

INSTRUMENT

La sphère armillaire, un bon outil pédagogique

Jean-Luc Fouquet, La Flotte

Jean-Luc Fouquet a longtemps animé un atelier de construction de sphère armillaire lors des écoles d'été d'astronomie du CLEA. Il nous montre ici que ce que l'on prend souvent pour un bel objet décoratif est aussi un réel outil pédagogique permettant d'expliquer les mouvements célestes.

La sphère armillaire est un instrument très ancien, vraisemblablement conçu par les pythagoriciens. Elle permettait d'expliquer facilement les phénomènes observés et donc de « sauver » les apparences, en réalisant une matérialisation concrète du modèle géocentrique, des savants grecs jusqu'au XVII^e siècle. Beaucoup ont dit qu'elle était le symbole même de l'astronomie. Bon nombre d'astronomes ou d'érudits ont été représentés la tenant à la main ou posant à côté d'elle, car elle représentait à elle seule toute la sagesse et le savoir de l'époque. Elle figure au centre du drapeau du Portugal, associée aux grandes découvertes des XV^e et XVI^e siècles, car elle semble concentrer pour ces peuples de navigateurs tout le savoir et la connaissance nécessaires pour entreprendre ces longs voyages.



*Fig.1. Portrait de Ptolémée, par Juste de Gand et Pedro Berruguete, 1476,
(C) RMN-Grand Palais (musée du Louvre) / Gérard Blot.*



Fig.2. Le drapeau du Portugal avec sa sphère armillaire.

Au plus loin que l'on puisse remonter l'histoire, la sphère armillaire apparaît pour la première fois dans le *Timée* de Platon qui décrit des maquettes de combinaisons de sphères, puis Eudoxe et surtout Gémios de Rhodes en font l'éloge en l'appelant « astrolabos ». Dans les écrits de Cicéron, sont décrites deux sphères attribuées à Archimède et faisant partie du butin de guerre rapporté de Syracuse par le général Marcellus, à Rome en 60 avant Jésus-Christ. Les premiers instruments peuvent être suspendus ou tenus à la main, simplifiés avec un cercle horizon absent. Au temps de Ptolémée, la sphère armillaire est décrite comme un instrument d'observation. Mais pour vraiment permettre de faire des visées et de repérer avec suffisamment de précision les positions de quelques étoiles, il faudra attendre l'âge d'or de cet instrument, la fin du XVI^e siècle, avec de grandes dimensions, et un pied fixe bien orienté. Tycho Brahé en fit construire plusieurs dans son laboratoire, avec des diamètres de 1,7 à 3,5 mètres, ce qui est vraiment la limite de stabilité !

Au Moyen Âge et à la Renaissance, les sphères armillaires seront de superbes instruments en bois ou en laiton utilisés pour la recherche et la démonstration. Le « *Traité de la sphère* », écrit en 1230 par Jean de Sacrobosco, fut maintes fois recopié et plus de deux cents fois imprimé jusqu'à la fin du XVI^e siècle. Il fait une description précise de la fonction de chaque anneau ou armille composant les deux sphères constituant l'instrument, la sphère céleste libre de tourner autour de l'axe du monde et reliée par les deux pôles célestes à la sphère locale.

Composition de la sphère armillaire

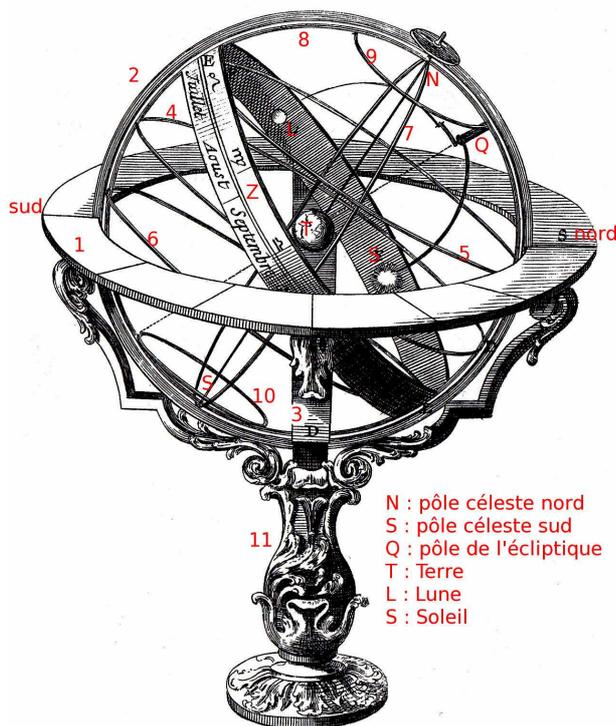


Fig.3. La sphère armillaire dans l'encyclopédie Diderot et d'Alembert (ajouts en rouge).

