

Problèmes de l'heure astronomique

Autor(en): **Blaser, J.-P. / Schler, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **37 (1959)**

Heft 1: **Zeit- und Frequenzbestimmung = La détermination du temps et de la fréquence**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875422>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

beträgt. Dazu ist zu bemerken, dass ein atomares Frequenznormal zu jedem beliebigen Zeitpunkt dieselbe Frequenz mit einem relativen Fehler von $\pm 10^{-10}$ ergibt. Bei einer Quarzuhr meint man aber damit eine *mittlere* Frequenzänderung von $\pm 10^{-10}$ je Tag. Wie weit aber die Frequenz der Quarzuhr in einer Woche oder einem Monat abgewichen sein wird, kann man nie mit Sicherheit voraussagen. Erst das atomare Frequenznormal gestattet es, eine über lange Zeiträume konstante Frequenz zu bewahren und damit im Laboratorium eine von den Bewegungen der Himmelskörper unabhängige gleichförmige Zeit zu definieren.

Bibliographie

- [1] *Scheibe A.* Proc. V^e Congrès International de Chronométrie, Paris 1954, **1** (1955), 47.
- [2] *Smith H. M.* Monthly Notice Royal Academical Society **113** (1953), 67.
- [3] Ann. Franç. Chronométrie **10** (1956), 95.
- [4] *Blaser J. P.* und *J. De Prins.* Nature **182** (1958), 859.
- [5] *Blaser J. P.* und *J. Bonanomi.* Nature **182** (1958), 859.
- [6] *Markowitz W., R. G. Hall, L. Essen* und *J. V. L. Parry.* Phys. Rev. Letters **1** (1958), 105.

Adresses der Autoren:

- J. De Prins*, dipl. phys. Université Libre de Bruxelles, Laboratoire suisse de recherches horlogères, Neuchâtel.
- P. Kartaschoff*, dipl. el. ing. ETH, Laboratoire suisse de recherches horlogères, Neuchâtel.

J.-P. BLASER et W. SCHULER, Neuchâtel

Problèmes de l'heure astronomique

529.71/74

Introduction

Le temps a été, depuis l'origine, mesuré et défini à l'aide du mouvement des astres. Pourquoi? En effet, n'importe quel phénomène qui se répète permet, en principe, de mesurer le temps. Les mouvements périodiques des astres, en particulier leur rotation ou révolution, ont fourni à l'homme une horloge parfaite: visible de partout, ne s'arrêtant jamais et surtout si précise qu'encore actuellement sa précision dépasse sensiblement celle des autres étalons fondamentaux, ceux de la masse et de la longueur. Toutefois, l'inexactitude de l'heure basée sur la rotation de la terre, le temps universel, a été mise en évidence il y a un demi-siècle environ par les écarts observés entre les prédictions de la mécanique céleste et l'observation. (Voir *tableau I*).

Ces recherches, prouvant l'existence de variations lentes et irrégulières de la vitesse de rotation de la terre, sont restées sans conséquence en dehors de l'astronomie jusqu'à l'apparition des étalons atomiques de fréquence. Entre temps, les horloges à quartz avaient dépassé très largement la précision des pendules astronomiques et avaient permis de découvrir un autre type d'irrégularité de rotation de la terre, de caractère saisonnier, qui avait échappé jusque là aux méthodes de mécanique céleste qui ne sont utilisables que sur de longs intervalles. Comme nous venons de le voir dans les communications précédentes, les étalons atomiques sont plus que d'excellentes horloges permettant de relier entre elles des déterminations astronomiques. Ils sont de véritables étalons fondamentaux permettant de définir une unité de temps nouvelle qui, à bien des points de vue, est plus satisfaisante que l'unité astronomique. Avant de voir comment faire usage de ces nouvelles possibilités de définir le temps, examinons l'état actuel des techniques astronomiques de mesure du temps.

Le temps universel

L'heure définie comme temps universel est simplement la phase d'un point fixe sur la terre en rotation (*Greenwich*) mesurée à partir d'une origine. Cette origine, le point vernal, est elle-même mobile à cause des mouvements complexes de précession de la terre provoqués par l'attraction de la lune et du soleil sur le bourrelet équatorial de la terre aplatie. Nous savons aujourd'hui que ce temps universel est loin d'être uniforme au cours du temps, mais subit des variations

Tableau I

La différence entre le temps des éphémérides et le temps universel depuis l'année 1800. $T_E - T_U$ indique le retard de la rotation de la terre, $\Delta v/v$ est l'écart de la fréquence de rotation

