

Horologes newtoniennes et problèmes d'astrophysique

Autor(en): **Tiercy, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): - **(1952)**

Heft 34

PDF erstellt am: **31.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900523>

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.

Horloges newtoniennes et problèmes d'astrophysique*

Par G. TIERCY

1. C'est évidemment la première partie du titre qui va donner le caractère ou l'allure de cet exposé; dans la dernière partie, nous indiquerons comment on peut envisager que l'astrophysique pourrait être mêlée à cette affaire.

Parler d'horloges newtoniennes, c'est faire allusion à une unité de mesure du temps qui se conserve indéfiniment égale à elle-même. Et cela nous amène à poser immédiatement la question suivante, dont l'importance est évidente: «l'unité astronomique universelle de temps est-elle constante?».

Cette question est aussi essentielle pour les astronomes que pour les chronométriers et les physiciens. Elle n'est pas nouvelle; Kant s'en préoccupait déjà; des astronomes et des géophysiciens éminents, comme H. Poincaré, G.-I. Taylor, H. Jeffreys, lui ont accordé toute leur attention; et les astronomes actuels l'étudient avec soin. En fait, c'est là une des questions capitales.

Il ne sera pas inutile de rappeler ici, tout d'abord, à quel principe répond le temps pratique des astronomes. Il a son origine dans la rotation de la Terre autour de l'axe passant par les pôles de celle-ci. Il s'agit de compter les «tours» de ce corps en rotation. Cette horloge fondamentale est propre à définir le temps. Et ce sera un temps newtonien, à condition que la rotation en cause soit uniforme.

Il est donc nécessaire de voir si tel est bien le cas.

2. Mais, avant d'examiner ce point, il convient de faire la remarque suivante: lorsqu'on dit que, dans un système isotrope, un phénomène naturel se développe et évolue identiquement, quel que soit le lieu considéré, on suppose déjà une définition du temps. Il y a là une difficulté indéniable.

Remarquons aussi que, pour définir un temps, on parle très souvent de «mouvement uniforme», sans relever que cette expression fait elle-même appel à la définition du temps. Mais, ces remarques d'ordre philosophique faites, revenons à l'unité pratique du temps astronomique.

* Résumé d'une conférence faite à l'occasion de l'Assemblée générale de la Société suisse d'Astronomie, le 10 mai 1951, à Lausanne.

3. La Terre en rotation constitue l'horloge fondamentale. Il suffit de compter les tours de cette toupie pour mesurer le temps physique qui s'écoule. L'étalon de temps, le «jour», est la durée qui s'écoule entre deux passages consécutifs d'un repère fixe de la sphère céleste au méridien d'un même lieu. Et l'on compte les jours; entre deux phénomènes donnés, on sait alors que la toupie terrestre a fait un certain nombre de tours entiers et une fraction de tour; nos horloges nous renseignent. Mais, dira-t-on, ce temps pratique de nos horloges réglées sur la rotation de la Terre est-il le temps «newtonien» de la Mécanique céleste, ce temps absolu «vrai et mathématique», qui passe d'une façon égale, parfaitement uniforme?

Cela ne peut être que si nos jours, exprimés en temps newtonien, ont tous rigoureusement la même durée. Pendant longtemps, on l'a cru; et l'observation semblait confirmer cette opinion; Laplace la proclame dans son traité de Mécanique céleste (Paris, an VII, 1798).

Cette conclusion s'obtient évidemment dans la supposition où la planète est entièrement solide. En réalité, il faut tenir compte de la fluidité des masses océaniques et de l'atmosphère; en outre, la croûte terrestre est déformable. Il s'ensuit que la constance du «jour» n'est pas certaine; elle est même contredite par l'étude détaillée des observations astronomiques; c'est là un problème très actuel, qui préoccupe grandement les théoriciens de la Mécanique céleste.

4. Il convient d'examiner la chose de plus près.

Voyons d'abord ce que suggère l'observation continue du mouvement de la Lune sur le fond stellaire, par comparaison avec la théorie; nous faisons ici allusion à la «Théorie de la Lune», telle qu'on l'établit selon les lois de la Mécanique céleste.

