

Pierre Paul Curvale

L'ÉVOLUTION DE L'UNIVERS

10 février 2012

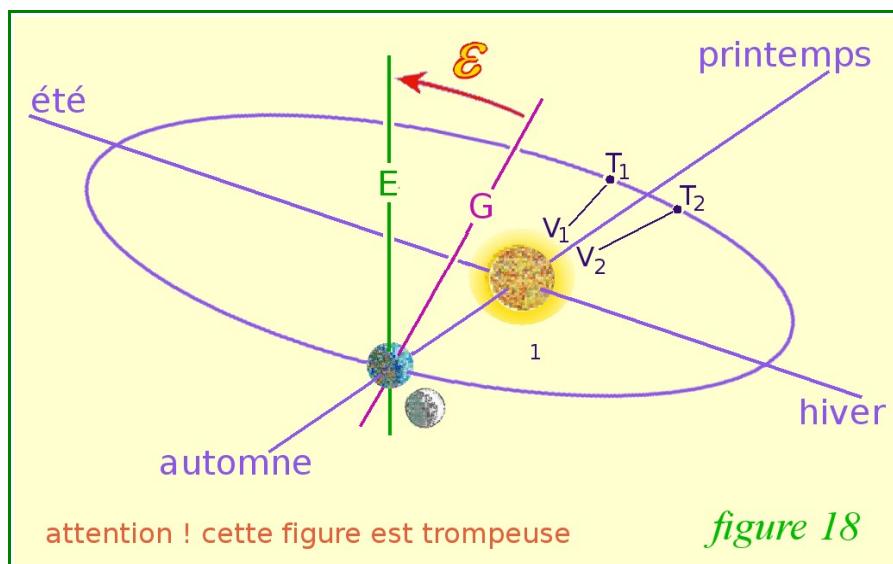
Ce document prolonge la réflexion sur l'écoulement du temps et sur la température universelle. Il suppose déjà acquises les notions développées dans le chapitre 12 de la note sur les girations, en particulier :

- la loi structurelle du temps (figure 24),
- la relation entre le temps et la température.

Attention : il ne faut donc pas commencer l'étude de la nouvelle physique par ce document.

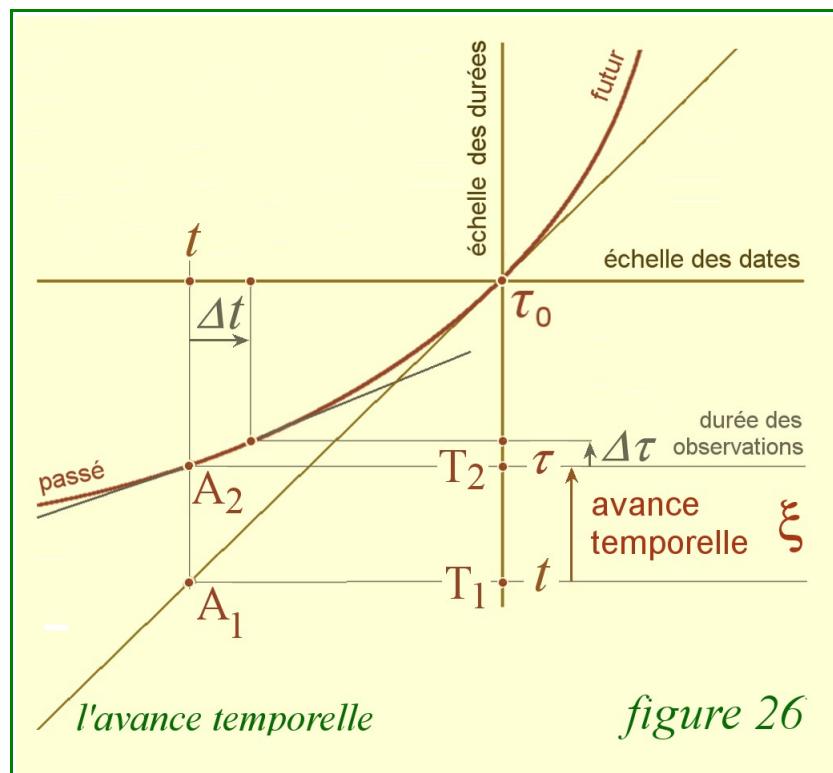
Ce texte a été déposé sous pli cacheté
à l'Académie des sciences
le 15 février 2012 sous le numéro 18007.

Pour assurer la transition entre la représentation de l'univers qui est commune de nos jours et celle qu'il convient désormais d'adopter, nous reproduisons ici la figure 18 de la note sur les girations, dont nous avons déjà expliqué qu'elle est fallacieuse, car elle présente en une seule vue des éléments géométriques observés à des dates différentes, en ignorant que le temps et l'espace sont en continuelle déformation.



L'idée qui prévalait dans l'antiquité, avant Hipparche, et qui est encore hélas ! la plus répandue de nos jours, est que l'écoulement du temps se fait « à vitesse constante ». Ce serait, affirme-t-on, une évidence qui s'imposerait d'elle-même sans qu'il soit besoin de la justifier. La plupart des hommes n'ont aucune occasion de réfléchir à cela. Dans leur vie courante, ils se contentent de quelques aphorismes vrais ou faux qui éludent la question : « *les heures d'attente sont longues, mais les années vécues sont courtes* » ; « *nous surfons sur l'instant présent comme sur la crête d'une vague, toujours en équilibre* » ; « *plus on vieillit, plus le temps passe vite* » ; « *l'humanité retombe toujours dans les mêmes erreurs ; le temps se reproduit* ». De leur côté, les physiciens considèrent que l'étude du temps est une direction de recherche à barrer dès l'entrée comme une route dont on ne désire pas savoir où elle mène. Ce qui est étonnant c'est que ce sont les mêmes personnes qui prétendent avec aplomb que l'espace est courbe, ce qui est faux, et qui refusent que le temps puisse être courbe, ce qui est pourtant vrai. Il y a de leur part un refus quasi viscéral, une phobie peut-être, parce qu'ils ressentent intimement que leur propre vie est supportée par l'écoulement physique du temps qui a des propriétés inéluctables.

Dans la *théorie de l'espace-temps évolutif* nous décidons de définir une variable indépendante τ , représentable sur une échelle affine, c'est-à-dire avec une unité constante, égale à celle qui est en vigueur à la date $t_0 = \tau_0 = 0$ choisie comme origine du temps. Ce choix est totalement libre. Dans toutes mes notes j'utilise comme origine du temps le *top de l'an deux-mil* (1er janvier 2000 à midi UTC) ; je fais de même ici. La figure ci-dessous est une étude de fonction qui exprime la date t en fonction de cette variable de référence τ . C'est la *loi structurelle du temps*, qui a déjà fait l'objet de la figure 24 de la note sur les girations. Elle ne représente pas l'espace mais seulement le temps. C'est chaque point de l'espace qui peut être caractérisé indifféremment soit par une valeur de la variable τ , soit par la valeur correspondante de la date t , soit même, nous le rappellerons plus loin, par une valeur de la température de l'univers θ_U .