Epoque	$T_E - T_U$	$\Delta v/v$	Epoque	$T_E - T_U$	$\Delta v/v$
	s	10^{-8}		s	10^{-8}
1800.0	+6.4		1910.0	+9.3	-4.4
1805	+5.3		1915	+15.8	-3.4
1810	+4.4		1920	+20.1	-2.1
1815	+3.6		1925	+22.6	-0.8
1820	+4.0	+1.7	1930	+23.1	-0.4
1825	+2.9	+1.1	1935	+23.6	0.0
1830	+1.7	+0.6	1940	+23.9	-1.0
1835	+0.2	+1.3	1945	+26.2	-1.6
1840	+0.3	-0.7	1950	+29.3	-1.8
1845	+1.0	-0.8	1952.8	+29.6	
1850	+2.2	-0.6	1953.3	+30.7	
1855	+3.4	-0.4	1953.8	+30.3	
1860	+3.7	+0.4	1954.3	+30.1	
1865	+1.7	+1.3	1954.8	+29.7	
1870	-1.0	+3.5	1955.3	+30.2	
1875	-6.8	+2.1	1955.8	+30.1	
1880	-7.7	+0.2	1956.3	+30.6	
1885	-7.9	-0.3	1956.8	+30.2	
1890	-7.6	+0.3	1957.3	+30.5	
1895	-7.3	-0.9	1957.8	+31.4	
1900	-4.5	-3.4	1958.3	+31.0	
1905	+2.6	-4.6			

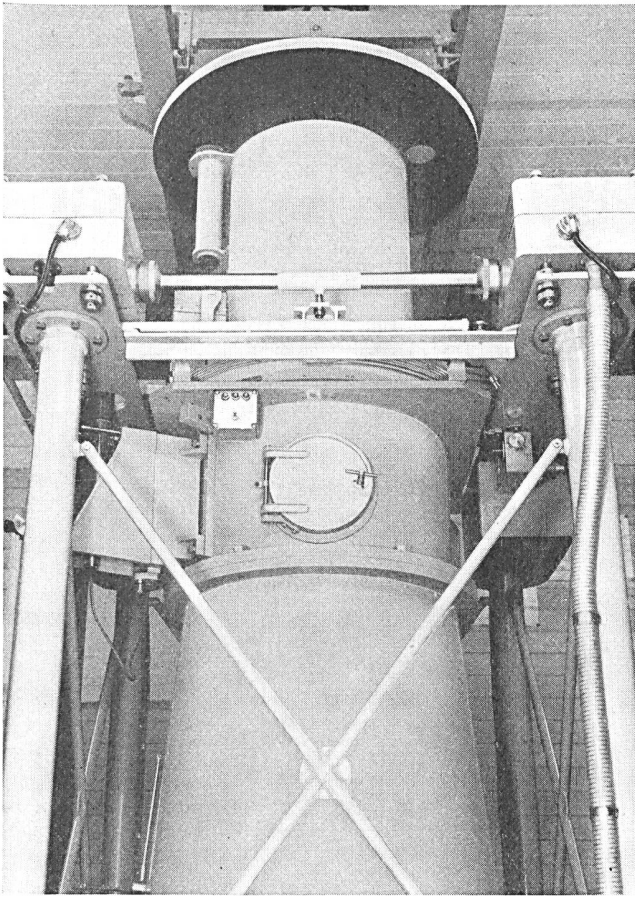


Fig. 1. La lunette zénithale photographique de l'Observatoire de Neuchâtel.

Cet instrument entièrement automatique enregistre le passage d'étoiles aux environs immédiats du zénith

sensibles de trois types assez bien séparables: Un ralentissement séculaire, des variations saisonnières et des changements, en apparence aléatoires, s'étendant sur des périodes de plusieurs années.

Pourquoi, si la terre est une si mauvaise horloge, continue-t-on à mesurer le temps universel avec tant d'efforts? Il y a d'abord une raison pratique. La géodésie et la navigation ont besoin du temps universel pour leurs mesures. Les progrès auxquels on peut s'attendre dans les techniques radioélectriques laissent tout de même prévoir que l'on pourra finalement se passer des méthodes astronomiques pour la navigation. Ensuite, toute l'astronomie de position, dont les travaux secondent de façon très importante l'exploration de l'univers par l'astrophysique, aura toujours besoin de savoir la position exacte de la terre dans l'espace, donc de connaître le temps universel et les variations du pôle. Finalement, si les variations de sa rotation font de la terre une mauvaise horloge par rapport aux horloges atomiques, la situation retournée promet un grand profit pour la géophysique qui pourra étudier en détail les causes de ces irrégularités de rotation.

