

L'Horloge Astronomique Meccano

par Alexandre Rahm

Il me serait difficile de dire d'où m'est venue l'idée de l'horloge astronomique Meccano qui fera l'objet de cet article.

Je crois y avoir été amené par la lecture de deux numéros du *Meccano-Magazine* de 1924, l'un présentant la description d'un nouveau modèle d'horloge Meccano et l'autre contenant un article sur cette merveille mécanique qu'est l'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg.

Depuis cette époque, j'ai consacré tous mes loisirs à l'étude de cette question.

Asservir la mécanique pure symbolisée par les pièces Meccano à la réalisation d'une horloge qui réunirait en elle toutes les données astronomiques qui sont à la base des rythmes de notre vie, n'était-ce pas là un problème passionnant ?

L'horloge astronomique que je suis parvenu à réaliser après 6 ans de recherches et d'essais, et qui dépasse de loin les rêves les plus modestes de mes 14 ans, apporte je l'espère une solution aux points essentiels de ce problème.

Description de l'horloge. — J'ai trouvé une aide précieuse pour l'élaboration de mes plans dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes, d'après lequel j'ai réalisé tout le *Comput Ecclésiastique* ainsi que le calendrier perpétuel. D'autre part, divers articles consacrés à l'horloge astronomique de Strasbourg, construite par J.-B. Schwilgué m'ont été utiles pour les mouvements astronomiques.

A. Caractéristiques de l'horloge. — C'est seulement après beaucoup de métamorphoses que l'horloge a pris son aspect actuel.

Une des choses les plus difficiles à réaliser était la répartition de la façon la plus élégante et la plus simple possible des divers mécanismes.

L'horloge a 2 m. 75 de haut sur 62 cm. de large (78 cm. à la base). Dans son plan elle a la forme d'un octogone régulier dont 6 côtés ont 24 cm., les autres 32 cm.

Le bâti qui supporte tous les mécanismes ainsi que la force des poids moteurs est principalement composé de cornières boulonnées avec des longrines qui lui donnent une solidité suffisante. Tous les mécanismes sont enchassés dans des cages étagées de haut en bas et s'arrêtent à environ 1 mètre du sol, ce qui représente pour l'ensemble des mécanismes une hauteur d'environ 1 m. 80.

Le cadran supérieur a 1 m. 10 sur 52 cm. Il comprend en son centre les aiguilles du temps moyen (heure légale). Les chiffres sont placés à l'extérieur de la glace, alors que tous les autres cadrans sont à l'intérieur.

B. Mouvements d'horlogerie. — L'aiguille des minutes, qui fait un tour en 1 jour, est actionnée par le mécanisme d'horlogerie placé dans le haut et comportant lui-même deux parties distinctes : celle du mouvement d'horlogerie proprement dit ; et celle du remontage automatique des poids à l'aide de 2 moteurs Meccano branchés sur le courant de la ville et se mettant automatiquement en marche toutes les 60 heures, à 9 h. 1/2 et 21 h. 1/2 environ.

La suspension des poids étant différentielle, l'échappement continue à fonctionner normalement pendant le remontage. Une fois

ce dernier achevé, un levier déclenche l'interrupteur qui se relève par l'intermédiaire d'un ressort de rappel.

Pour établir le contact à l'heure voulue, les poids, en descendant, tendent un ressort agissant en sens inverse sur l'interrupteur (ce dernier a une force de 2 à 3 fois plus grande que celle du ressort de rappel), qui ne peut être déclenché qu'au moment de la chute d'un levier le bloquant par l'intermédiaire d'un cliquet. Pendant le remontage ce ressort se détend et ne peut donc plus gêner l'interruption du courant.

La partie inférieure comporte 2 trains d'engrenages (chacun relié à un poids) synchronisés et actionnant la roue d'échappement constituée par une bande circulaire avec 40 chevilles qui servent de dents. L'ancre embrasse 10 dents environ et transmet la force au balancier qui joue le rôle de régulateur et bat exactement la seconde. Le balancier constitué de 2 disques de 18 cm. boulonnés en leur centre à la tige principale, est relié à un chariot par l'intermédiaire de 2 ressorts plats.

Ce chariot peut être déplacé à volonté par 2 tiges filetées jusqu'à ce que les battements soient rigoureusement réguliers.

