

Le service de l'heure en Suisse

Par EDMOND GUYOT¹, Neuchâtel

Introduction

La Suisse est connue dans le monde entier pour son excellente horlogerie. Pour fabriquer et surtout pour contrôler ces chronomètres et ces montres qui ont fait la réputation de notre pays, il fallait un service de l'heure bien au point. Si les fabricants d'horlogerie avaient été laissés à eux-mêmes par les autorités, ils ne seraient jamais arrivés à une telle perfection dans leur construction. Mais les gouvernements de certains cantons ont compris l'importance de l'industrie horlogère pour le développement du pays et ils ont créé les instituts susceptibles de favoriser son développement, c'est-à-dire les observatoires chronométriques.

Un service de l'heure complet comprend trois opérations distinctes: la détermination de l'heure, la conservation de l'heure et la distribution de l'heure. La détermination de l'heure est du ressort des astronomes. L'observation de l'instant du passage d'une étoile dans un instrument méridien fournit l'heure exacte à un moment donné. Mais cette heure doit être conservée jusqu'à la prochaine détermination de l'heure. C'est le rôle des garde-temps de précision: chronomètres, pendules mécaniques, horloges à quartz, horloges atomiques. Cette conservation de l'heure se fait aussi dans les observatoires qui possèdent les garde-temps nécessaires. Enfin, les astronomes ne voulant pas conserver cette heure exacte pour eux seuls, ils en font profiter leurs concitoyens en la distribuant au moyen de signaux horaires diffusés par télégraphie sans fil, par téléphone, par fil, etc.

Aperçu historique

Deux instituts suisses se sont de tout temps occupés du problème de l'heure: l'Observatoire de Genève et l'Observatoire de Neuchâtel. Depuis leur création, ces deux observatoires se sont continuellement développés, mettant à profit les multiples découvertes permettant de perfectionner les lunettes utilisées pour la détermination de l'heure et les garde-temps chargés de conserver cette heure. Résumons l'histoire de ces deux temples de l'heure en nous bornant, bien entendu, aux faits qui se rapportent plus spécialement au service horaire.

Observatoire de Genève

C'est à JACQUES-ANDRÉ MALLET (1740-1790) qu'on doit la création du premier observatoire de Genève¹. MALLET avait étudié les sciences exactes à l'Académie de Genève. Il était particulièrement attiré par les mathématiques. Lors d'un voyage qu'il fit en France et en Angleterre, en 1765, il se lia avec les deux célèbres astronomes LALANDE et MASKELINE qui furent ses premiers professeurs d'astronomie pratique. En compagnie d'un de ses compatriotes JEAN LOUIS PICTET, il prit part, aux frais du gouvernement russe, à l'expédition de Laponie pour l'observation du passage de Vénus devant le disque solaire le 3 juin 1769. Revenu au pays, MALLET qui possédait une collection d'instruments astronomiques sollicita dès 1770 du Magnifique Conseil un emplacement pour y ériger un observatoire. Après avoir subi un premier refus, il obtint gain de cause et le 9 mai 1772, le Magnifique Conseil lui accorda une somme de 4200 florins (1932 francs) pour la construction de son observatoire. L'emplacement choisi se trouvait sur une partie des casemates du bastion de Saint-Antoine. Parmi les instruments installés dans le nouvel observatoire citons une lunette méridienne de 4 pieds construite par SISSON et une pendule Lepaute. En 1778, MALLET construit un cadran solaire sur la tour d'Avully, petite localité située à 12 km de Genève où il passa une partie de sa vie.

Son successeur, MARC AUGUSTE PICTET (1752-1825) fut un des instigateurs du premier concours de chronomètres à l'Observatoire en 1790-91 puis en 1792. C'est également lui qui organisa le troisième concours en 1816 dont les résultats ne furent publiés qu'en 1819. JEAN ALFRED GAUTIER (1793-1881) reprit la direction de l'Observatoire en 1821. A cette époque, on utilisait encore à Genève le *temps vrai*, c'est-à-dire le temps donné par les cadrans solaires et qui ne varie pas uniformément. Suivant la saison, il avance ou retarde sur le temps moyen d'une quantité qui atteint au maximum 16 minutes. La Société des Arts demanda que l'horloge de Saint-Pierre fût réglée sur le *temps moyen*, ce que le Conseil d'Etat accorda par son arrêté du 9 mars 1821. Le changement fut opéré le 15 avril, jour où la différence entre le midi vrai et le midi moyen est nulle.

¹ Directeur de l'Observatoire de Neuchâtel et professeur à l'Université.

¹ R. GAUTIER et G. TIERCY, *L'Observatoire de Genève 1773-1830-1930* (Publications de l'Observatoire de Genève, Série A, 2^e vol.).

En 1829, l'Observatoire de MALLET était dans un tel état qu'il devenait nécessaire d'effectuer des réparations coûteuses. En outre, sa situation n'était pas très favorable, aussi plusieurs rapports furent-ils envoyés au Conseil d'Etat de Genève demandant la construction d'un bâtiment neuf dans le voisinage de l'ancien. Dans un de ses rapports, CAMILLE PUERARI écrivait: «L'Observatoire est nécessaire à Genève sous le rapport d'une des branches nourricières de notre industrie nationale; surtout pour la haute horlogerie, qui ne peut se passer d'un moyen rigoureusement exact de fixer la mesure du temps et de suivre avec précision la marche des montres et des chronomètres qu'on établit à Genève». Une loi fut votée le 24 juin 1829 par le Conseil Représentatif; elle autorisait le Conseil d'Etat à dépenser 65000 florins pour la construction de l'Observatoire à 70 m de l'ancien, dans l'enceinte du bastion de Saint-Antoine. Le bâtiment fut terminé en 1830. En 1831, on installa un *cercle méridien de Gambey* de 102 mm d'ouverture, destiné à la détermination de l'heure. Une pendule Arnold et Dent est achetée en 1838.

