

Un trésor du patrimoine revisité

Serge-André Maire

Haute Ecole Arc Ingénierie

Espace de l'Europe 11, CH – 2000 Neuchâtel

ingenierie@he-arc.ch – www.he-arc.ch/ingenierie

En 2023, les étudiants en ingénierie horlogère de la Haute Ecole Arc ont réalisé une maquette reproduisant la Zytglogge de Berne. Pour cela, ils ont notamment étudié les fonctionnalités de son fameux astrolabe. Suivons-les à la découverte de ce trésor de notre patrimoine.



Les étudiants en ingénierie horlogère avec leur maquette de la Zytglogge devant le bâtiment du pôle horloger au Locle.

Près de 500 ans après la construction du mécanisme qui anime toujours la Zytglogge, une classe d'étudiants de la Haute Ecole Arc (HE-Arc) a créé une maquette fonctionnelle de l'horloge de la célèbre tour de Berne.

Le projet a débuté au début du semestre de printemps 2023, par deux déplacements dans la capitale fédérale, lors desquels les étudiants de la classe de 2^e année en ingénierie horlogère ont découvert la Zytglogge en compagnie de leurs enseignants et de Markus Marti, qui s'est occupé de l'entretien et du remontage quotidien du mouvement de l'horloge pendant 45 ans, avant de décéder à l'âge de 79 ans.

Les 17 étudiants de la classe ont ensuite travaillé par groupes sur les modules suivants :

- affichage des heures et minutes ;
- complications de la sonnerie des quarts et des heures ;
- astrolabe ;
- énergie et remontage ;
- châssis et interactions entre les modules.

Ils ont ensuite effectué les calculs nécessaires, dessiné les pièces de la maquette sur un logiciel de CAO puis usiné

celles-ci, principalement dans du plexiglas, en laissant tourner les machines six nuits au total.

Après les vacances d'été, ils se sont retrouvés pour monter l'ensemble en deux semaines. «Devoir construire une maquette qui soit fonctionnelle nous a appris à travailler en équipe et à faire face aux imprévus qui ne manquent pas d'apparaître quand on passe de la CAO à la construction réelle», résumement-ils.

Finalement, presque toutes les fonctionnalités de l'horloge de la Zytglogge ont pu être reproduites dans la maquette, qui a notamment été présentée lors des portes ouvertes de la HE-Arc et dans le cadre d'une escapade d'hiver du Musée international d'horlogerie (MIH).

Mais le projet n'est pas terminé, puisque, dans le cadre de son travail de bachelor, un des étudiants de la classe a dessiné les plans d'un modèle réduit de la maquette. Une pendule Zytglogge pourrait ainsi bientôt être réalisée avec des matériaux nobles et produite en un certain nombre d'exemplaires.

Cadran, jaquemart et carillon

Lorsque vous marchez sur la Kramgasse en direction de l'ouest, vous approchez de la tour de l'Horloge (Zeitglockenturm en allemand, Zytglogge en suisse allemand), le plus vieux monument de la Ville de Berne, bâti entre 1191 et 1250.

En haut de la tour, on voit le clocher avec un jaquemart, automate représentant un personnage en métal qui frappe les heures sur une cloche avec un marteau.

Ensuite, le regard descend pour se poser sur un grand cadran noir, d'un diamètre de 5 mètres, dont les aiguilles des heures et des minutes indiquent l'heure civile d'Europe centrale, celle que nous lisons sur nos montres et nos téléphones portables.



La Zytglogge vue depuis la Kramgasse.

Enfin, juste au-dessus du portail traversant la tour, on voit un cadran rouge et noir, d'un diamètre de 2,5 mètres, et, à droite, un carillon dont les personnages se mettent à danser une ronde toutes les heures.

C'est sur ce dernier cadran que s'arrête le regard interrogatif des passants. Il s'agit, en fait, d'un astrolabe qui, en plus de donner l'heure locale, représente les corps célestes tels que nous pouvons les percevoir depuis la Terre.

L'astrolabe

A y regarder de plus près, on voit que cet astrolabe est formé d'une partie fixe, un cadran rouge cerclé de noir, et d'une partie mobile, composée d'un anneau avec les signes du zodiaque et des aiguilles du Soleil et de la Lune.

