

DEUXIÈME PARTIE ⁽¹⁾

Notes sur l'Astronomie

II. TEMPS MOYEN ET TEMPS UNIVERSEL

La lecture des traités classiques d'astronomie ne laisse pas toujours des idées nettes sur la nature du temps moyen ni sur la manière dont il se rattache aux données de l'observation. D'autre part, la découverte, faite il y a environ un quart de siècle, des irrégularités de la rotation de la terre, a conduit les astronomes à reviser la notion de temps moyen elle-même. Il n'est plus légitime d'en parler aujourd'hui dans les termes usités il y a quelques décades.

La théorie du mouvement de rotation de la terre (rotation, précession, nutation) a été faite par d'Alembert et ses successeurs dans l'hypothèse d'un globe solide indéformable. Cette théorie fournit, comme résultat final, le développement du temps sidéral (voir la note précédente) en fonction du temps uniforme t de la mécanique. D'autre part, la théorie des perturbations planétaires fournit le développement de l'ascension droite du soleil en fonction de t . Les deux développements se composent de termes séculaires (c'est-à-dire de termes dépendant des puissances entières de t) et de termes périodiques, les uns et les autres en nombre illimité. Mais si l'on donne au temps des valeurs de l'ordre de grandeur d'un siècle au plus, les termes séculaires d'ordre supérieur au second sont négligeables ; quant aux termes périodiques, un petit nombre seulement d'entre eux possède une amplitude appréciable. On peut donc mettre le temps sidéral et l'ascension droite du soleil sous la forme :

$$\begin{aligned} T &= T_0 + T_1 t + T_2 t^2 + \Sigma (P_T), \\ \alpha &= A_0 + A_1 t + A_2 t^2 + \Sigma (P_A) ; \end{aligned}$$

(1) Adresser, soit au Président, soit à M. HUISMAN, 11, rue Jacques-Cœur, Paris (4^e) toute communication destinée à la Deuxième Partie du *Bulletin*.

les valeurs numériques des constantes $T_0, \dots, A_0, \dots$ étant déduites, les unes de l'observation, les autres de la théorie, et les notations $\Sigma(P)$ représentant ici des sommes de termes périodiques simples, dont l'amplitude et la phase sont fournies aussi par l'observation ou la théorie. Les astronomes donnent le nom de moyens mouvements aux facteurs du temps t , dans des expressions de la forme ci-dessus, et le nom, du reste impropre, d'accélération, aux facteurs de t^2 . Les accélérations T_2 et A_2 ont des valeurs très faibles, et leur effet ne se fait sentir qu'à la longue.

On sait que l'angle horaire H d'un astre est lié à son ascension droite α et au temps sidéral T par la relation fondamentale

$$H = T - \alpha.$$

Par conséquent, le temps solaire vrai, ou angle horaire du centre du soleil, est lié au paramètre t par la relation suivante, qui se déduit des précédentes :

$$H = (T_0 - A_0) + (T_1 - A_1)t + (T_2 - A_2)t^2 + \Sigma(P_T) - \Sigma(P_A) \quad (1).$$

Le temps solaire vrai n'est donc pas une fonction linéaire du temps t de la mécanique : il est affecté d'une accélération (on néglige encore ici les termes d'ordre supérieur) et d'un certain nombre d'inégalités périodiques d'amplitudes non négligeables. On donne le nom d'équation du temps à la quantité

$$E = \Sigma(P_A) - \Sigma(P_T) - (T_2 - A_2)t^2 \quad (2)$$

et l'on peut mettre la relation 1 sous la forme :

$$H = (T_0 - A_0) + (T_1 - A_1)t - E.$$

La durée du jour vrai est sujette à des variations dues notamment, à la variation rapide des deux principales inégalités de l'ascension droite du soleil, à savoir, l'équation du centre (période annuelle) et la réduction à l'équateur (période de six mois). Mais on peut définir le jour moyen comme la durée moyenne d'un grand nombre de jours vrais consécutifs, la moyenne portant sur une année entière au moins. L'expression de H renfermant une accélération, la moyenne dépend des limites entre lesquelles on la prend, ou de l'époque moyenne à laquelle se rapporte la détermination. Il est donc nécessaire de préciser l'époque à laquelle se rapporte le jour solaire moyen, unité de temps de la mécanique. Ce sera, par exemple, la durée moyenne du jour solaire à l'époque initiale (actuellement, le début de l'année 1900). Si l'on adopte cette définition, la durée moyenne du jour solaire vrai, en 1948, n'est pas rigoureusement égale au jour solaire moyen.