Cette «Théorie de la Lune» est un des problèmes les plus difficiles de la mécanique; la Lune est en effet soumise à de multiples influences; non seulement elle subit l'attraction de la Terre, mais elle subit encore les actions exercées par le Soleil et par les autres planètes. Dans l'ensemble, la question est fort complexe; et le mouvement de la Lune est très loin d'être le simple mouvement elliptique correspondant aux lois de Képler.

La difficulté de ce problème a poussé de nombreux géomètres à s'en occuper; et la Mécanique céleste a donné la solution du problème de la Lune avec une approximation entièrement satisfaisante. Il y a cependant désaccord entre les résultats de cette théorie et les observations.

Qu'est-ce que cela signifie?

L'analyse de ces constatations permet de conclure que la rotation de la Terre est affectée d'un ralentissement séculaire régulier, très faible d'ailleurs, sur lequel viennent se greffer certaines irrégularités, périodiques ou accidentelles. Nous nous bornerons ici à mon-

trer comment l'existence constatée de cette différence entre la pratique et la théorie conduit à la conclusion que l'horloge représentée par la toupie terrestre prend, compte tenu de toutes les influences, un retard total de 30 secondes par siècle environ sur une horloge idéale newtonienne*.

Remarquons d'abord que la longitude observée L de la Lune est toujours plus grande, au bout d'un certain temps, que la valeur théorique de cette longitude.

Cet écart s'explique tout naturellement si l'on admet que la rotation de la Terre est affectée d'un ralentissement; si tel est le cas, en effet, le temps t n'est plus newtonien; la toupie terrestre tournant moins vite, une rotation trigonométrique réelle de la Terre dure un peu plus qu'une rotation uniforme newtonienne; l'unité de temps pratique devient donc progressivement de plus en plus grande que l'unité newtonienne de temps; de sorte que la mesure t d'une certaine durée en temps terrestre naturel est un nombre plus petit que le nombre t_1 mesurant cette même durée en temps newtonien.

L'étude de ce phénomène de type séculaire et le calcul qui en résulte permettent de trouver quel sera au bout d'un siècle le retard de l'horloge représentée par la toupie terrestre sur l'horloge newtonienne.

Il se trouve que cette manière de voir est confirmée par les observations planétaires; le même phénomène se reproduit ici, le mouvement des planètes montrant aussi une accélération apparente en longitude. Mais, comme pour la Lune, ce n'est là qu'une apparence due au ralentissement de la rotation de la toupie terrestre.

Ainsi, ce ralentissement séculaire, expérimentalement vérifié par les observations des longitudes des corps célestes, Lune et planètes, peut être considéré comme établi.

Il faut ajouter que ces mêmes observations des mouvements de la Lune et des planètes ont attiré l'attention des astronomes sur de petites irrégularités, qui viennent s'ajouter à l'effet du ralentissement séculaire que nous venons de signaler. On les désigne, sous le vocable de «fluctuations». Ce phénomène présente des influences périodiques à côté d'autres accidentelles. La fluctuation complète est difficile à représenter par une formule; il est impossible d'en tracer une courbe simple. Ainsi, par l'influence combinée de la perturbation retardatrice séculaire due essentiellement à l'action de la Lune, et des perturbations périodiques ou irrégulières groupées sous le nom de fluctuation, l'unité pratique de temps, la seconde de temps astronomique universel, n'est pas invariable. Le temps astronomique universel n'est pas newtonien. S'il est commode pour la pratique de tous les jours, il ne peut plus satisfaire l'astronome et le physicien. Et l'on est amené à choisir une autre définition pour disposer d'une unité de temps absolument cons-

* Bulletin astronomique, Paris 1950.

tante, pouvant servir d'étalon de contrôle. C'est ce qu'a proposé de faire la «Commission de l'heure» de l'Union internationale d'astronomie, lors de l'assemblée générale de l'Union en 1948.

On peut encore faire appel à des phénomènes oscillatoires de grande fréquence, ou bien s'adresser aux mouvements mêmes de la Lune et des planètes. Mais, dans ce dernier cas, les mesures de temps indispensables seront moins commodes à faire! (Nous reviendrons sur ce point au No. 7.)

5. Disons quelques mots de la cause du ralentissement de type séculaire de la rotation terrestre, qui contribue pour 10 à 12 sec. au retard total de 30 sec. par siècle de l'horloge terrestre. On trouve là un problème épineux, lié à la connaissance de la forme du méridien; c'est toute la géodésie supérieure qui est mise en cause, en même temps que les calculs précessionnels.

