Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 89 (1963)
Heft: 18: 44me Comptoir Suisse, Lausanne, 7-22 september 1963

Artikel: Quelques aspects de la mesure du temps
Autor: Pfister, Fred.-E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66350

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

89e année Lausanne, 7 septembre 1963 N° 18

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président : E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre, arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION
D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua, architecte
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 34.—	Etranger	Fr. 38.—
Sociétaires	»	» 28.—	»	» 34.—
Prix du numéro . . .	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande », N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à : Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces :

1/1 page	Fr. 350.—
1/2 »	» 180.—
1/4 »	» 93.—
1/8 »	» 46.—

Adresse: Annonces Suisses S. A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales

SOMMAIRE

Quelques aspects de la mesure du temps, par Fred.-E. Pfister, ingénieur EPUL
L'évolution de la qualité chimique et bactériologique de l'eau du Léman, par le Dr E. Matthey, ingénieur-chimiste EPUL
Bibliographie. — Registre suisse des ingénieurs, des architectes et des techniciens.
Carnet des concours. — Documentation générale. — Nouveautés, informations diverses.

QUELQUES ASPECTS DE LA MESURE DU TEMPS

par FRED.-E. PFISTER, ingénieur EPUL, fondé de pouvoir à la Compagnie des Montres Longines, à Saint-Imier [1]

Préambule

Dès la plus haute antiquité, l'homme a cherché à maîtriser la mesure du temps. L'ère de la découverte des continents a rendu nécessaire une recherche dont les résultats ont largement contribué à développer cette partie de la science. Les navigateurs portugais et espagnols qui lançaient leurs caravelles à la découverte de terres lointaines se sont rapidement rendu compte que l'élément temps jouait un rôle considérable dans la détermination du point. C'est ce calcul précisément qui entraîne la connaissance exacte des temps. On sait que les deux coordonnées du point sont la latitude et la longitude. Pour la première, on a su depuis longtemps la mesurer de façon relativement précise en utilisant des moyens simples. La détermination de la hauteur de l'étoile polaire au-dessus de l'horizon en est une. Par contre, la mesure de la longitude est intimement liée à la mesure du temps. Ceci est d'autant plus vrai que la longitude d'un lieu n'est autre que la différence d'heures entre le méridien de ce lieu et le méridien choisi comme référence, le méridien de Greenwich. La solution du problème de la longitude était celle de la réalisation pratique d'un garde-temps qui permette la mesure du temps avec une précision suffisante.

Cette recherche dura plusieurs siècles. Des monarques offrirent même des récompenses importantes à celui qui construirait ce fameux garde-temps. Cependant, la science faisait son chemin avec les découvertes de Galilée, puis de Newton. En 1675, le savant hollandais Huyghens invente le spiral réglant. En 1743, John Harrison, un charpentier anglais, présente le premier chronomètre de marine. Il gagne ainsi le prix de £ 20 000 promis par le Gouvernement britannique à celui qui réaliserait un garde-temps permettant le calcul de longitude à une précision de un demi à un degré près. Dès lors, les progrès de la technique horlogère sont évidents et les performances du couple régulateur balancier-spiral encore largement améliorées.

Tout garde-temps, qu'il soit mécanique, électrique, électronique ou même atomique, possède une base de

[1] Cette étude est tirée du Recueil de travaux offert au professeur **A. Stucky**, en hommage de reconnaissance, sur l'initiative de l'*Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de Lausanne*, le 27 octobre 1962, l'année de son 70e anniversaire.

fréquence. Depuis longtemps, on connaît jusque dans les moindres détails la réalisation du mouvement d'une montre mécanique. Les éléments qui le composent sont constamment revus et les résultats de réglages contrôlés par l'Observatoire proclament la haute maîtrise de ceux que l'on nomme si justement les régleurs de précision. Au cours des années, d'autres bases de fréquence sont apparues. Il en est résulté une évolution dans la construction des garde-temps. Des applications pratiques ont surgi. Elles sont valables, tout comme le sont celles évoquées plus haut. Nous allons essayer de dégager quelques considérations générales de cette évolution et de ces applications.