Le balancier peut être raccourci ou allongé à volonté jusqu'à obtention de la seconde de temps moyen aussi exacte que possible.

Ces mouvements sont transmis à la partie centrale par l'intermédiaire de trois tringles ; deux pour l'aiguille des minutes, une pour l'aiguille des secondes.

J'ai obtenu de la sorte le mouvement de l'aiguille des minutes qui constitue le centre principal de toute l'horloge.

C. Calendrier perpétuel. — Il est constitué par un anneau de 52 cm. de diamètre divisé en 366 parties et actionné par un mécanisme à sautoir se déclenchant à minuit. Je démultiplie l'axe de l'aiguille des minutes en 168 et obtiens une roue faisant un tour en 1 semaine. C'est cette roue qui tend pendant 24 heures un ressort relié à un échappement à 7 branches qui saute à minuit de 1/7, change donc le jour de la semaine et, par l'intermédiaire d'un train d'engrenage réducteur et différentiel, fait faire à l'anneau du calendrier exactement 1/366. Comme toutes les années ne sont pas bissextiles il faut éliminer le 29 février trois fois sur quatre. Cela s'effectue à l'aide d'un mécanisme se remontant pendant l'année par l'intermédiaire de

l'anneau principal et se déclenchant, à minuit, du 28 février au 1^{er} mars. Ce mécanisme actionne l'autre côté du différentiel du train d'engrenage réducteur et donne à l'anneau une avance de 1/366 en plus. Le 29 février est donc éliminé. Quand arrive une année séculaire non bissextile, comme 1700, 1800, 1900 ou 2100, un mécanisme, relié à une roue effectuant un tour en 100 ans et comportant une encoche venant sous un levier toutes les années séculaires, empêche le cliquet d'arrêter le mécanisme du 29 février, ce dernier fonctionne par conséquent 7 années de suite. Comme une fois sur quatre l'année séculaire est bissextile comme 2.000, 2.400... cette encoche est automatiquement fermée par

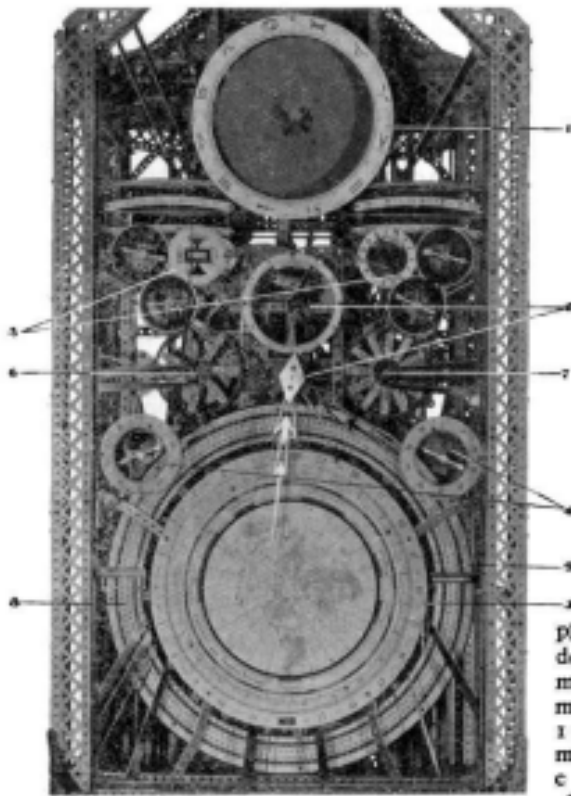
un levier qui tourne sur cette roue faisant par rapport à elle un tour sur quatre.

Le changement des mois s'opère en passant du dernier jour du mois précédent au premier par le même mécanisme que celui des jours de la semaine, sauf que le déclenchement s'effectue par un levier reposant sur des saillies portées par le grand plateau circulaire du calendrier, ce qui a lieu également avec le déclenchement du mécanisme du 29 février.

Au milieu de l'anneau du calendrier se trouve une carte de la



L'horloge astronomique Meccano et son réalisateur M. A. Rahm.



Partie supérieure de l'horloge astronomique, donnant les lectures suivantes :

- 1, mouvement moyen des grosses planètes ; 2, heure légale ; 3, éléments du comput ecclésiastique ; 4, heure décimale ; 5, heure de tous les lieux de la terre ; 6, jour de la semaine ; 7, mois ; 8, jour du mois ; 9, jour de l'année.

terre vue du pôle nord et tournant en sens contraire des aiguilles d'une montre. Elle donne l'heure de tous les lieux de la terre. Deux petits cadrans montrent l'heure décimale.