Cette figure 26 va nous aider à décrire le phénomène de la précession de la ligne des équinoxes. Ce phénomène a été mis en évidence vers la fin du deuxième siècle avant notre ère par l'astronome Hipparque qui collationnait ses propres résultats d'observation avec ceux que son prédécesseur Timocharis avait obtenus vers le début du troisième siècle.

Hipparque n'avait aucune notion des distances astronomiques et ignorait donc quelle pouvait être l'orbite de la terre. Ils ne faisait que des mesures angulaires à partir de son observatoire. Il s'intéressait notamment à une ligne particulière, celle qui joint le centre de la terre au centre du disque solaire à l'équinoxe de printemps et qui est repérée sur la figure 18 par les mots automne-printemps. L'examen attentif de cette figure 18 nous montre qu'il ne connaissait à peu près rien des lois astronomiques dont nous sommes fiers. Il a seulement utilisé deux directions V_1 et V_2 :

$$V_1 = \text{direction de l'équinoxe de printemps}$$

découlant des observations de Timocharis à la date T₁

$$V_2 = \text{direction de l'équinoxe de printemps}$$

découlant de ses propres observations à la date T₂

Hipparque obtenait cependant une bonne précision car il repérait ces directions par rapport à la voûte céleste qu'il connaissait bien, qui forme un réseau indéformable et qui fourmille d'étoiles. Imaginons comment il pouvait organiser ses visées astronomiques dans son observatoire en pierres de taille de l'île de Rhodes.

- Une fois pour toute, il pouvait repérer la direction du méridien local par la visée de l'étoile polaire.
- Lors de l'équinoxe à midi, il pouvait observer le passage du soleil par ce méridien, avec un cadran solaire.
- Dans la nuit, il pouvait observer le passage par le méridien d'autres étoiles déjà cataloguées.

Il ne disposait d'aucun moyen de mesurer le temps sur des durées notables, mais dans ce cas lui suffisait de conserver l'heure avec une clepsydre entre la visée de midi et celle de la nuit. Ajoutons, bien que cela n'intervienne pas dans la mesure du temps, qu'il disposait probablement d'un dallage de marbre bien lisse qui, s'il le mouillait, pouvait lui servir de miroir horizontal pour la mesure de la hauteur des étoiles les plus brillantes.

La figure 18 est dessinée, quoique ce ne soit pas explicite, en prenant comme origine fixe du référentiel le centre cinétique K_{TS} du système de masses terre-soleil, qui est très proche du centre du soleil en direction de la terre. Lors de l'utilisation d'un cadran solaire à midi les cinq points suivants se trouvent dans un même plan méridien : le *centre de la terre*, le *cadran solaire à la*

surface de la terre, le *centre cinétique* K_{TS} , le *centre du disque solaire* vu de la terre, et le *centre du soleil*. Les mesures de Timocharis et de Hipparque étaient donc parfaitement correctes.

On peut raconter en s'aidant de la figure 18 le phénomène surprenant qui se produit. On a bien noté à la date T_1 la direction V_1 de l'équinoxe de printemps et on l'a repérée sur la voûte étoilée sous le nom de point vernal. Environ un an s'est écoulé et l'on s'attend au retour de la même situation, mais elle ne se reproduit pas ! On observe d'abord, à la date T_2 , l'équinoxe de printemps dans une nouvelle direction V_2 du vernal, puis environ 20 minutes plus tard l'arrivée de la direction V_1 . Le point vernal s'est déplacé par rapport aux étoiles ; il est allé plus vite qu'elles ; d'où le nom donné à ce phénomène :

précession de la ligne des équinoxes.

Il y a deux façons de caractériser ce phénomène, en unités d'angle ou en unités de temps. La plus courante est de mesurer *la précession angulaire qui s'est produite sur la voûte céleste* d'une année sur l'autre. La deuxième est *l'avance temporelle*, qui ne fait appel qu'à des unités de temps. C'est évidemment elle qui est représentée sur la figure 26.

$$\xi = T_2 - T_1 = \tau - t$$

Les valeurs établies dans la note sur les girations sont les suivantes :

La précession angulaire est :

$$\zeta = 49'' 79/100$$

L'avance temporelle est :

$$\xi = T_2 - T_1 = 20 \text{ mn } 12 \text{ s } 41/100$$

La théorie de l'espace-temps évolutif explique que la précession n'est pas une propriété des astres mais qu'elle est due à la loi structurelle du temps. La figure 26 suscite une remarque qui explique les errements de l'astronomie actuelle :

L'avance temporelle ne doit pas être mesurée sur l'échelle des dates t , selon l'usage actuel, mais selon le paramètre τ .

Ici, il faut dénoncer une grave erreur, qui est encore propagée de nos jours par des vulgarisateurs, jusque dans des encyclopédies ou dans des logiciels de pilotage des planétariums.

L'erreur consiste à affirmer péremptoirement que la précession des équinoxes est un phénomène angulaire, qui se produit dans le plan de l'écliptique, alors que c'est une propriété du temps, mesuré selon l'équateur de la terre.

Le temps terrestre est caractérisé par un plan particulier, le *Méridien Horaire International*, contenant *l'axe de rotation de la terre*, qu'il convient d'assimiler dans ce cas au sphéroïde de Clairaut, et un point extérieur à l'axe, *l'observatoire de Greenwich*. L'orientation de ce plan particulier est repérée sur la voûte céleste par l'ascension droite des étoiles lointaines. C'est tout ; c'est une horloge. Le point vernal ne parcourt pas les constellations du zodiaque ; il se déplace dans le temps !

Prenons le temps de dénoncer trois autres erreurs qui sont malheureusement répandues encore de nos jours et qui ne peuvent qu'entretenir la confusion entre l'écoulement du temps et les mouvements supposés de la terre. Au XVIII^e siècle l'astronome James Bradley (1693-1762) mettait en évidence trois mouvements qu'il attribuait à l'axe de la terre : la nutation, la période de 26000 ans de la précession des équinoxes, et de petites fluctuations de l'axe de la terre par rapport à l'axe de visée de l'étoile particulière Thuban (α Draconis). Voyons ce que nous pouvons en penser aujourd'hui. À nouveau, cela va nous conduire à corriger des erreurs.

Pour Bradley la nutation était le déplacement de l'axe G de la terre sur un cône autour de l'axe E. L'ouverture de ce cône était l'angle tropique, le même que sur la figure 20. La différence, c'est que sur cette figure la période autour de E est *l'année*, alors que pour Bradley c'était *la période de 26000 ans*, mais la faute de raisonnement est la même dans les deux cas : elle consiste à confondre les vitesses angulaires des directions de visée avec les vitesses de rotation des objets physiques possédant un moment cinétique. Ici, il y a un seul objet, la terre, et un seul axe de rotation G.