Ceci explique pourquoi un grand effort est encore justifié pour améliorer la précision des déterminations du temps universel et de la latitude. Deux instruments

nouveaux servant à ce but sont présentés sur les figures 1 et 2. La lunette zénithale photographique est probablement le plus précis des deux et se prête admirablement à la mesure automatique de routine. L'astrolabe Danjon complète fort bien le premier en ouvrant la possibilité importante d'améliorer graduellement la position des étoiles des catalogues fondamentaux qui sont à la base de l'étude de la rotation de la terre. Ces deux instruments ont en commun une précision instrumentale pratiquement parfaite, c'est-à-dire la précision ne semble plus être limitée que par les anomalies de la réfraction atmosphérique.

La figure 3 montre que les écarts résiduels sont de l'ordre de 0,05 seconde d'arc pour une nuit d'observation, mais que cette limite ne peut être réduite que par des moyennes sur plusieurs nuits. La figure 4 montre des points obtenus ainsi et révélant, rapportés au temps atomique tel qu'il a été défini dans la communication précédente, les variations saisonnières ainsi qu'un écart subit de la rotation de la terre en 1957.

Le temps des éphémérides

Le temps universel ayant perdu son uniformité, il n'est plus d'aucune utilité pour définir l'unité du

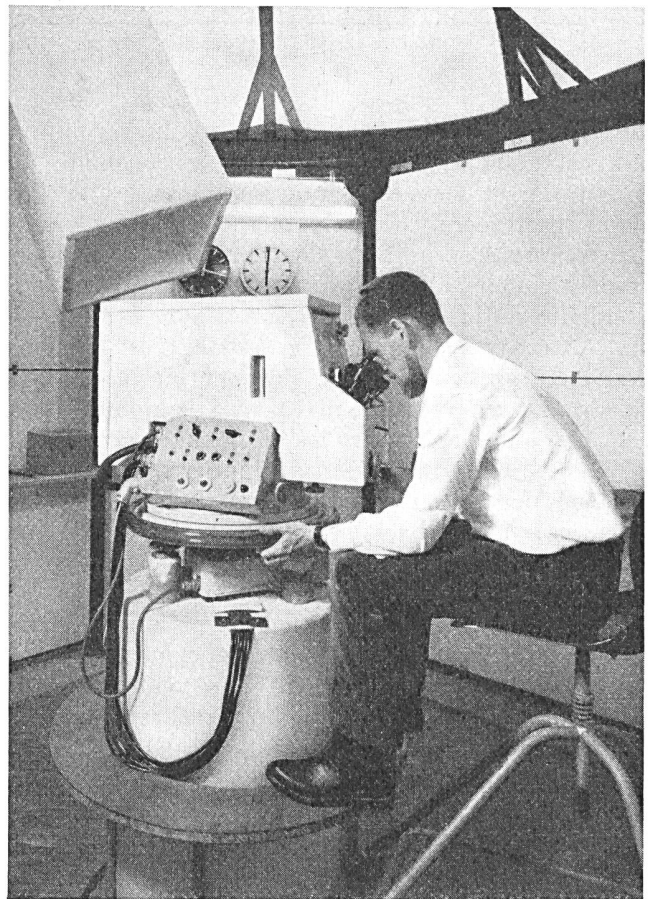


Fig. 2. L'astrolabe Danjon de la station de la Vue-des-Alpes.

Cet instrument permet d'observer le passage des étoiles à 60° au-dessus de l'horizon. Comme la lunette zénithale photographique, l'astrolabe permet la détermination simultanée de l'heure et de la latitude