On vérifiera sans peine que la convention ci-dessus revient à poser

$$T_1 - A_1 = 1.$$

Il reste à faire une convention relativement au terme constant de H , $T_0 - A_0$. Si on fait cette quantité égale à zéro, le midi moyen et le midi vrai sont confondus *en moyenne*, à l'époque initiale. L'équation précédente prend alors la forme très simple :

$$t = H + E. \quad (3)$$

Elle s'énonce ainsi en langage courant : le temps de la mécanique s'identifie au temps solaire vrai dépouillé de ses inégalités séculaires et périodiques et qu'on appelle *temps solaire moyen*.

Un tel énoncé ne constitue, à aucun titre, une définition *à priori* du temps uniforme. C'est une simple constatation. Pour l'étude des mouvements célestes ou des phénomènes physiques observables sur la terre, les astronomes ont besoin de déterminer et de conserver le temps t de la mécanique. Ils s'adressent pour cela au plus banal et au plus rapide des mouvements apparents, le mouvement diurne du soleil. Ayant fait la théorie de ce mouvement, ils se trouvent en mesure d'en dresser l'éphéméride, c'est-à-dire la table qui fait correspondre au temps t de la mécanique l'angle horaire H du soleil. Une interpolation inverse de la table fournit t lorsque H a été déterminé par l'observation. Telle est la réalité concrète cachée dans la relation 3. Nous discuterons plus loin la légitimité des diverses opérations qui constituent la détermination du temps de la mécanique, mais nous devons en exposer auparavant une variante usuelle.

Revenons à l'équation 3. Elle peut s'écrire :

$$t = T - \alpha + E,$$

de sorte que, si nous posons

$$A_m = \alpha - E = A_0 + A_1 t + T_2 t^2 + \Sigma (P_r), \quad (4)$$

nous avons encore :

$$t = T - A_m. \quad (5)$$

Le temps solaire moyen est donc égal à l'angle horaire d'un astre fictif dont l'ascension droite serait égale à A_m . C'est à cet astre fictif qu'on a donné le nom de *soleil moyen*. Le soleil moyen est défini par la relation 4, dont il est difficile de donner une paraphrase en langage vulgaire. On ne peut pas dire que son ascension droite est égale à celle du soleil dépouillée de ses inégalités, puisque celles du point gamma y restent incluses : son mouvement ne peut être rapporté de façon simple à aucun élément connu. J'ai eu l'occasion de dire ailleurs (1) combien l'introduction du soleil moyen dans l'enseignement élémentaire me paraissait dangereuse. Ce qui précède en apporte une démonstration plus complète. Loin de simplifier les idées, l'introduction du soleil moyen risque de les fausser complètement et de détourner l'esprit des vérités essentielles.

Cependant, la relation 5 offre pour les astronomes un grand intérêt. Elle établit, en effet, la correspondance entre le temps sidéral et le temps moyen. Or, nous avons montré, dans une note précédente, qu'on pouvait déterminer le temps sidéral par l'observation méridienne des étoiles. La relation 5 fournit donc un second mode de détermination du temps solaire moyen, consistant à déterminer d'abord le temps sidéral, et à en retrancher la quantité A_m . De ce fait, l'ascension droite du soleil moyen prend un intérêt pratique réel. Si l'on donne à t des valeurs entières, la quantité A_m se confond alors avec le temps sidéral à midi vrai de chaque jour. C'est pourquoi la Connaissance des Temps donne, page xv, les coefficients numériques du développement de A_m , et, dans le corps de l'ouvrage, les données nécessaires au calcul des termes périodiques. Les valeurs se rapportent au méridien de

(1) Voir les *Humanités Scientifiques*, mai 1948, N° 8, page 323, l'article intitulé : *Cosmographie ou Astronomie ?*

Greenwich. Autrement dit, la formule donne le temps sidéral local de Greenwich, à midi moyen de Greenwich. Il est facile d'en corriger les résultats pour tout autre méridien dont la longitude est donnée par rapport à Greenwich.

