

## Chapitre 4 : L'astrolabe de l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean, à Lyon

N.B : cette étude a d'abord été publiée par la revue ANCAHA (Association nationale des collectionneurs et amateurs d'horlogerie ancienne) à qui nous sommes redevable d'une riche iconographie. Voir son N°90 /Printemps 2001 pp. 61 à 74. Elle était alors titrée :

« L'astrolabe. Les horloges astrolabiques . L'astrolabe de l'horloge astronomique de la cathédrale Saint-Jean, à Lyon »

L'horloge, elle-même a fait par deux fois l'objet de numéros hors série de l'ANCAHA : " septembre 1993 " et " automne 2000".

### PREMIERE PARTIE: L'ASTROLABE: GENERALITES.

\*\*\*\*\*

Dans tout cet article l'astrolabe envisagé sera du type planisphérique, stéréographique (1) septentrional (2), le plus courant, parvenu, dès son apparition, à sa forme définitive et parfaite.

#### 1°) Un peu d'histoire.

-----

Les astrolabes recensés, dans le monde, représentent 1208 pièces, selon les travaux de Léonard Linton. Il estime avoir ainsi saisi 75% de l'existant, qui se monterait, alors, à environ 1600 individus. De tout temps, précieux, admirable et rare, cet instrument n'a cessé de fasciner les plus savants et les plus riches, assez fortunés, aux deux sens du terme, pour en posséder au moins un.

La plupart brillent dans les grands musées ou les plus célèbres collections privées, mais il existe aussi d'honnêtes copies pour l'amateur éclairé.

On se perd en conjectures sur l'inventeur de l'astrolabe, peut-être l'astronome grec Hipparque (3), ou, plus proche de nous, Claude Ptolémée (4), mais la première description connue de l'instrument ne date que de Jean Philopon, qui vécut à Alexandrie de c.490 à c.570 après J.C.

Puis, l'astrolabe se répand avec la vague musulmane et on parle de l'école hispano-mauresque, dans le même temps qu'on parle de l'école byzantine. Ensuite, l'Occident est gagné par le mouvement et l'école chrétienne, du XII<sup>ème</sup> au XV<sup>ème</sup> siècle, rivalise avec les docteurs juifs. Enfin, la Renaissance marque, à la fois, l'âge d'or et le déclin de l'astrolabe, mais il se survit, sous un avatar mécanique, celui des horloges, pendules et pendulettes astrolabiques; et aussi, plus récemment, des montres-bracelets astrolabiques.(5).

## 2°) Description sommaire des organes d'un astrolabe.

---

L'instrument se compose essentiellement d'un disque métallique suspendu à un anneau. L'une de ses faces est plane et se nomme le dos; l'autre, simplement nommée la face, se creuse en un évidement circulaire, la mère ou matrice, bordé par un limbe gradué. Dans cette sorte de boîte s'empilent des disques plats appelés tympan, vocable d'origine grecque qui signifie tambour.

Ces tympan sont engravés de tracés qui représentent les cercles de la sphère céleste et de la sphère locale à la latitude choisie.

Au dessus des tympan, une pièce découpée, l'araignée, tourne librement autour d'un pivot représentant l'axe du monde, à sa sortie du pôle céleste. L'araignée porte l'écliptique et les étoiles.

Encore au dessus de l'araignée tourne une alidade biseautée, graduée en échelle des déclinaisons, souvent appelée index (ostensor) pour la différencier de l'alidade à pinnules de la face dorsale (dioptra) qui tourne elle aussi, autour du pivot. Voir figure 1 : recto et verso d'un astrolabe.



Figures 1a et 1b : Cf. ALBUM\_08\_04 : AstroAvant ; AstroArrière

### 3°) Fonctions

---

L'étymologie grecque, *aster labein*, nous renseigne sur la nature et le rôle de l'astrolabe: c'est un preneur d'astres, entendez qu'il procure, au terme d'une manipulation convenable, les coordonnées du Soleil et des étoiles. Mais il est, à peu près, inefficace pour la Lune et les planètes dont, seule, la hauteur pourrait s'obtenir par visée à travers l'alidade du dos.

Bien avant son lointain cousin, le sextant, l'astrolabe permet de mesurer la hauteur (6) d'un astre et, comme l'observateur sait s'il opère avant ou après midi, l'azimut (7) à partir du Sud. Cette mesure de hauteur s'effectue avec l'alidade à pinnules qui se trouve au dos de l'instrument. L'astrolabe permet alors de transformer ces coordonnées locales, hauteur et azimut, en coordonnées horaires et équatoriales, déclinaison, ascension droite et angle horaire.

A partir de ces informations, deviennent connaissables toutes les valeurs qu'enseigne la cosmographie et dont le consultant fait l'usage qu'il souhaite: mesure du temps, positions des astres, avancement des saisons, des jours et des nuits, données astrologiques, etc.

La performance remarquable de l'astrolabe est de permettre la résolution facile des douze problèmes fondamentaux de l'astronomie de position, avec, pour chacun, les variantes les plus usuelles.

Puisque l'astrolabe, entre autres captures, "prend" aussi le Soleil et qu'il procure son angle horaire, et bien qu'il nécessite une manoeuvre de poursuite, on peut dire que cet instrument est aussi un cadran solaire, au même titre que les autres cadrans solaires de hauteur qui exigent aussi une visée à travers un système de pinnules. Mais l'astrolabe a bien d'autres fonctions en plus de sa fonction gnomonique.