Le cône de nutation de la terre n'a pas de réalité physique.

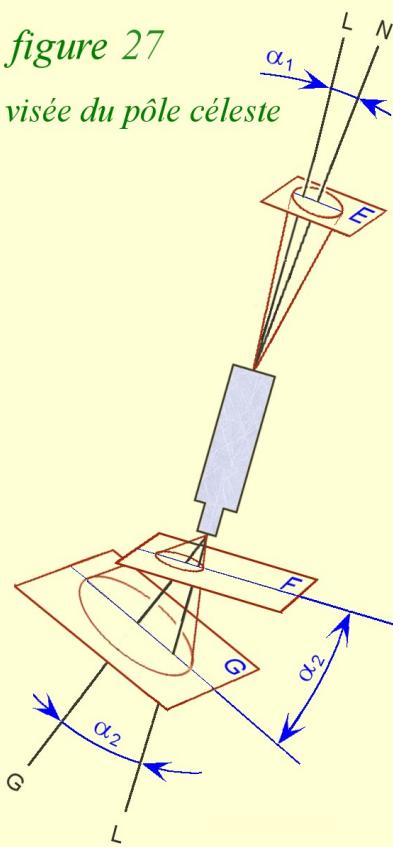
La valeur annuelle de la précession des équinoxes est d'environ 1/26000^{ème} d'année, plus précisément 1/25878^{ème} d'année. James Bradley a fait l'hypothèse qu'elle était constante et a admis comme plausible qu'il existait un cycle de 26000 ans. Il savait très certainement que ce n'était qu'une hypothèse, puisqu'à la même époque Pierre Charles Le Monnier se servait du gnomon de Saint-Sulpice pour voir ce qu'il en était. Mais Le Monnier n'a pas poursuivi cette recherche ; Bradley n'a jamais été contredit ; les recherches sont passées de mode . . . et c'est à nous maintenant de statuer : La précession des équinoxes n'est pas constante.

Le cycle de 26000 ans n'existe pas.

Faute de documentation sur le matériel et les méthodes d'observation utilisées par James Bradley, il m'est impossible de dire quoi que ce soit des fluctuations de l'axe de la terre qu'il a observées, mais je saute sur l'occasion pour dénoncer une mauvaise compréhension de ce qu'est la visée des étoiles, qui s'exprime *de nos jours* dans les propos de certains amateurs d'astronomie. Il y en a qui réalisent des photos merveilleuses, dont ils ont tout lieu d'être fiers, pour visualiser la rotation des étoiles autour du pôle céleste ; mais l'interprétation qu'ils donnent de leurs images n'est pas vraie. Voyons cela de plus près. Il y a deux façons, toutes deux admissibles, de décrire la façon dont on observe les étoiles ; il ne faut pas mélanger les deux sur une même figure. L'une correspond à la réalité : les directions des étoiles sont fixes, et c'est la terre qui tourne, nous avec elle. L'autre consiste à se placer sur la terre au côté de l'observateur pour le voir faire, et à parler avec lui des étoiles comme si c'étaient elles qui tournaient au dessus de nos têtes. C'est ainsi qu'est tracée la figure 27 : l'axe L de la lunette utilisée et la direction N du pôle céleste sont fixes, représentés dans le plan de la figure, ainsi que les angles α_1 et α_2 . L'objectif de la lunette est parfaitement de révolution autour de l'axe L . De même l'oculaire, ou l'appareil photo qu'on lui a adapté est parfaitement de révolution. L'observateur dirige la lunette vers le pôle N – tout au moins il le croît – puis il prend une photo avec un temps de pose de quelques heures, sans toucher à rien ; il s'attend à ce que les traces des étoiles enregistrées sur la pellicule soient des cercles. Or ce n'est pas toujours cela qui se produit. En effet, il n'est pas facile de localiser le pôle céleste par une visée dans une lunette. Il peut se faire qu'il subsiste un petit angle α_1 entre la direction du pôle céleste et l'axe de la lunette. Au cours de la nuit, le faisceau lumineux provenant d'une étoile particulière décrit un cône de révolution à vitesse angulaire constante ; l'intersection de ce cône par un plan E parallèle à l'équateur serait un cercle. Mais ce n'est pas de ce côté-là de la lunette qu'on observe la trace de l'étoile sur la pellicule photo. Soit $G = \alpha_2 / \alpha_1$ le grossissement de la lunette. Dans l'espace image de la lunette, la direction du pôle est représentée par un axe G , qui

figure 27

visée du pôle céleste



fait l'angle α_2 avec l'axe L de la lunette. Le faisceau lumineux décrit autour de cet axe un cône dont la forme dépend des caractéristiques particulières de l'oculaire, mais qui est *à peu près* de révolution. La trace de l'étoile sur une plan G normal à l'axe G est donc *à peu près* un cercle ; seul le fabricant de l'oculaire pourrait dire ce qu'il en est précisément. Mais ce n'est pas dans ce plan que se trouve l'image observée, c'est dans le plan focal F de la lunette. Cet autre plan intercepte le même cône dont le sommet est le point nodal image de la lunette et dont l'axe est G , mais il forme avec F l'angle dièdre α_2 . *L'intersection d'un cône par un plan oblique est un problème classique de géométrie : c'est une ellipse.* Voyons des valeurs vraisemblables : si l'erreur de visée du pôle céleste est d'un quart de degré et que le grossissement de la lunette est de 100 x, l'angle dièdre entre les plans G et F est de 25 degrés. *L'ovalisation de la trace laissée par l'étoile est très visible.* Cependant elle n'est qu'un artefact.

Il n'y a pas de fluctuations de la direction du pôle qui soient observables sur quelques heures.

Dans le cadre scientifique, *la réflexion sur le temps ne peut se développer que s'il est possible de le définir, de le décrire et de le mesurer objectivement*, c'est-à-dire indépendamment de tout observateur humain. Les seules choses dont nous disposons pour cela sont des horloges, parmi lesquelles la seule utilisable sur des durées très longues est la terre elle-même, avec ses deux unités naturelles, le jour sidéral T_G et l'année tropique T_T .

Une question cruciale est de savoir si la terre est une horloge fiable.

L'idée est que notre planète, qui est un gyroscope, pourrait peut-être obéir aux lois de la mécanique. Lorsqu'un gyroscope est soumis à un couple autour d'un axe différent de son axe de rotation principal, il se met à tourner autour d'un troisième axe, orthogonal aux deux premiers : en astronomie classique on peut ainsi envisager que des couples soient provoqués par l'attraction par la lune et le soleil des régions plus ou moins denses de la terre. Mais les forces exercées à distance n'existent pas dans la nouvelle physique : maintenant, la terre est simplement assimilée à son sphéroïde de Clairaut, qui peut être défini même pour un objet *hétérogène ou déformable*. Il ne s'agit plus de savoir si elle est soumise à des couples, mais si elle subit des variations de quantité de mouvement qui pourraient faire basculer l'axe du sphéroïde ou modifier sa vitesse de rotation. Il n'en rien puisque, répétons-le, c'est la rotation du sphéroïde qui définit l'unité de temps, le jour sidéral.