L'astrolabe représente ce que voit un observateur lorsqu'il regarde vers le sud. L'horizon est représenté par un arc de cercle séparant le cadran en deux parties, le jour et la nuit (voir figure 1). On peut ainsi déterminer les heures du lever et du coucher de la Lune et du Soleil, lorsqu'ils apparaissent ou disparaissent derrière l'horizon.

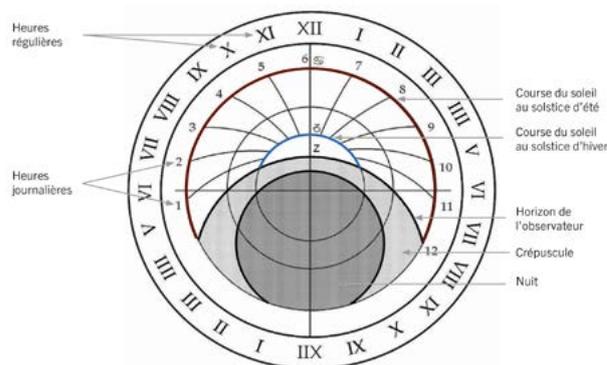


Figure 1 : le cadran de la Zytglogge

Sur l'extérieur du cadran, on peut lire l'heure selon deux systèmes. Les chiffres romains indiquent le temps moyen local (TML) de Berne, mesuré en heures dites «régulières», qui séparent la journée en 24 parties égales. Attention : l'heure locale de Berne retarde sur l'heure civile d'Europe centrale d'une demi-heure en hiver et d'une heure et demie en été.

Quant aux chiffres arabes, ils indiquent les heures journalières (ou saisonnières), qui divisent la lumière du jour en 12 sections d'égale durée. Comme la longueur du jour varie tout au long de l'année, il en va de même pour la durée de ces 12 heures journalières : elles sont plus longues en été qu'en hiver. Cette manière de compter les heures date de la période où la vie profane était encore largement influencée par celle de l'Eglise, avec ses heures de prière canoniales, telles que prime, tierce, sexte ou none.

Devant le cadran de l'astrolabe, l'anneau représentant les 12 constellations du zodiaque le long de l'écliptique effectue une rotation autour de son axe en un jour sidéral (environ 23h56), qui correspond à la durée d'une orbite du ciel étoilé au-dessus de la surface terrestre (voir figures 2 et 3).

Quant aux aiguilles du Soleil et de la Lune, elles indiquent la position de ces astres dans le ciel et dans le zodiaque. L'aiguille du Soleil, dont la pointe a la forme d'une main, indique également l'heure régulière.

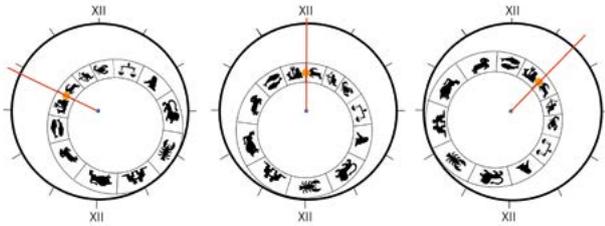


Figure 2: on voit, ici, la position de l'anneau du zodiaque à la même date (21 janvier) mais à des heures différentes: 9h50, 12h et 13h25. En rouge, l'aiguille du Soleil.

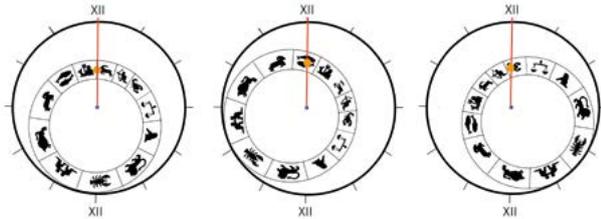


Figure 3: on voit, ici, l'anneau du disque du zodiaque à la même heure (midi) mais à différentes dates: 21 janvier (aiguille des heures entre Capricorne et Verseau), 11 mars (Poissons) et 10 novembre (Scorpion). En rouge, l'aiguille du Soleil.

Du fait que l'anneau du zodiaque et les aiguilles du Soleil et de la Lune tournent à une certaine distance devant le cadran, une erreur de parallaxe se produit pour l'observateur qui regarde l'astrolabe depuis le pied de la tour. Pour le lire correctement, il faut s'imaginer le regarder les yeux à sa hauteur, c'est-à-dire environ 8 mètres plus haut.