Chronomètres

En terminologie horlogère, on entend par chronomètre une montre qui a obtenu un bulletin de réglage d'une institution officielle. Ces documents sont au nombre de deux. L'un, avec des tolérances plus larges, est délivré par les bureaux de contrôle officiels de la marche des montres. Ces instances sont établies dans le cadre des technicums suisses possédant une école d'horlogerie. Les seconds, plus difficiles, sont délivrés par les Observatoires de Neuchâtel, de Genève et de Kew Teddington, en Angleterre. Les épreuves de réglage durent généralement 45 jours. Les montres y sont astreintes à des observations dans plusieurs positions. Leur comportement aux températures +4°C +18°C +32C° y est également contrôlé. Les résultats obtenus sont introduits dans des formules qui indiquent un nombre d'appréciation. Celui-ci varie suivant les observatoires. Les maxima sont fixés comme suit :

Neuchâtel	0
Genève	60
Kew Teddington	100

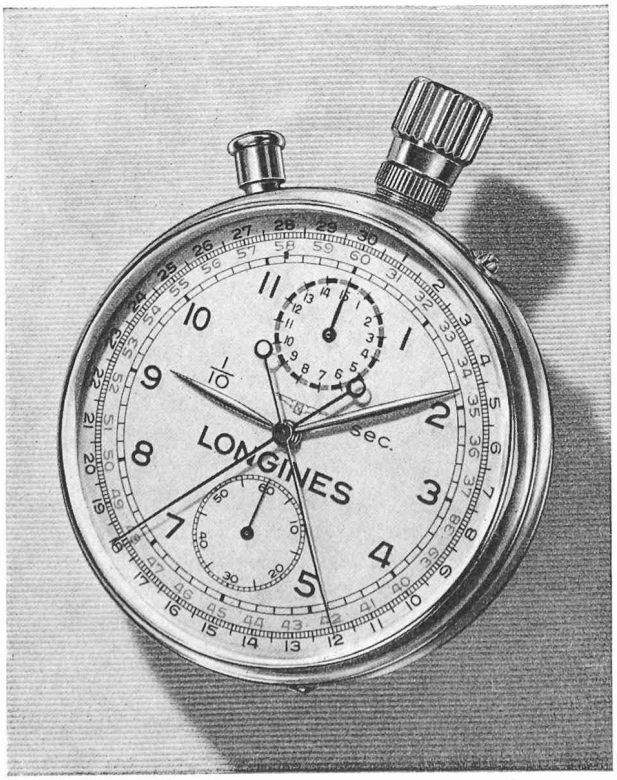


Fig. 1. — Chronographe rattrapante au dixième de seconde.

Il y a une trentaine d'années encore, les performances obtenues aux concours des observatoires astronomiques étaient l'apanage des chronomètres de marine, des chronomètres de bord ou de poche. Les marins surtout exigeaient une très grande précision, d'autant plus que le point à la mer doit être déterminé à environ 500 m près. On a évoqué plus haut combien furent longues et ardues ces recherches du garde-temps capables de permettre d'établir la longitude avec l'exactitude voulue. En interrogeant l'histoire, on s'aperçoit que très vite les Anglais en particulier, réalisèrent des pièces comme celle de Mudge, en 1777, dont la variation diurne ne dépassait pas 1 seconde par jour. Après la deuxième guerre mondiale, l'aviation était en plein essor. Cette forme très moderne de navigation a aussi joué son rôle dans le développement du réglage de précision. Elle l'a fait de façon très inédite. Si les marins, qui disposent d'une place abondante pour placer leurs différents instruments, se sont contentés de chronomètres pour lesquels le format avait relativement peu d'importance, le problème était tout différent pour les aviateurs. Dans l'avion, la place est restreinte. Il faut réduire les instruments de bord pour qu'ils soient le moins encombrants possible. C'est alors que le chronomètre-bracelet est apparu. Grâce à une technique très poussée, les résultats obtenus avec des garde-temps de petits formats sont de plus en plus remarquables. Il est possible de faire le point à l'air avec un chronomètre-bracelet dans le cadre de variations diurnes de 3 à 4 secondes par semaine, montre portée.

Un type de montre très particulier a aussi retenu l'attention des spécialistes. Ceci se passait surtout avant la dernière guerre mondiale. Les navigateurs aériens cherchaient à simplifier la détermination du point à l'air. Déjà les Américains entrevoyaient une science nouvelle qu'ils appelaient « avigation ». Divers types de garde-temps furent proposés. L'un d'eux permettait, au moyen d'une lunette convenablement graduée, de tenir compte de l'équation du temps dans la détermination de l'angle horaire du soleil par rapport au méridien de Greenwich. Des cadrans furent gradués en arcs pour faciliter la lecture des angles horaires. Des combinaisons très intéressantes furent élaborées. Une montre réglée au temps sidéral avec une graduation du cadran en arcs marchait au rythme du mouvement apparent diurne des étoiles. Disposant d'un jeu d'aiguilles de rattrapante convenables, on pouvait l'adapter à l'usage du sextant à niveau à bulle d'air tel qu'il est utilisé en aviation. Le Bureau des Longitudes, à Paris et le Bureau de l'Almanach nautique en Angleterre, s'intéressèrent au problème. Le Bureau des Longitudes avait déjà établi des tables de coordonnées d'astres, non seulement en valeurs angulaires, mais encore toutes en temps sidéral. Pour faciliter les calculs des navigateurs aériens, on avait même introduit de nouvelles expressions. L'une d'elles, l'ascension verse, n'était autre que le complément de l'ascension droite. Son but était de faciliter, avec l'emploi du chronomètre angle-horaire, le calcul de l'angle horaire d'un astre par rapport au méridien de Greenwich. Seules des additions entraient en ligne de compte en diminuant les risques d'erreurs provenant des soustractions d'angle. Ceci est important pour un aviateur. Noter ces quelques détails, c'est souligner l'importance qu'y a joué la mesure du temps.