En pratique, on déterminera le temps sidéral par l'observation méridienne d'un certain nombre d'étoiles fondamentales. On se reportera à l'éphéméride du temps sidéral, donnant la valeur de A_m à midi moyen de chaque jour. L'interpolation inverse de cette table fera connaître la valeur du temps t correspondant au temps sidéral T .

Comme on l'a dit plus haut, le temps sidéral T se confond avec l'ascension droite A_m du soleil moyen, chaque jour à midi moyen. Or, l'expression de A_m contient des termes périodiques, dus à la nutation, dont certains ont une période courte (termes lunaires). Il en résulte que l'accroissement de T dans l'intervalle constant d'un jour solaire moyen n'est pas invariable. En d'autres termes, le jour sidéral ne correspond pas à une durée constante. Il subit des fluctuations à longue et à courte périodes. Il subit aussi une variation séculaire, puisque A_m possède une accélération. Les variations à courte période du jour sidéral peuvent atteindre un centième de seconde environ, en plus ou en moins. Les auteurs qui présentent le jour sidéral comme un véritable étalon de temps commettent une grave erreur de principe. Le seul intervalle de temps dont on puisse admettre l'invariabilité est *conventionnellement* le jour moyen, défini comme on l'a fait plus haut.

Revenons à la détermination du temps moyen. Nous voilà en possession de deux modes différents de détermination de ce temps, qui, pour nous, représente le temps uniforme de la mécanique. L'un d'eux fait intervenir l'observation du soleil, l'autre celle des étoiles. Mais il faut bien se garder de les considérer comme indépendants. D'une part, les équations 3 et 5 ont la même origine théorique ; elles sont équivalentes ; d'autre part, si le lecteur veut bien se reporter à la Note précédente, il vérifiera que la détermination du temps sidéral au moyen des étoiles fondamentales suppose essentiellement des observations préalables du soleil, en vue de l'établissement du catalogue. Toutefois, les deux modes de détermination ne fournissent pas nécessairement la même valeur de t à un instant donné. En effet, nous savons que le catalogue des étoiles fondamentales et le système des constantes astronomiques sont affectés d'erreurs accidentelles ou systématiques. Ces erreurs se reportent sur la détermination du temps sidéral. En conséquence, lorsqu'on se propose de comparer les temps locaux de deux stations pour déterminer leur différence de longitude, on adoptera la même méthode aux deux stations ; on y observera des étoiles, et si on le peut, les mêmes étoiles.

Voilà, exposée dans ses grandes lignes, et sous ses deux aspects, la méthode d'approche par laquelle les astronomes tentent de saisir le paramètre t , temps uniforme des mécaniciens. J'ai omis intentionnellement les détails techniques qui auraient fait longueur, mais je me suis efforcé de mettre en lumière les caractères essentiels de chacune des opérations dont se compose la méthode. A l'actif de la mécanique céleste, il faut mettre la théorie de la

translation et de la rotation de la terre, qui conduit aux relations équivalentes 3 et 5. A l'actif de l'observation, nous porterons essentiellement l'observation du soleil, point de repère fondamental, alors même qu'on lui substitue les étoiles comme relais ou points de repère secondaires, pour des raisons de commodité.