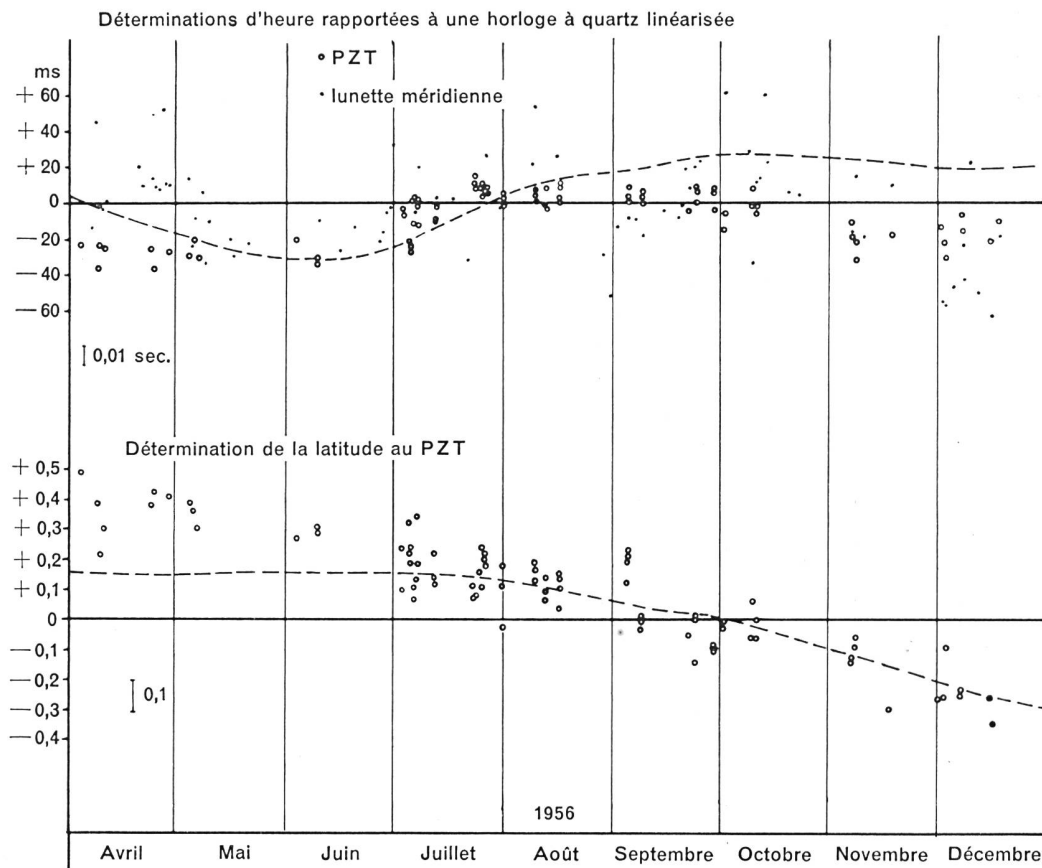


Fig. 3.
 Résultats des mesures de l'heure et de la latitude effectuées en 1956 avec la lunette zénithale photographique

temps. D'autre part, les mouvements de révolution des astres ne dépendent que de la constante de gravitation et des masses qui sont si grandes qu'elles ne peuvent guère varier. Les méthodes de la mécanique céleste sont suffisamment précises aussi. Pour utiliser comme unité de temps cette variable indépendante de la mécanique céleste, il ne reste donc qu'à observer la révolution des astres. C'est là qu'intervient la difficulté: ces mouvements sont si lents qu'ils ne permettent de fixer avec haute précision relative que des intervalles de temps très longs. Pour la détermination pratique du temps des éphémérides, on a recours au mouvement de la lune bien que son orbite soit beaucoup plus perturbée que celles des planètes. La lune tourne autour de la terre trente fois moins vite que la terre sur elle-même. Sa surface rugueuse la rend difficile à pointer par surcroît, si bien que le temps des éphémérides n'est fixable qu'à environ un dixième de seconde de temps par une seule observation. On s'est servi depuis longtemps à cet effet des occultations d'étoiles par la lune, mais celles-ci étant relativement rares, un grand progrès a été la mise en service, ces dernières années, de la caméra lunaire de Markowitz permettant d'effectuer un nombre de mesures beaucoup plus grand et de s'approcher sur des intervalles de l'ordre d'une ou deux années, de la précision des étalons atomiques de fréquence.