Ces procédés de calcul furent dépassés pendant la dernière guerre. L'activité intense de la navigation aérienne donna naissance à des méthodes simplifiées. Aujourd'hui on se sert largement des applications du radar. Cependant, l'usage du sextant et du chronomètre sont toujours indispensables à la précision de la détermination du point à l'air.

Le bulletin d'observatoire

Le bulletin d'observatoire caractérise un des aspects de la mesure du temps. Il précise les qualités de réglage d'un garde-temps. Sa validité s'étend à tous les types d'appareils, qu'il s'agisse de montres mécaniques, électriques, électroniques ou d'instruments pilotés par des

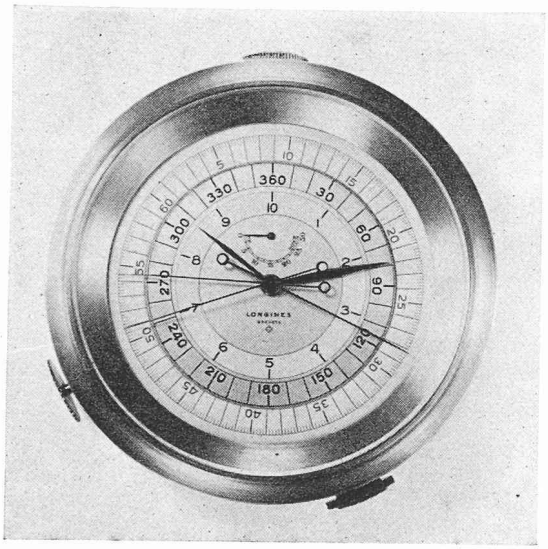


Fig. 2. — Montre angle horaire.

cristaux de quartz, des diapasons ou toute autre base de fréquence. La préparation d'une montre qui doit être déposée à l'observatoire est un travail de longue haleine. Ce n'est pas seulement au conditionnement du couple régulateur balancier-spiral que le régleur vouera des soins spéciaux. Il y a tous les éléments du mouvement, en particulier les éléments actifs, dont le fonctionnement devra participer au rendement de l'ensemble. On entend ici comme éléments actifs l'organe moteur, le barillet, le rouage, l'échappement et le couple régulateur. Le remontoir et la mise à l'heure, certes indispensables, jouent ici le rôle de fonctions auxiliaires.

L'établissement d'un bulletin d'observatoire sort des règles de la fabrication courante. Malgré tous les perfectionnements techniques apportés au travail des machines et à celui de l'assemblage, remontage en terme horloger, le régleur de précision donne beaucoup plus encore. Il le donne par son raisonnement, par la stabilité d'esprit qui émane de toute sa personne. Il exprime sa parfaite connaissance de l'instrument horaire par l'épanouissement d'une maîtrise scientifique. Une ambiance se crée autour du travail de ce physicien qui applique les lois de la mécanique générale en les dominant par son savoir et son habileté. Les performances du régleur de précision sont la somme d'une profonde philosophie et d'une discipline personnelle dans le travail que seul est capable d'engendrer le souci d'arriver à un but précis strictement coordonné par les exigences implacables des techniques.

La précision des chronomètres au réglage ainsi profondément façonné et dont le fractionnement de la seconde est vérifié par l'observatoire ne sera pas une des moindres contributions de l'art horloger à la mesure du temps. Expéditions scientifiques de toutes natures, savants astronomes et physiciens ont largement bénéficié et bénéficient encore de cet effort persévérant.

Il est remarquable de constater combien les découvertes scientifiques récentes s'intègrent dans la complexité du réglage de précision. Les recherches qui ont abouti à la fabrication d'alliages inédits appliqués au ressort de barillet et au spiral sont des preuves tangibles, entre plusieurs, de la façon dont l'industrie horlogère suisse cherche à surpasser l'excellence de ses méthodes. Le ressort de barillet est le moteur du mouvement de montre. Jusqu'à ces dernières années, on s'est contenté du ressort trempé et revenu en acier au carbone. Les dimensions réduites dont on dispose dans l'encombrement d'un mouvement horloger imposaient un ressort travaillant très près de la limite d'élasticité. Les alliages nouveaux ont dépassé le problème en produisant un élément moteur dont les caractéristiques rompent avec tout ce qui a été produit jusqu'à ce jour. De plus, l'amélioration de l'allure générale considérablement améliorée des diagrammes d'armage et de désarmage des ressorts de barillets assure une plus grande stabilité dans la transmission de la force motrice. Au point de vue cinématique, l'établissement de profils de rouage se rapprochant le plus possible de l'épicycloïde théorique a permis une régularité accrue de la transmission du mouvement à l'échappement. Cet organe amélioré, imbriqué en quelque sorte dans l'ensemble de ce mécanisme, permet en définitive au couple balancier-spiral d'être une base de fréquence valable et susceptible de répondre aux exigences des critères d'observatoires.