L'horloge naturelle est le sphéroïde de Clairaut auquel les matériaux terrestres ne font que s'ajuster.

Voyons deux exemples :

Les courants marins sont dus aux différences de vitesse que l'eau subit du fait de la rotation de la terre. Les distances à parcourir étant moins grandes aux latitudes moyennes qu'à l'équateur, il s'y produit des courants d'ouest en est qui sont entravés par les fonds marins et qui se heurtent aux continents. Il y a eu, dans l'histoire de la terre un courant ininterrompu qui faisait le tour de la terre au voisinage de l'équateur, la Téthys, puis qui s'est fermé. Depuis cette époque du jurassique, les continents se sont déplacés et continuent de se déplacer, au point que les restes de la Téthys sont de nos jours les Caraïbes et la Méditerranée, respectivement vers 20 et vers 40 degrés de latitude nord. Les mouvements de terrains que décrivent les géologues sont grandioses ; les plaques continentales ont basculé et continuent de basculer ; les fonds marins ont été élevés jusqu'au sommet des montagnes ; des roches ferromagnétiques ont changé d'orientation ; des volcans sont apparus et apparaissent encore au fond des mers ; etc. Et cependant, toutes ces déformations de la terre ne modifient en rien notre horloge, le sphéroïde. De nos jours, il ne reste qu'un seul courant marin ininterrompu, qui contourne le continent antarctique, mais cela suffit pour que le niveau moyen des mers s'ajuste au sphéroïde.

Le *phénomène des marées* est aujourd'hui mal compris, car il ne peut pas être décrit dans un référentiel géocentré. Il faut raisonner sur le système de masses constitué à la fois du soleil, de la terre et de la lune, dont le centre cinétique K_{STL} est mobile par rapport à la terre. Toutes les particules de matière terrestre, aussi bien dans la mer que dans les continents, se trouvent à un emplacement où l'accélération de l'espace est dirigée vers ce point, mais elles ne sont pas en mouvement libre ; chacune reçoit une certaine quantité de mouvement de particules voisines et la retransmet à d'autres. Or ces efforts s'exercent sans déplacement relatif ; seule l'eau voisine de la surface peut se déplacer pour former le courant de marée. Ainsi, *les marées sont un phénomène superficiel qui n'affecte pas l'ensemble de la masse des océans*. Et bien sûr, comme les autres déformations de la terre, elles ne font que s'ajuster au sphéroïde sans le modifier. L'horloge terrestre est stable.

À quantité de matière constante la terre est une horloge parfaitement stable. Ses dérégagements éventuels sont dus :

- soit à la propulsion de matière pesante de la terre vers l'espace,*
- soit à la chute sur la terre de matière pesante provenant de l'espace.*

Des dérégagements de l'horloge ont certainement eu lieu dans le passé, mais, sans être capables de les chiffrer, nous pouvons penser qu'ils ont eu une amplitude modérée, alors même que les modifications de la croûte terrestre ont pu être catastrophiques.

L'apport de matière à la terre est due aux météorites de toutes tailles qui arrivent en permanence dans l'atmosphère, dont les plus lourdes atteignent directement le sol ou la mer. On parle beaucoup de celle qui a formé le cratère de Chicxulub au Mexique, il y a 65 millions d'années ($\tau = -55000$ ans). Son diamètre est évalué à 10 kilomètres et sa vitesse d'impact à 20 km.s^{-1} . Sa masse n'était que 10^{-12} fois celle de la terre. Dans un choc, la quantité de mouvement de l'ensemble des deux objets se conserve et c'est l'objet le plus léger qui subit la décélération. La météorite s'est écrasée au sol, mais la terre n'a pratiquement pas bougé. L'horloge est restée stable.

L'écoulement continual du temps rend difficile la tâche des physiciens. Leurs observations ne peuvent se faire qu'à une seule date : le jour même.

Les voyages dans le temps sont impossibles. Hipparque ne pouvait évidemment pas retourner vers le passé pour se rendre auprès de Timocharis et profiter avec lui de leur passion commune d'admirer le ciel ! Vivant à des époques différentes, ils ont nécessairement fait deux séries d'observation distinctes, dont les résultats ne peuvent être comparés qu'en se servant d'objets matériels identifiables qui ont existé aux deux époques. Dans leur cas ces objets sont des écrits de Timocharis, qui ont été conservés sur des papyrus puis exploités par Hipparque. Dans d'autres cas ce sont des fossiles ou des traces archéologiques. Il y a là une loi générale :

On ne peut pas observer directement depuis un référentiel ce qui se passe dans un autre.

La figure 26 a pour origine le top de l'an deux-mil. Pour voir travailler Hipparque, il faut placer l'origine du référentiel à son époque. Pour lire les notes de Timocharis, il faut à nouveau reculer vers le passé l'origine du temps. Ce sont trois référentiels différents : il faut raisonner dans un seul à la fois.

Hipparque imaginait sans doute que Timocharis avait travaillé « *dans les mêmes conditions que lui* » et considérait que leurs résultats étaient directement comparables. C'était vrai, mais nous avons maintenant compris qu'il s'appuyait sans le savoir sur une hypothèse cachée. Cette hypothèse, que la théorie de l'espace-temps évolutif utilise comme un postulat fondamental, est le *postulat cosmologique*, qui est énoncé au paragraphe 2.2 de la note sur *l'espace-temps évolutif*, avec deux de ses corollaires.

postulat cosmologique
universalité des lois de la physique

*Les lois physiques sont les mêmes
en tous les points de l'espace-temps.*

corollaires

*Les équations aux dimensions des grandeurs physiques
sont les mêmes dans tout l'espace-temps.*

*Les valeurs des constantes fondamentales
sont les mêmes dans tout l'espace-temps*

Revenons à la figure 26. Plaçons-nous à la date t et procédons à une mesure physique s'étendant sur un laps de temps Δt . Il lui correspond une durée $\Delta\tau$. Mais qu'est-ce qu'une mesure physique ? Une mesure est toujours une comparaison entre la *grandeur à mesurer* et un étalon appelé *unité de mesure*. Le résultat, appelé *valeur mesurée*, est toujours un nombre sans dimension.