La sphère mobile ou sphère céleste (8 anneaux)

4 : l'équateur céleste, dont le plan contient l'équateur terrestre et qui est gradué de 0 à 24 heures dans le sens direct pour la lecture des ascensions droites. Parfois, à l'intérieur de cet anneau, une deuxième armille coulissant librement et graduée de 0 à 24 heures dans le sens rétrograde permet de lire les heures de lever ou de coucher du Soleil ou de la Lune, ou de calculer des durées. On appelle cet anneau intérieur « horloge locale ».

5 et 6 : les deux tropiques célestes du Cancer et du Capricorne.

9 et 10 : les deux cercles polaires célestes arctique et antarctique.

7 et 8 : les deux colures des solstices et des équinoxes, ou méridiens célestes, passant par les pôles et par les positions du Soleil sur l'écliptique aux solstices ou aux équinoxes.

Z : la bande zodiacale, portant en son milieu l'écliptique gradué en dates, bande pouvant s'orner des signes astrologiques avec leurs délimitations en dates.

La sphère fixe ou sphère locale (3 anneaux)

1 : l'horizon, lié au pied fixe **11** et qui doit être parfaitement horizontal si la sphère se veut un instrument d'observation. Cet anneau porte les quatre points cardinaux et est gradué de 0 à 360° dans le sens rétrograde à partir du sud local pour permettre la lecture des azimuts.

2 : le méridien local, grand cercle vertical passant par le zénith et les deux pôles célestes. Sa graduation de 0 (au niveau de l'horizon nord ou sud) jusqu'à +90° (au zénith) ou jusqu'à -90° (au nadir), permet de lire les hauteurs des astres ou d'afficher la latitude du lieu.

3 : le vertical, grand cercle perpendiculaire au méridien local et passant par le zénith, le nadir et les deux positions ouest et est sur l'horizon. Sur certaines sphères, une moitié de cet anneau (partie supérieure passant par le zénith) n'est pas matérialisée.

À noter que pour permettre de faire varier sur l'instrument la position des pôles célestes par rapport à l'horizon, et donc de faire varier la latitude, il existe deux techniques de fabrication :

- soit l'axe du Monde est directement lié au méridien local et celui-ci peut glisser dans deux encoches taillées dans un large anneau horizon ;
- soit l'axe du Monde est lié à un anneau supplémentaire appelé « flasque », coulissant à l'intérieur du méridien local. Ce nouvel anneau est alors gradué de 0 (en regard de l'équateur céleste) jusqu'à 90° (au pôle céleste Nord) et permet d'afficher les latitudes et de lire directement les déclinaisons.

On pourrait penser qu'après la publication de l'ouvrage de Copernic, cet instrument matérialisant le système géocentrique aurait pu tomber en désuétude, mais il n'en fut rien. Certes, des sphères ayant le Soleil en leur centre apparurent à partir du milieu du XVII^e siècle, mais les modèles géocentriques restaient mieux adaptés à la description des mouvements apparents et au repérage du Soleil, de la Lune et des planètes par rapport à l'observation directe. Et puis, l'héliocentrisme ne fut accepté que bien tardivement par l'Église... C'est pourquoi les sphères armillaires ont été construites jusqu'à nos jours sur les deux types de modèles : les sphères géocentriques et les sphères héliocentriques.



Fig.4. Dessin de la sphère de Tycho Brahé (1598).
Modèle géocentrique d'observation, muni de pinnules.



Fig.5. Planétaire héliocentrique dans une sphère armillaire de démonstration. Musée d'histoire des sciences Genève.

Exemples d'utilisation

Pendant quelques années, au cours des stages de formation et les écoles d'été du CLEA, un atelier de construction et d'utilisation d'une sphère armillaire en carton a été proposé. Cet instrument géocentrique était d'un intérêt pédagogique certain, car il permettait comme au temps de la Renaissance de découvrir et de visualiser facilement de très nombreuses notions.

Repérages : correspondances entre coordonnées horizontales, horaires, équatoriales ou écliptiques.