ALFRED GAUTIER étant tombé malade, il remet en 1839 la direction de l'Observatoire à son élève EMILE PLANTAMOUR (1815–1882) qui la conserva jusqu'à sa mort, c'est-à-dire pendant 43 ans. Ce fut une des périodes les plus actives de l'Observatoire de Genève. PLANTAMOUR s'occupa entre autres de la détermination des positions d'étoiles par des observations à l'instrument méridien, ces positions étant très importantes pour la détermination de l'heure. Il effectua de nombreuses déterminations de longitudes par la méthode télégraphique en collaboration avec ADOLPHE HIRSCH, alors directeur de l'Observatoire de Neuchâtel. A partir de 1842, l'Observatoire reçoit officiellement les chronomètres et les montres de précision pour les contrôler, mais les fabricants fixent eux-mêmes les épreuves qu'ils désirent leur voir subir. En 1869, un règlement fixe les conditions de dépôt et les taxes à payer. En 1872, 1873 et 1874, la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts organise trois concours de réglage pour chronomètres. Le succès est si grand que les horlogers demandent une réglementation du service chronométrique. Le premier règlement détaillé voit le jour en 1874.

En 1879, la Société Genevoise pour la construction des instruments de physique procède à une révision complète de la lunette méridienne qu'on munit d'un nouveau cercle et de microscopes micrométriques.

EMILE PLANTAMOUR meurt le 7 septembre 1882 des suites d'une affection pulmonaire. La direction de l'Observatoire est alors confiée au colonel EMILE GAUTIER (1822–1891). Comme l'écrit son biographe, CASIMIR DE CANDOLLE, «il voua tous ses soins au service chronométrique devenu de plus en plus important et rédigea annuellement le rapport sur les concours de réglage de chronomètres institués par la Classe d'Industrie. Il eut le plaisir de constater les

résultats progressifs et toujours plus satisfaisants qu'obtint l'horlogerie genevoise dans l'établissement des mouvements de haute précision. Il présida également aux deux concours de compensation pour les températures qui eurent lieu en 1883–84 et en 1885–86 sur les bases établies par PLANTAMOUR. L'Observatoire lui doit une horloge électrique de Hipp à pendule oscillant sous cloche sous pression constante (1885).» Il meurt après quelques mois de souffrance le 25 février 1891.

Le 27 décembre 1889, son fils RAOUL GAUTIER (1854–1931) avait été désigné pour lui succéder. Il s'était préparé au service chronométrique et au service

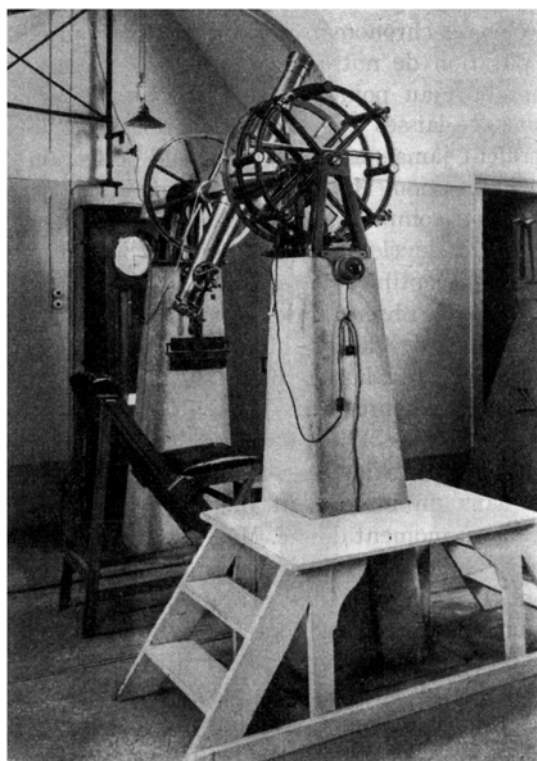


Fig. 1. – Observatoire de Genève: Cercle méridien.
(Photo industrielle L. Bacchetta, Genève)

de l'heure à Neuchâtel sous la direction du directeur de l'Observatoire ADOLPHE HIRSCH et de son adjoint JACOB HILFIKER. Dès l'année 1890, il s'occupe du service chronométrique. Il procède à la révision du règlement le 21 novembre 1890 puis le 24 novembre 1908. En 1894, il publie une étude très complète sur «Le service chronométrique à l'Observatoire de Genève et les concours de Genève avec une étude des épreuves instituées dans d'autres observatoires». Un concours international de réglage de chronomètres est organisé en 1896. En 1924, nouvelle modification du règlement chronométrique; on tient compte de la grandeur des chronomètres pour la fixation des limites.

La pendule Hipp qui ne fonctionnait pas d'une manière satisfaisante est remplacée par une pendule de la maison Peyer, Favarger et Cie qui marque le temps



Fig. 2. — Centenaire du second bâtiment de l'Observatoire de Genève (Novembre 1930): Vue générale de l'Observatoire (dans le fond de la cathédrale St-Pierre).

(Photographie de Presse Max Kettel, Genève)

moyen. En 1902, une pendule sortant des ateliers Riefler de Munich est installée dans la salle méridienne. En 1927, le cercle méridien de Gambey est muni d'un *micromètre impersonnel* (fig. 1) permettant d'éliminer les erreurs personnelles dans l'observation des passages servant à la détermination de l'heure.

Pendant les périodes de brouillard ou de mauvais temps, les observations d'étoiles pour la détermination de l'heure sont souvent impossibles. Dès 1914, la télégraphie sans fil est introduite à l'Observatoire pour

permettre la réception des signaux horaires de la Tour Eiffel.

C'est RAOUL GAUTIER qui préconisa l'adoption par la Suisse du *système des fuseaux horaires*. Le Conseil Fédéral introduisit l'heure de l'Europe centrale en Suisse le 1^{er} juin 1894.

