

## L'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg

La visite de l'horloge de la cathédrale de Strasbourg est passionnante, quel que soit le niveau des connaissances que l'on ait en astronomie.

Il y a le côté récréatif avec tous les automates : les chars des jours de la semaine, le défilé des apôtres devant le Christ à "midi", le défilé des quatre âges devant la mort tous les quarts d'heure, l'ange qui sonne les quarts d'heure, l'ange qui retourne le sablier, le coq qui chante trois fois à "midi". Il y a toutes ces magnifiques peintures avec entre autres la déesse Urania, un portrait de Copernic, un portrait de J.B. Schwilgué l'auteur de cette horloge, les quatre saisons...

Et il y a le côté astronomique : tous ces cadrans qui donnent des heures, toutes différentes les unes des autres ("à la bonne heure, je viens d'en trouver un qui a la bonne heure"), le planétaire héliocentrique, le globe lunaire avec la phase de la Lune, le globe céleste au premier plan entouré d'un faisceau de cercles (équateur, écliptique, horizon, méridien), l'immense calendrier au centre du rez-de-chaussée et puis deux vitrines, l'une à droite du calendrier, l'autre à gauche, pleines de roues dentées emmêlées les unes dans les autres. Et au-dessus de chacune, ces deux inscriptions :

- équations solaire et lunaire ;
- comput ecclésiastique (qui restèrent longtemps un mystère pour moi).

Enfin, à droite de l'horloge, on contemple cette oeuvre d'architecture qu'est l'escalier en colimaçon permettant l'accès aux différents étages de l'horloge et réservé à de rares personnes.

Chargé récemment par le Planétarium de Strasbourg de réaliser un montage audio-visuel sur cette magnifique oeuvre mécanique et astronomique, j'ai eu le rare privilège de franchir cette grille qui sépare le visiteur de l'horloge, d'emprunter l'escalier et de découvrir les secrets de cette merveilleuse mécanique. L'étude des livres de Schwilgué et de Th. Ungerer chargé de l'entretien de l'horloge au début du XX<sup>ème</sup> siècle m'a enfin permis d'éclaircir le mystère de ces vitrines, et beaucoup d'autres...

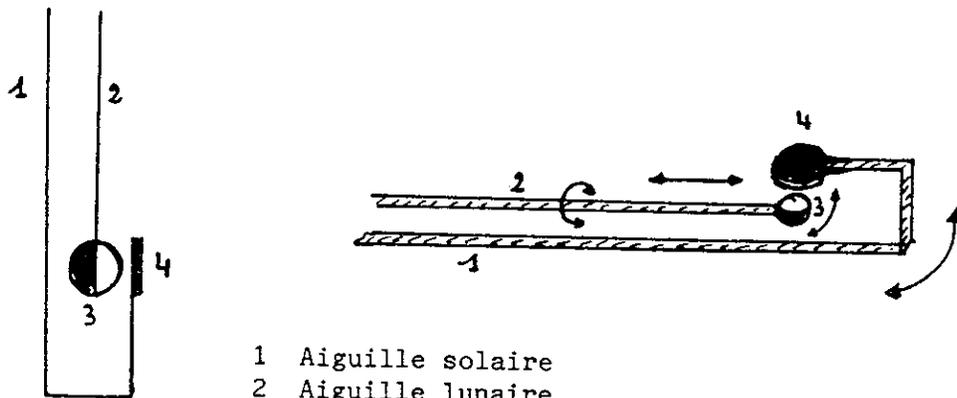
### Les équations solaires et lunaires

Au centre du calendrier de l'horloge, l'hémisphère Nord de la Terre est coupé en deux, verticalement, par le méridien de Strasbourg. Autour de cet hémisphère (pris comme centre) tournent quatre aiguilles :

- la première aiguille indique le temps solaire vrai ;
- la seconde indique la position de la Lune dans son mouvement apparent autour de la Terre. Cette aiguille fait un tour complet en un jour lunaire (soit 24h 50mn 28s et quelques millièmes d'après les calculs de l'inventeur Schwilgué). De plus, elle pivote sur elle-même autour de son axe longitudinal de telle sorte que la petite boule "lune" située à son extrémité, mi-argentée mi-noire, indique les phases de la Lune. Une rotation se fait en un mois synodique (soit 29j 12h 44mn 2s...). Cette même aiguille s'allonge ou se raccourcit suivant les variations de la latitude de la Lune et peut, par ce phénomène de translation, indiquer les éclipses de Soleil ou de Lune: la boule lunaire se superpose alors à celle du Soleil pour une éclipse solaire, ou vient se placer derrière un cache circulaire situé à l'opposé du Soleil sur l'aiguille solaire (ce cache figurant l'ombre projetée de la Terre).

Bien sûr, lors d'une Nouvelle Lune ou d'une Pleine Lune sans éclipse, la boule lunaire est soit au-dessus, soit en-dessous du Soleil et du cache,

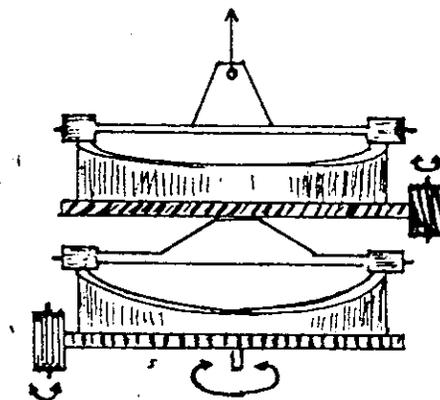
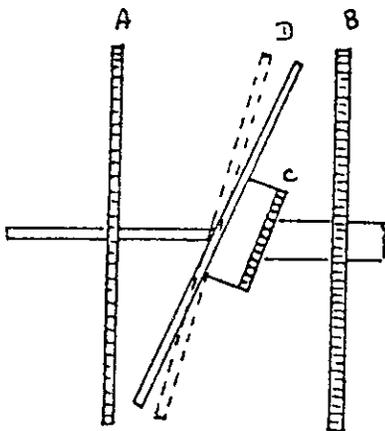
dans le sens des aiguilles, celles-ci étant superposées.



