

Sur la notion de Temps

Le Temps est une notion fort simple — parce qu'on n'essaie pas de l'approfondir — en géométrie et en mécanique. Elle paraît au contraire d'une extrême complexité quand, en cosmographie, on aborde les différentes espèces de « temps ». Il faut bien reconnaître qu'une grande confusion règne dans ce domaine parce que les astronomes appellent « Temps » des quantités, variables avec le temps, mais qui ne sont pas des temps. La confusion est encore aggravée par le fait que certains mécaniciens utilisent — à tort — le mot « temps » dans le sens de « date » ou « instant ». Il convient donc de préciser un peu ces diverses notions.

Il est très difficile de donner du Temps une définition précise. Je ne vois d'ailleurs pas pourquoi les mathématiciens en rechercheraient une, puisque depuis longtemps les philosophes (saluons ici leur utilité !) ont reconnu qu'il s'agissait là d'une *notion première*, qui n'est susceptible que d'une représentation approchée. A quoi bon même définir le temps par la notion d'uniformité (on compare souvent le temps à « quelque chose » qui s'écoule uniformément) puisque l'uniformité est par définition en mécanique le fait de varier proportionnellement au temps ? La seule affirmation qu'il soit possible de faire est que le temps *s'écoule*.

Nous reprendrons donc la définition des philosophes : le Temps est une *notion première*, c'est le paramètre t qui intervient dans les équations de la mécanique, et à partir duquel sont définis les mouvements uniformes. Ce sont ces mêmes mouvements uniformes qui constitueront des *horloges* permettant de repérer des *instants* (ou des dates) et par suite de *mesurer des intervalles de temps* : on voit ainsi qu'ainsi la grandeur fondamentale, grandeur mesurable, est l'intervalle de temps pour lequel une unité a été choisie par des considérations astronomiques : le jour moyen.

La mesure des intervalles de temps requiert l'utilisation d'une horloge, mécanisme animé d'un mouvement *uniforme* (ou prétendu tel), dont l'indication varie proportionnellement au Temps. La comparaison des indications de l'horloge au Temps ne peut se faire que par l'intermédiaire des équations de la mécanique (qui renferment seules le paramètre t). Il en résulte que nous nous adresserons à des phénomènes *astronomiques* ; mais, malheureusement, aucune de ces horloges n'est parfaite, car les équations de la mécanique écrite pour elles ne peuvent tenir compte d'événements impondérables, ou fortuits qui en modifient la marche. C'est, en particulier, ce qui se passe quand on compare les unes aux autres les diverses « horloges » astronomiques, dont la plus accessible est évidemment la terre.

L'horloge Terre a donné ce que les astronomes appellent « Temps sidéral » et « Temps moyen », qui lui est rigoureusement proportionnel. Expliquons-nous un peu.

On démontre en mécanique qu'un solide de révolution indéformable, sur lequel

ne s'exerce aucune force extérieure, conserve indéfiniment le mouvement initial, et, alors que son centre de gravité est affecté d'un mouvement rectiligne et uniforme, il est animé autour d'un axe qui reste constamment parallèle à une direction fixe, d'un mouvement uniforme. Le simple énoncé de cette loi nous indique que la terre n'offre pas rigoureusement les conditions requises. Nous savons en effet que la terre est soumise à l'attraction du soleil, autant que de la lune et des autres planètes, et qu'en conséquence, son centre de gravité décrit une certaine orbite qu'en première approximation on peut confondre avec une ellipse dont le soleil occuperait un des foyers (cette ellipse se déforme lentement par suite de diverses perturbations) ; d'autre part, l'axe de rotation de la terre ne garde pas une direction fixe dans l'espace : chacun connaît le phénomène de la précession ; enfin, la terre est loin d'être un *solide* (puisque à sa surface se trouvent d'énormes masses liquides) *indéformable* (puisque au contraire les géophysiciens lui attribuent une certaine rigidité, liée à la propagation des ondes sismiques). Cependant, à condition de considérer la terre comme un solide indéformable, sa rotation sur elle-même, rapportée à la ligne des nœuds sur son équateur, doit être uniforme. On obtient donc un premier repère qui a donné le Temps sidéral : le Temps sidéral est l'angle horaire du point γ . Cette grandeur est donc loin d'être un Temps : on pourrait l'appeler, selon la suggestion de M. DANTON : *Angle tropique*, dénomination plus conforme à la définition, et qui ne risque plus d'entraîner de confusion avec le Temps de la mécanique. Cet angle croîtrait proportionnellement au Temps si la terre était une horloge parfaite : nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