Il y a longtemps qu'on soupçonne que les marées, conséquence de l'action de gravitation exercée par la Lune, sont responsables, au moins en partie, du retard séculaire en question; c'est le résultat du frottement des masses océaniques sur le fond des mers et sur les côtes; cela entraîne une perte d'énergie pour la Terre, ce qui contribue au ralentissement dont il s'agit. Mais ce n'est pas tout; il faut ajouter à cette énergie perdue par frottement celle dissipée dans la déformation des masses en jeu, celle des masses liquides d'abord, puis et surtout celle de l'écorce terrestre sous l'influence des forces lunaires; sous l'action de ces forces, la forme du globe terrestre tend à s'allonger selon l'axe Terre-Lune; mais cette déformation, comme celle des masses d'eau océaniques, est retardée par la viscosité de la matière; autrement dit, la déformation est toujours en retard par rapport à la direction de la Lune; d'où un couple tendant à ralentir le mouvement de rotation de la Terre.

Il semble bien que l'énergie ainsi perdue est suffisante pour expliquer le ralentissement démontré par l'observation. On a essayé d'évaluer cette influence retardatrice. Tout ce qu'on peut dire, c'est que l'énergie absorbée par les marées et les déformations paraît être d'un ordre suffisant pour provoquer le ralentissement constaté.

En réalité, les choses sont très compliquées; les difficultés, dans cette affaire, viennent du fait qu'aujourd'hui encore on ne sait pas comment concevoir la rigidité ou la viscosité des matériaux constituant la croûte terrestre; les chercheurs qui tentent de prévoir comment vont se comporter les matériaux de l'intérieur de la croûte, en se basant sur les observations faites en laboratoire sur les propriétés des matériaux minéralogiques, n'obtiennent pas de résultats concordants.

Quoi qu'il en soit de ces difficultés, l'idée de l'existence de déformations périodiques de l'écorce terrestre, comparables au phénomène des marées océaniques, est fondamentale.

Et s'il est encore impossible d'établir par le calcul la valeur de l'énergie absorbée par ces déformations et les frottements dus aux marées, les faits constatés sont irréfutables; le résultat numérique final est connu par les faits observés; il n'est pas «expliqué».

6. Nous voulons dire ici quelques mots de l'intérêt que présente ce problème de la vitesse de rotation terrestre pour la géodésie et les calculs précessionnels.

Il s'agit de la forme du méridien terrestre. Jusque vers 1930, il était admis que le globe de la Terre avait la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati selon l'axe des pôles; c'était la solution établie théoriquement par Newton, et à laquelle les mesures géodésiques avaient apporté une confirmation. Jusqu'à cette date, c'est-à-dire jusqu'au moment où Rolin Wavre commença à publier le résultat de ses recherches sur les figures planétaires, l'effort principal des géodésiens avait pour but de déterminer aussi bien que possible la valeur des axes de l'ellipse méridienne.

Les nombreuses solutions proposées pour ce problème présentaient quelques divergences, notamment dans la forme de l'ellipse; les aplatissements $\left(\frac{a-b}{a}\right)$ respectifs de ces solutions allaient de 1/310 pour l'ellipsoïde de Delambre à 1/294 pour ceux de Clarke, de Germain, de Struve et de Helbronner (ce dernier, datant de 1929 et valant exactement 1/293,3). Entre ces extrêmes, on trouve toute une série de valeurs intermédiaires, dont celle proposée par Hayford en 1909 et qui vaut 1/297; c'est celle qui fut adoptée en 1911 par la *Conférence internationale des éphémérides astronomiques*, tenue à Paris, dans la simple intention d'unifier les calculs relatifs aux éclipses, occultations et parallaxes; et plus tard en 1924 par le Congrès de l'*Union internationale de Géodésie*, tenu à Madrid.

Cette valeur 1/297 était donc officiellement admise comme valeur universelle.

Cependant cette proposition ne semble pas avoir rencontré la faveur générale pour les travaux ultérieurs. La raison de cette défaveur paraît due au fait que les astronomes considèrent cette valeur comme ne convenant pas très bien aux problèmes de mécanique céleste rencontrés dans la théorie de la Lune, ainsi que l'a montré M. E. Brown en 1915.