Jour : position du Soleil un jour donné, description de son mouvement apparent et variation de sa déclinaison.

Saisons : relevé des heures de lever et de coucher du Soleil et durée du jour, variation de l'azimut et de la hauteur du Soleil suivant la date.

Lune : sa place sur l'écliptique en fonction de celle du Soleil, son lever et son coucher, sa culmination en fonction des saisons.

Latitude : influence de son changement sur la durée du jour ou des saisons, sur la durée des crépuscules ou sur l'aspect de la

Point vernal : son repérage ainsi que celui du pôle de l'écliptique, la précession des équinoxes.

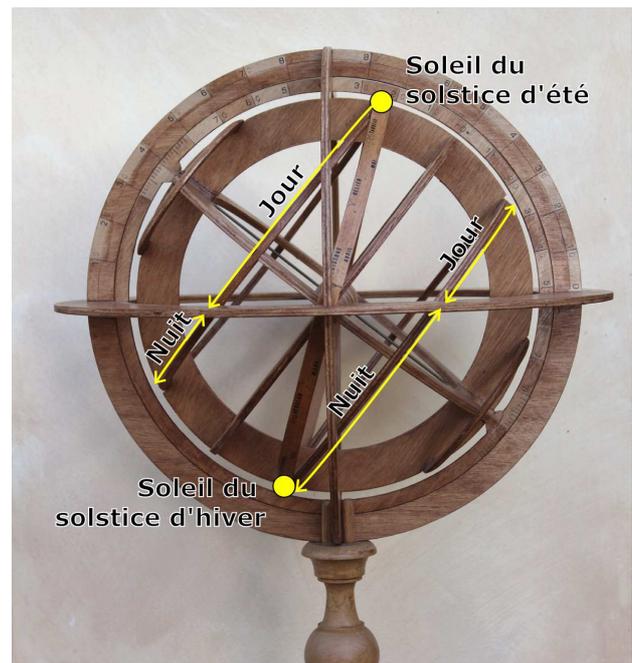


Fig.6. La durée de la journée aux solstices d'été et d'hiver à une latitude d'environ 40° expliquée par la sphère armillaire. (modèle Alphonse Delavergne).



Fig.7. La Lune au premier quartier va bientôt passer au méridien alors que le Soleil va se coucher. Nous sommes à l'équinoxe de printemps.

Pour les Grecs par exemple, qui n'avaient pas pour la plupart cette facilité de se déplacer et de parcourir le Monde que l'on connaît aujourd'hui, la sphère armillaire confirma des phénomènes étonnants décrits par les voyageurs téméraires, tels Pythéas en 330 avant Jésus-Christ.

Cet instrument démontrait que dans les régions polaires, le Soleil pouvait ne pas se coucher et la

nuit pouvait durer plusieurs mois. Dans d'autres régions inconnues proches de l'équateur, les pôles pouvaient raser l'horizon et l'égalité du jour et de la nuit se remarquait quelle que soit la saison, avec des crépuscules très courts.



Fig.8. Sphère réglée sur la latitude 0° (équateur)



Fig.8. Sphère réglée sur la latitude 90° (pôle Nord).

Parmi les sphères armillaires laissées par les Anciens et encore visibles dans les musées, on pourrait citer la plus ancienne, datant de 1425 et présentée au musée d'histoire des sciences d'Oxford, ou la plus complexe, de plus de deux mètres de diamètre, fabriquée par Antonio Santucci en 1585, visible au musée de l'histoire des sciences à Florence, comportant de très nombreux anneaux supplémentaires supports de planètes ou participant à la matérialisation de leur trajectoire.



Fig.9. Sphère armillaire de Santucci, 1585. Musée d'histoire des sciences à Florence.

D'autres instruments, parfois très anciens eux aussi, s'inspireront de la même conception géocentrique du Monde, avec des sphères devenant planétaires, animées parfois par des mouvements d'horlogerie complexes, ou avec des globes célestes dans lesquels la sphère mobile est remplacée par un globe plein en cuivre ciselé ou en papier mâché peint et portant les constellations.



Fig.10. Globe céleste dans le fameux tableau « Les ambassadeurs » de Holbein le Jeune.

À l'école d'été du CLEA, c'est une maquette de grande dimension dans laquelle la sphère céleste est en plexiglas et porte les étoiles, les principales lignes célestes et l'écliptique, qui remplace la sphère armillaire, avec le même intérêt pédagogique si évident.



Fig.11. Sphère céleste du CLEA