Prenons comme exemple la mesure du temps lui-même, en partant de ce qu'en savent les hommes qui vivent sur la terre. Tous ont une notion à peu près claire de deux durées, *l'année tropique* qui représente la succession des saisons, et le *jour solaire moyen* qui représente en moyenne sur l'année la succession des jours et des nuits. On considère que l'année est la grandeur à mesurer et que le jour est l'unité de mesure. En comptant les jours sur l'échelle des dates, on trouve un certain résultat :

365, 242 190 517 jours par an

Dans la mesure où la loi structurelle est assimilable à un segment de droite au voisinage du point A_2 , le coefficient de proportionnalité $\Delta t / \Delta\tau$ est le même pour la grandeur à mesurer et pour l'unité, en sorte que, si l'on fait le décompte des jours sur l'échelle des durées τ on trouve le même résultat que sur l'échelle des dates t :

365, 242 190 517 jours par an

Il faut remarquer que cela n'impose pas une loi structurelle particulière. Il suffit que cette loi soit continue, monotone et que la variation de sa pente soit négligeable au cours de la durée des observations.

*L'existence d'une loi structurelle du temps
ne change en rien les mesures de temps.*

Le fait que la valeur mesurée n'est pas un nombre entier a posé au cours de l'histoire des problèmes d'ajustement des dates du calendrier avec les observations astronomiques. Pour se limiter à notre calendrier, on sait que Jules César, en adoptant le calendrier grec, avait édicté des années de 365 jours dont une sur quatre, appelée *bissextile* depuis Isidore de Séville, avait un jour supplémentaire, ce qui revenait à choisir en moyenne

365, 25 jours par an.

Mais les périodes de quatre ans obtenues ainsi étaient un peu trop longues. Cela a été corrigé en 1582 avec l'adoption par le pape Grégoire XIII d'un nouveau calendrier qui supprime le jour supplémentaire trois fois par période de quatre siècles. Cela revient à choisir en moyenne des années de

365, 2425 jours par an.

Nous en sommes là, mais le compte n'est pas encore exact. Il faudra probablement retirer à nouveau un jour du calendrier dans quelque 3000 ans.

Ce qui est remarquable, c'est que cette valeur se soit maintenue inchangée depuis Jules César et qu'elle soit utilisée, sans soulever d'objections, pour la prévision des calendriers futurs. *La durée de l'année tropique exprimée en jours est la même à quelque époque que ce soit.*

Le seul fait qu'il existe des éphémérides est une vérification expérimentale que le postulat cosmologique est vérifié.

Les calendriers sont tous établis en jours solaires moyens. Il est sans doute superflu d'expliquer, une fois de plus, pourquoi il existe deux valeurs de l'unité de temps appelée « jour », le *jour sidéral* qui est la période de révolution du gyroscope « terre » et le jour solaire moyen, qu'il est préférable d'appeler simplement *jour terrestre* puisqu'il est tout aussi constant que le jour sidéral. Par contre, il n'est pas inutile de mettre en garde les informaticiens qui rédigent des programmes sans avoir des connaissances suffisantes en physique, contre le risque de confusion entre ces deux unités, dont le rapport est $\eta = 1,002\,737\,91$.

1 année tropique = 365, 2425 jours terrestres = 366, 2425 jours sidéraux

1 jour terrestre = 86 400 secondes légales = 24 h

1 jour sidéral = 86 144, 092 secondes légales = 23h 56mn

Il existe un risque de confusion entre :

- *les unités de temps terrestres TT (Terrestrial Time)*
- *les unités de temps sidérales ST (Sidereal Time)*

Prenons comme exemple un satellite artificiel à défilement, comme ceux qui sont utilisés communément à des fins de communication, de météorologie, d'observation de la terre ou même hélas ! en cas de guerre, à des frappes au sol au moyen d'un laser de puissance. Ce satellite tourne autour du centre cinétique de la terre en respectant les lois de Kepler. Notamment sa trajectoire est plane et sa période est constante, de l'ordre de 100 minutes. Regardons ce qui se passe sur un parallèle intermédiaire entre l'équateur et le pôle, par exemple à 45 degrés de latitude nord. La circonférence de ce parallèle mesure de l'ordre de 28000 kilomètres, ce qui fait que le sol se déplace localement d'ouest en est à la vitesse de 28000 kilomètres en un jour sidéral, c'est-à-dire à 325 m/s. On ne peut que s'émerveiller à la pensée que l'on est soi-même entraîné à une pareille vitesse, sans ressentir quoi que ce soit ! Le satellite survole la terre, en franchissant régulièrement toutes les 100 minutes le parallèle 45° ; entre deux passages successifs le sol terrestre s'est déplacé de 1950 kilomètres vers l'est. Selon la mission qui est assignée au satellite, un logiciel à son bord utilise les observations faites lors d'un premier passage pour prépositionner l'appareillage d'observation en vue du passage suivant. C'est dans la programmation de ce logiciel que l'erreur peut se produire. Il se peut que les informaticiens, qui sont habitués à n'utiliser que les unités de temps terrestres, entrent comme une donnée que la terre tourne sur elle-même en 24 h, alors qu'elle tourne en 23h 56mn. Au bout de sa révolution de 100 minutes, le satellite se trouvera 5,3 kilomètres plus à l'ouest que prévu. Si les autres données dont il dispose ne lui permettent pas d'identifier avec certitude l'objectif qui lui est assigné, il photographiera n'importe quoi, éventuellement une zone du sol qui ressemble un peu à son véritable objectif. Ce véritable objectif se situe plus à l'est, à la même latitude.

Les lois physiques ont été établies en unités de temps terrestres. Pour éviter à l'avenir toute confusion, il serait utile de prendre une précaution :

Il faudrait reformuler les lois physiques en introduisant le facteur η dans toutes les formules qui comportent une période de rotation gyroscopique.

Quelle que soit la date t_U à laquelle on mesure la précession des équinoxes, on obtient les mêmes valeurs mesurées. Soit T_E l'intervalle de temps qui s'achève à la date t_U au cours de laquelle la direction de ligne des équinoxes a fait exactement

un tour complet sur la voûte céleste. On observe la même avance temporelle ξ et l'on appelle année tropique la différence :

$$T_T = T_E - \xi$$

Les valeurs de T_E , de ξ et de T_T sont indépendantes de t_0 . En particulier la valeur de l'année tropique T_T est toujours la même.

Insistons sur le fait que ces trois valeurs sont déterminées à une seule et même date : c'est la condition pour appliquer le postulat cosmologique. Mais si l'on compare des valeurs de dates différentes, rien n'interdit qu'elles se soient modifiées entre temps.

Nous venons de dire que la mesure du temps, et plus généralement celle des phénomènes physiques qui sont des fonctions du temps, est indépendante de l'échelle de temps choisie pour supporter à la fois la grandeur à mesurer et l'unité de mesure. Oui mais, il se trouve que ce n'est pas le cas en astronomie ! En effet les astronomes disposent, depuis toujours semble-t-il, de deux échelles de temps différentes et ont pris l'habitude inconsciente d'utiliser l'une ou l'autre selon leurs besoins du moment, ce qui peut être source d'incohérences et d'erreurs.