Le calcul de l'influence gravitationnelle de la Lune sur le renflement équatorial terrestre exige la connaissance de la forme exacte de ce renflement. E. Brown montrait en 1915 que la meilleure valeur de l'aplatissement de la Terre, en ce qui concerne l'effet précessionnel, était proche de 1/294.

Il y avait donc divergence entre les exigences de la théorie de la Lune et les convenances des géodésiens, ceux-ci déclarant choisir en 1924 la solution 1/297.

Qu'en était-il en réalité? Pouvait-on concilier ces deux points de vue?

Les recherches de Rolin Wavre ont montré que la valeur la plus convenable de l'aplatissement terrestre est voisine de $1/295$; Wavre s'occupait de géodésie, et non des calculs de la Lune; il montra, dès 1930, qu'en poussant l'approximation jusqu'aux termes du deuxième ordre, dans la recherche théorique de la forme du globe terrestre en rotation, on trouve un aplatissement proche de $1/295$, qui met ainsi d'accord la théorie de la précession avec les mesures géodésiques.

L'idée essentielle de R. Wavre a été de conserver, dans les développements en série qu'on est appelé à écrire dans la recherche mécanique de la forme de la Terre, les termes contenant en facteur la puissance quatrième (ω^4) de la vitesse de rotation de la Terre autour de son axe, cette vitesse de rotation (ω) étant l'élément qui provoque le renflement en question. Dans les calculs des géodésiens, on n'avait conservé jusqu'ici que les termes en (ω^2), qui ont conduit aux résultats classiques de Clairaut et de d'Alembert; ces résultats apparaissent ainsi comme des solutions de première approximation, alors que ceux de Wavre sont de seconde approximation. Ils ont été réunis dans un ouvrage publié en 1932 sous le titre «*Figures planétaires et géodésie*» (Gauthier-Villars).

Mais, comme on va le voir, cette seconde approximation, si elle met d'accord les géodésiens avec les mécaniciens de la précession, entraîne l'abandon de la forme ellipsoïdale; le renflement équatorial existe bien, mais le méridien n'a plus la forme d'une ellipse. Sans doute ne s'en éloigne-t-il pas beaucoup; mais il reste que ce n'est plus une ellipse.

Désignons par ε ce que Wavre appelle la déformation en un point de la surface; et écrivons (fig. 1):

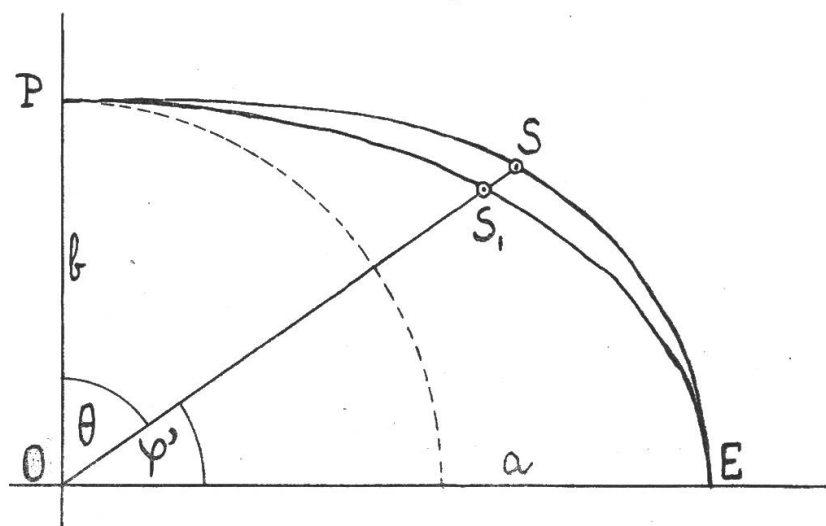


Fig. 1

$$\overline{OS} = R = b(1+\varepsilon),$$

$$\overline{OS_1} = R_1 = b(1+\varepsilon_1),$$

l'indice (1) se rapportant à la surface libre de seconde approximation.

Le calcul donne finalement pour la différence ($R_1 - R$) une valeur négative du quatrième ordre de petitesse par rapport à la vitesse ω de rotation :

$$R_1 - R = b(\varepsilon_1 - \varepsilon) = -A \cdot b \cdot \omega^4 \cdot \sin^2 \Theta \cdot \cos^2 \Theta,$$

où A est un facteur positif. Ainsi $\varepsilon > \varepsilon_1$ sauf à l'équateur (où $\Theta = \pi/2$) et au pôle ($\Theta = 0$), où l'on a $\varepsilon_1 = \varepsilon$.