D. Le Comput ecclésiastique. — Il constitue un des mécanismes les plus compliqués de l'horloge. Ce mécanisme se met en marche 1 fois par année à minuit du 31 décembre au 1^{er} janvier et met en place tous les éléments du comput ainsi que les dates de Pâques julienne et grégorienne.

Ce mécanisme est actionné par 2 poids qui se remontent automatiquement pendant l'année. Le mécanisme se déclenche et les poids actionnent une roue principale réglée par un volant tournant à grande vitesse. La roue principale ayant effectué un tour, tout s'arrête jusqu'au 31 décembre prochain.

Cette roue principale actionne plusieurs mécanismes qui mettent en place, du côté droit :

- 1^o L'Indiction Romaine ;
- 2^o Le Cycle Solaire ;
- 3^o Le Nombre d'Or, pour l'année à venir du côté gauche ;
- 4^o La Lettre Dominicale de l'année (c'est-à-dire la disposition de tous les dimanches dans l'année).
- 5^o Le Millésime, année de l'ère chrétienne ;
- 6^o L'Epacte, différence entre les années solaire et lunaire, qui donne la disposition des lunes pascales.

La date de Pâques grégorienne est obtenue automatiquement par l'intermédiaire d'un limaçon (divisé en 30) découpé dans une plaque circulaire Meccano et relié directement à l'aiguille de l'Epacte. Ce limaçon actionne une aiguille indiquant la date de Pâques de l'année à venir sur un tambour fonction de la lettre dominicale.

Même chose pour la date de Pâques julienne, à l'exception du limaçon qui est divisé en 19 et relié avec le nombre d'or.

E. Mouvements astronomiques. — Mouvements apparents du soleil et de la lune autour de la terre, affectés de leur principales inégalités, avec reproduction automatique des éclipses.

Pour obtenir ces mouvements extrêmement compliqués il a fallu réaliser tout d'abord une série de mobiles qui donnent des périodes astronomiques différentes.

Pour arriver à ce résultat j'ai dû calculer tout d'abord un rapport approximatif entre un mobile de base et celui d'une période déterminée que je me proposais d'obtenir (ex. : Mobile de base 1 tour en 28 jours ; à obtenir 1 tour en 27 jours 5 h. 5 m. 35 sec. 8). Pour cela, je cherche tout d'abord un rapport approximatif réalisé dans un mouvement différentiel que je corrige ensuite en ajoutant au point fixe une rotation lente dont la valeur est calculée d'avance. De la sorte, j'arrive à une erreur maximum de 1 seconde par année.

Réalisant ainsi 6 mobiles (année tropique et anomalistique, mois : synodique, draconitique et anomalistique et la période de l'evecton) et les combinant j'obtiens, par l'intermédiaire d'inté-

grateurs des équations lunaires et solaires, les mouvements vrais des aiguilles lunaire et solaire.

a) Le mouvement de l'aiguille lunaire.

Le mouvement de la lune autour de la terre est très complexe. Le mécanisme de la lune consiste en un mobile principal qui fait un tour en 1 jour sidéral et qui comporte la représentation du mouvement de la lune sur son orbite, la rétrogradation des nœuds (oscillation de l'orbite autour du plan de l'écliptique), et qui réalise la projection de la lune sur le plan de l'équateur. J'ai obtenu le jour sidéral à partir du jour moyen en prenant l'année tropique comme différentielle et de la sorte l'erreur devient inférieure à 1 seconde en 2.000 ans. L'avance et le retard de l'aiguille lunaire, ainsi que de l'aiguille solaire s'effectuent par l'intermédiaire d'un levier actionné par un intégrateur et agissant différentiellement sur le rouage moteur de l'aiguille.

b) Reproduction des phases de la lune.

L'aiguille lunaire constituée par une tige qui porte une petite boule mi-partie noire mi-partie argentée tourne sur elle-même par l'intermédiaire d'un engrenage conique joint à l'aiguille solaire. De la sorte l'aiguille lunaire effectue un tour sur elle-même en 1 mois synodique.

c) Reproduction des éclipses.