A partir du temps sidéral, qui est susceptible de donner une première représentation du Temps, mais qui est incommode dans la vie pratique, parce que les hommes règlent leurs occupations, non d'après la position du point γ , mais d'après celle du soleil, on définit le *temps moyen*. Le soleil n'a pas un mouvement apparent uniforme en ascension droite, aussi il n'est pas possible d'assimiler le Temps solaire (angle horaire du centre du soleil) à un temps, puisque cet *angle* ne varie pas uniformément (bien que la différence avec un mouvement uniforme soit faible, mais tout de même sensible). On utilise alors le Temps moyen, qu'on peut définir ainsi : on multiplie le Temps sidéral par un coefficient convenable et constant. Il est facile de déterminer ce coefficient en remarquant que, en une année tropique, il existe 366,2422 jours sidéraux, mais que, par suite du déplacement apparent du soleil, elle ne contient que 365,2422 jours moyens — le jour moyen, sur la définition duquel nous n'insisterons pas, étant une unité de temps (donc de valeur constante), choisie de façon à reproduire exactement la moyenne des jours solaires vrais d'une année. Dans ces conditions, le coefficient numérique à appliquer est le quotient de 365,2422 par 366,2422, soit 0,997268. On obtient donc le Temps moyen (qui, par définition est, ne l'oublions pas, un *angle*) en multipliant par le facteur 0,997268 le Temps sidéral (qui est, lui aussi, un *angle*).

Le Temps moyen, comme le Temps sidéral, est donc un *angle* qui fixe à chaque instant la position de la terre dans sa rotation autour de son axe. Il est donc lié à toutes les vicissitudes de cette rotation, en particulier au fait que la terre n'est pas un solide indéformable, ainsi qu'il a été dit plus haut. Pour mettre en évidence de telles fluctuations, il faut comparer les indications de deux horloges célestes indépendantes, l'une est la terre (avec le Temps moyen), l'autre pouvant être une planète quelconque, par exemple, dans son mouvement de translation autour du soleil : à chaque instant une planète a une position bien déterminée sur son orbite, et inversement de la connaissance de la position de la planète sur son orbite, on peut déduire l'instant du phénomène. En représentant ainsi ce phénomène de façon continue, on obtient une représentation du temps, dite Temps newtonien : ce temps présente *a priori* de plus grandes garanties que les temps terrestres, mais discuter sa validité m'entraînerait trop loin ; qu'il me suffise de citer la théorie de la Relativité...

Une conclusion s'impose : il n'existe pas d'horloge parfaite — comme il n'existe

pas d'étalon parfait de mesure des longueurs. Le Temps perd ici la place privilégiée que lui donnaient, parmi les grandeurs, les anciens auteurs de cosmographie. Il n'empêche cependant que nous avons quand même pu choisir une unité de temps : cette unité est telle qu'à chaque instant le temps moyen (angle horaire, etc...) et le Temps soient mesurés par le même nombre : on mesure le temps à l'aide du temps moyen. Et c'est seulement l'expérience qui décide s'il n'existe aucune contradiction entre les conséquences tirées de l'introduction de ce Temps moyen pour représenter le Temps, c'est-à-dire la légitimité de ce choix. Bien que cette représentation soit correcte pour les usages courants, la réponse de l'expérience a pourtant été négative, ce qui ne doit pas nous surprendre, étant donné ce que j'ai dit plus haut. Au surplus, la détermination d'un Temps absolu (le temps t de la mécanique) exige la connaissance simultanée d'un repère absolu par rapport auquel décider si tel mouvement est uniforme, et personne n'hésite à nier son existence expérimentale. Il est donc temps (sans aucun jeu de mots) de débarrasser la notion de temps de tous ces tautologismes qui ne visent qu'à essayer de définir ce qui est indéfinissable. Le temps n'a ni une origine expérimentale, ni une origine astronomique : c'est une notion première, un concept fondamental que les mécaniciens introduisent dans leurs équations sous la forme d'un paramètre t , indépendamment de tout support concret ; son existence est impliquée par les définitions de mouvement uniforme, de vitesse et d'accélération. Les physiciens savent bien qu'on ne définit, ni les longueurs, ni les surfaces, et que cependant rien n'empêche de les introduire dans les théories physiques, dans des lois qui permettent de les mesurer. Pourquoi en serait-il autrement du temps ?