RAOUL GAUTIER prit sa retraite à la fin de 1927 et le 1^{er} janvier 1928, M. GEORGES TIERCY, né en 1886, reprend la direction de l'Observatoire¹. Le premier soin du nouveau directeur est d'obtenir des autorités un crédit permettant de remettre en état les bâtiments de l'Observatoire (fig. 2). Les travaux de réfection se font

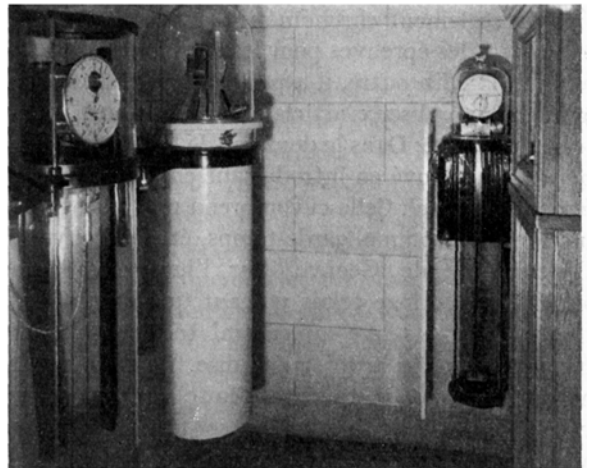


Fig. 4. — Observatoire de Genève: Pendules Zénith, Leroy et Gutkaes.
(Photo industrielle L. Bacchetta, Genève)

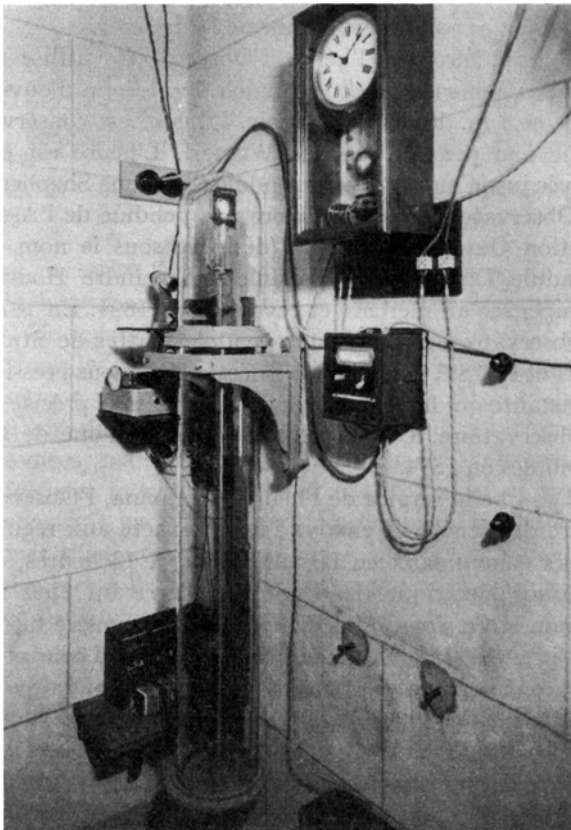


Fig. 3. — Observatoire de Genève: Pendule Hess-Zibach.
(Photo industrielle L. Bacchetta, Genève)

pendant l'année 1929 de sorte que l'année 1930 marque le début d'une nouvelle étape. L'Observatoire acquiert 4 nouvelles pendules fondamentales sous pression constante; deux ont été fabriquées par l'Ecole d'Horlogerie de Genève sous la direction du Prof. HESS: Hess₁ et Hess₂ (fig. 3). La troisième sort des ateliers des Fabriques Zénith du Locle, la quatrième provient de la maison Leroy de Paris (fig. 4). En outre, l'Observatoire possède 5 pendules à air libre: Kutter achetée en 1876 et modernisée en 1929, Favarger 1900 modernisée en 1930, Shelton 1777 modernisée en 1930, Ecole d'Horlogerie 1900 et Riefler 1902; à ces pendules il faut ajouter deux chronomètres de marine Nardin acquis en 1900 et 1926. Trois pendules secondaires (Arnold et Dent, Gutkaes et Baridon) complètent la série des garde-temps.

Pour distribuer l'heure à l'extérieur, l'Observatoire utilise la pendule construite par l'Ecole d'Horlogerie et la pendule Shelton qui sert de réserve². La pendule entraîne une pendulette Favarger sans moteur qui sert

¹ R. GAUTIER et G. TIERCY, *L'Observatoire de Genève 1772-1830-1930* (Publications de l'Observatoire de Genève, Série A, II^{me} volume).

² P. ROSSIER, *La nouvelle installation électrique des pendules et instruments d'observation à l'Observatoire de Genève* (Publications de l'Observatoire de Genève, fasc. 8).

de relais pour la commande de divers moteurs. Elle actionne aussi un parleur sur lequel sont montés deux microphones. L'un d'eux est connecté à la centrale de l'Administration des téléphones. Tout abonné peut entendre les battements de la pendule. L'autre microphone est relié par une ligne spéciale à l'Hôtel Municipal où se trouve la pendule mère des horloges électrique de la ville. L'employé chargé de ce service peut, à chaque instant, comparer son heure à celle de l'Observatoire.