Il y a lieu de faire ici une remarque sur le vocabulaire. Les astronomes qui ont donné son nom au temps solaire moyen admettaient l'identité du temps de la mécanique et du temps solaire vrai débarrassé de ses inégalités périodiques. C'est pour rappeler cette origine qu'ils lui ont conservé l'épithète de solaire. Mais, en fait, le corps en mouvement dont la position et l'orientation dans l'espace déterminent ici le temps n'est pas le soleil, mais la terre. Les astronomes tendent actuellement à substituer le nom de *temps terrestre* au temps solaire moyen. On pourrait aussi l'appeler *temps moyen*, sans autre adjectif, mais il semble préférable de réserver ce nom au temps t de la mécanique, lequel a perdu depuis quelques décades le nom de temps absolu qu'il avait autrefois. On a beau dire que les mots importent peu quand on est d'accord sur leur signification, un vocabulaire bien fait facilite toujours l'enseignement.



Pour simplifier l'exposé qui précède, on a supposé que les observations du soleil et des étoiles étaient faites à l'aide d'un instrument méridien. C'est bien ce qui a lieu dans les observatoires, pour la détermination très précise du temps. Mais on peut employer d'autres instruments et d'autres méthodes. Ce n'est pas ici le lieu de développer l'astronomie extramérienne, mais on peut en exposer rapidement le principe.

Soit un astre de coordonnées équatoriales α et δ connues. Il se trouve sur le *parallèle céleste* de déclinaison δ qui constitue un lieu géométrique de cet astre. A un instant donné, mesurons l'une des coordonnées horizontales (distance zénithale ou azimut) du même astre, sa distance zénithale, par exemple. La valeur trouvée pour cet angle définit un second lieu géométrique, en l'espèce, le *cercle de hauteur* correspondant à la distance zénithale trouvée. L'astre se trouve à l'intersection des deux lieux. Les formules classiques de la trigonométrie fournissent aisément ses coordonnées inconnues, et notamment son angle horaire. Le calcul suppose connue la latitude. Mais on peut combiner les observations de plusieurs astres (exemple, la méthode des hauteurs égales), et considérer alors la latitude comme inconnue.

Les méthodes extramériennes sont d'une application aisée à l'aide d'instruments portatifs, tels que le sextant de marine ou le théodolite. Il est facile d'atteindre ainsi une précision voisine de la seconde de temps, suffisante pour les besoins de la navigation maritime ou aérienne.

Mais on peut pousser l'approximation plus loin, à l'aide d'appareils appartenant au genre : *instruments des hauteurs égales*, dont l'astrolabe à prisme est le plus employé. Cet appareil permet d'observer le passage des astres à la distance zénithale de $30''$. En notant le passage de quelques dizaines d'étoiles convenablement réparties en azimut, on obtient l'heure avec une

précision comparable à celle des bonnes déterminations méridiennes. On obtient aussi la latitude, de sorte que l'astrolabe peut servir aussi à déterminer les deux coordonnées géographiques d'un lieu.



Passons maintenant à la définition des diverses espèces usuelles de temps moyen.

Il résulte de la relation 3 que le temps solaire moyen de Greenwich s'annule à midi moyen. L'emploi de ce temps pour les usages courants serait incommode, puisqu'il obligerait à changer de quantième au milieu du jour, en pleine période d'activité.

On ajoute donc 12 heures au temps moyen : il prend alors le nom de *temps civil*. En outre, le temps civil de Greenwich a été adopté comme *temps universel* (T.U.). Cette notation est la seule qui ait actuellement l'agrément de l'Union Astronomique Internationale, dont les décisions ont force de loi en la matière. Voici, en effet, la résolution adoptée en 1928 par l'Union :

« Les termes Temps Civil de Greenwich (T.C.G.), Weltzeit (W.Z.) et Temps Universel (T.U.) indiquent le temps compté à partir de minuit moyen de Greenwich sans ambiguïté. La désignation de Temps Moyen de Greenwich (T.M.G.) pour les dates antérieures au 1^{er} janvier 1925 se rapporte au temps compté à partir de midi. Mais après cette date, elle signifie, dans les publications britanniques, le temps compté à partir de minuit. Il est conseillé aux astronomes de ne plus employer dans aucun sens les lettres G.M.T. ou T.M.G. [ceci pour supprimer radicalement toute cause de confusion]. »

« Quelques astronomes désirent employer le temps compté à partir du midi moyen de Greenwich ; dans ce but, les lettres T.M.G. ne sont plus disponibles. L'expression Temps Moyen Astronomique de Greenwich (T.M.A.G.), quoique longue, est la plus satisfaisante. »

La notation T.C.G. n'a pas été conservée, et seule la notation T.U. a cours aujourd'hui. C'est à tort que la presse et de nombreux services publics utilisent encore la notation T.M.G. pour désigner le temps universel.