L'obtention d'un bulletin d'observatoire est valorisé par rapport au réglage d'une montre courante par les ajustements aux positions et aux températures dont l'exécution est indispensable. C'est là précisément que réside toute la différence. Alors qu'un réglage courant peut être assimilé à un contrôle de l'équilibre du balancier et des fonctions du spiral, dans le second cas il faut travailler balancier et spiral. On utilise généralement un balancier compensant les écarts de température, du type Guillaume. Le spiral est terminé au centre et à l'extérieur par des courbes terminales. Il convient de les façonner pour que les observations aux différentes positions donnent des écarts convenables.

Les épreuves auxquelles sont soumis les mouvements de montre à l'observatoire sont réparties sur une période de 45 jours. Celle-ci sera de 51 jours si le mouvement est pourvu d'un mécanisme de chronographe et de rattrapante. Une série de critères sont imposés. Ils donnent une idée des difficultés que rencontrent les régleurs de précision. Des limites qui ne doivent pas être dépassées couvrent une série de fonctions (chronomètre bracelet).

Ecart moyen de la marche diurne :

Ce critère englobe l'ensemble des marches diurnes aux différentes positions : cadran haut, cadran bas, verticale gauche, verticale haut, verticale bas.

Coefficient thermique :

Il s'obtient en divisant la variation de marche entre les températures de +4°C et +36°C par le nombre de degrés de température.

Erreur secondaire de la compensation :

Pour déterminer cette erreur, on prend la moyenne des trois marches à 20°C avant, pendant et après les mesures aux températures. On détermine ensuite la moyenne des marches à +4°C et +36°C.
La soustraction de la deuxième moyenne de la première donne l'erreur secondaire de la compensation.

Reprise de marche :

C'est la différence des marches mesurées en position verticale haut aux première et dixième périodes de l'épreuve.

Variation des marches moyennes du cadran en haut au cadran en bas.

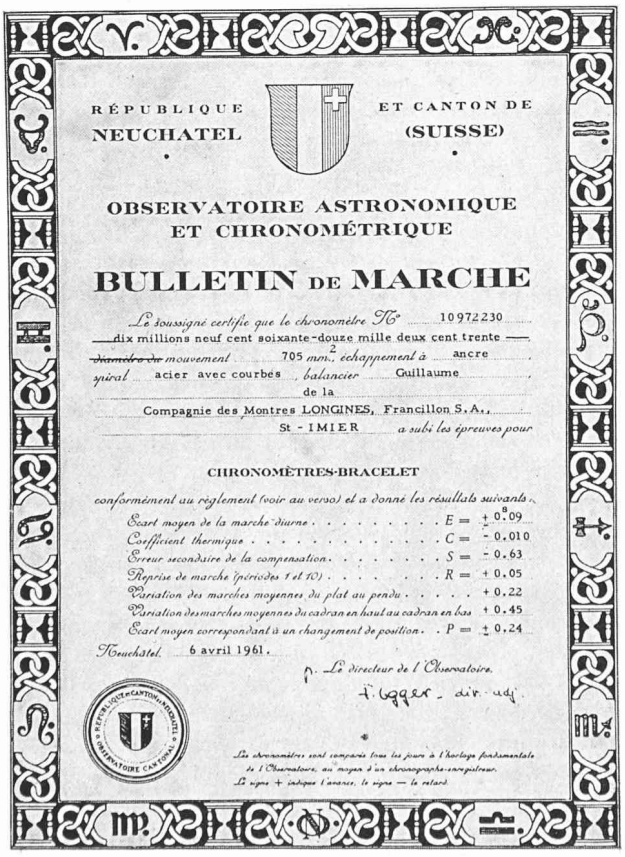
Ecart moyen correspondant à un changement de position.

Positions verticale haut, gauche ou bas, indique que le pendant est en haut, à gauche ou en bas.

Un bulletin d'observatoire ne s'obtient pas sans autre. Les limites de réglage doivent être respectées dans chaque cas. L'énumération des différents critères donne une idée des qualités scientifiques et techniques requises pour obtenir un tel résultat.