L'activité de M. GEORGES TIERCY dans le domaine de l'heure est très importante. Il a voué tous ses soins au service chronométrique en procédant à des révisions du règlement chronométrique. Il introduisit, en particulier, des épreuves pour les chronomètres de très petit format. En outre, il a publié dans les revues horlogères de nombreux articles se rapportant au problème de l'heure. Dans le domaine de la distribution de l'heure, il a innové en introduisant en Suisse en 1935, *l'horloge parlante*¹. Celle-ci comprend une horloge mère fonctionnant comme garde-temps et se trouvant à l'Observatoire de Genève. Sur l'horloge mère est couplée une horloge relais portant un dispositif contacteur qui se trouve au central téléphonique avec l'horloge parlante proprement dite. Cette dernière a enregistré l'annonce de l'heure faite par un parleur. Cet enregistrement aurait pu se faire sur disques comme pour le gramophone, mais l'usure serait beaucoup trop rapide. On a préféré employer un enregistrement optique basé sur le même procédé que celui du cinéma sonore. Les vibrations acoustiques produites par la parole sont traduites en variations d'opacité sur un ruban de cellon. Pour reproduire l'enregistrement, on éclaire le ruban par la lumière d'une petite lampe électrique. La lumière qui a traversé le ruban est projetée sur une cellule photoélectrique qui laisse passer un faible courant lorsqu'elle est éclairée. Les variations d'éclairement provoquent des variations de courant qui, après amplification, reproduisent au téléphone la voix enregistrée. Il existe trois horloges parlantes en Suisse qui donnent l'heure à n'importe quel abonné au téléphone sur simple appel du N° 16 (ou du N° 161 à Bâle, Bellinzzone, Berne, La Chaux-de-Fonds et Lausanne). Pour le réseau romand, l'annonce se fait en français; elle est en allemand pour la Suisse allemande et alternativement en français et en allemand pour le réseau mixte.

Un autre mérite de M. le Prof. TIERCY est d'avoir fait construire la première *horloge à quartz* au service de l'Observatoire de Genève². Cette horloge a été réalisée par M. PIERRE CHALLANDE, mécanicien-électricien de l'Observatoire, avec le concours de M. ALBERT ÉPITAUX, ingénieur, de M. J. FREYMAN, astronome-

adjoint et de M. A. ZYBACH, horloger-électricien. Elle a été mise sous tension le 1er mai 1947.

Observatoire de Neuchâtel

L'Observatoire de Neuchâtel est moins ancien que celui de Genève¹. Il fut créé par un décret du Grand Conseil du 18 mai 1858. Les fabricants d'horlogerie neuchâtelois qui avaient participé à l'Exposition Universelle de Paris en 1855 s'étaient rendus compte que leurs produits auraient plus de valeur s'ils étaient accompagnés d'un certificat officiel attestant leur bonne marche. En outre, ils avaient besoin de l'heure exacte pour contrôler leurs chronomètres. Ils adressèrent donc au Conseil d'Etat du Canton de Neuchâtel un rapport demandant la création d'un observatoire. Cette première requête fut écartée pour des raisons financières, mais trois ans plus tard, les horlogers obtinrent gain de cause.

Le premier directeur, le Dr ADOLPHE HIRSCH (1830-1901) présida aux destinées de l'Observatoire pendant 43 ans, soit de 1858 à 1901. On lui doit de nombreuses déterminations de longitude en collaboration avec PLANTAMOUR. Il s'est, en outre, occupé de réduire les erreurs dans les déterminations de l'heure. Ces dernières sont influencées par les dispositions physiologiques de l'Observateur; l'erreur qui en résulte a reçu le nom d'*équation personnelle*. Le Dr HIRSCH s'occupa spécialement de la détermination de cette équation personnelle et construisit, avec le concours de HIPP, un appareil permettant de la mesurer.

Pour déterminer l'heure, l'Observatoire utilise un *cercle méridien d'Ertel* de Munich de 11,7 cm d'ouverture et 2 m. de distance focale. L'heure est conservée avec une pendule sidérale Winnerl. L'heure est envoyée jusqu'en 1902 par la pendule électrique Shepherd. L'Observatoire possède encore une pendule de l'Association Ouvrière du Locle (désignée sous le nom de pendule Dubois), une pendule d'Alexandre Houriet compensée au mercure et revendue en 1894. En 1878, l'Observatoire acquiert une pendule Kutter de Stuttgart et en 1881 une pendule sidérale Hipp sous pression constante qui fut pendant longtemps la plus précise de l'Observatoire. DAVID PERRET fait don d'une de ses pendules en 1894.

Dès que le service de l'heure fonctionna, l'Observatoire de Neuchâtel envoya l'heure exacte aux régulateurs communaux en faisant passer, à 13 heures, un courant électrique dans une ligne arrivant chez les abonnés. Ce signal fut envoyé pour la première fois le 25 juin 1860 à La Chaux-de-Fonds, au Locle et à Berne. Le réseau de transmission se développa rapidement; en 1863, il est étendu aux communes de Fleurier et des Ponts, puis c'est le Canton de Vaud qui demande l'heure exacte pour le Brassus et Le Sentier. Le

¹ J. WAELTI, *l'horloge parlante* (Agenda horloger 1940).

² G. TIERCY, *La première horloge à quartz de l'Observatoire de Genève* (La Suisse Horlogère, No d'exportation 1, 1948).

¹ E. GUYOT, *L'Observatoire Cantonal de Neuchâtel, 1858-1938, son histoire, son organisation et ses buts actuels* (Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles, tome 63, 1938).

D^r HIRSCH donna aussi un grand essor au service chronométrique dont les bases furent posées par l'arrêté du 31 juillet 1860. Le règlement chronométrique fut modifié plusieurs fois, notamment en 1864, 1872, 1877 et 1895.

