d'emploi de l'astrolabe à des *utilisations astrologiques*. C'est ainsi que Jean Kamatéros, dans un vaste poème consacré à l'astrologie et dédié à l'empereur Manuel Comnène (1143-1180), féru de cet art, a réservé 130 vers à l'astrolabe et on y trouve la détermination des 12 *loci* (répartition des signes du zodiaque parmi les 12 maisons célestes) qui permettront d'obtenir des renseignements sur la richesse, la famille, le mariage, la mort, les activités etc. d'un sujet (35). On trouve également des applications astrologiques chez Siamps le Persan (36), généralement identifié avec Shams Bukharî et dont l'œuvre, dédiée à Andronic II Paléologue (1282-1328), présente des traces de source arabe.

3. Chez Siamps le Persan, on lit également des procédés –pas toujours clairs, il est vrai– pour des *usages «topographiques»* : connaître la largeur d'un fleuve, la hauteur d'une montagne, la profondeur d'un puits. Ces utilisations nécessitent la présence d'un carré d'ombres, tout à fait absent de l'appareil décrit par Méliéniote.

(34) Après avoir affirmé que l'astronomie est quelque chose de grand, Méliéniote enchaîne : «Par contre, faire de leurs qualités agissantes [i.e. celles des corps célestes] et de la singularité naturelle de leurs configurations la cause des événements qui nous échoient, en incriminant à tort les corps célestes, entremêler, d'après leur mouvement, les naissances et les incidents, et penser pouvoir ainsi connaître d'avance le futur –ce qui est le propre de la vaine agitation de l'astrologie, laquelle a, de façon remarquable, obtenu de se faire appeler aussi mathématique, elle qui lie ce qui nous concerne au mouvement des astres– voilà donc une attitude qui, outre qu'elle ne comporte rien de sain et n'a rien à voir avec la vérité, conduit à l'erreur et à un abîme de perdition, tout à fait pernicieuse pour ceux qui veulent vivre dans la piété» (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 88, ll. 122-134).

(35) Traduction dans Jean PHILOPON, *Traité de l'astrolabe*, pp. 65-69.

(36) Cf. l'édition de A.-M. DOYEN, *Le traité sur l'astrolabe de Siamps le Persan*, pour les différentes applications citées ci-après.

4. La science se met parfois au service de la religion [37] et on peut trouver des *fonctions religieuses* à notre appareil. L'astrolabe islamique, en effet, a introduit des signes religieux pour déterminer la direction de La Mecque (*qibla*) pour chaque localité et des lignes spéciales pour déterminer le moment des cinq prières quotidiennes. Ces indications n'ont évidemment pas eu d'influence sur les spécimens de l'Europe médiévale, exceptée l'Espagne, mais on en trouve trace chez Siamps le Persan, où plusieurs chapitres sont consacrés à la détermination de l'heure des prières musulmanes. Pratiquement, on dispose l'araignée de telle sorte que le degré du Soleil (de nuit) ou celui diamétralement opposé (de jour) soit sur la ligne correspondant à l'heure où doit avoir lieu la prière (fournie par des tables de prières) et on examine le parallèle de hauteur atteint par un astre (étoile ou Soleil) ; on retourne l'appareil et on observe avec l'alidade la hauteur réelle atteinte par l'astre choisi ; on sait alors si l'heure de la prière est plus ou moins proche.

5. Signalons enfin les *destinations maritimes ou géographiques* qu'on peut donner à l'appareil ; ainsi, trouver dans un lieu perdu ou en pleine mer la latitude à laquelle on se trouve (ex. chez Philopon, Siamps le Persan).

⋆ ⋆ ⋆

Comme pour la construction de l'astrolabe, on peut s'interroger sur la réelle application de tous ces emplois de l'astrolabe. Pour certains, comme E. Poulle [38], l'utilisation de l'astrolabe comme instrument d'observation dans l'Occident latin serait une légende, qui s'enracinerait d'ailleurs dans le moyen âge même, où les prologues des traités évoqueraient cette destination par convention littéraire : il s'agirait avant tout d'un instrument pédagogique ; le dos de l'astrolabe ne servirait en réalité qu'à mieux expliquer le problème de la hauteur des astres, également figurée sur la face de l'appareil ; la rapide péremption de certaines données gravées sur l'astrolabe ne constituerait donc qu'un inconvénient mineur dans la mesure où son but ultime n'était pas l'observation. Par contre, il semble que la multitude d'instruments d'origine islamique ou encore la présence d'écoles d'astrolabistes au moyen âge islamique attestent le caractère bien vivant de l'instrument dans cette civilisation. Le débat n'est pas clos : l'astrolabe présente encore des secrets et il invite l'historien des sciences à venir sonder cette part de mystère.