### 4°) Principe de construction.

---

Il faut parvenir à représenter, sur les organes plans déjà cités, tympan et araignée, les deux sphères célestes de la cosmographie:

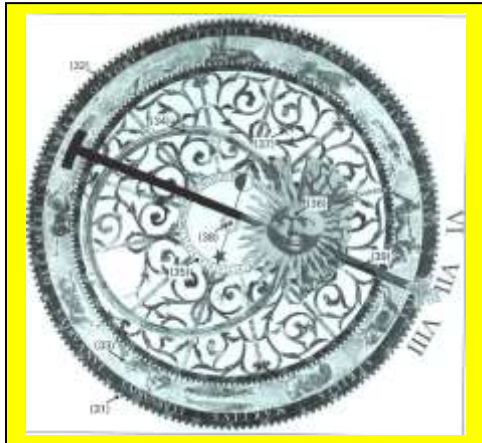
a) -la sphère locale, avec ses lignes de hauteur et d'azimut, qui convient au lieu de l'observation, donc pour une latitude donnée. Son tracé se fait sur le tympan; il faudra donc tracer autant de tympanes que de latitudes à explorer et le tympan en service sera placé sur le dessus de la réserve de tympanes, dans la mère.

b)- la sphère céleste avec ses cercles (tropiques, équateur, écliptique) et les astres (Soleil, étoiles) placés à leur juste position, selon leur déclinaison et leur ascension droite. Ce ciel se construit, pour partie, sur le tympan (équateur et tropiques) et, pour partie, sur l'araignée (écliptique et étoiles). Pour un hémisphère donné, l'araignée est unique; elle contient tout le ciel, visible et invisible, depuis un pôle jusqu'au delà du tropique de l'autre hémisphère. Historiquement, il n'a existé que des araignées septentrionales, centrées sur le

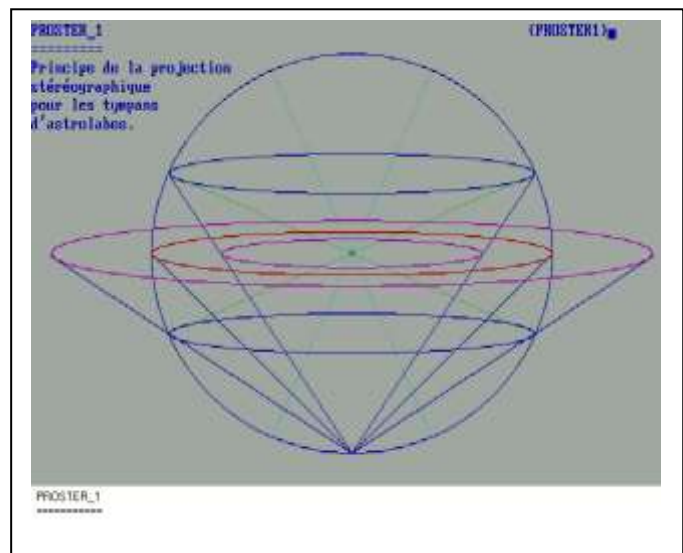
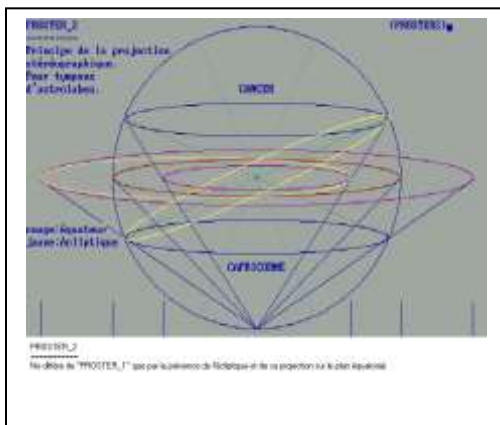
pôle Nord et débordant le tropique du Capricorne, assez loin pour que Fomalhaut y apparaisse.

Mais le jésuite bruxellois, van Maelcote, imagina aussi, vers 1600, une araignée unique pour les deux hémisphères célestes

Une fois ces deux organes assemblés, faire tourner l'araignée sur le tympan immobile reproduira le mouvement apparent du ciel local.



Cependant, comme toute représentation d'une sphère sur un plan, quelle que soit la projection choisie, engendre des déformations d'échelle, on devra privilégier de conserver les distances, les surfaces ou les angles. Pour l'astrolabe le choix aboutit à utiliser la projection stéréographique



Figures 2 a et b : principe de la projection stéréographique

Il faut insister, ici, sur la différence fondamentale de conception qui existe entre une carte du ciel et un astrolabe. L'utilisateur de la carte reste sur la Terre; il tient la carte au dessus de sa tête et fait correspondre les astres de la carte avec ceux du ciel. Tourné vers le Nord il a l'Est à sa droite; il en va de même s'il pose la carte sur une table horizontale et penche son visage sur elle avant de le relever vers les constellations.

Au contraire, l'utilisateur d'un astrolabe se trouve, en esprit, au pôle Nord céleste et se fait projeter, depuis le pôle Sud céleste, et sur le plan équatorial, le même ciel que celui de la carte; il le voit donc par dessus; cela implique qu'il se trouve face à face avec le consultant de la carte (8) et qu'alors, il a l'Est à sa

gauche. Ainsi, sur le tympan de l'astrolabe, les astres se lèvent à gauche, culminent en haut, vers l'anneau, et se couchent à droite.

L'astrolabe représente donc le ciel visible et le ciel invisible, entre le pôle Nord et le tropique du Capricorne, voire un peu au delà. Les astres qu'il contient y sont repérés, à tout moment, par leurs coordonnées locales et par leurs coordonnées équatoriales et la conversion d'un système en l'autre y est permanente et automatique.

#### 5°) Mode d'emploi simplifié

-----

1 - prendre la hauteur d'un astre (Soleil ou étoile) en le visant à travers l'alidade à pinnules qui tourne au dos de l'astrolabe.

2 - la demi-journée étant connue, installer cet astre sur la face avant de l'astrolabe, en faisant tourner l'araignée de façon à amener le repère de l'astre sur la courbe de hauteur convenable et du bon côté du méridien. Si c'est une étoile, elle est présente à la pointe du crochet ( flèche, flammèche ) annoté de son nom. Si c'est le Soleil, il faut considérer le degré de l'écliptique qu'il occupe. Si on l'ignore, il suffit de consulter le dos de l'astrolabe, où calendrier civil et calendrier zodiacal sont mis en correspondance.