A la mort du D^r HIRSCH en 1901, le D^r LOUIS ARNDT (1861–1940) lui succède. Il consacre la plus grande partie de son temps au service de l'heure et au service chronométrique. Le règlement chronométrique est révisé en 1901, 1905, 1911, 1919, 1922 et 1932. Le D^r ARNDT s'efforce de créer des émissions horaires par T.S.F. En novembre 1925, la direction générale des télégraphes suisses lui demande s'il serait disposé à mettre des signaux horaires à la disposition de la Radiogenossenschaft à Berne. Cette demande est accueillie favorablement et le 5 février 1926, l'Observatoire transmet les battements d'une pendule mise à l'heure. Cette transmission se fait tous les jours sauf le dimanche de 15^h 59^m à 16^h. Elle n'est pas automatique

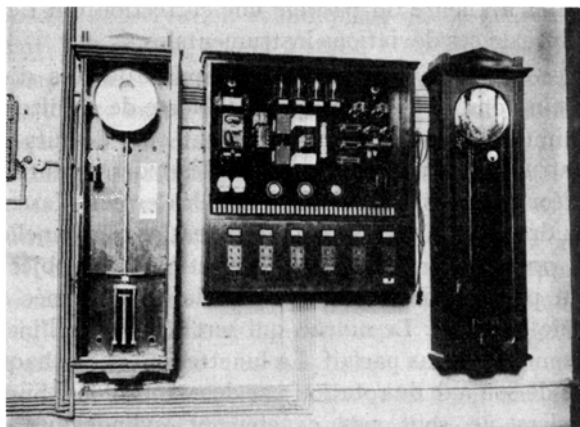


Fig. 5. – Observatoire de Neuchâtel: L'appareil pour envoyer les signaux horaires par T.S.F.

et nécessite l'intervention d'un astronome. En 1931, l'Observatoire commande à l'Ecole de Mécanique et d'Horlogerie de Neuchâtel un appareil destiné à envoyer les signaux horaires par T.S.F. et qui est mis en service au mois de juillet 1932 (fig. 5). Les heures d'émission de ces signaux ont varié au cours des années, mais ils ont généralement été transmis deux fois par jour, à 12^h 30^m et à 17^h. Un autre appareil construit par l'École de Mécanique de Neuchâtel permet d'envoyer à partir du 4 mai 1934 les signaux destinés à l'administration des télégraphes, aux gares et aux abonnés au téléphone¹.

Pour conserver l'heure exacte, l'Observatoire achète en 1902 une pendule Riefler de Munich qui se révélera excellente; puis il fait successivement l'acquisition d'une pendule électrique Rosat en 1909 (utilisée pour la comparaison des chronomètres), de deux pendules

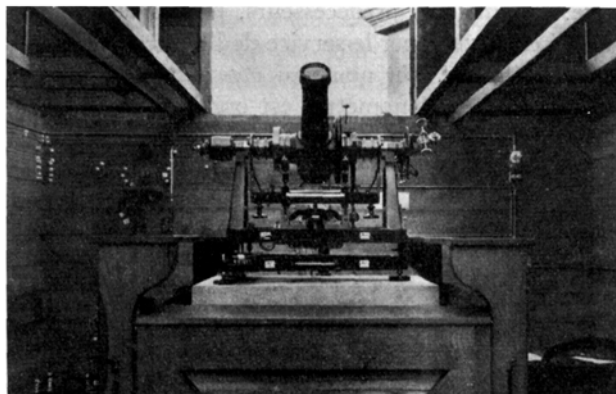


Fig. 6. – Observatoire de Neuchâtel: Instrument des passages de Bamberg.

Zénith en 1921 (Zénith 1) et en 1924 (Zénith 3), d'une pendule Leroy N° 1448 de Paris en 1931 et d'une pendule de l'Ecole d'Horlogerie de Neuchâtel en 1932. La pendule Leroy rivalisera bientôt de précision avec la pendule Riefler.

L'instrument des passages de Bamberg acheté en 1907 est muni d'un micromètre impersonnel de Repsold en 1923 afin de le rendre plus précis pour la détermination de l'heure (fig. 6). En 1913, la Société genevoise pour la construction des instruments de physique livre un cercle méridien qui remplace celui d'Ertel dont on a utilisé la partie optique (fig. 7). Ce nouveau cercle méridien est aussi muni du micromètre impersonnel de Repsold.

Chaque année l'Observatoire organise un concours chronométrique destiné plus spécialement aux fabricants neuchâtelois, bernois et vaudois. En 1923, un concours international destiné à commémorer le centenaire de la mort d'ABRAM LOUIS BREGUET permet aux fabricants suisses de se mesurer avec les fabricants étrangers.

Le D^r LOUIS ARNDT prend sa retraite en 1934 et le Conseil d'Etat nous confie la direction de l'Observa-

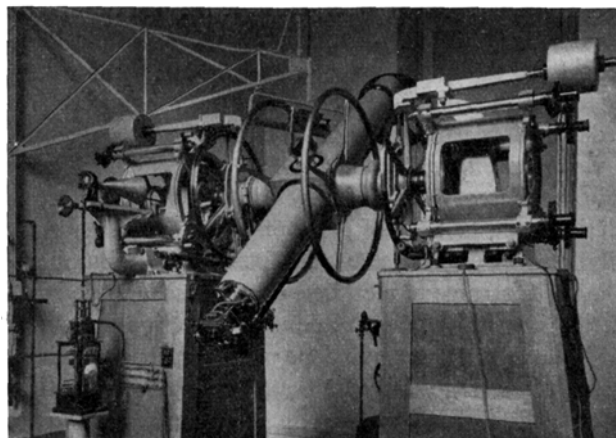


Fig. 7. – La lunette méridienne de l'Observatoire de Neuchâtel, construite par la Société genevoise des instruments de physique. (Photo: Office de Photographie Attinger, Neuchâtel)

¹ E. GUYOT, *L'Observatoire de Neuchâtel et l'Horlogerie* dans l'ouvrage: Une tradition Helvétique: l'Horlogerie (Edition de la Bourgade 1948).

toire. Comme nos prédécesseurs, nous nous sommes efforcé de développer le service de l'heure et le service chronométrique. Un nouveau concours international de réglage de chronomètres est organisé en 1948 lors du centenaire de la création de la République neuchâteloise. La même année, on installe une horloge à quartz construite par M. FRANCIS BERGER, ingénieur à Zurich (fig. 8).