Il paraît superflu d'insister ici sur les raisons qui incitèrent les différents pays à adopter légalement une heure nationale, la même pour tout leur territoire. Cette nécessité apparut vers le milieu du siècle dernier avec les chemins de fer et le télégraphe. Ainsi, la loi du 15 mars 1891 étendit à toute la France l'usage du temps civil de Paris, que les horloges de toutes les gares indiquaient du reste depuis longtemps.

Mais, dès 1884, un congrès réuni à Washington avait proposé un mode d'unification s'étendant à toute la terre. Selon la convention de 1884, toutes les horloges doivent marquer au même instant les minutes et les secondes du temps universel, c'est-à-dire du temps civil de Greenwich. Mais chaque pays corrige le temps universel du nombre entier d'heures le plus voisin de sa longitude moyenne par rapport au méridien de Greenwich, les pays très étendus ayant la faculté de procéder à un découpage intérieur. De

cette façon, au passage des frontières ou des limites intérieures, le changement d'heure est toujours d'une heure ronde. La France a adhéré, mais sans l'avouer, au système de Washington, par la loi du 9 mars 1911. La définition adoptée est telle (le temps de Paris retardé de 9 m. 21 s.) que le temps légal en France diffère du temps universel de quelques centièmes de seconde. Il convient d'ajouter que cette loi n'est pas observée à la lettre, et que le service horaire de l'Observatoire de Paris diffuse le temps universel lui-même, avec toute la précision possible (1).

Le système des fuseaux horaires, applicable en mer, est une variante beaucoup plus rigide du même système : la surface des mers est divisée en fuseaux par des méridiens distants de 15° , le premier fuseau s'étendant à 7.5 de part et d'autre du méridien de Greenwich. Le temps légal change d'une heure quand on franchit le méridien qui délimite deux fuseaux contigus. Seules, les marines nationales utilisent les fuseaux : leur adoption par la marine marchande poserait des problèmes insolubles quant à la répartition du service et à l'application des lois sociales à bord. Au surplus, nous n'insisterons pas : comme son nom l'indique, le temps légal intéresse les gouvernements et non les astronomes, lesquels utilisent exclusivement le temps universel, sauf une exception, celle de la période julienne, où le jour se compte à partir de midi, c'est-à-dire en temps moyen astronomique de Greenwich. La période julienne est, en effet, le seul mode de dénombrement des jours qui n'ait subi aucune réforme depuis son institution. Il a paru nécessaire de respecter cette continuité jusque dans la manière de compter les heures, et les astronomes datent en temps astronomique et en jours juliens les observations photométriques ou spectroscopiques d'étoiles variables, par exemple.

Dans tous les autres cas, et notamment pour l'établissement des grandes éphémérides, le temps universel est seul employé.

Signalons, pour mémoire, la nécessité d'une ligne fixe de changement de date. On trouve sur ce point des indications suffisantes dans les manuels.

**

Revenons à la relation 3 qui relie le temps de la mécanique au temps solaire vrai et à l'équation du temps.