3 - la mise en place de l'astre visé suffit pour que tout le ciel, visible et invisible, soit construit par l'araignée, pour l'instant choisi et pour la latitude du tympan en service.

4 - alors, par l'index biseauté ( ostensor ) on obtient toutes les coordonnées désirées, donc la solution des douze problèmes fondamentaux de l'astronomie de position.

5 - en outre, la consultation des indications gravées au fond et au dos de la mère permet d'autres manoeuvres : abaque des sinus, latitude de villes, carré des ombres, conversion des types d'heures, hauteurs méridiennes, azimuth de La Mecque ou d'autres villes, etc.

## DEUXIEME PARTIE: LES HORLOGES ASTROLABIQUES.

\*\*\*\*\*

Manoeuvrer un astrolabe exige de la patience, de la précision, des connaissances astronomiques suffisantes, mais cela reste une opération manuelle, aussi imparfaite que l'utilisateur est lui-même malhabile. En outre, il faut un ciel dégagé. Pour placer le Soleil à sa bonne place sur l'écliptique il faut connaître la date ou le degré zodiacal. Aussi, dès que les mouvements d'horlogerie ont atteint une honorable précision, on a vu apparaître des horloges astronomiques souvent équipées d'astrolabes mécaniques.

Le renversement du point de vue est radical: on ne consulte plus le ciel pour connaître les temps; on consulte l'astrolabe mécanique pour connaître l'état du ciel, et il suffit de perfectionner et de compléter le train d'engrenages pour



obtenir toutes les informations désirées. La performance va jusqu'à installer une roue dentée qui accomplit un tour en 25400 ans et procure ainsi un suivi de la précession des équinoxes.

La Lune, malgré ses irrégularités, peut prendre place sur une horloge astronomique. Toutefois, elle n'y sera pas suivie en coordonnées, mais progressera le long d'un parcours de 29,5 cases, montrant ainsi son âge et sa phase.

Quant aux planètes, c'est souvent sur une machinerie indépendante, le planétaire, qu'elles accomplissent leurs révolutions.

Néanmoins, peu d'horloges monumentales, dotées de mécanismes astronomiques, ont été construites en France. Les plus notables furent celles de Cluny (1340), Strasbourg (1354), Lyon (1379), Bourges (1423), Saint-Omer (1555); bien plus tardivement, Besançon (1860) et Beauvais (1865).

A l'étranger, l'instrument n'est pas plus fréquent mais quelques Hôtels de Ville s'illustrent ainsi: Heilbronn, Ulm, Prague, Oslo, Crémone, Schramberg...

Un recensement assez complet se trouve dans le chapitre 9 de notre Première partie, celui d'Emmanuel Poulle. On se reportera aussi à la thèse de Charles-Henri Eyraud citée en bibliographie.

Approchons-nous, maintenant, de l'horloge de la cathédrale Saint-Jean, à Lyon.

### TROISIEME PARTIE: ASTROLABE DE L'HORLOGE ASTRONOMIQUE DE LA PRIMATIALE SAINT-JEAN, A LYON.

\*\*\*\*\*

Par son ancienneté, la richesse de son décor et le nombre des automates mis en mouvement, celle de Lyon est particulièrement remarquable. Son astrolabe, à lui seul, exigerait bien plus d'explications que ne peut en proposer ce court article; heureusement la Revue de l'ANCAHA vient de rééditer, sous forme d'un numéro spécial (Hors série / Automne 2000), son ancien numéro de septembre 1993 consacré à cette horloge. Le lecteur qui a bien voulu nous suivre jusque là, ne pourra manquer de s'y reporter, en même temps qu'il améliorera ses connaissances sur l'astrolabe, en général, grâce aux ouvrages cités en bibliographie. Notre analyse de l'astrolabe lyonnais portera sur les quatre organes majeurs de l'instrument, puis présentera quelques données chiffrées et se terminera par une tentative d'identification des étoiles de l'araignée.

.....

## 1°) LA MERE.

-----

Ce boîtier au fond duquel, dans un astrolabe manuel, est logée la réserve de tympan, ne se différencie pas, ici, du panneau frontal de l'horloge. Celui-ci porte, tout à la fois, le limbe, le tympan unique et toutes les couronnes fixes. Cette mère n'a donc ni fond ni envers et, seul son rebord circulaire assure une fonction horlogère: il porte les 24 marques d'heures rondes, espacées de  $15^\circ$  en  $15^\circ$ , et numérotées en deux séquences de chiffres romains, de I à XII. Entre les chiffres, les demi-heures sont repérées par une moucheture d'hermine. Midi se place sur le XII du haut, conformément à l'usage et, probablement, par imitation des cadrans solaires horizontaux, que l'on consulte face au Sud.