Il arrive que la grandeur à mesurer ne soit pas définie sur la même échelle que l'unité de mesure.

Les calculs d'astronomie se font le plus souvent en utilisant l'échelle des dates, car ils sont menés de façon à repérer et prévoir des événements « instantanés » tels que les éclipses, la conjonction des planètes, le passage des astres dans le plan méridien, le début et la fin de l'année civile, etc.

Les observations dans les observatoires se font sur l'échelle des durées, car elles mesurent, pour l'observateur qui tourne avec la terre, la durée τ entre le passage de sa lunette méridienne par un premier méridien céleste et son passage par un deuxième méridien.

Les durées se mesurent toujours par comparaison avec la période d'un gyroscope libre de toute contrainte, appelé *horloge*. La terre est un tel gyroscope ; c'est pourquoi sa période T_G , le jour sidéral a une durée constante. *L'unité d'ascension droite est la vingt-quatrième partie du cercle équatorial* ; c'est donc également durée constante.

Tout cela semble clair, mais à vrai dire, il reste une difficulté que les astronomes ne semblent pas en mesure de surmonter actuellement, car il leur faudrait faire appel à la loi structurelle du temps ainsi qu'à une nouvelle façon de considérer la rotation de la terre sur elle-même. C'est l'astronome Pierre Bretagnon (1943- 2002) du Bureau des Longitudes à Paris, dont la rigueur d'expérimentateur est bien connue, qui a mis en évidence un fait troublant mais indubitable :

L'année tropique diminue dans le temps.

Le problème posé était de mesurer la valeur de deux années tropiques particulières, celle qui s'était terminée le premier janvier 1900 et celle qui devait se terminer le premier janvier 2000. Les lois de la mécanique céleste n'avaient pas changé depuis 1900 ; d'ailleurs on les connaissait parfaitement, puisque les observations astronomiques ainsi que les éphémérides de 1900 avaient été éditées et soigneusement conservés. On savait aussi que ces lois n'allaient pas changer pas d'ici 2000. Si le problème se posait c'est parce qu'on cherchait à *comparer des mesures effectuées à des dates différentes*. Affirmer que l'année diminuait, cela revenait à dire que *quelque chose d'inconnu était en train de se produire, ni en 1900, ni en 2000, mais dans l'intervalle de temps entre ces deux dates*. Autrement dit, *le temps qui s'écoule possède des propriétés qui méritent d'être étudiées*.

*Pierre Bretagnon a apporté une véritable révolution conceptuelle.
Il a osé remettre en cause l'échelle de temps.*

La connaissance de ce raccourcissement de l'année tropique est indispensable, comme je l'expliquerai plus loin, à la poursuite de ma réflexion sur la *température* de l'univers. J'ai donc décidé de la déterminer moi-même dans le cadre de ma théorie de *l'espace-temps évolutif*. Je dois avouer les choses telles qu'elles sont :

Je trouve une valeur un peu différente de celle de Pierre Bretagnon.

Pierre Bretagnon annonçait une valeur *d'environ 0,53 secondes par siècle*. Je trouve pour ma part *0,4960 secondes par siècle*. Je ne sais pas si cet écart est admissible, mais la rigueur scientifique impose de comparer sans exclusive les résultats obtenus par l'expérience et par la théorie. Je prends la décision de reproduire ici ma méthode de calcul, pour la soumettre aux personnes qui voudront bien l'examiner, puis je poursuivrai mon exposé en conservant la valeur que j'ai obtenue.

Je crois utile, avant d'aborder ce calcul, de rappeler sept particularités de la nouvelle mécanique céleste.

1

Les astres peuvent être remplacés dans les figures géométriques par de simples points.

La physique actuelle le fait déjà en remplaçant les astres par leur *barycentre* dans la formule de la gravitation de Newton, mais ce n'est qu'un calcul approché qui suppose que les matériaux constitutifs des astres soient disposés en couches concentriques d'égale masse spécifique. La nouvelle physique remplace les astres par leur *centre cinétique*, ce qui est toujours possible, car tout objet pesant, même difforme, possède un centre cinétique auquel il est valide d'affecter la totalité de la masse de l'objet.

2

Les objets en mouvement libre dans l'espace sont soumis à une accélération centrale.

Lorsqu'un point est soumis à une accélération centrale, il décrit son orbite selon les lois de Kepler, et réciproquement. C'est Jacques Binet (1786-1856) qui a démontré cela : ce n'est donc pas une nouveauté ! Sa méthode de calcul qui consiste à utiliser des coordonnées polaires centrées sur le centre des accélérations reste la méthode générale en cinématique du point, celle qui est bien connue des étudiants. Les calculs sont menés comme si le centre des accélérations était immobile. Il n'est cependant pas nécessaire que ce centre soit effectivement immobile : il suffit que le système de coordonnées dans lequel on mène les calculs le prenne pour origine, et donc qu'il se déplace avec lui.

La nouveauté, dans l'espace-temps évolutif, c'est qu'on peut choisir pour origine du système de coordonnées n'importe quel point de l'espace, pourvu qu'il soit identifiable, sans se préoccuper de savoir comment il se déplace par rapport aux autres objets qui peuplent l'espace. En effet, *entre deux points quelconques, l'accélération est toujours dirigée de l'un vers l'autre.* C'est la contraction de l'espace, homogène et isotrope, qui explique cette propriété jusqu'à présent mystérieuse.

Voir le paragraphe 3,3 de la note sur la gravitation.

3

Un ensemble d'objets pesants, représentables chacun par sa masse et son propre centre cinétique, est équivalent à un objet unique.

Dans la théorie newtonienne de la gravitation, on raisonne dans un référentiel centré sur un barycentre, auquel on affecte la somme vectorielle des « forces d'attraction » de tous les objets pesants.

Dans la nouvelle théorie, on raisonne dans un référentiel centré sur un centre cinétique. Ce centre jouit de la propriété que la somme vectorielle des quantités de mouvement de toutes les objets pesants s'y annule, tandis que les moments de ces mêmes quantités de mouvement s'ajoutent. Le calcul est bien connu ; il conduit à affecter à ce centre *la somme des masses de tous les objets pesants.*

Voir le paragraphe 3,5 de la note sur la gravitation.

La méconnaissance de cette propriété conduit la mécanique céleste actuelle à des impasses. Par exemple, lorsqu'on observe un trou noir, tel que celui qui se trouve au centre de notre galaxie, on imagine à tort qu'il contient de la matière extrêmement pesante, aux propriétés incompréhensibles. Ce n'est pas cela.

Dans un trou noir, il n'y a pas de matière mais un simple point mathématique, sans étendue et sans masse, auquel on attribue pour les besoins des calculs la masse totale de tous les astres de la galaxie.