L'illustration ci-dessous résume les principales indications données par l'astrolabe de la Zytglogge :

1. Date: le Soleil placé à l'extrémité inférieure de l'aiguille des heures montre, sur l'anneau indiquant les 365 jours de l'année, que nous sommes le 25 avril. Ce sont les anciens noms des mois allemands qui figurent sur cet anneau: Jenner, Hornung, Merz, April, May, Brachmonat, Heumonat, Augstmonat. Herbstmonat, Weinmonat, Wintermonat, Christmonat. Lors des années bissextiles, le 29 février doit être compensé à la main. Longeant le bord extérieur de l'anneau du zodiaque, on voit un autre Soleil fixé à l'aiguille des heures passer devant le Taureau.
2. Jour de la semaine: c'est dimanche («Sontag», selon l'orthographe du mot en ancien allemand).
3. Heure régulière: la main formant la pointe de l'aiguille du Soleil indique qu'il est 2h de l'après-midi TML; comme nous l'avons vu plus haut, le TML de Berne retarde sur l'heure civile de 1h30 en période d'heure d'été. Au même moment, l'heure civile indiquée sur le grand cadran noir de la Zytglogge indique donc 3h30 de l'après-midi.
4. Heure journalière: c'est environ la 8^e heure du jour; sous l'anneau du zodiaque, l'aiguille des heures fait intersection avec le 8^e arc de cercle du cadran au niveau de la course du Soleil à ce moment de l'année (voir figure 1)
5. Lune: elle se trouve dans les Gémeaux et en est à son premier croissant (seul un mince croissant doré apparaît sur la partie droite de la sphère). La sphère tourne sur elle-même en 29,5 jours environ.



Figure 4: les principales indications données par l'astrolabe de la Zytglogge.

L'envers du décor

Il est possible de découvrir le savant mécanisme qui, de l'intérieur de la tour de l'Horloge, donne vie à l'astrolabe, au carillon et au jaquemart, ainsi qu'aux deux autres cadrans qu'on voit sur les façades est et ouest de la tour. Pour cela, il suffit de participer à une visite de la Zytglogge, qui donne également accès au haut de la tour, d'où l'on jouit d'une superbe vue sur la ville classée au patrimoine mondial de l'UNESCO et, par temps clair, sur les sommets de l'Oberland bernois (inscription sur le site bern.com).

Derrière les murs épais de la Zytglogge, au niveau de l'astrolabe, un ingénieux mécanisme en fer forgé tenant dans un volume d'environ de 2.5x1.5x1.5 mètres fait entendre son tic-tac. Il a été construit en 1530 par un armurier du nom de Kaspar Brunner, qui a amélioré le mécanisme d'origine, datant de 1405, année de création de l'astrolabe.

Le mouvement de cette horloge monumentale est donné par l'énergie potentielle gravitationnelle de quatre poids pesant 400 kilos au total et qu'il faut remonter chaque jour de 18 mètres grâce à une manivelle.

Un pendule avec un balancier en forme de boulet de canon est suspendu au plafond et relié à l'échappement de l'horloge par une barre de transmission. Pour compenser les effets de la dilatation sur cet oscillateur, une vis permet de modifier la longueur de la tige du pendule.

Kaspar Brunner a réussi à construire un mécanisme relativement simple avec seulement dix engrenages : deux pour l'heure, deux pour l'orbite de la Lune, deux pour la phase de Lune et quatre pour le disque du zodiaque. La roue dentée principale fait un tour en une heure et contrôle tous les autres rouages.

L'axe partant de la roue des heures se dédouble pour mener, d'une part, au train d'aiguilles du grand cadran noir et, d'autre part, au pignon de l'horloge astronomique. Les rotations de la Lune et du zodiaque s'effectuent grâce à de petits engrenages gravitationnels fixés sur l'astrolabe même, à la manière d'un entraînement différentiel.

Cinq siècles plus tard, les étudiants en ingénierie horlogère de la HE-Arc qui ont réalisé la maquette de la Zytglogge, aujourd'hui diplômés, travaillent sur des mouvements horlogers de petite taille inspirés de tels mécanismes, certains modèles haut de gamme intégrant même un astrolabe. ■

Pour en savoir plus sur la Zytglogge

M. MARTI, *Das Astrolabium am Zeitglockenturm in Bern*, Berne: Stämpfli Verlag, 2018.



Le mécanisme qui anime la Zytglogge avec, à gauche, les poids qui sont remontés chaque jour et, à droite, la transmission vers l'astrolabe.