

L'horloge astronomique de Prague

Livret de fonctionnement

envoyé par *Monsieur Petr Skála*,

Traduction par Laure Vatrican, merci de sa précieuse aide.

L'accès

La petite porte métallique permet d'accéder à l'intérieur de l'horloge et à tous ses niveaux : calendrier, astronomique, heure et enfin au niveau des Apôtres. L'accès est étroit et bas mais il n'est pas si mauvais pour le visiteur de s'incliner sans le vouloir car tout le système de l'horloge astronomique le mérite.

La tour était entourée d'échoppes, comme on peut le voir sur les tableaux de l'époque. Elles disparurent en 1838 alors que l'augmentation du prix des baux devait certainement être bienvenue pour la municipalité. L'accès à l'horloge astronomique se faisait par la chapelle de l'hôtel de ville vers la pièce occupée maintenant par les apôtres. L'accès actuel fut aménagé plus tard (1882) lors de la reconstruction de l'hôtel de ville pendant laquelle l'horloge était arrêtée. On possède suffisamment de renseignements sur le mécanisme d'origine de l'horloge. Les pièces forgées ont été conservées – principalement les trois roues pointeuses, les pièces du carillon et de l'ossature. Le descriptif de J. Taborsky du XVIème siècle donne assez de détails sur l'horloge et les réglages effectués et sous-entend qu'elle n'avait subi que peu de modifications majeures avant lesdits réglages de la fin du XVème siècle. Des mécanismes indépendants sont incorporés dans la structure forgée d'origine. De nos jours, les contrepoids sont contrôlés par des moteurs électriques et chaînes à enroulement automatique. Les contrepoids se meuvent au niveau inférieur, sous le calendrier. Au temps de V. Rosicky il y avait encore des tambours avec cordes à enroulement manuel pour chaque mécanisme. Nous publions ici une photo d'époque de l'intérieur avec un schéma latéral et une photo avant reconstruction.

Le mécanisme principal

Le mécanisme à pointeur ou mécanisme principal, également appelé mécanisme d'entraînement contrôle les trois aiguilles du cadran astronomique. Il entraîne les autres mécanismes, le carillon avec les Apôtres et contrôle le calendrier. Il les actionne à intervalles déterminés: cela s'appelle l'échappement qui veut dire que les mécanismes accomplissent leur fonction propre puis se verrouillent. Ils attendent ensuite l'impulsion suivante du mécanisme principal. Depuis 1865, ce mécanisme est contrôlé par une horloge distincte avançant d'un cran par minute; son fonctionnement est détaillé au chapitre traitant du chronomètre de Bozek.

A l'intérieur du buffet de ces mécanismes se trouve le mécanisme moderne du cadran de 24 heures mais qui est indépendant et non relié aux mécanismes historiques. On trouvera d'autres renseignements au chapitre correspondant.

Le cœur du mécanisme principal est constitué de trois roues forgées dentées gérant les mouvements du Soleil, de la Lune et du Zodiaque. La roue du Soleil effectue un tour par jour (jour solaire) et possède 366 dents. La roue écliptique possède 365 dents et effectue également un tour par jour (jour sidéral), c'est-à-dire qu'elle tourne légèrement plus vite et la différence d'une dent fait que la différence des cycles du Soleil et du

Zodiaque correspond à un jour. Ainsi le Soleil traverse tous les signes de l'anneau du Zodiaque au cours de l'année en indiquant pour chaque jour dans quel signe du Zodiaque il se trouve.

La troisième roue est celle de la Lune avec 379 dents. La lune possède son propre cycle dans le ciel qui est lié à sa rotation autour de la Terre pendant laquelle elle parcourt ses phases; cela prend environ 29,1 jours. Il est aussi lié au Soleil car c'est la différence dans leur rotation qui influe sur les phases. Lors de la Pleine Lune, la Lune est éclairée par le reflet de la lumière du Soleil et ils sont en "opposition". Lors de la Nouvelle Lune, elle est invisible car elle traverse le ciel pendant la journée et la lumière du Soleil éclipe la sienne. En fait on peut la voir mais seulement lors d'une éclipse de Soleil.