4

Les durées sont liées aux grandeurs spatiales par la loi des aires.

Dans une rotation le rayon-vecteur évolue comme le temps :

$$r = r_0 e^{-\tau/a}$$

La vitesse de rotation évolue comme l'inverse d'un temps :

$$\omega = \omega_0 e^{+\tau/a}$$

L'aire balayée par le rayon vecteur est constante:

$$A = \frac{1}{2} r^2 \omega$$

Les grandeurs \vec{r} , $\vec{\omega}$ et \vec{A} sont des vecteurs, mais c'est seulement leur valeur scalaire qui évolue en fonction du paramètre τ , car les visées angulaires sont indépendantes de lui.

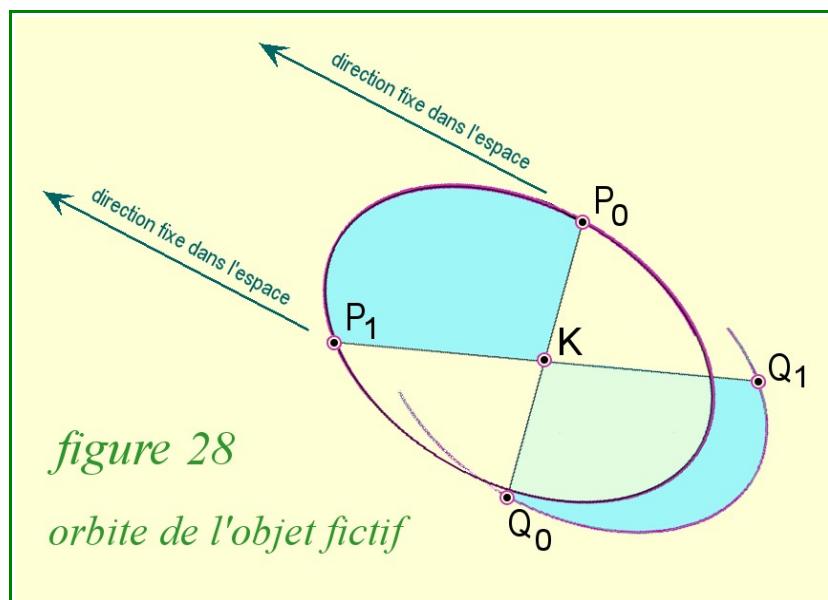
Les lois de Kepler organisent de façon cohérente les résultats déjà acquis par les astronomes au début du XVII^e siècle, mais elles ne permettent pas de discerner des relations de causalité. Rien en elles ne permet de décider si le temps découle des grandeurs géométriques, ou si, inversement, les grandeurs géométriques découlent du temps. En fait les durées et les distances évoluent ensemble. Dans la nouvelle astronomie, l'espace et le temps sont des fonctions d'une même variable indépendante τ , et les lois physiques qui seront explicitées dans l'avenir en fonction de cette variable seront les supports de relations de causalité efficiente. C'est une nouveauté en astronomie.

5

Les vitesses de rotation ont une valeur double de celle que l'on mesure.

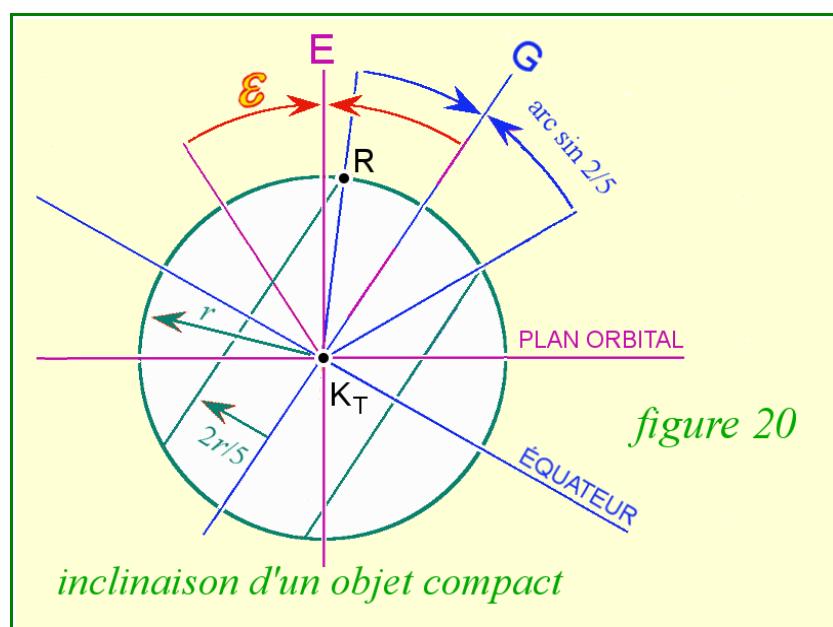
Le centre des accélérations peut être considéré comme immobile lorsque la somme des quantités de mouvement dans l'univers, appelée résultante cinétique, est nulle en ce point. On l'appelle alors centre cinétique K . L'opération de sommation est inextricable, mais le problème se simplifie de la façon suivante. On considère d'une part un astre particulier P dont on étudie le mouvement – *nous pensons ici à la terre* – d'autre part tout le reste de l'univers, représenté par son centre cinétique Q . Ce nouveau point possède les mêmes propriétés qu'un astre. C'est un « objet fictif » qui décrit une orbite symétrique de P par rapport à K . Il a une masse égale à celle de P et une vitesse instantanée égale et de sens contraire.

Il ne s'agit pas ici des vitesses angulaires, telles qu'elles sont mesurées en mécanique *entre deux pièces matérielles différentes*, par exemple entre le rotor et le stator d'un moteur. En astronomie *il n'y a qu'un seul objet matériel*, l'astre P , et c'est sa vitesse de rotation par rapport à l'espace qui nous intéresse. Le point K est seulement un point de vue d'où l'on décrit le mouvement de l'objet P . Quant au point Q , ce n'est pas un objet mais un outil mathématique sans réalité physique.



Il ne faut bien sûr pas croire que l'univers aux dimensions immenses, tourne lui-même autour d'un centre cinétique K qui se trouverait comme par miracle proche de l'astre P . C'est seulement le point mathématique Q qui intervient dans la minuscule portion de l'espace que nous étudions. La figure 28 est tracée dans le *plan orbital* de l'objet P , appelé *plan écliptique* dans le cas de la terre. Dans l'application de la loi des aires, l'aire balayée par les deux objets P et Q est le double de celle de l'objet P seul. En valeur instantanée, *la vitesse de rotation de l'ensemble est le double de celui de l'objet P seul.*

Lorsqu'on raisonne dans un système de coordonnées centré sur l'astre P les trois points P , K et Q se confondent. L'astre est alors isolé du reste de l'univers. Il se déplace localement par rapport à l'espace-temps sous-jacent. C'est possible parce qu'il possède en lui-même une référence de direction, *le plan qui est à la fois normal au plan de l'équateur et au plan orbital*. C'est dans ce plan qu'est tracée la figure 20 de la note sur les girations, que nous reproduisons ici.