Cette relation fournit une détermination de t , lorsqu'on a mesuré H , et calculé E . Quel est le degré d'approximation du résultat ? Il est relativement aisé de discuter le degré de précision des observations (qu'on ait observé le soleil ou bien les étoiles fondamentales). Il est moins aisé de discuter celui des constantes fondamentales, mais on peut obtenir, sur ce second point, des indications suffisantes. Il est beaucoup plus difficile de trancher les points suivants : les principes de la dynamique méritent-ils toute la confiance qu'on met en eux, les hypothèses initiales sur lesquelles repose la théorie du mouvement de la terre sont-elles valables ? Ces ques-

(1) La longitude du méridien de Cassini est 9 m. 20 s., 93 Est.

tions furent nettement posées par Simon Newcomb en 1872, quand il eut mis en évidence un désaccord irréductible entre la théorie de la lune et les résultats de l'observation. Le débat resta ouvert pendant un demi-siècle, et Newcomb était mort lorsque ses successeurs fournirent la réponse à ses questions. Disons d'abord quelques mots de la méthode de contrôle instituée par Newcomb.

Un corps quelconque, dont le mouvement peut être mis en équation, constitue une horloge susceptible de donner à chaque instant la valeur du temps t de la mécanique. Il suffit d'écrire et de résoudre l'équation égalant la valeur mesurée et l'expression littérale de l'une des coordonnées du corps en mouvement. Imaginons que l'on compare les indications fournies par deux telles horloges entièrement indépendantes. Si elles concordent, ce sera une présomption en faveur des principes de la dynamique et des hypothèses faites sur la nature des deux mouvements. Si, au contraire, ces indications sont incompatibles l'une avec l'autre, on pourra suspecter, soit les principes, soit les hypothèses, ensemble ou séparément. Mais il est clair qu'on ne renoncera pas aux principes avant d'avoir tout essayé pour expliquer à de moindres frais le désaccord des deux horloges. On ne s'y résignera qu'à la dernière extrémité.

Pour contrôler le temps terrestre, c'est-à-dire le temps solaire moyen, Newcomb eut l'idée de recourir au mouvement orbital de la lune et des planètes. Le mouvement de la lune n'offre pas *à priori* les conditions de contrôle les plus satisfaisantes, car il n'est pas indépendant du mouvement de translation de la terre (perturbation d'origine solaire), ni, surtout, de son mouvement de rotation. On sait, en effet, que les marées s'accompagnent d'une dissipation d'énergie, laquelle se traduit par un ralentissement séculaire de la rotation de la terre (on en tient compte dans le calcul de l'équation du temps) et par une accélération du moyen mouvement orbital de la lune, conséquence d'une chute lente de la lune vers la terre. Mais en revanche, le mouvement de la lune est, après le mouvement diurne, le mouvement céleste le plus banal et le plus rapide. La position de la lune par rapport aux étoiles se détermine avec beaucoup de précision en notant l'instant des occultations d'étoiles par la lune. Lorsque la lune se projette sur les régions du ciel les plus riches, on peut observer quelques dizaines d'occultations au cours d'une même soirée. D'autre part, la théorie de la lune a fait l'objet de nombreux travaux très étendus : elle a été poussée à un degré d'approximation qu'il paraît difficile de dépasser, et qui ne le sera certainement pas de si tôt. La lune constitue donc une horloge naturelle ; sa position sur son orbite (longitude céleste) détermine le temps de la mécanique par l'interpolation inverse de l'éphéméride.

Bien entendu, les planètes peuvent fournir aussi le temps de la mécanique par l'observation de leur position orbitale. Mais la théorie des planètes n'a pas été poussée assez loin en général, et, surtout, leur mouvement est trop lent pour donner lieu à des déterminations précises ; une seule exception : les passages de Mercure, phénomènes rares (en moyenne 13 par siècle), mais d'une observation relativement aisée. Je ne puis insister sur ce cas, non plus

que sur celui des satellites de Jupiter. Mais on notera l'intérêt spécial qu'offre le mouvement des planètes pour le contrôle qui nous occupe : ce mouvement est absolument indépendant de la rotation de la terre, et, à un très haut degré d'approximation, de la structure physique de la planète.