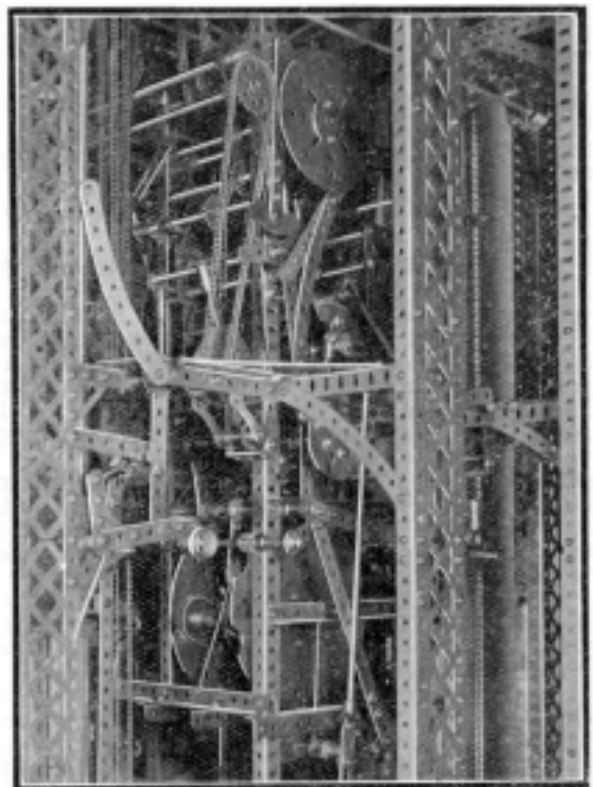
A cet effet il a fallu animer l'aiguille lunaire d'un mouvement de va et vient dépendant d'une courbe découpée dans une plaque circulaire et dont les pentes sont calculées spécialement.

Etant dans une latitude australe l'aiguille est raccourcie ; passant par son nœud ascendant elle s'allonge. Au moment du passage dans le nœud elle est juste sur la trajectoire du soleil et de l'ombre de la terre. Si un de ces derniers est derrière ou en face de la lune il y a respectivement éclipse de soleil ou de lune. La lune monte jusqu'au bout de sa course et recommence le même mouvement au bout d'un demi mois draconitique dans le sens inverse. Les diamètres du soleil de la lune et de l'ombre de la terre sont à l'échelle du cadran.

d) Mouvement diurne des étoiles.

Dans la partie inférieure de l'horloge à environ 80 cm. du sol est située une sphère céleste de 19 cm. de diamètre sur laquelle sont peintes les étoiles de 1^o, 2^o, 3^o, 4^o et 5^o grandeurs. Elles représentent le mouvement diurne des étoiles et fait un tour en 1 jour sidéral. Un mécanisme d'une valeur de démultiplication de 1/9.450.000 reproduit la précession des équinoxes d'une période de 26.000 années environ.

(Voir suite p. 294)



Vue partielle des mécanismes intérieurs de l'horloge donnant une idée de leur extrême complexité (partie du calendrier perpétuel). La roue encochée que l'on voit dans la partie inférieure de la photo exécute un tour complet en 2.500 ans.

L'horloge astronomique Meccano (suite de la page 275).

e) *Reproduction des mouvements moyens des planètes.*

En haut est situé le planétaire reproduisant les mouvements moyens des planètes : Mercure, Vénus, la Terre avec la lune, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

f) *Reproduction des phases lunaires.*

Encore au-dessus, un globe lunaire de 5 cm. de diamètre mi-partie argenté, mi-partie noir reproduit les phases de la lune et fait un tour sur lui-même en un mois synodique.

Arrêtons-nous là et tenons-nous en aux lignes essentielles.

Cette description n'aspire pas à être une étude approfondie et complète de l'horloge astronomique Meccano. En effet, la question est vaste, mais l'espace limité.

Toutefois, j'ose espérer que ceux qui m'auront suivi attentivement dans mes explications auront pu se rendre compte de l'intérêt que présentait ce problème, tant du point de vue théorique et technique des mouvements d'horlogerie, que du point de vue des possibilités du système Meccano.

A ce propos, je ne saurais terminer cet article sans souligner la haute valeur du système Meccano, la merveilleuse invention de M. F. Hornby.

Mes seuls matériaux ont été les pièces Meccano.

Mes seuls outils, un tournevis, une clef et une scie à métaux.

Alexandre RAHM.