Le mouvement du signe du Soleil le long de l'anneau du Zodiaque dépend du ratio du nombre de dents; la roue de la Lune avec ses 379 dents n'est pas en adéquation car il faudrait qu'elle ait un nombre de dents fractionné, ce qui est techniquement impossible. Ainsi le signe de la Lune est décalé de la réalité d'approximativement un jour par trimestre. Il fallait l'ajuster plus souvent ce qui n'était pas un problème car c'était le travail du maître horloger et l'on peut dire qu'il s'occupait de l'horloge tous les jours. Taborsky écrivait en 1570 : "La Lune ne peut pas être complètement alignée car les dents de sa roue ne peuvent pas être alignées avec celles du Zodiaque et le mouvement de la Lune dans le ciel ... Lorsqu'elle n'est pas alignée, il faut régler manuellement ...". Le ratio des dents des roues : 365 : 366 : 379 était le meilleur compromis pour les éléments en rotation de l'horloge.

On peut procéder à des calculs mathématiques et choisir un multiple du nombre de dents de chaque roue, par exemple le sextuple. Dans ce cas, on aurait 2190 : 2196 : 2274 dents. Le changement d'une dent pour la roue de la Lune apporterait plus de précision; le décalage d'un jour ne serait atteint qu'au bout de 8 années. Cependant la taille de la dent, avec le même diamètre de roue (116cm) devrait être d'environ 0,25 cm; cette taille présenterait des difficultés, même avec des moyens de précision modernes (calcul fait par Dr. Z. Sima). De plus, les pignons pourraient sauter les petites dents de façon incontrôlable. Gardons donc le nombre de dents tel que conçu par nos ancêtres il y a 600 ans et rappelons ce que Taborsky disait : " ... il faut ajuster manuellement". Le problème de l'inexactitude du mouvement de la Lune a été résolu pendant les réparations complémentaires de 1866 (après la première inauguration, voir le chapitre historique); le mécanisme est détaillé par V. Rosicky. L'appareil différentiel correctif pour la Lune fut conçu et réalisé par Cenek V. Danek dans son atelier; la transmission fut calculée par Gustav Schmidt, professeur à l'école Polytechnique de Prague. Comme il existe encore à ce jour, il a pu être photographié. Le mouvement de la transmission est généré par le pignon d'origine; il passe par la roue dentée et un nouveau pignon en-dessous de la roue de la Lune comme à travers une dérivation. La roue de la Lune est fixée sans être serrée sur son axe et est entraînée par une autre roue du système correctif. Cette transmission n'est pas non plus absolument précise (il n'était pas possible d'interposer des roues plus grandes) mais le décalage fut considérablement réduit.

Les trois principales roues forgées ont le même diamètre de 116 cm avec des dents d'environ 1,2 cm pré-forgées et sciées avec un profil triangulaire; les détails de fabrication des roues sont présentés dans un chapitre séparé (Eloge de l'Art de la Ferronnerie); la précision au millimètre près n'était pas un critère à l'époque des forgerons. Dès le début, les roues étaient fixées à un axe commun, ce qui impliquait fabriquer un axe pour le Zodiaque avec deux autres tiges creuses autour. C'est ainsi que trois mouvements coaxiaux étaient transmis depuis le cœur du mécanisme vers le

cadran ce qui représente un des aspects uniques de réalisation de l'horloge astronomique de Prague. Les tiges creuses actuelles et l'arbre ne sont pas d'origine; ils ont été fabriqués suivant les techniques du XIX^{ème} siècle. Les roues étaient entraînées par un pignon commun. Pour être précis, disons qu'il y a quatre mouvements coaxiaux transmis vers le cadran astronomique en tenant compte du mécanisme moderne du cadran horaire (voir le chapitre correspondant). Toutefois ce mécanisme est indépendant du système historique.

La roue du Zodiaque présente une particularité asymétrique et distincte : un lourd poids en plomb se situe sur un de ses rayons en périmètre; le poids présente des marques ressemblant aux empreintes d'un pneu automobile, dues au fait que la roue soutient l'anneau du Zodiaque du cadran astronomique fixé de façon excentrée. Le poids de la roue intérieure contrebalance ainsi l'anneau extérieur.

Lors de la rénovation en 1865, le buffet devint trop étroit suite à la modification du carillon qui déclenche le défilé des Apôtres ainsi que d'autres mécanismes comme le contrôle d'échappement du mécanisme principal et du chronomètre. Le mécanisme des Apôtres commence à tourner pendant environ une demi-minute par heure. Il y a trois ailettes accolées à l'horloge et une autre, petite, au chronomètre.