On a donné le nom de *temps newtonien* au temps déterminé à l'aide du mouvement orbital de la lune ou d'une planète. Ce nom rappelle que la théorie fait intervenir dans ce cas la loi de Newton comme seule hypothèse initiale, en dehors, bien entendu, des postulats fondamentaux de la dynamique ; tandis que la théorie de la rotation de la terre fait intervenir, en outre, l'hypothèse de l'invariabilité du globe terrestre. La comparaison expérimentale du temps terrestre et du temps newtonien constituera donc, en fait, un contrôle de cette hypothèse particulière. Si nous trouvons une différence systématique entre les valeurs de t fournies par les deux méthodes, ce ne sera pas la condamnation des principes, mais celle de l'hypothèse initiale d'une terre indéformable.

Voici maintenant les principaux résultats donnés par l'observation. On obtient sensiblement la même valeur pour le temps newtonien, qu'on le déduise du mouvement de la lune ou de celui de Mercure. Ce premier résultat est nettement en faveur de la validité des principes de la dynamique. Au contraire, la comparaison du temps terrestre et du temps newtonien fait apparaître des écarts importants, dont la variation paraît être essentiellement irrégulière. Cette comparaison a pu être étendue aux 280 dernières années, grâce, surtout, aux observations d'occultations d'étoiles par la lune dont un grand nombre ont été conservées dans les registres de l'Observatoire de Paris. Le tableau suivant fixera les idées sur l'ordre de grandeur de ces fluctuations :

1681	+ 27	secondes
1785	— 31	—
1850	— 8	—
1900	+ 34	—
1920	+ 21	—
1936	+ 34	—

La ligne brisée que l'on tracera en joignant les points ci-dessus sur un graphique, représente assez fidèlement l'allure générale de la courbe des fluctuations, laquelle donne l'excès du temps terrestre sur le temps newtonien. Jusqu'à présent, cette courbe a résisté à toute analyse, et les fluctuations échappent à toute prévision.

Les astronomes admettent que le temps newtonien est une image du temps de la mécanique beaucoup plus fidèle que le temps terrestre ; on a dit pourquoi il y a un instant. Ce sont donc les fluctuations du temps terrestre, c'est-à-dire les fluctuations de la rotation de la terre, que les observations ont mises ainsi en évidence. L'interprétation immédiate de ce fait ne présente aucune difficulté. Si la rotation de la terre subit de telles fluctuations, c'est que le moment d'inertie de la terre est lui-même variable. Mais, pourquoi, et comment ? La terre n'est certes pas un corps solide : les mouvements de

l'atmosphère, les courants marins et les marées, les variations du niveau des mers dues aux variations d'épaisseur de la couche de glace des régions polaires, et plus généralement, les changements de l'écorce terrestre dus à un changement lent de la température moyenne, peuvent être invoqués ici. D'autre part, la variation des latitudes, indice d'un déplacement limité du pôle d'inertie par rapport au sol, est une preuve astronomique indiscutable des changements subis par l'ellipsoïde d'inertie. La découverte du mécanisme de ces changements reste à faire, elle est du domaine de la géophysique. Les diverses causes énumérées ci-dessus agissent peut-être simultanément, mais quelle est leur importance respective, on ne le sait. Certains indices donnent à supposer que la rotation de la terre subit des fluctuations de période annuelle ; des causes météorologiques pourraient en rendre compte.

Comme on le voit, la foi des astronomes dans l'uniformité du temps solaire moyen n'a pas résisté au contrôle de l'observation, mais elle s'est reportée sur le temps newtonien, jugé plus proche du temps de la mécanique. Combien de temps conservera-t-il sa réputation d'uniformité ? La théorie newtonienne des planètes repose sur l'hypothèse implicite de la conservation des masses. Mais la masse du soleil ne subit-elle pas une diminution séculaire, selon les théories modernes de l'énergie ? L'afflux des météorites n'entraîne-t-il pas un accroissement lent de la masse des planètes ? Même en supposant ces effets négligeables à notre échelle, nous ne pouvons en faire abstraction dans une discussion portant sur les définitions et les principes. Le temps newtonien s'identifie avec le temps de la mécanique à un degré d'approximation que nous sommes hors d'état de préciser : ce sera l'affaire de nos successeurs. Mais nous devons tenir pour certain que nulle horloge au monde ne donnera jamais ce que Newton lui-même appelait le temps absolu.

A. DANJON.