---

## 2°) LE TYMPAN.

-----

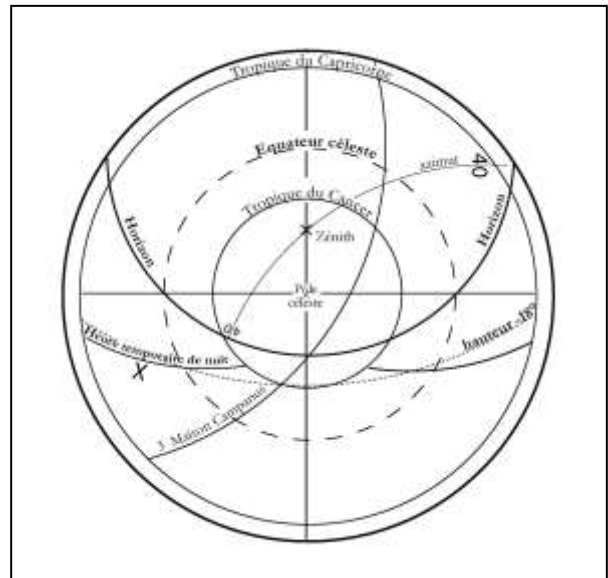
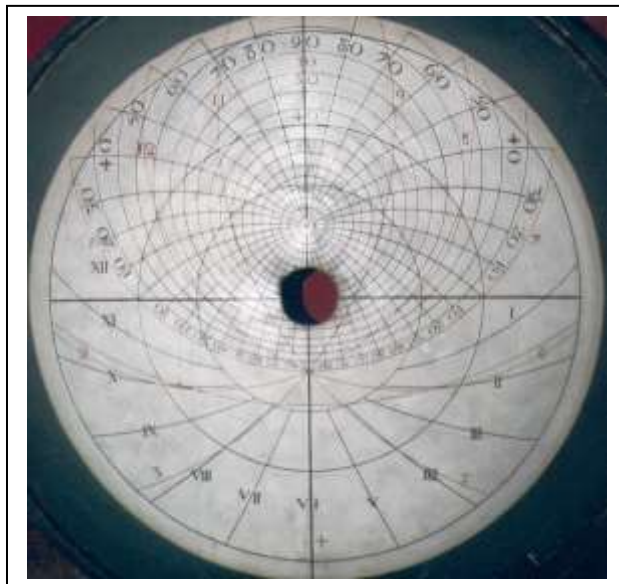


Figure 3 a et b : Le disque du tympan et son principe de tracé.

C'est un disque plat dont on peut affirmer qu'il a été tracé pour la latitude exacte de  $45^\circ$ . Cela ressort du fait que l'équateur coupe la méridienne sur le cercle de hauteur  $45^\circ$  (qui a, ici, même valeur que la colatitude). On y distingue les 7 familles de lignes suivantes (Cf. ALBUM\_08\_04):

21. la ligne d'horizon, ou hauteur  $0^\circ$ , rouge, non numérotée.
22. au dessous de cet horizon, la ligne rouge de hauteur  $-18^\circ$  qui représente la frontière entre le crépuscule astronomique et la nuit noire; non numérotée.
23. dix-sept courbes de hauteur, de couleur noire, (ou almucantarats) (9), pour des hauteurs d'astres étagées de  $5^\circ$  à  $85^\circ$  et numérotées, en chiffres arabes

noirs, par pas de 10°, de 10° à 90°. La hauteur 90°, pour un astre au zénith, se réduit à un point.

24. trente-six lignes d'azimut, de couleur noire, une tous les 10°, avec une numérotation particulière aux astrolabes, qui s'organise en 4 séries de part et d'autre de deux axes, l'un Nord-Sud et l'autre Est-Ouest. Ces axes se coupent à angle droit, sur le pôle du tympan et les azimuts numérotés 0° coupent l'horizon sur l'axe Est-Ouest et progressent, de 10° en 10°, jusqu'au méridien Nord-Sud où ils valent 90°. Les chiffres arabes noirs qui les identifient sont tracés de plus en plus gros, à mesure qu'on progresse vers le haut du tympan.

25. les trois cercles de l'équateur, du tropique du Cancer, du tropique du Capricorne. Bien que le Capricorne soit tracé très près du bord du tympan, il ne constitue une limite que pour les lignes tracées au dessous de l'horizon; les azimuts et les almucantarats le franchissent et atteignent le bord même du tympan.

26. sous l'horizon, onze courbes noires, allant du Cancer au Capricorne, délimitent, avec cet horizon, douze tranches de nuit: ce sont les heures temporaires de nuit. Ces heures temporaires de nuit découpent, en douze tranches égales, la durée qui s'écoule entre le coucher du Soleil et son lever du lendemain. Elles sont donc égales entre elles, n'importe quel jour mais, collectivement, inégales de jour en jour. A la latitude de Lyon, elles valent sensiblement:

au solstice d'été (Cancer): .....8h.30m. / 12 = 0h.42m.

aux équinoxes (Bélier, Balance): .....12h. / 12 = 1h.00m.

au solstice d'hiver (Capricorne): .....15h.30m. / 12 = 1h.17m.

Ces heures temporaires s'appellent aussi antiques, inégales, bibliques, judaïques. Il faut bien voir qu'elles ne sont pas des instants, comme nos heures modernes, mais des durées et il est mieux de les numéroter, non pas sur la ligne mais dans l'espace entre deux lignes. Si on numérote les lignes elles-mêmes, comme sur ce tympan, de I à XII, en chiffres romains noirs, on exprime l'idée que la ligne marque la fin de la plage horaire: à minuit la sixième heure temporaire de nuit est accomplie et on entre dans la septième.

Le système fonctionne aussi, mutatis mutandis, de jour et, jusqu'à la Renaissance, toute l'Europe s'en accomoda. Les douze heures temporaires de nuit étaient suivies de douze heures temporaires de jour, la sixième accomplie étant notre midi. Il n'y avait égalité entre les heures de jour et les heures de nuit que les jours d'équinoxes où elles valaient, toutes, une de nos heures modernes.

Sur l'horizon Est, et confondues avec lui, se placent le début de la première heure de jour (qu'il n'est pas convenable d'appeler zéroième heure), et l'heure douze de nuit. Sur l'horizon Ouest, et confondues avec lui, se placent le début de la première heure de nuit et l'heure douze de jour.