Evolution

Depuis longtemps, les chronomètres qui ont obtenu des bulletins d'observatoire ont rendu les services que l'on sait. Cependant, la recherche scientifique a fait la découverte d'autres bases de fréquence, le cristal de quartz et le diapason, par exemple. Il s'ensuivit l'étude et la construction d'autres garde-temps pilotés par des quartz. Ceux-ci sont déjà largement utilisés dans les observatoires astronomiques. Leur précision aussi bien que les applications que l'on peut en tirer sont connues. Il est, par contre, un autre domaine où ces instruments sont fort appréciés, c'est celui du chronométrage sportif. En utilisant des montres chro-



RÉPUBLIQUE NEUCHATEL ET CANTON DE (SUISSE)

OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE ET CHRONOMÉTRIQUE

BULLETIN DE MARCHE

Le soussigné certifie que le chronomètre N° 10972230 dix millions neuf cent soixante-douze mille deux cent trente ~~Diamètre du~~ mouvement 705 mm², échappement à ancre, spiral acier avec courbes, balancier Guillaume, de la Compagnie des Montres LONGINES, Francillon S.A., St-IMIER a subi les épreuves pour

CHRONOMÈTRES-BRACELET

conformément au réglement (voir au verso) et a donné les résultats suivants :

Ecart moyen de la marche diurne	E =	± 0s.09
Coefficient thermique	C =	- 0.010
Erreur secondaire de la compensation	S =	- 0.63
Reprise de marche (périodes 1 et 10)	R =	+ 0.05
Variation des marches moyennes du plat au pendu		+ 0.22
Variation des marches moyennes du cadran en haut au cadran en bas		+ 0.45
Ecart moyen correspondant à un changement de position	P =	± 0.24

Neuchâtel 6 avril 1961.

p. Le directeur de l'Observatoire.

T. Wyger - dir. adj.

Les chronomètres sont comparés tous les jours à l'horloge fondamentale de l'Observatoire, au moyen d'un chronographe-enregistreur.
Le signe + indique l'avance, le signe — le retard.

Fig. 3. — Bulletin de marche de l'Observatoire astronomique et chronométrique de Neuchâtel.
Ce bulletin concerne les résultats obtenus avec un chronomètre bracelet.

Fig. 4. — Appareil de chronométrage à bande enregistreuse.

Fig. 5. — Horloge à quartz portative pour la commande d'appareils de chronométrage.

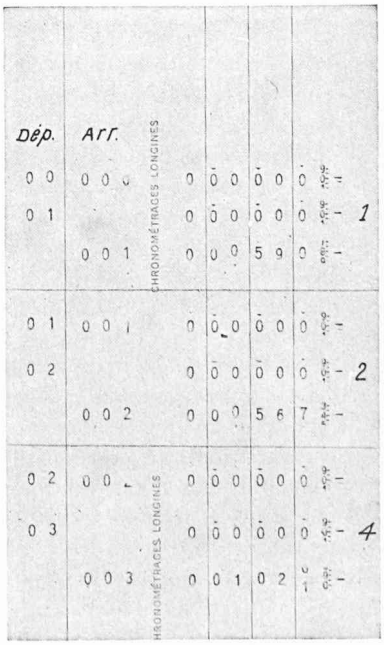


Fig. 6. — Bande enregistreuse avec impression du temps au centième de seconde.

nographes, on est toujours soumis à certaines fonctions mécaniques indécises, qui se produisent même dans la pièce la mieux conditionnée. L'introduction de l'horloge à quartz a supprimé cette indécision. De plus, il est discutable, au moyen d'une montre, de garantir des mesures au-delà du dixième de seconde. Ceci est dû à des raisons mécaniques (désarmage très rapide du ressort de barillet, difficulté d'ajuster un balancier-spiral qui exécute 360 000 alternances à l'heure), qui ne peuvent être éliminées. L'utilisation du quartz supprime ces inconvénients. On évolue tellement dans ce domaine qu'il vaut la peine de parler du chronométrage sportif, un autre aspect de la mesure du temps.

Le chronométrage sportif

Le chronométrage sportif a été surtout développé par les exigences des sports mécaniques, l'automobile en particulier. Le contrôle des tentatives de record a d'emblée posé des problèmes où l'exactitude des mesures devenait indispensable. D'un autre côté, il fallut le perfectionnement des pièces compliquées pour rendre possibles ces contrôles. En effet, l'apparition des montres chronographes à aiguilles de rattrapante a permis de fixer le temps sur un cadran. L'aiguille trotteuse de chronographe continue sa marche jusqu'à ce qu'on la fasse rattraper par l'autre aiguille. On introduisit en 1912 déjà le chronométrage électrique automatique. Plus d'intervention humaine, les concurrents déclenchaient eux-mêmes les fonctions d'une montre chronographe en coupant le fil d'un dispositif approprié tendu à travers la piste. Les pièces chronographes étaient alors montées sur des coffrets pourvus d'électro-aimants. Le contact provoqué par la rupture du fil permettait le fonctionnement des poussoirs du chronographe. Ce système fut utilisé de nombreuses années. Il l'est du reste encore. Le fil a été remplacé par le rayon lumineux de la cellule photo-électrique. Suivant la nature des contrôles, on se sert aussi d'autres moyens pour enregistrer les passages, par exemple les dispositifs pneumatiques.