Partout ailleurs, la surface du globe est au-dessous de celle de l'ellipsoïde. Le méridien est une courbe déprimée par rapport à l'ellipse.

Tels sont les résultats de seconde approximation.

Ils entraînent des conséquences qui nous paraissent importantes pour la chronométrie de précision; le problème de la forme exacte du sphéroïde terrestre semble devoir intéresser celui de la mesure du temps.

C'est là une nouvelle source de complications.

On voit bien que la forme de la surface libre du globe terrestre doit entrer en jeu dans le calcul du freinage séculaire; les frottements dépendent évidemment de la forme du géoïde. Si donc il était possible de faire ce calcul exact, on apercevrait l'importance des recherches de Wavre pour ce problème. Qu'il soit impossible d'en tenir compte dans l'état actuel des choses ne change rien à l'affaire.

7. Revenons à notre problème. Il est donc entendu que le temps astronomique universel n'est pas newtonien. Les astronomes et les physiciens ont besoin d'un temps newtonien.

Que faire?

On peut, nous l'avons déjà signalé, choisir une autre définition pour la seconde de temps astronomique, une définition qui fournirait une unité invariable, comme l'a fait l'Union internationale d'astronomie en 1948, en précisant que l'unité de contrôle serait

la seconde correspondant à l'année 1900, soit $\left(\frac{1}{86.400}\right)$ du jour solaire moyen pour 1900,0. Ce n'est pas forcément très commode.

On peut utiliser les observations du mouvement de la Lune et des mouvements planétaires. Ce n'est pas non plus très pratique. Il faut trouver autre chose. Et l'on a essayé de faire appel à des phénomènes vibratoires de grande fréquence, dans l'espoir que ces phénomènes physiques fourniraient une solution, que l'on peut difficilement espérer de la part des horloges à gravité.

Plusieurs solutions ont été proposées et expérimentées, dont trois sont particulièrement intéressantes.

Il y eut d'abord la proposition de *l'horloge à décharges* de G. Lippmann, faite en 1887 déjà, alors que l'on n'avait pas encore mis en évidence l'importance des variations de durée de l'unité astronomique de temps*; c'était un premier type d'horloge à dia-

* Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris 1887.

pason; avec la mise en jeu d'une lame vibrante, d'un condensateur et d'un galvanomètre, ce type précurseur ne pouvait pas garantir la conservation parfaite d'une unité newtonienne de temps, pas davantage que n'ont pu le faire les horloges à diapason du début du 20^{me} siècle.

Il y eut ensuite, à partir de 1930, les *horloges à quartz*, dans lesquelles on utilise les propriétés piézoélectriques des cristaux; ceux-ci constituent des oscillateurs de fréquence déjà très grande, de l'ordre de 100 000 cycles par seconde par exemple; cette méthode permet de conserver une fréquence d'une manière presque constante, à certaines conditions toutefois; il est notamment indispensable d'installer le quartz dans une enceinte thermostatée à moins de 0,01 degré près; on arrive ainsi à conserver la fréquence avec une précision relative de 10^{-8} par exemple, ce qui représente une marche diurne de 0^s,001.

Ces horloges sont excellentes; leur marche est désormais plus régulière que celle de l'horloge de la toupie terrestre; si bien que les variations saisonnières de celle-ci ont été découvertes en comparant le temps fourni par les passages d'étoiles au méridien au temps fourni par un groupe d'horloges à quartz et même d'horloges à balancier particulièrement soignées.

Mais ce ne sont pas encore des horloges newtoniennes. Elles ne conservent pas suffisamment bien le temps à longue échéance.

Enfin, depuis quelques années, on cherche à atteindre la période d'un phénomène moléculaire. Il est probable qu'on trouvera dans les phénomènes moléculaires ou atomiques le principe d'horloges encore plus précises que celles à quartz; mais pour l'instant, les essais ne sont pas encore concluants; on peut tout au plus y voir des espérances.