En conclusion, il faut bien se garder de confondre les Temps des astronomes avec le Temps. Il n'y a qu'un seul Temps, comme il n'y a qu'un espace. Il existe des intervalles de Temps. Il existe des instants, que l'on peut repérer. Les « Temps » des astronomes sont des *angles horaires* qui sont fonctions du Temps, c'est-à-dire qu'à chaque *instant* on peut associer une valeur de tel ou tel de ces angles, et réciproquement la valeur d'un de ces angles renseigne sur l'instant d'observation.

Le Temps sidéral est en première approximation proportionnel au temps t . $T = k.t$, k dépendant des unités choisies.

Le Temps solaire vrai a une valeur en fonction de t , qui se déduit, d'une part, du mouvement du soleil en longitude, d'autre part, de la correspondance entre les longitudes et ascensions droites du soleil. En première approximation on peut mettre l'ascension droite du soleil sous la forme : $\alpha = n.t + E + C^0$, E est l'« Equation du temps », sa valeur est parfaitement connue en fonction de t par les équations de la mécanique. Il en résulte que le Temps solaire vrai, angle horaire du centre du soleil, est donné, selon une formule connue par : $H = T - \alpha$, T étant le Temps sidéral à cet instant, soit une expression de la forme : $H = (k - n).t - E + C^0$. La quantité : $H_m = (k - n).t + C^0$, qui varie proportionnellement au Temps, est appelée par définition le Temps moyen. Elle se déduit du Temps solaire vrai par : $H_m = H + E$. C'est l'angle horaire d'un astre fictif, dit « Soleil moyen », dont l'ascension droite aurait à chaque instant, par définition, la valeur : $\alpha_m = \alpha - E$.

La quantité E est périodique, ses valeurs maxima et minima sont voisines de 16 minutes en valeur absolue (unité d'angle qui vaut la soixantième partie de l'heure, donc la mille quatre cent quarantième partie de la circonférence), par suite, le soleil moyen différera assez peu du soleil vrai, et c'est par suite sur lui que nous réglons nos occupations. Notons que j'ai pris bien soin de ne pas définir le soleil moyen comme ayant *a priori* un mouvement uniforme, car cette définition impliquerait celle du Temps moyen : il y aurait un nouveau tautologisme.

Le Temps moyen est nul quand le soleil moyen passe au méridien. Pour plus de commodité, on lui ajoute 12 heures, de façon à prendre comme origine un instant de la nuit. La quantité : $H_c = H_m + 12$ h. est le Temps civil.

Ces temps sont toujours des *angles*, leurs valeurs à un instant donné sont *locales*,

Pour uniformiser les indications des horloges aux divers lieux d'un même pays, on a institué le système des fuseaux horaires, dont je ne citerai que le nom, ce qui a nécessité la création d'un Temps universel ; c'est le Temps civil du méridien de Greenwich à un instant donné. Cette dénomination a pris la place de celle du temps « G.M.T. », qui est le Temps moyen du méridien de Greenwich. Remarquons aussi que l'unité de Temps (Temps t) a été choisie de telle sorte que $k - n = 1$ quand on exprime l'angle horaire H_m en heures, minutes et secondes. C'est l'origine de notre seconde sexagésimale de Temps moyen, dont la définition figure à propos des systèmes d'unités géométriques et mécaniques.

J. DAUTREVAUX.

Remarque I. — Dans l'exposé ci-dessus il est bien entendu que le *jour sidéral* est l'intervalle de temps nécessaire pour que le *temps sidéral* (angle horaire du point γ) augmente de 24 heures (l'heure étant ici une unité d'angle) et non la durée de la rotation de la terre sur elle-même.

Remarque II. — Sans que cela ait été précisé, il est visible, d'après mon exposé, que le *temps sidéral* est comme le *temps moyen*, auquel il est proportionnel, un « temps » (angle horaire) défini par l'ensemble des mouvements de la terre (rotation, translation autour du soleil, etc.), donc rattaché essentiellement au mouvement apparent du soleil. Je ne préciserai pas les méthodes utilisées pour la détermination du point γ , ni les formules théoriques qui déterminent les « temps » ; on consultera utilement à ce sujet la *Cosmographie*, de M. DANJON, pages 111 à 138, et les deux articles de M. DANJON, parus dans le *Bulletin* (n°s 125 et 127).

Remarque III. — J'ai négligé de définir le *jour moyen* : c'est l'intervalle de temps nécessaire pour que le *temps moyen* (angle horaire) augmente de 24 heures (l'heure étant encore ici une unité d'angle). En vertu de la proportionnalité entre le temps sidéral et le temps moyen, il existe le même rapport entre les durées du jour sidéral et du jour moyen.

J. DAUTREVAUX.