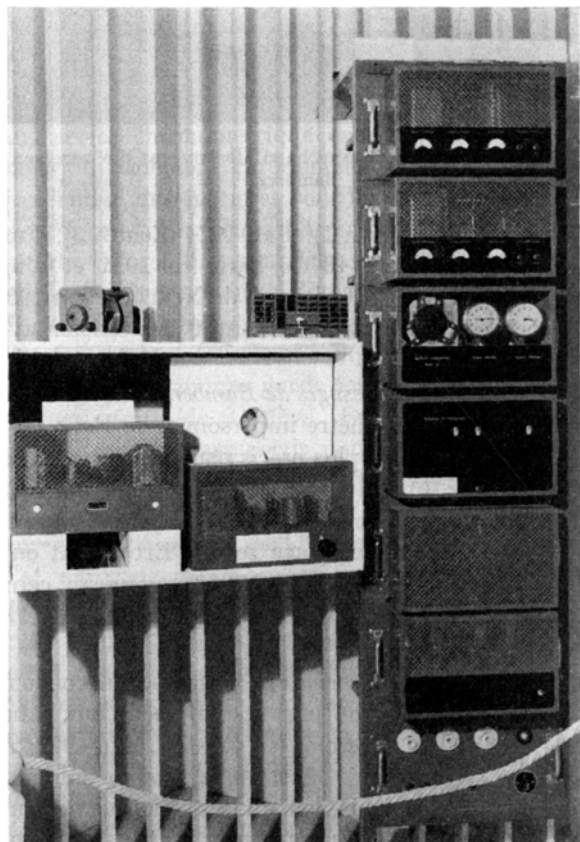


Fig. 8. — Observatoire de Neuchâtel: La première horloge à quartz.
(Photo: Fernand Perret, La Chaux-de-Fonds)

Le service de l'heure en 1949

Voyons comment est organisé le service de l'heure actuellement. Nous prendrons comme exemple l'Observatoire de Neuchâtel que nous connaissons mieux que celui de Genève mais il est évident que les procédés utilisés par ce dernier sont identiques.

La détermination de l'heure. Pour déterminer l'heure exacte, l'Observatoire de Neuchâtel utilise le cercle méridien de la Société genevoise des instruments de physique et l'instrument des passages de Bamberg. Chaque instrument méridien possède un axe de rotation horizontal et orienté dans la direction est-ouest. La lunette, qui se trouve dans un plan perpendiculaire à son axe de rotation, est donc dans le plan vertical nord-sud, c'est-à-dire dans le *plan du méridien*. On connaît, grâce aux catalogues d'étoiles, le moment du passage de chaque étoile dans le plan du méridien. Il suffit de vérifier l'heure marquée par une pendule à cet

instant pour savoir si la pendule est à l'heure, si elle avance ou si elle retarde.

En principe, la détermination de l'heure est très simple puisqu'il suffit de noter l'heure marquée par une pendule au moment du passage de l'étoile dans le plan du méridien. En pratique, un grand nombre de causes perturbatrices interviennent qui compliquent les calculs. Les variations de température provoquent des dilatations inégales dans les différentes parties de l'instrument et la position de celui-ci se modifie. L'axe de rotation, au lieu d'être horizontal, fait avec l'horizon un petit angle i appelé *l'inclinaison*. En outre, cet axe de rotation n'est pas exactement dans la direction est-ouest; il fait avec cette direction un petit angle k appelé *l'azimut*. L'axe optique de la lunette devrait être perpendiculaire à l'axe de rotation. En réalité, il fait avec le plan perpendiculaire à l'axe de rotation un petit angle c appelé *la collimation*. Si les angles i , k et c ne sont pas tous nuls en même temps, la lunette n'est plus exactement dans le plan du méridien et il faut ajouter à l'heure du passage une correction qui tient compte de ces déviations instrumentales.

Les observations méridiennes sont affectées d'un certain nombre d'erreurs qu'on s'efforce de réduire au minimum. Ces erreurs proviennent des défauts de l'instrument (erreurs instrumentales), des conditions météorologiques, du catalogue d'étoiles (erreurs d'ascension droite) et de l'observateur (équation personnelle). *Les erreurs instrumentales* sont multiples. Si l'objectif n'est pas parfait, l'image de l'étoile est déformée ou même déplacée. Le niveau qui sert à mesurer l'inclinaison i n'est pas parfait. La lunette repose de chaque côté de son axe de rotation par deux tourillons. Si ces derniers ne sont pas exactement cylindriques, il s'ensuit des erreurs qui varient suivant l'étoile observée. *Les conditions météorologiques* influent sur la qualité des images. Ces dernières peuvent être nettes et calmes; c'est la condition d'observation idéale. Mais bien souvent les images perdent de leur netteté et deviennent floues surtout quand l'air est humide. En outre, elles sont parfois agitées, le vent provoquant un déplacement continu de l'image de l'étoile autour d'une position moyenne; il devient alors très difficile de pointer l'étoile avec le fil d'araignée et la précision de l'observation s'en ressent. Les catalogues d'étoiles fournissent les ascensions droites des étoiles utilisées pour la détermination de l'heure. L'ascension droite est l'heure du passage de l'étoile dans le plan du méridien, exprimée en temps sidéral. Mais les catalogues ont été obtenus par des observations astronomiques; les ascensions droites sont donc aussi affectées d'erreurs d'observation.