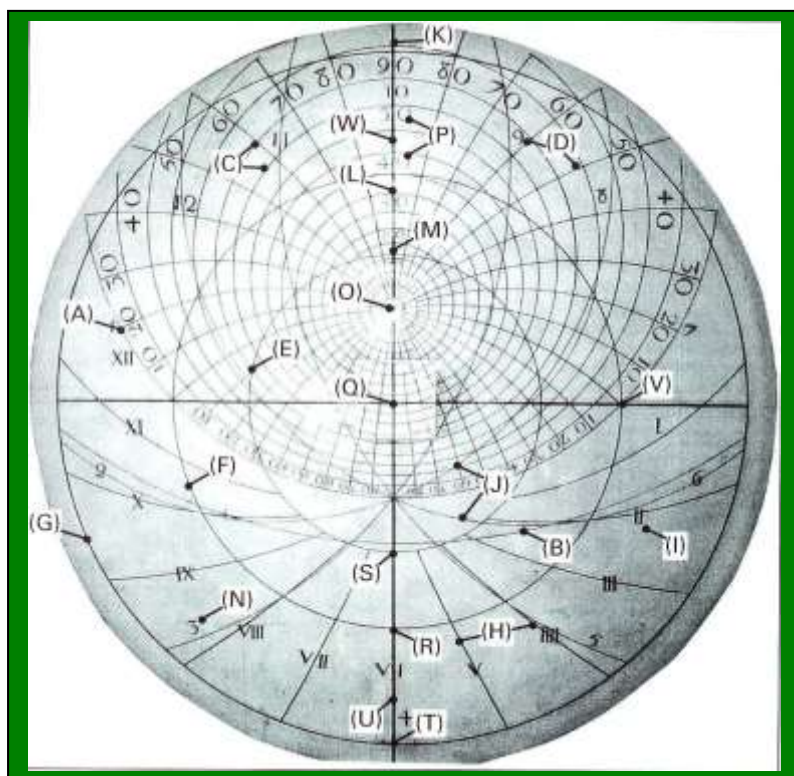
Sur ce tympan, et, sans doute, pour de simples raisons de lisibilité, seules sont tracées les heures de nuit. Elles tournent de droite à gauche par le bas, donc en sens horloge.



27. du point  $90^\circ$ , à l'intersection de l'horizon et du méridien, donc depuis le Sud, rayonnent douze arcs de cercle rouges, numérotés de 1 à 12, en chiffres arabes rouges et en sens anti-horloge. Les arcs 1 et 7 sont confondus avec l'horizon. Ces arcs de cercle forment les frontières, ou cuspidés, des maisons astrologiques, purement locales, ici, dans le système de domification attribué à Campanus de Novare (XIII<sup>ème</sup> siècle) (10). La sphère céleste locale est découpée, en 12 secteurs sphériques égaux de  $30^\circ$  chacun. Les pôles se placent sur un axe horizontal Nord-Sud. Les maisons 1 à 7 sont sous l'horizon; les maisons 8 à 12 sont au dessus de l'horizon. L'ascendant (horizon oriental) se place sur la cuspide de la maison N°1 et le descendant sur la cuspide de la maison N°7. Fond du ciel et Milieu du ciel se trouvent respectivement sur les cuspidés des maisons N°4 et N° 10. La présence du Soleil, de la Lune ou des planètes dans telle ou telle maison est prise en considération par les astrologues. Mais sur cet astrolabe, ni la Lune ni les planètes ne figurent parmi les corps en mouvement dans des systèmes de coordonnées. Le consultant ne peut que mesurer leur hauteur, par visée à travers l'alidade à pinnules, ce qui ne suffit pas pour localiser l'astre parmi les maisons astrologiques ou les échelles de déclinaison ou les partitions horaires.

La présence, sur le tympan, de ces différentes familles de lignes, permet de comprendre que, sur une surface balayée par le Soleil, son ombre ou son image, tout point individuel est significatif dans un système de coordonnées particulier et aussi dans tous les systèmes que l'astrolabiste ou le cadranier a superposés: il n'y a pas de hiatus dans la succession du temps, pas plus que dans le déploiement de l'espace et l'un comme l'autre peuvent être saisis et analysés, selon tous les points de vue que peut engendrer l'esprit humain. Le seul "raisonnement" que supporte le graveur provient de l'obligation de lisibilité de ses diagrammes.

Les choix opérés ici témoignent de souvenirs culturels, de connaissances scientifiques et de préoccupations astrologiques c'est à dire d'interrogations sur le destin de l'homme.



TYMPAN

### 3°) L'ARAIGNEE.

Voir la fig. 4.

C'est la pièce tournante, très belle, qui devrait être ajourée le plus possible pour laisser voir le tympan qu'elle recouvre, mais, ici, les volutes des rinceaux dorés et l'énormité du Soleil qu'elle porte ( et qui n'est qu'une pièce de récupération), rendent souvent impossible l'examen du tympan dont les courbes qui seraient alors significatives, sont occultées.

A la lettre, une araignée doit être la plus arachnéenne possible, car seules ses étoiles importent.

Le pivot central, qui sert d'axe de rotation à l'araignée, représente l'axe du monde, axe de rotation de la Terre.

De la périphérie vers le centre, on remarque les éléments suivants:



Figure 4 : L'araignée sans les étoiles

31. une mince couronne portant les graduations des 365 jours de l'année, sous forme de petits pavés blancs et noirs, alternés comme le composé des héraldistes.

32. une couronne portant les noms latins des douze mois de l'année, avec des graduations renforcées pour les jours 10, 20, 30 ou 31 (28 pour Février).

33. une couronne comportant douze secteurs dont les frontières sont celles des jours où le Soleil change de signe zodiacal (vers le 21 de chaque mois). Dans ces secteurs, des sujets dorés représentent ces douze signes; en dessous d'eux une mince couronne porte les graduations des 360 degrés de l'écliptique, avec des marques renforcées pour les frontières des décans, aux degrés 10, 20, 30.

34. une couronne en fer forgé représente l'écliptique et en porte les symboles conventionnels.