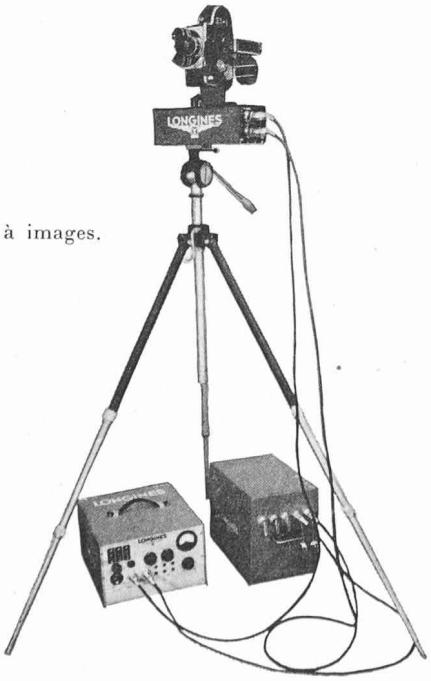


Fig. 7.
Caméra à images.

Après la deuxième guerre mondiale, devant les exigences du sport en général, les recherches ont été orientées vers d'autres principes. Le garde-temps classique est devenu insuffisant pour chronométrer certaines disciplines. En effet, l'emploi de la montre mécanique présente certains inconvénients. On ne peut avec ce moyen mesurer avec précision des temps dont l'exactitude dépasse le dixième de seconde. Il existe, comme

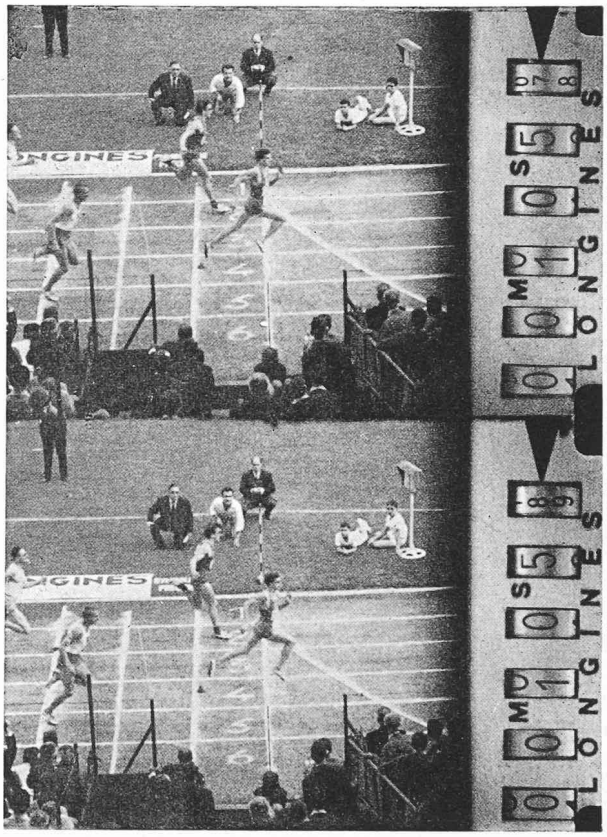


Fig. 8. — Film obtenu avec la caméra à images.
Temps au centième de seconde.

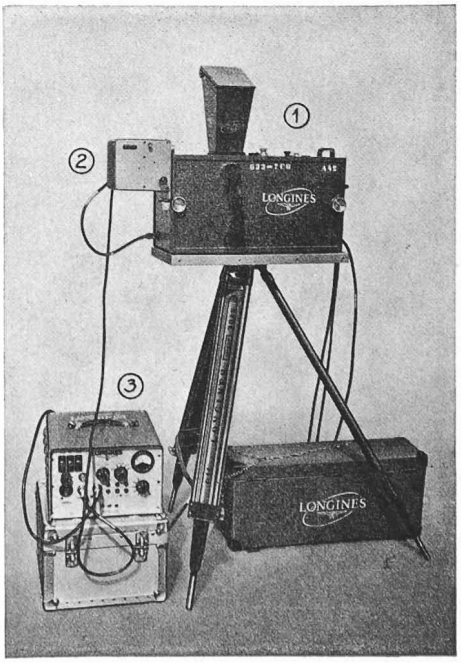


Fig. 9. — Caméra à fente.