L'observateur lui-même n'est pas parfait et il introduit une erreur appelée équation personnelle. Avant l'invention du micromètre impersonnel par REPSOLD, l'observation d'un passage dans la lunette méridienne se faisait de la manière suivante: Dans l'oculaire se

trouvaient un certain nombre de fils d'araignée parallèles au plan du méridien et lorsque l'étoile arrivait derrière chacun d'eux, (il y en avait une vingtaine), l'observateur fermait un circuit électrique qui agissait sur un chronographe synchronisé par la pendule dont on désirait trouver la correction. On obtenait ainsi l'heure marquée par la pendule au moment du passage de l'étoile derrière chaque fil. En prenant la moyenne des passages derrière tous les fils, on obtenait le moment du passage par le milieu du champ. Mais ces observations différaient fortement d'un observateur à l'autre, la différence atteignant parfois plusieurs dixièmes de seconde, parce qu'on notait le passage d'une étoile mobile derrière un fil fixe. En 1889, REPSOLD proposa d'observer l'étoile derrière un fil mobile qu'on déplace en même temps que l'oculaire en tournant une roue. Le fil mobile est placé devant l'étoile et l'observateur maintient la coïncidence en agissant convenablement sur la roue. Celle-ci porte des contacts électriques qui se ferment automatiquement pendant l'observation et indiquent quelle heure marquait la pendule quand l'étoile était au milieu du champ. Dans ce nouveau procédé, on maintient la coïncidence entre un fil mobile et une étoile mobile. L'équation personnelle reste de l'ordre de quelques centièmes de seconde au maximum. Les deux instruments méridiens de l'Observatoire de Neuchâtel sont munis de ce micromètre impersonnel.

Il existe aussi une erreur d'observation appelée *équation de grandeur* qui varie suivant la grandeur de l'étoile. Une étoile faible s'observe plus facilement qu'une forte parce que son image est presque complètement cachée par le fil d'araignée. Pour une étoile forte, l'image de diffraction dépasse le fil des deux côtés et il est difficile de bissecter exactement l'étoile. On place alors devant l'objectif un réseau de diffraction qui produit des spectres de diffraction à côté de l'image de l'étoile et diminue la grandeur de celle-ci. En choisissant convenablement le réseau, on peut donner à une étoile de la première grandeur l'aspect d'une étoile de la sixième grandeur.

L'étude de toutes ces erreurs a permis d'augmenter sensiblement la précision des déterminations de l'heure. Au début du siècle, la différence entre l'heure de deux observatoires atteignait facilement la seconde. Actuellement, elle est de quelques centièmes de seconde au maximum, et l'on s'efforce de déterminer l'heure au centième de seconde. On est cependant arrêté dans cette marche vers la précision par l'agitation de l'air qu'on ne peut éviter. Pour supprimer complètement l'influence de l'observateur, les Américains ont imaginé une *lunette zénithale photographique*. L'observateur n'intervient plus que pour déclencher l'appareil qui enregistre le passage de l'étoile par la photographie. L'équation personnelle est donc supprimée. L'Observatoire de Neuchâtel est en pourparlers pour l'achat d'une lunette zénithale photographique.

La conservation de l'heure. Elle est assurée par une horloge à quartz, une pendule Riefler, une pendule Leroy et deux pendules Zénith. L'une des deux pendules Zénith a été munie d'un échappement de Strasser qui semble donner de meilleurs résultats que l'échappement de Graham qu'elle possédait primitivement. Les pendules mécaniques sont installés dans la cave du Pavillon Hirsch maintenue à une température de 18° grâce à un chauffage électrique. L'horloge à quartz se trouve provisoirement dans une des salles de la bibliothèque, mais on est en train de construire une aile où elle trouvera bientôt place avec 6 autres horloges à quartz.



Fig. 9. – Vue générale de l'Observatoire de Neuchâtel en 1948.
(Photo: Fernand Perret, La Chaux-de-Fonds)

Le principe de ces horloges est tout différent de celui des anciennes pendules mécaniques. Chacune d'elles comprend trois parties: l'*oscillateur à quartz* qui est l'organe régulateur, le *diviseur de fréquence* ou démultipliateur et la *roue phonique* ou moteur synchrone. Le quartz remplace le pendule des horloges ordinaires. C'est lui qui règle la marche de l'horloge. La lame de quartz est taillée dans un cristal suivant une direction bien déterminée. Elle est placée à l'intérieur d'un tube et elle est montée entre la grille et la cathode d'un petit oscillateur auquel elle imprime 100000 vibrations à la seconde. Le quartz est un générateur de courant alternatif dont la fréquence est de 100000, donc beaucoup plus élevée que celle de notre courant d'éclairage (50). Cette fréquence étant trop élevée pour pouvoir actionner un moteur synchrone, on l'abaisse à 1000 au moyen du démultipliateur de fréquence.

Le courant à 1000 périodes seconde fait tourner une roue phonique à 100 dents, c'est-à-dire un moteur synchrone qui fait 10 tours à la seconde. Le mouvement du moteur synchrone est intimement lié à la fréquence du quartz. Le moteur synchrone entraîne une came qui fait un tour à la seconde. Elle possède un contact électrique et à chaque seconde fait avancer d'un cran l'aiguille d'un compteur électrique muni d'une minuterie et qui indique l'heure de l'horloge.

La précision de l'horloge à quartz est plus grande que celle des pendules mécaniques, à condition que le

quartz soit excellent et placé dans une enceinte à température rigoureusement constante. L'écart moyen de la marche journalière d'une horloge à quartz est de $\pm 0^s,002$ environ; celui des bonnes horloges mécaniques est à peu près le double.

Distribution de l'heure. L'heure de l'Observatoire de Neuchâtel est largement diffusée dans toute la Suisse. Les signaux horaires suivants sont envoyés chaque jour, sauf le dimanche:

de 7^h 42^m à 7^h 45^m, à l'administration des télégraphes;

de 8^h 31^m à 8^h 34^m, par fil aux régulateurs communaux, aux Bureaux officiels de contrôle de la marche des montres et à des fabriques d'horlogerie;

de 8^h 57^m à 9^h 0^m à l'administration des téléphones pour les abonnés au téléphone et à la télédiffusion;

de 12^h 29^m à 12^h 30^m, de 12^h 45^m à 12^h 46^m et de 16^h 29^m à 16^h 30^m aux postes émetteurs nationaux de Sottens, Beromünster et Monte Ceneri pour la transmission par T.S.F.