Figure 5 : la Lune

35. près du centre une couronne argentée est partagée en 29 cases et demi, ainsi numérotées, chacune parcourue par la Lune au cours de sa révolution synodique (lunaison moyenne de 29 jours, 12 heures et 44 minutes). La Lune est matérialisée par un globe mi-argenté, mi-noir, tournant selon les phases de la Lune réelle, sur une aiguille dont l'extrémité étoilée indique le jour de la Lune.



Figure 6 : l'alidade portant le Soleil

36. un très gros Soleil doré, humanisé, entouré de 30 rayons, alternativement sagittés et onvés, parcourt l'écliptique. Sa progression est obtenue par glissement sur l'alidade qui le porte et qui marque les heures sur la couronne horaire.



Figure 7 : les 17 étoiles

37. fixées sur les rinceaux, 17 étoiles à 5 rais représentent les principales étoiles, placées selon leur déclinaison et leur ascension droite. Pour 15 d'entre elles le positionnement semble correct, à ceci près qu'il ferait désigner Markab et Unukhala de bien petite magnitude. En revanche, Sirius est décalé de 5 heures en ascension droite et Kochab de 7 heures. Cette question sera traitée plus loin. Mais, dès à présent, on peut se demander quelle est l'utilité des étoiles sur un astrolabe motorisé. En effet, le moteur fait tourner tout le ciel, jour et nuit, et positionne donc, à tout moment, tous les astres, aussi bien quand ils sont au dessus que quand ils sont au dessous de l'horizon. Sur un astrolabe manuel, c'est l'observateur qui doit positionner le ciel, à un instant donné, à partir de la hauteur d'un astre; il doit donc disposer d'étoiles pour pouvoir, la nuit, localiser le Soleil qui se trouve sous l'horizon. Parmi toutes les horloges astronomiques d'Europe, il semble bien qu'on ne trouve d'étoiles qu'à Saint-Jean.



38. toute l'araignée tourne autour d'un pivot dont la tête est sculptée en forme de fleur de tournesol dorée et 12 solides rayons en fer forgé assurent le maintien de l'ensemble.

#### 4°) L'ALIDADE, AIGUILLE DES HEURES.

---

Nous venons de découvrir cet organe, au paragraphe 36 ci-dessus. Il supporte le Soleil qui glisse sur lui pour progresser sur l'écliptique. Mais cette alidade qui traverse tout l'astrolabe sert aussi d'aiguille des heures. Son extrémité significative se termine par une fleur de lys doré dont la pointe arrive jusqu'à la périphérie de la couronne des heures.

Son extrémité opposée se termine par un croissant doré qui, de nos jours, ne sert plus que de contrepoids; mais, autrefois, il indiquait le signe du zodiaque occupé par le Soleil.

#### 5°) PRECISION ET FONCTIONNEMENT MECANIQUE.

---

L'alidade doit accomplir un tour en 1 jour solaire moyen de 24 heures.

L'araignée doit accomplir un tour en 1 jour sidéral de 23 heures 56 minutes et 4 secondes. Ainsi l'année sidérale compte 366,25 jours contre 365,25 pour l'année solaire.

La Lune doit parcourir son cercle de 29,5 jours à l'envers et en tournant sur elle-même selon ses phases; or le mois synodique lunaire vaut, en moyenne, 29,530588 jours et l'astrolabe procure 29,538461 jours, ce qui est une valeur remarquable: il faut 121 mois, soit 10 ans, pour qu'apparaisse un écart de 1 jour.

Le Soleil n'accomplit pas seulement, chaque jour, un tour en 24 heures; il doit aussi avancer sur l'écliptique de  $360 / 365,25$  degrés; ainsi il accomplit un tour complet de l'écliptique en 1 an, exactement.

Au cours d'une journée, le Soleil et les étoiles défilent devant le tympan qui renseigne, à chaque instant, sur leurs coordonnées locales (hauteur et azimut), sur leurs coordonnées équatoriales et horaires (déclinaison, angle horaire et ascension droite) et transforme ces coordonnées les unes en les autres à tout moment.

La Lune montre ses phases et son âge, mais pas ses coordonnées.

#### 6°) IDENTIFICATION DES ETOILES

---

Il est impossible d'effectuer des mesures directes sur l'astrolabe en fonctionnement, aussi nous avons travaillé sur la très belle photographie de la troisième page de couverture de la Revue de l'ANCAHA déjà mentionnée, (cliché de G. Bussery). Comme tout l'astrolabe a été restauré, pour ne pas dire, reconstruit en 1661 par Guillaume Nourrisson, nous avons admis que les coordonnées des étoiles choisies devaient être celles de l'équinoxe de printemps

1600. Nous avons aussi admis que la photographie ne déformait pas les tracés circulaires, puisqu'on n'y décèle qu'une ovalisation inférieure à 1mm. sur 112mm. de diamètre.

Nous débarrassons en esprit l'araignée de tous ses rinceaux; nous y reportons les quatre cercles des tropiques, de l'équateur et de l'écliptique, puis nous traçons les cercles de déclinaison étagés de  $-23^{\circ}$  à  $89^{\circ}$ . Les étoiles sont ainsi définies par leur déclinaison; pour mesurer leur ascension droite nous disposons des graduations du Capricorne, tous les degrés, avec traits renforcés pour les degrés  $10^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ .

Il suffit alors de noter à quelle déclinaison et sur quel vecteur d'ascension droite se place une étoile, au besoin en convertissant en degrés son ascension droite exprimée en heures et minutes, pour pouvoir l'identifier dans un catalogue d'étoiles. C'est exactement la manoeuvre inverse de celle qu'effectuerait un astrolabiste pour créer son instrument.

On trouvera surtout des étoiles de forte magnitude mais, comme le rôle des étoiles, sur un astrolabe manuel, consiste à renseigner, pendant toute la nuit, sur la position du Soleil, on peut aussi trouver des étoiles, plus modestes, mais dont la présence au dessus de l'horizon à telle ou telle époque de l'année, serait bien utile.