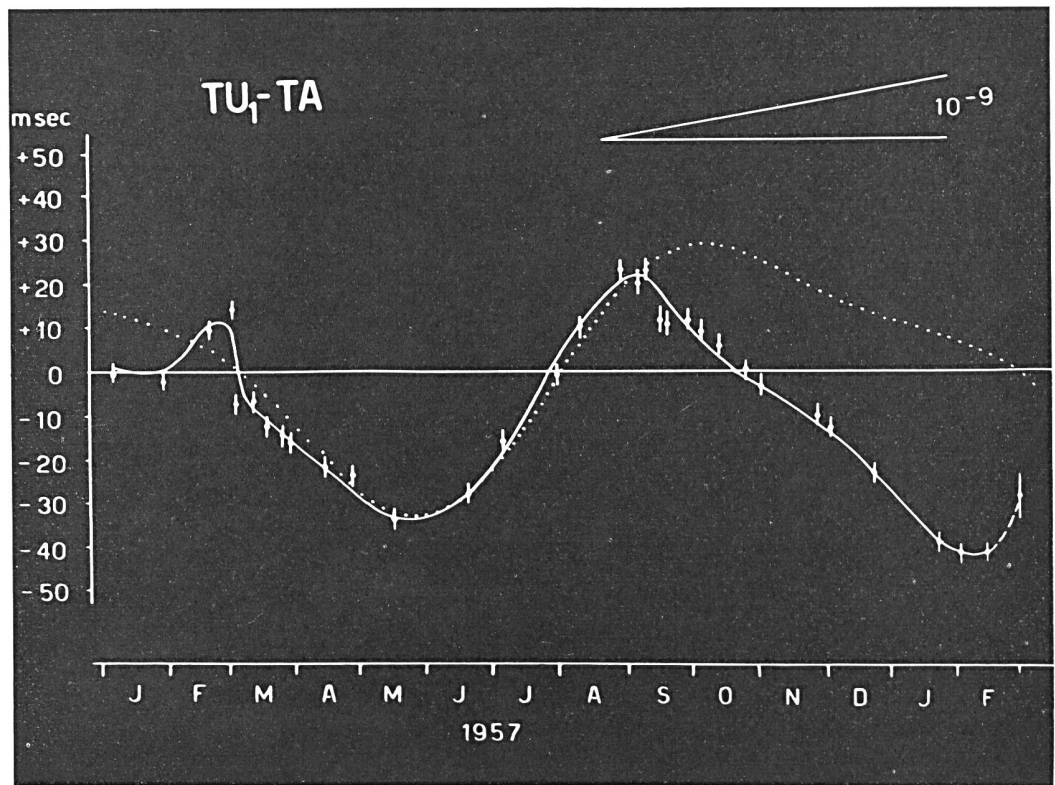
Une autre possibilité des plus intéressantes serait le lancement de satellites artificiels dans des orbites

convenables et qui pourraient être utilisés comme horloge battant le temps des éphémérides. Pour être mesurables avec haute précision, ces satellites ne devraient pas être trop éloignés de la terre et on ignore encore si leur révolution sera suffisamment peu perturbée par divers facteurs tels que les gaz résiduels, les météores, les champs magnétiques et électriques, etc.

L'unité de temps

Le problème de l'unité de temps est compliqué par le fait que le temps présente une nature double. D'une part, la notion d'heure, d'autre part, celle d'intervalle de temps. Seule l'unité d'intervalle intervient comme unité fondamentale dans les lois de la physique. Dans la mécanique céleste qui s'occupe pour ainsi dire d'une série d'expériences ininterrompues, on mesure également des intervalles, mais comptés à partir d'une origine unique fixée une fois pour toutes, ce qui mène à la notion d'heure. Actuellement, il est établi que les étalons atomiques permettent de mesurer des intervalles, même de plusieurs années, avec une précision supérieure aux méthodes astronomiques. Il est probable que les horloges atomiques seront encore perfectionnées et qu'elles ne pourront plus être rejointes par les mesures astronomiques du temps. Faut-il donc abandonner le temps astronomique et s'en remettre au temps physique? Il n'est pas désirable d'opérer déjà ce choix et ceci pour deux raisons. D'abord,

Fig. 4.
Les variations de la rotation de la terre mises en évidence par l'écart entre le temps universel déterminé avec la lunette zénithale photographique et l'heure atomique définie par l'étalon atomique Maser du Laboratoire suisse de recherches horlogères (LSRH)



aussi bien le temps des éphémérides que le temps atomique dépendent de constantes physiques fondamentales également satisfaisantes. Il ne saurait donc être question d'en choisir par principe un plutôt que l'autre comme unité fondamentale. Il s'agit plutôt de les utiliser parallèlement pour en établir le rapport exact et s'assurer que ce rapport est lui-même constant. Ensuite la nature double du temps fait que ce qui est facile pour l'étalon atomique, la mesure d'intervalles, est difficile pour l'astronomie, tandis que l'heure, que l'astronomie obtient directement, ne se trouve qu'en intégrant les fréquences atomiques. Tandis que l'astronome ne serait nullement embar-

rassé de retrouver un instant dans un siècle avec haute précision, aucun physicien n'aimerait actuellement s'engager à garantir pour cent ans une heure atomique.

Nous voyons en conclusion que la collaboration et le partage des tâches entre l'astronomie et la physique, dans le domaine de la mesure du temps, ouvre des perspectives de recherches nouvelles qui ne manqueront pas de fournir des résultats passionnants.

Adresses des auteurs: *Jean-Pierre Blaser*, directeur de l'Observatoire cantonal, Neuchâtel.

W. Schuler, directeur adjoint à l'Observatoire de Neuchâtel.