(37) Voir à ce sujet l'article de D. A. KING, *La science au service de la religion : Le cas de l'islam.*

(38) Voir, par ex. E. POULLE, *Les instruments astronomiques du moyen âge,* p. 23, ou *Les sources astronomiques (textes, tables, instruments).*

Bibliographie

CHARLES (B.), *Le traité sur l'astrolabe de Nicéphore Grégoras.* – Louvain : mémoire de licence, 1971.

DOYEN (A.-M.), *Le traité sur l'astrolabe de Siamps le Persan*. – Louvain : mémoire de licence, 1978-1979.

GUNTHER (R.T.), *The astrolabes of the world*. – Oxford : The University Press, 1932.

HARTNER (W.), *The principle and use of the astrolabe*, dans *Oriens-Occidens. Ausgewählte Schriften zur Wissenschafts- und Kulturgeschichte. Festschrift zum 60. Geburtsdag.* – Hildescheim : Georg Olms, 1968. – pp. 287-311. – (Collectanea III). – (Réimpression de *A survey of Persian art*, vol. III / ed. Arthur Upham POPE. – Londres ; New York : Oxford University Press, 1939).

JEAN PHILOPON, *Traité de l'astrolabe* / traduction française et étude critique de A. Ph. SEGONDS ; reproduction, avec quelques corrections, du texte de H. HASE. – Paris : Société Internationale de l'Astrolabe, 1981. – (Astrolabica ; 2).

KING (D.A.), *La science au service de la religion : Le cas de l'islam*, in *Impact : Sciences et Société*, vol. XL, 3, 1990, n°159, pp. 283-302.

—, *Strumentazione astronomica nel mondo medievale islamico*, dans *Gli strumenti* / éd. G. L'Estrange TURNER. – Electa : Milan, 1990. – pp. 154-189.

—, *The origin of the astrolabe according to the medieval Islamic sources*, dans *Islamic Astronomical Instruments.* – Londres : Variorum Reprints, 1987. – Article n°3. – (Réimpression issue de *Journal for the History of Arabic Science*, t. V, 1981, pp. 43-83).

LE GOFF (J.), *Les intellectuels au moyen âge.* – Deuxième édition. – Paris : Éditions du Seuil, 1985. – (Points Histoire ; 78).

LEURQUIN (R.), *L'Astrolabe dans la* Tribiblos astronomique *de Théodore Méliténiote*, dans *Études 1987-1989* / éditées par A.J. TURNER. – Paris : Institut du Monde Arabe ; Société Internationale de l'Astrolabe, 1989. – pp. 15-26. – (Astrolabica ; 5).

MICHEL (H.), *Traité de l'astrolabe* / préface de E. ESCLANGON. – Paris : Gauthier-Villars, 1947.

NAU (Fr.), *Le traité sur l'astrolabe plan de Sévère Sabokt, écrit au VIIe siècle d'après des sources grecques, et publié pour la première fois d'après un ms. de Berlin*,

in *Journal Asiatique*, 9e série, t. XIII, 1899, janvier-février, pp. 56-101 et mars-avril, pp. 238-303.

POULLE (E.), *Les instruments astronomiques du moyen âge.* – Paris : Société Internationale de l'Astrolabe, 1983. – (Astrolabica ; 3).

—, *Les sources astronomiques (textes, tables, instruments).* – Turnhout : Brepols, 1981. – (Typologie des sources du moyen âge occidental ; 39).

THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I / édité par R. LEURQUIN. – Amsterdam : J. C. Gieben, 1990. – (Corpus des astronomes byzantins ; IV).

—, *Tribiblos astronomique*, livre II : *Édition critique et traduction* / par R. LEURQUIN. – Amsterdam : Adolf M. Hakkert, 1993. – (Corpus des astronomes byzantins ; V).

—, *Tribiblos astronomique*, livre II : *Commentaire* / par R. LEURQUIN. – Amsterdam : Adolf M. Hakkert, 1993. – (Corpus des astronomes byzantins ; VI).

TURNER (A.J.), *The time museum*, vol. 1 : *Time measuring instruments*. Part 1 : *Astrolabes, astrolabe related instruments* / éditeur général : Br. CHANDLER. – Rockford : The Time Museum, 1985. – (Catalogue of the collection).