- 1 Aiguille solaire
- 2 Aiguille lunaire
- 3 La Lune
- 4 Cache circulaire

Lors d'une éclipse, la Lune doit avoir la même latitude que le Soleil, or l'orbite de la Lune fait un angle d'environ  $5^\circ$  avec l'écliptique. Souvent, lors d'une Pleine Lune ou d'une Nouvelle Lune, la Lune est "en-dessous" ou "au-dessus" du Soleil et du cône d'ombre de la Terre. Quand il y a éclipse, la Lune est à l'un des noeuds de son orbite. Sa position correspond à une conjonction ou à une opposition. Il faut donc donner à l'aiguille lunaire un mouvement très complexe pour tenir compte de toutes ces données. De plus, il s'agit de projeter ce mouvement de la Lune sur le plan de l'équateur céleste. Il faut donc tenir compte de l'obliquité de l'écliptique par rapport à l'équateur. L'inclinaison de l'orbite de la Lune par rapport à l'équateur varie entre  $18^\circ$  et  $28^\circ$ . Jean-Baptiste Schwilgué a inventé des mécanismes ingénieux pour obtenir une représentation fidèle des mouvements complexes de la Lune et du Soleil.

Le problème de l'inclinaison est résolu par la fameuse roue lunaire oblique située, à l'arrière de l'horloge, dans un assemblage de plusieurs dizaines de roues dentées, axes et pignons.



#### La roue dentée lunaire

- A et B : roues parallèles à l'équateur
- C : roue parallèle à l'écliptique
- B : roue lunaire

#### Cylindres superposés

Les autres problèmes d'irrégularités des mouvements, dont les solutions mécaniques permettent d'accélérer ou de ralentir la marche des aiguilles lunaires et solaires (la vitesse angulaire de ces aiguilles n'est pas constante), sont traitées dans un ensemble constitué de trois colonnes cylindriques

placées dans la vitrine de droite de l'horloge, vitrine appelée "équations solaires et lunaires".

Chacune des principales irrégularités des mouvements du Soleil ou de la Lune est représentée par une courbe dessinée deux fois sur un cylindre dont la base est dentée et la partie supérieure découpée suivant la courbe dessinée, partie supportant le cylindre du dessus. Un tour de cylindre correspond donc à une double période. Dans la partie supérieure de chaque colonne, on obtient, par cette superposition, la résultante des irrégularités traitées en dessous. Certaines irrégularités sont simplement rattrapées autour des cylindres par des dents inclinées (au lieu d'être verticales).

La vitrine comporte trois colonnes cylindres. La première, relative au Soleil, est constituée de deux cylindres corrigeant deux influences perturbant la marche de l'aiguille solaire (il s'agit d'obtenir l'heure solaire vraie à partir de l'heure moyenne) ; le cylindre inférieur corrige l'anomalie terrestre dont la durée (période) est égale à l'année anomalistique et le cylindre supérieur réduit la longitude en ascension droite (un tour de cylindre en deux années tropiques).

Comme il y a plus d'une centaine d'influences perturbatrices dans le mouvement de la Lune, Schwilgué n'en a retenu que quelques unes traitées par les cinq cylindres superposés de la deuxième colonne : l'anomalie, l'évection, la variation, l'équations annuelle et la réduction :

- l'anomalie lunaire est semblable à l'anomalie terrestre, elle est due à l'excentricité de l'orbite ;
- l'évection est la perturbation due à la position du Soleil et aux positions de la Terre à l'aphélie et au périhélie ;
- la variation résulte de la combinaison de forces perturbatrices d'attraction du Soleil ; elle dépend des positions de conjonctions et d'oppositions de la Lune ;
- l'équations annuelle due à l'excentricité qui, à cause de la variation des distances, modifie l'attraction de la Terre et du Soleil sur la Lune ;
- la réduction est l'opération de passage de la longitude écliptique de la Lune à son ascension droite.

La troisième colonne, comportant un seul cylindre, tient compte de la rotation de la ligne des noeuds de l'orbite de la Lune. Cette rotation a une période de 6 798 jours 6 heures 41 minutes 50 secondes, soit environ 18,6 ans.

Les résultantes des trois colonnes sont transmises, à l'arrière de l'horloge, au mécanisme central, par une série de roues, de tringles de berceaux...

Les deux autres aiguilles, ayant une position symétrique par rapport au midi vrai, indiquent, l'une, l'heure du lever du Soleil, l'autre, l'heure de son coucher.

(à suivre)

Jean-Marie Poncelet

En 1574, avant la fin des travaux d'édification de la deuxième horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg, Josias Habrecht, jeune frère de Isaac Habrecht maître horloger chargé de la fabrication et du montage des pièces mécaniques, passe son brevet de maîtrise en horlogerie. Il construit une horloge à sphère armillaire, véritable chef d'oeuvre de mécanique de précision.

En 1575, il rencontre Tycho Brahé de passage à Strasbourg et lui offre son oeuvre. Le célèbre astronome danois en fit don, par la suite, à son protecteur le roi Frédéric II du Danemark qui, pour l'aider dans son travail d'observation lui fit ériger le château d'Uraniborg, sur l'île de Hveen, en 1576.