Le roue du Soleil comporte 24 ergots sur une face qui permettent de contrôler (avec une corde) l'échappement du mécanisme du calendrier situé sous le niveau du mécanisme principal.

Il suffit de tenir compte de l'année bissextile tous les quatre ans et de détacher la corde de contrôle pendant un jour. La roue calendaire est équilibrée sur son axe par un poids. On voit des ergots fixés irrégulièrement sur la roue qui étaient destinés à entraîner le cadran de 24 heures et qui ne fonctionnent plus. Le mécanisme fut installé en 1865 et est décrit en détail dans le chapitre correspondant. Le mouvement de la roue du calendrier qui dépend de celui de la roue du Soleil aurait pu déjà être aisément résolu lors des réglages effectués par Jan Ruze (1490). Il avait probablement voulu le réaliser mais ce ne fut pas fait et il fallait régler manuellement chaque jour. L'automatisation fut réalisée par Taborsky en 1566 comme indiqué dans son rapport. Il était dans son intérêt de se faciliter les tâches puisqu'il accédait à l'horloge journallement. Il perfectionna l'horloge astronomique pendant vingt ans (jusqu'en 1572) et la remit à son successeur entièrement automatisée, évidemment dans la mesure des possibilités de l'époque.

Pendant les rénovations de 1864-1865, le mécanisme du carillon fut modifié pour ce qui est du défilé des Apôtres mais cette modification n'a pas impacté la structure de base de l'horloge. Le système est le suivant : au démarrage et pendant le défilé des Apôtres autour de deux pivots de forme heptagonale à six bras, quatre sculptures mobiles se déplacent en même temps: la Mort fait sonner sa cloche et, à la fin du défilé (qui dure 40 secondes), le cymbalum commence à sonner. La transmission vers le haut pour atteindre le niveau des Apôtres est obtenue au moyen d'une chaîne qui forme saillie depuis le bas du grillage.

Pour finir, n'oublions pas un mécanisme qui a disparu de l'horloge astronomique: la première horloge. C'est au XIII^{ème} siècle qu'un mécanisme à mouvement cadencé – le foliot fut réalisé. Le système est fait de barres horizontales habituellement carrées en

forme de règles comportant deux poids mobiles. Il pivote sur un axe vertical. La barre verticale possède deux lames entraînées à leur tour par des dents "recourbées" forgées sur les côtés du cerceau : le pignon-couronne. La couronne est entraînée de façon classique par un tambour avec une corde et un poids. Pour les horloges anciennes, les poids sont habituellement en pierre. Quand elle balance en position extrême, la couronne revient légèrement en arrière créant ainsi un mouvement vibratoire et inversé. Le mouvement du système est ralenti ou accéléré si l'on déplace les deux poids le long des bras horizontaux. Le mouvement de retour est source d'imprécision; les premières horloges utilisant ce système atteignaient jusqu'à une demi-heure de décalage par jour. Nous ignorons qui inventa le système, mais c'était le seul moyen pour que les mécanismes à roues avancent régulièrement et lentement une dent après l'autre avant l'utilisation du pendule (le principe du pendule de Galileo Galilei, 1637, adapté à l'horlogerie par Christian Huygens, 1656).

Les horloges possédant encore le mécanisme à foliot sont rares de nos jours. Beaucoup furent équipées d'un pendule oscillant. Dommage que Tabrosky n'ait pu connaître le principe du pendule. Dans un autre chapitre, nous parlons de J. Prokes qui proposa de réparer l'horloge astronomique au milieu du XIXème siècle mais nous ignorons s'il voulait préserver le mécanisme d'origine à pignon-couronne ou le remplacer. La première horloge existait au sein de l'horloge astronomique de Prague jusqu'à sa rénovation en 1864-1865 lorsqu'il fut décidé de la remplacer par un chronomètre de R. Bozek qui devint le mécanisme principal et contrôle l'ensemble. Mais ceci est abordé dans un chapitre spécial.

Texte: Stan Marusak.

***Monsieur Petr Skála, maître horloger de l'horloge astronomique de Prague nous a fait parvenir les photos nommées dans le reportage ainsi que d'indispensables références sur l'horloge et les textes.
Merci de sa sympathique et précieuse collaboration.***

PS : Les équivalences des mots pour la traduction n'étant pas évidentes, des erreurs peuvent se produire, merci de rectifier.