On n'a construit jusqu'ici qu'une seule machine de ce type, dite *horloge moléculaire*; cette horloge, dont l'ensemble est d'ailleurs compliqué, donne une erreur relative de $(\frac{1}{2}) \cdot 10^{-7}$; c'est moins bien que le résultat donné par les quartz.

Les solutions physiques ne sont donc pas encore satisfaisantes. Il ne reste que les solutions astronomiques: la définition adoptée par l'Union internationale d'astronomie pour la seconde de temps, ou l'utilisation des mouvements de la Lune et des planètes.

8. Il pourrait y avoir une solution dans l'idée suivante: il semble qu'on trouve, dans le ciel des astronomes, un certain nombre d'objets qui pourraient constituer autant d'horloges newtoniennes; ces objets sont les étoiles variables dites «Céphéides» et les étoiles binaires spectroscopiques, dont on utiliserait les variations physiques.

Il semble bien que cette idée n'a pas encore été examinée; il paraît intéressant de le faire.

Il est vrai que l'observation de ces étoiles ne fournira pas un moyen très commode ou très expéditif pour contrôler les étalons

de mesure du temps astronomique universel; il suffit cependant qu'il y ait là une possibilité de contrôle pour qu'il vaille la peine d'accorder quelque attention à ces phénomènes physiques. De toute façon, il est intéressant de relever que des problèmes d'astrophysique sont peut-être capables d'apporter une contribution à la solution du problème de la mesure du temps.

Portons ici notre attention sur le phénomène des binaires spectroscopiques; c'est le spectroscopie qui a révélé qu'on avait affaire à des étoiles doubles. Par l'étude des spectres, on a pu déterminer certaines caractéristiques de ces systèmes, notamment leurs périodes respectives de révolution (fig. 2).

Notons que cette question n'est pas ancienne, puisqu'elle ne date que de 1889, année où Miss A. Maury, à Harvard, découvrit la nature de ζ *Ursae Majoris* et de β *Aurigae*. Jusqu'en 1900, on ne connaissait guère qu'une douzaine de binaires spectroscopiques; c'est le début du 20^{me} siècle qui a vu le développement de ce problème; et le premier catalogue d'étoiles doubles spectroscopiques a été publié en 1924 par M. Moore, à l'observatoire de Lick. Il contient environ trois cents étoiles, pour lesquelles il donne les éléments orbitaux, notamment les périodes; celles-ci ont des valeurs très diverses, de quelques heures à plusieurs semaines ou plusieurs mois. La liste suivante contient quelques exemples dont les périodes sont bien déterminées:

Etoile	Magnitude	Période en jours
v Andr.	4,4	4,28284.
d Tau.	4,4	3,57122.
66 Eri.	5,2	5,52242.
β Aur.	2,1	3,960027
β CMa.	2,0	0,25714.
α_1 Gem.	2,8	2,928285
α_2 Gem.	2,0	9,218826
ζ UMa.	2,4	20,53644.
α Virg.	1,2	4,01416.
γ UMi.	3,1	0,108449
σ Sco.	3,1	0,246834
ξ Ser.	3,6	2,292285
σ Aql.	5,2	1,95022.
ι Peg.	4,0	10,21312.
Lal. 46867	7,3	6,72127.

On pourrait y ajouter de nombreuses variables à éclipses, mais de magnitudes beaucoup plus faibles.

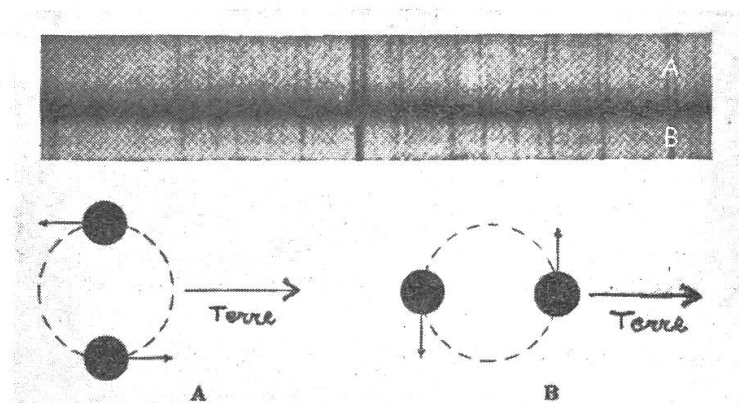


Fig. 2 Exemple de variation du spectre d'une binaire spectroscopique; dans la position A, les raies sont dédoublées.