on l'a dit plus haut, une incertitude mécanique, même dans le mécanisme de chronographe le mieux construit. De plus, des sports qui doivent établir des records absolus nécessitent la disposition du centième de seconde. C'est le cas en particulier pour les tentatives automobiles ou motocyclistes telles qu'elles se pratiquent notamment dans le désert du Grand Lac Salé, aux Etats-Unis. Avec des vitesses de l'ordre de 300 km/h une variation de quelques centièmes de seconde peut compromettre un résultat. Il en est de même pour plusieurs genres de compétitions où la qualité des concurrents se développe à un tel point que les résultats se départagent non seulement au dixième mais au centième de seconde. C'est le cas de l'athlétisme, du cyclisme, du ski et du bobsleigh. Les constructeurs ont pensé aux caractéristiques du quartz piézo-électrique. On a ainsi créé des horloges à quartz, où le cristal est thermiquement contrôlé. Ces garde-temps pilotent des appareils enregistreurs où le temps s'imprime au centième de seconde sur une bande de papier. Ces enregistreurs sont constitués par un moteur synchrone alimenté par le courant fourni par l'horloge à quartz et qui commande un dispositif imprimeur. L'ensemble est contrôlé par exemple par l'Observatoire chronométrique de Neuchâtel. Les certificats délivrés accusent des marches dont les variations sont de l'ordre de quelques millièmes de seconde en vingt-quatre heures. Ce sont incontestablement les garde-temps portatifs les plus précis que l'on connaisse aujourd'hui. Les temps de passage sont généralement enregistrés au moyen des impulsions produites par le jeu de la cellule photo-électrique ou tout autre dispositif approprié. Ainsi, tous les temps sont inscrits sur la bande de papier, accompagnés d'un numéro de référence. On dispose ainsi d'un avantage important. La bande de papier constitue un document d'archive sur lequel il est possible de retrouver après coup, si besoin est, tous les contrôles, et de procéder à des vérifications qui peuvent s'avérer très utiles.

Un autre problème important a été posé aux constructeurs d'appareils de chronométrage. Certaines courses, comme les courses d'athlétisme, l'aviron, les courses de chevaux, le cyclisme, ont la particularité de présenter des arrivées en masse compacte. Dès lors, les moyens d'enregistrement comme la cellule photo-électrique deviennent illusoires. On pourra bien mesurer le temps du premier sans pouvoir déterminer les autres temps. Il s'agit d'opérer une discrimination que l'œil humain est incapable de réaliser. C'est alors que l'on a eu recours au cinéma. Celui-ci fixe les positions des concurrents sur la ligne d'arrivée. Un second système de prise de vue incorporé à l'appareil permet de filmer simultanément le temps correspondant indiqué par les chiffres d'une série de tambours mus par un moteur synchrone. Ce dernier est lui-même commandé par l'horloge à quartz dont il a été fait mention plus haut.

Il existe en principe deux types de caméras utilisés en chronométrage sportif. L'une d'elles est la caméra à images. Elle est du type classique, mais le déroulement du film est réglable selon le genre d'épreuve à 25, 50 et 100 images à la seconde. Fait à remarquer, la production de 100 images à la seconde constitue une limite mécanique pour les caméras classiques. Une plus grande vitesse de prise de vue nécessite l'emploi d'appareils d'une construction complètement différente. L'ensemble de la prise de vue est équipé d'un dispositif optique qui filme le temps simultanément. A chaque image correspond un temps. Si la vitesse de déroulement du film est de 100 images / sec, à chaque image correspondra un centième de seconde. A 50 images / sec, on aura une différence de 2 centièmes de seconde par image, et de 4 centièmes pour 25 images / sec. Les séquences peuvent être sorties de l'appareil, développées et fixées en l'espace de 20 secondes dans un appareil de développement portatif.

Le second type d'appareil de prise de vue est la caméra à fente. Elle a l'avantage de permettre une vision continue de ce qui se passe sur la ligne d'arrivée. Un compteur de temps analogue à celui utilisé pour la caméra à images permet une impression du temps en regard du déroulement des images. Le réglage de cet appareil demande quelques ajustements. Il importe que la vitesse de déroulement du film soit synchronisée avec l'allure générale de la course. Si cette précaution n'est pas prise, on s'expose à ce que la photographie présente une déformation gênante des objets. Tout est prévu pour que les éléments de l'instrument puissent être très bien réglés. Le dévelop-

Fig. 10. — Film obtenu avec la caméra à fente.
Temps au centième de seconde.

pement du film est continu, c'est-à-dire que celui-ci sort de l'appareil développé et fixé. La pellicule peut être examinée plus grande sur un dispositif à projection. Elle est prête à être présentée également sous forme d'agrandissement photographique.