Concrètement, le positionnement des étoiles sur l'araignée s'effectue en coordonnées polaires: l'ascension droite est l'angle au centre dont le rayon-vecteur de l'étoile s'écarte de celui du 21 mars; la déclinaison s'obtient en mesurant, sur ce rayon-vecteur, la distance dont l'étoile est éloignée du centre de l'astrolabe. Du centre jusqu'à l'équateur la déclinaison est positive; au delà de l'équateur elle est négative et l'étoile est dans l'hémisphère Sud.

Voici la formule à utiliser; une étoile de déclinaison "delta" se projette sur le vecteur correspondant à son ascension droite, à une distance du centre égale à:

$$R * \tan (1/2 * (90^{\circ} - \text{delta}))$$

Notre recherche et nos propositions sont exposées sur la figure N° 4 et dans le tableau suivant; nous faisons l'hypothèse que le constructeur de l'astrolabe a choisi d'y faire figurer les étoiles les plus brillantes, celles qui tiennent la tête dans le classement par magnitude.(11)

Repère	Nom	Constellation	Magnitude	AD/1600	Déclinaison
<b>A (faut)</b>	<b>SIRIUS</b>	<b>CMa</b>	<b>- 1,42</b>	<b>1 h,75 !</b>	<b>- 15°</b>
<b>A'</b>	<b>SIRIUS</b>	<b>CMa</b>	<b>- 1,42</b>	<b>6 h,75</b>	<b>- 15°</b>
<b>1</b>	<b>ARCTURUS</b>	<b>Boo</b>	<b>- 0,06</b>	<b>14 h,25</b>	<b>19,5</b>
<b>2</b>	<b>VEGA</b>	<b>Lyr</b>	<b>0,03</b>	<b>18 h,40</b>	<b>38,5</b>

3	CAPELLA	Aur	0,09	4 h,75	45,5
<b>C (faut)</b>	<b>RIGEL</b>	<b>Ori</b>	<b>0,15</b>	<b>2 h,70 !</b>	<b>2,5 !</b>
C'	RIGEL	Ori	0,15	5 h,25	- 8.
5	PROCYON	CMi	0,35	7 h,3	6,6
6	BETELGEUSE	Ori	0,69	5 h,5	7,3
7	ALTAIR	Aql	0,74	19 h,5	8.
8	ALDEBARAN	Tau	0,86	4 h,20	15,8
9	SPICA	Vir	0,96	13 h,00	- 9.
//	<b>POLLUX</b>	<b>Gem</b>	<b>1,1</b>	<b>7 h,75</b>	<b>28.</b>
10	DENEK	Cyg	1,25	20 h,5	44.
//	<b>REGULUS</b>	<b>Leo</b>	<b>1,35</b>	<b>10 h,00</b>	<b>12.</b>
//	<b>CASTOR</b>	<b>Gem</b>	<b>1,6</b>	<b>7 h,50</b>	<b>32.</b>
//	<b>BELLATRIX</b>	<b>Ori</b>	<b>1,6</b>	<b>5 h,50</b>	<b>6,5</b>
//	<b>ALNILAM</b>	<b>Ori</b>	<b>1,6</b>	<b>5 h,25</b>	<b>0,3</b>
<b>B (faut)</b>	<b>MIRFAK</b>	<b>Per</b>	<b>0 h,30 !</b>	<b>! 54,3</b>	
B'	MIRFAK	Per	1,8	3 h,54	49,7
11	ALIOH	UMa	1,8	12 h,90	56.
12	DUBHE	UMa	1,8	10 h,60	64.
//	<b>ALKAID</b>	<b>UMa</b>	<b>1,9</b>	<b>13 h,50</b>	<b>49,2</b>
13	ALPHARD	Hya	2,0	9 h,00	- 7.
X	MARKAB	Peg	2,6	22 h,75	13.
Y	UNUKHALA	Ser	2,8	15 h,50	7,7

Sur la figure, l'étoile fautive A serait bien placée si elle venait en A'. De même pour C et C' et pour B et B'. (Surlignages bleus)

Les 6 étoiles sans repères, sur le tableau, ne se trouvent pas sur l'araignée où, pourtant, leur magnitude aurait pu inciter à les installer. Y figureraient-elles, fausses en déclinaison et en ascension droite, à tel point que l'on pourrait les prendre pour d'autres ? La réponse ne s'impose pas. (Surlignages violets)

Mais, il semblerait normal que Nourrisson, restaurateur, pour ne pas dire reconstituteur, de l'horloge en 1661, eût laissé quelques traces écrites de ses choix et calculs et, peut être, un dépouillement méthodique de ses archives nous en apprendrait-il plus.

D'autre part, il n'est pas exclus qu'au cours des siècles, certaines étoiles aient été accidentées et remplacées sans assez de rigueur.

## CONCLUSION

\*\*\*\*\*

De l'astrolabe manuel à l'ingénieuse machinerie de l'horloge astronomique, on voit toujours à l'oeuvre l'esprit humain, dans ses tentatives, sans cesse renouvelées, pour marier le temps à l'espace, comme s'il pressentait que cette corrélation s'offre à lui, telle une clef convenable pour la porte étroite derrière laquelle se trouve la vérité.

Nous inscrivant modestement dans cet effort séculaire, nous ne pouvons pas terminer cet article autrement qu'en demandant aux responsables du

Patrimoine, la restauration des rinceaux cassés de l'araignée, le remplacement de l'énorme Soleil, évidemment intrus ici (12), et le repositionnement correct des étoiles, annotées, au préalable, des noms qui leur conviennent.

\*\*\*\*\*

## NOTES APPELEES DANS LE TEXTE

-----

(1) La projection stéréographique, qui permet de représenter une sphère sur un plan, passe pour avoir été inventée par Hipparque, célèbre astronome grec qui vivait à Nicée au II<sup>ème</sup> siècle avant notre ère. Dans le cas de l'astrolabe, on projette depuis le pôle Sud céleste, sur le plan équatorial et on observe depuis le pôle Nord céleste. Cette projection conserve les angles donc les formes des petites constellations. En outre, la projection d'un grand cercle de la sphère produit un grand cercle du plan.