Les périodes sont déjà assez bien déterminées, pour certaines d'entr'elles à 10^{-6} jour près, pour d'autres à 10^{-5} jour près; c'est-à-dire à moins de $0^s,1$ pour les premières, et à moins de 1^s pour les autres.

Il va sans dire que ce n'est pas suffisant comme exactitude; on peut espérer qu'avec le temps on connaîtra toutes ces périodes à moins de $0^s,001$ près, c'est-à-dire à moins de 10^{-8} jour près.

Admettons que cette exactitude sera atteinte un jour ou l'autre; si elle ne l'est pas encore, cela est dû à la difficulté qu'on rencontre à bien mesurer la position instantanée des raies spectrales; dès le moment où l'on pourra obtenir celle-ci exactement et rapidement, les choses iront mieux.

Ce qui importe, c'est que ces objets existent; chacun d'eux a une période de vibration qui lui est propre.

On se trouve ainsi en présence de toute une série d'horloges naturelles, qui semblent devoir se conduire pendant très longtemps comme des horloges newtoniennes. On pourra donc leur comparer les étalons de mesure du temps universel. Ces horloges se comporteront, pendant des milliers et des milliers d'années, comme des horloges à quartz idéales ou des horloges moléculaires parfaitement installées et probablement débarrassées de toute dérive.

Il est au moins curieux de constater qu'un chapitre d'astrophysique pourrait ici apporter sa contribution pour résoudre l'un des plus importants, si ce n'est le plus important, des problèmes de l'astronomie de position et de la mécanique céleste.

Ces grosses horloges moléculaires sont en grand nombre; elles sont indépendantes les unes des autres; il n'y a aucune précaution à prendre à leur égard, sinon les précautions concernant l'observation elle-même. Les conditions de base sont donc excellentes; et l'on peut espérer des contrôles précieux. Si les choses se passent bien comme on peut ainsi l'entrevoir, ces horloges naturelles new-

toniennes finiront par avancer d'une façon appréciable sur les horloges de temps astronomique pratique, puisque la vitesse de rotation de la Terre diminue et que le jour s'allonge; autrement dit, les périodes orbitales de ces binaires, qui ont actuellement les valeurs rappelées dans le tableau ci-dessus, paraîtront de plus en plus courtes pour l'observateur vivant avec le jour et la nuit terrestres.

Il suffira alors de penser qu'en réalité ce sont les horloges vibrantes que sont les binaires qui marquent un temps newtonien, tandis que la Terre freine peu à peu sa rotation, celle-ci se ralentissant au rythme de 30 secondes par siècle. Ces systèmes spectroscopiques seront donc d'admirables chronomètres, dont l'observation donnera les mêmes avantages que celle de la longitude de la Lune et des planètes. Cela ne sera peut-être pas plus commode; cela fournira en tout cas une vérification multiple. Mais nous n'en sommes pas encore là.

Sur l'origine des météores

La lumière du jour, celle de la Pleine Lune, les nuages, empêchent une observation visuelle systématique et continue des météores. Aussi les idées au sujet de leur origine sont-elles peu claires. On sait que si un météore atteint la Terre avec une vitesse plus grande que 72 km par sec. (vitesse dite hyperbolique) il est d'origine interstellaire tandis que si sa vitesse est plus petite que 72 km par sec. (vitesse elliptique) il est d'origine solaire.

La mesure des vitesses est difficile. En 1938, Whipple, utilisant des documents photographiques, ne trouve aucune vitesse hyperbolique. La même année, Öpik, utilisant un miroir tournant, trouve qu'une forte proportion de météores ont une vitesse hyperbolique.

La technique radioélectrique (radar) permet l'étude systématique des météores, de jour aussi bien que de nuit. Depuis quelques années cette technique permet la mesure des vitesses. Des expériences indépendantes, conduites au Canada par Millman et Mc Kinley¹⁾ et en Grande Bretagne par Miss Almond, Davies et Lovell¹⁾ aboutissent à la même conclusion: aucun météore visible à l'œil nu ne possède de vitesse hyperbolique. P. J.

(Tiré de: *Nature*, Vol. 167, No. 4238, 1951.)

¹⁾ *Observatory* 70, 1950.