A ces émissions vient s'ajouter la diffusion de l'heure par les trois horloges parlantes de Suisse, synchronisées par une pendule de l'Observatoire de Genève. Les P.T.T. viennent de commander une nouvelle pendule Zénith sous cloche qui permettra une synchronisation parfaite.

Collaboration internationale. L'Observatoire de Neuchâtel collabore activement avec le *Bureau international de l'heure* dont le siège est à Paris. Certains postes de T.S.F. émettent chaque jour des signaux horaires sous forme de 306 battements de pendule pendant 5 minutes de temps moyen exactement. Ces signaux sont reçus par plusieurs observatoires qui communiquent leurs heures de réception au Bureau international de l'heure. En négligeant le temps très petit mis par les ondes pour aller de la station d'émission à la station de réception, il est évident que tous les observatoires reçoivent ces signaux en même temps. Cependant, l'heure locale dépend de la longitude et pour comparer les heures de réception en différents endroits, il faut tout d'abord leur ajouter la différence de longitude avec Greenwich. Ainsi, pour Neuchâtel, en ajoutant 0^h 27^m 49^s,79, on obtient l'heure correspondante de Greenwich. En tenant compte de cette correction, les heures de réception devraient théoriquement être identiques dans tous les observatoires. Pratiquement, il n'en est rien; on constate de petites différences qui sont de l'ordre de quelques centièmes de seconde, et dépassent même parfois le dixième. En prenant la moyenne de l'heure de tous les observatoires, on obtient l'heure mondiale. L'heure de chaque observatoire s'écarte plus ou moins de cette heure mondiale; plus l'écart est faible, plus l'heure de l'observatoire est précise. Les écarts ne sont pas toujours dus à des erreurs d'observation, comme l'a montré M. N. STOYKO, du Bureau international de l'heure. D'après cet auteur, le déplacement des pôles et la variation saisonnière de pression au-dessus des continents et des océans provoquent des variations saisonnières

de longitude. Les travaux du Bureau international de l'heure permettront aussi de vérifier la théorie des translations continentales d'ALFRED WEGENER.

Zusammenfassung

Historisches. Der Zeitdienst umfaßt drei Aufgaben: die Zeitbestimmung, die Sicherung der Zeitkonstanz («Zeitwahrung») und die Aussendung von Zeitsignalen.

In der Schweiz haben sich schon seit langem zwei Institutionen mit dem Zeitproblem befaßt: das von JACQUES ANDRÉ MALLET 1772 gegründete Observatorium in Genf und das Observatorium von Neuenburg, welches im Jahre 1858 durch einen Beschluß des Großen Rats des Kantons Neuenburg geschaffen wurde. Diese beiden Observatorien haben ihre Einrichtungen ständig verbessert, um dem Land eine präzise Zeit zu liefern und um die Herstellung von Chronometern zu überwachen. Mit ihren Meridiankreisen haben sie regelmäßig die genaue Zeit bestimmt und sie zwischen zwei astronomischen Beobachtungen mit Hilfe von Uhren gewissermaßen «aufbewahrt». An der Vervollkommenung der Zeitmeßinstrumente wurde und wird ständig gearbeitet. Früher waren diese Uhren den Luftdruckschwankungen usw. ausgesetzt. Später hat man sie mit Glasglocken gegen außen abgedichtet und sie überdies bei konstanter Temperatur gehalten. 1930 wurde, wie bekannt, ein ganz neuartiges, überaus präzises Zeitmeßgerät geschaffen: die Quarzuhr. Die Observatorien von Genf und Neuenburg haben sich solche Quarzuhren in den Jahren 1947 und 1948 eingerichtet.

Der Zeitdienst im Jahre 1949. Wie bisher befassen sich die Observatorien von Genf und Neuenburg in fast übereinstimmender Weise mit allen Aufgaben des Zeitdienstes in der Schweiz.

Das Observatorium von Neuenburg benützt einen von der Société genevoise des instruments de physique hergestellten Meridiankreis und das Bambergische Passageinstrument. Die Sternzeit wird, wie man weiß, an Hand der Sternkataloge mit dem Moment des Durchgangs durch den Meridian bestimmt. Mit der Sternzeit wird der korrekte Gang der Uhren überwacht. Die Durchgangsbeobachtungen sind mit einer Reihe von Fehlern belastet, die auf das benützte Instrument, auf die meteorologischen Bedingungen, auf Fehler des Sternkatalogs und auf den Beobachter selber («persönliche Gleichung») zurückzuführen sind. Die letztgenannte Fehlerquelle wurde durch das 1889 von REPSOLD entwickelte unpersönliche Mikrometer stark reduziert. Dem Marineobservatorium von Washington ist es gelungen, fast alle Fehler (und vor allem auch den Fehler durch die Reaktionszeit des Beobachters) weitgehend zu eliminieren: es wurde ein photographisch arbeitendes Zenitteleskop geschaffen, das demnächst auch in Neuenburg aufgestellt werden wird.

Zur Sicherung der Zeitkonstanz zwischen den astronomischen Beobachtungen dienen in Neuenburg eine Quarzuhr, eine Uhr von Riefler und je zwei Uhren von Leroy und Zénith. In den kommenden Monaten ist eine weitere Verbesserung mit Hilfe von sechs neuen Quarzuhren vorgesehen.

Die von den Observatorien bestimmte Zeit wird mehrfach am Tag durch die «sprechende Uhr» (Genf) und durch Radio (Neuenburg) ausgesendet. Die genaue Zeit kann auch in jedem Schweizer Ort durch das Telefon («sprechende Uhr») erfahren werden.

Das Observatorium von Neuenburg arbeitet mit dem Pariser Bureau international de l'heure zusammen. Diese Institution verwertet die Zeitbestimmung von fünfzehn Observatorien. Deren Messungen werden durch Radiozeitsignale miteinander verglichen.