(2) L'astrolabe n'a été produit que dans et pour l'hémisphère Nord étendu jusqu'au tropique du Capricorne.

(3) Même si sa paternité reste, ici, incertaine, Hipparque a bien d'autres titres de gloire: découverte de la précession des équinoxes; établissement du premier catalogue d'étoiles classées en 6 magnitudes apparentes; création des bases de ce qui sera la trigonométrie.

(4) Claude Ptolémée (Ptolémaïs de Thébaïde c.100 // Canope c.170 de notre ère). Auteur de l'Almageste, vaste compilation des connaissances astronomiques des Anciens, et d'une Géographie qui ont fait autorité jusqu'à la fin du Moyen-Age. Créateur du système géocentrique qui porte son nom.

(5) Objets de grand luxe et de grand prix, dont la remise en ordre de marche, après l'épuisement de la pile n'est pas chose aisée.

On pourra consulter:

Revue Sciences et avenir. Hors série N°96, année 1994. pp.94 à 98.

Le Figaro. lundi 7 décembre 1992. pp. 11 à 14.

(6) La hauteur d'un astre est l'angle dont il est écarté de notre horizon; se compte de 0° à 90° (au dessus de l'horizon) et de 0° à - 90° (au dessous de l'horizon).

Valeurs remarquables, le soir:

Soleil à 0° : coucher et début du crépuscule civil

Soleil à -6° : fin du crépuscule civil et début du crépuscule nautique.

Soleil à -12° : fin du crépuscule nautique et début du crépuscule astronomique.

Soleil à  $-18^\circ$  : fin du crépuscule astronomique et le début de la nuit noire.

Le matin on retrouve dans l'ordre symétrique les mêmes valeurs et les mêmes frontières que le soir.

(7) L'azimut d'un astre est l'angle dont il est écarté d'une direction choisie comme origine, le Sud, en général.

(8) Imaginer deux personnes vis à vis et chacune d'un côté d'une porte vitrée.

(9) La tendance actuelle serait d'écrire almicantarat, mais comme il s'agit d'un mot arabe on ne peut guère faire mieux que d'en rendre la prononciation.

(10) Campanus: géomètre italien, vécut à Novare au XIII<sup>ème</sup> siècle. Sa traduction d'Euclide, sur le texte arabe, est la première reçue en Europe. Venise imprima ses commentaires en 1482. On lui attribue un système de domification, toujours en faveur chez les astrologues, bien qu'il subisse, de nos jours, la concurrence d'une vingtaine de systèmes rivaux.

(11) La magnitude d'un astre est le nombre qui mesure son éclat apparent dans une échelle établie en 1856 par Norman Pogson. Le repère 0 de cette échelle s'obtient en affectant la magnitude 6,55 à l'étoile lambda de la Petite Ourse. Plus le nombre est petit, plus l'étoile est brillante et, dans ce système, les plus brillantes atteignent des valeurs négatives.

(12) Ici, il serait bon de retrouver les dates des illustrations qui montrent les Soleils successifs sur l'horloge.

\*\*\*\*\*

## BIBLIOGRAPHIE

\*\*\*\*\*

Henri MICHEL

Traité de l'astrolabe

2<sup>ème</sup> édition: Alain Brioux. Paris 1976.

Raymond D'HOLLANDER

L'astrolabe. Les astrolabes du musée Paul Dupuis

Ed. Musée Paul Dupuis et Association française de topographie. 1993

Raymond D'HOLLANDER



L'astrolabe  
Ed. Institut océanographique. Paris 1999

Alain BRIEUX

Collection Léonard Linton: Catalogue de la vente aux enchères  
publiques des 9/10 octobre 1980 à Paris (Nouveau Drouot).  
Ed. Alain Brieux. Paris 1980.

Charles-Henri EYRAUD

Horloges astronomiques au tournant du XVIIIème siècle  
Thèse de Doctorat. Lyon 2004

Le lecteur complètera cette petite liste par des ouvrages de bibliothèque, en se reportant au second titre de Raymond D'HOLLANDER, où les références bibliographiques dépassent la centaine de titres.

\*\*\*\*\*

## RAPPEL DES SYSTEMES DE COORDONNEES

\*\*\*\*\*

### 1) Coordonnées horizontales ou locales

-----

Mesurées à partir de l'horizon et du méridien local:

#### a) LA HAUTEUR

de  $0^\circ$  à  $90^\circ$ , depuis l'horizon jusqu'au zénith, et de  $0^\circ$  à  $-90^\circ$ , depuis l'horizon jusqu'au nadir.

#### b) L'AZIMUT

de  $0^\circ$  à  $360^\circ$ , dans le sens rétrograde, à partir du Nord

### 2) Coordonnées équatoriales et horaires

-----

Mesurées à partir de l'équateur céleste et du point vernal (gamma)

#### a) LA DECLINAISON

de l'équateur ( $0^\circ$  au pôle Nord ( $90^\circ$ ))  
et de l'équateur ( $0^\circ$  au pôle Sud ( $-90^\circ$ ))

#### b) L'ASCENSION DROITE

de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  ou de 0 à 24 heures, dans le sens direct.

#### c) L'ANGLE HORAIRE

de 0 à 24 heures, à raison de  $15^\circ$  par heure, dans le sens rétrograde, sur le plan équatorial et à partir du méridien local.

Les coordonnées équatoriales (déclinaison et ascension droite) varient, au fil des siècles, par l'effet de la précession des équinoxes qui fait accomplir à l'axe de la Terre une révolution circulaire autour du pôle, à la vitesse d'environ  $1^\circ$  tous les 72 ans.

\*\*\*\*\*