Les deux caméras qui viennent d'être mentionnées sont bien dans le cadre de la mesure du temps, puisque les images qui sont ainsi représentées ont toutes une position qui permet de situer la durée qui s'est écoulée par rapport à la référence choisie.

Conclusions

Il y a d'autres aspects de la mesure du temps. On pourrait en effet dire encore beaucoup de choses de présentations très modernes telles que celles de la montre électrique, montre électronique, horloge moléculaire. On pourrait aussi empiéter sur l'avenir et parler d'un satellite artificiel gravitant autour de la terre en émettant des signaux horaires. La montre se présenterait alors sous la forme d'un récepteur très simplifié. Les applications de la mesure du temps à la vie des hommes sont illimitées. Tout n'est-il pas si bien ordonné dans cet univers ? Le temps qui s'écoule uniformément, cette durée dont sont fonction tant de phénomènes naturels sont en effet mesurés par des moyens très divers. Les quelques aspects décrits sont bien peu de chose en face de l'étendue du problème. Le but était de montrer les efforts qui ont marqué dans tous les temps le souci de ceux qui se sont attachés à la recherche de solutions encore plus précises. S'il y a la recherche, il y a aussi l'homme qui se penche sur la complexité du problème. Il le forge, le polit, l'adapte, le transforme. Cette base de fréquence balancier-spiral, qui est le cœur de la montre mécanique, s'est transformée en base électronique. L'homme en a tiré des principes inédits pour mesurer le temps qui s'en va vers l'Eternité.

L'ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU DU LÉMAN

par le Dr E. MATTHEY, ingénieur-chimiste EPUL, chimiste cantonal, chargé de cours à l'Université, président de la sous-commission franco-suisse d'experts contre la pollution du Léman [1]

Introduction

Dès le début du siècle, quelques savants se sont préoccupés de la qualité de l'eau du Léman soit par pure recherche scientifique (Forel), soit dans un but pratique (pompage pour l'alimentation de Paris notamment, travaux de Delbecque).

Plus près de nous, des chercheurs (Monod, Novel, Dussart) ont étudié l'eau en quelque endroit précis, ou se sont attachés à un seul aspect du problème, dans un secteur déterminé.

La nécessité d'une étude d'ensemble réalisée par les instituts compétents de Haute-Savoie, de Genève, du Valais ou du canton de Vaud se faisait sentir, ne fût-ce que pour justifier en pleine connaissance de cause les motifs invoqués pour réaliser les grands travaux d'assainissement des eaux qui se déversent dans le lac.

Il convient aussi que de part et d'autre de la frontière, les mêmes observations — appréciées selon les mêmes critères — incitent les instances compétentes à dicter les mêmes mesures, dans le cadre de textes légaux, peut-être différents dans la forme, mais semblables quant au but à atteindre.

D'où l'étude systématique d'ensemble entreprise depuis 1957, conjointement par

1° la Station de recherches lacustres de Thonon (Eaux et Forêts de France) ;
2° le Centre de recherches géodynamiques de Thonon (Université de Paris) ;
3° l'Institut d'hygiène de Genève ;
4° le Laboratoire cantonal de Sion ;
5° le Laboratoire cantonal vaudois.

Le programme étant défini, les méthodes de travail unifiées, les observations ont été faites simultanément sept fois par an, en surface et en profondeur, en trente points fixés selon la topographie sous-lacustre et le cadastre des pollutions.

Les observations accumulées de 1957 à 1960 y compris, constituent un apport énorme. 23 000 données analytiques chimiques, 500 graphiques, 5000 déterminations bactériologiques ont dû être collationnés et interprétés, desquels nous allons tenter de dégager les grandes lignes essentielles.

La pollution

Elle n'est pas forcément visible. Les souillures, malheureusement par trop spectaculaires, dues aux gadoues ou à tous autres déversements intempestifs libres, n'en sont que la cause. Lorsqu'elle devient visible dans l'eau elle-même, la pollution est grave ou accidentelle, donc momentanée. Invisible, elle n'en est que plus insidieuse parce que latente ou permanente.

Elle apparaît comme un déséquilibre qui se manifeste plus ou moins rapidement entre divers facteurs de nature chimique ou biologique.

Dans une eau non polluée, l'auto-épuration réalise le cycle complet de la minéralisation de l'azote organique (principalement des protéines) en azote minéral jusqu'au stade de l'oxydation maximum, c'est-à-dire en nitrates. Elle est aidée en cela par l'action des rayons ultraviolets de la lumière solaire, qui agit en véritable bactéricide des micro-organismes de la pollution, s'ajoutant

[1] Cette étude est tirée du Recueil de travaux offert au professeur **A. Stucky,** en hommage de reconnaissance, sur l'initiative de l'*Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de Lausanne*, le 27 octobre 1962, l'année de son 70e anniversaire.