Contrairement à ce qu'enseigne la physique actuelle, la masse propre de la terre n'est que la moitié de celle que les calculs astronomiques affectent à son centre cinétique K_T .

Les conséquences de cette erreur sur la géophysique sont désastreuses.

Ainsi la masse spécifique de la terre n'est pas de $5,52 \text{ kg/dm}^3$ comme on le croit de nos jours, mais de $2,76 \text{ kg/dm}^3$, comparable à celle des roches que l'on trouve à sa surface.

La figure 20 de la note sur les girations sert à démontrer le théorème le plus surprenant de la nouvelle physique :

Un même objet tourne simultanément autour de deux axes différents \mathbf{G} et \mathbf{E} . Cet énoncé ne concerne pas un phénomène physique qui aurait été découvert récemment ; il décrit d'une façon nouvelle et un peu provocatrice un phénomène jusqu'à maintenant inexpliqué, mais qui était probablement déjà connu du discobole qui servit de modèle au sculpteur Myron au cinquième siècle avant notre ère. En effet cette double rotation est utilisée par certains sportifs ; c'est elle qui explique les mouvements particulièrement intrigants qu'on appelle des « effets de balle » dans des jeux comme le golf, le tennis et même le football :

La balle est propulsée avec une rotation rapide sur elle-même et il en résulte une courbure de sa trajectoire dans l'espace.

Un cas particulièrement spectaculaire est celui d'un boomerang qui décrit une ellipse si allongée qu'il revient dans la main de l'homme qui l'a lancé. Ces exemples sportifs sont imparfaits car ils se font dans l'atmosphère, qui intervient concurremment à l'espace-temps par des effets aérodynamiques. Dans le cas du boomerang, qui a la forme, disons, de « pales d'hélicoptère », il y a même une portance engendrée par sa rotation par rapport à l'air. Mais dans l'espace les astres sont en mouvement parfaitement libre ; seul existe le mouvement spatio-temporel.

6

Tout objet compact en mouvement libre tourne selon deux axes de rotation.

La rotation gyroscopique autour de l'axe \mathbf{G} est celle de l'objet lui-même, caractérisé par son moment cinétique. Dans le cas d'une sphère de rayon r , le rayon cinétique vaut $2r/5$. Sa masse m est cause d'un flux gravifique Φ , c'est-à-dire d'un flux conservatif du vecteur accélération dirigé vers \mathbf{K}_T .

La rotation autour de l'axe \mathbf{E} est celle de l'espace-temps sous-jacent à l'objet. Il suffit connaître la direction de l'accélération et le vecteur vitesse à un instant précis (par exemple juste après la propulsion d'un ballon) pour que la trajectoire à venir soit entièrement définie par les lois de Kepler autour d'un centre cinétique \mathbf{K} extérieur à l'objet.

L'objet n'a en commun avec l'espace-temps que le point sans étendue \mathbf{K}_T et la valeur du flux gravifique.

C'est la contraction de l'espace-temps qui est la cause de la rotation autour de l'axe \mathbf{E} et qui, en conséquence, est le moteur qui entretient les deux mouvements de l'objet.

Et c'est l'objet pesant qui imprime dans l'espace-temps la valeur du flux gravifique.

Le raisonnement du chapitre 9 de la note sur les girations considère que la proportion de flux gravifique interceptée par l'objet est indépendante du référentiel dans lequel on l'observe. Il en découle que l'angle tropique, appelé inclinaison ε sur la figure 20, est constant.

7

Le rapport des deux vitesses de rotation d'un objet en mouvement libre est constant.

Pour tout objet compact isolé dans l'espace, il existe une relation entre l'inclinaison ε et le rapport N de la période spatio-temporelle T_E et de la période gyroscopique T_G .

$$N = \frac{T_E}{T_G} \quad \varepsilon = \frac{N}{N+2} \arcsin \frac{2}{5}$$

Rappelons les valeurs numériques dans le cas de la terre.

jour sidéral $T_G = 86\,144,092$ secondes légales

année tropique $T_E = 31\,550\,825,0172$ secondes légales

$T_E / T_G = N = 366,24\,219$ jours sidéraux par année tropique

inclinaison $\varepsilon = 23^\circ 27' 0'' 27''$

Une bonne façon de se représenter cela est de considérer que la période T_G est une unité de temps et que la période T_E est une durée qui doit être mesurée *impérativement* avec l'unité T_G .

C'est ce point qui devait être établi avant de reprendre l'étude de la loi structurelle du temps.

Nous allons calculer la différence des durées des années tropiques 1899 et 1999, pour la comparer au résultat de Pierre Bretagnon. *Ce calcul se fera en jours sidéraux ; il faudra donc le convertir en secondes.*

Rappelons aussi qu'en appliquant la loi des aires à l'ensemble de la terre et de son astre fictif, on obtient des durées qui ne sont que la moitié de ce qu'elles seraient si l'on pouvait considérer la terre seule. Si étonnant que cela paraisse à première vue, *en un siècle la terre ne tourne pas 100 fois, mais seulement 50 fois, autour du centre cinétique du système solaire*. Nous en tiendrons compte en considérant que le calcul porte sur la moitié de la durée.

La loi structurelle du temps est telle qu'à chaque *instant* τ repéré sur l'échelle de référence correspond une *date* t repérée sur l'échelle des dates.

$$\frac{t}{a} = 1 - e^{-\tau/a} \quad \frac{\tau}{a} = -\log_N \left(1 - \frac{t}{a} \right)$$

La dérivée de cette fonction est :

$$\frac{dt}{d\tau} = e^{-\tau/a}$$

L'origine de l'échelle des dates est le point auquel on a décidé d'affecter la date $t_0 = 0$. Constatier qu'un événement se produit à la date t revient à mesurer sur l'échelle des dates l'intervalle de temps $(t_0 - t)$ qui le sépare de l'origine. Le problème est de savoir ce qui se passe pendant cet intervalle-là. Du fait que *le postulat cosmologique est universel*, les équations ci-dessus sont valables en tous les points de l'échelle. On peut donc dater des événements intermédiaires entre t_0 et t . Les dates obtenues sont toujours des mesures ponctuelles qui limitent des intervalles de temps plus courts que $(t_0 - t)$. Or, si court soit l'intervalle de temps entre deux dates, il existe toujours entre elles une discontinuité, dans laquelle il y a place pour repérer de nouvelles dates, limitant des intervalles encore plus courts. En poussant ce raisonnement à la limite, on peut raisonner comme si l'échelle des dates était continue.

Ainsi, la durée de l'intervalle de temps $(t_0 - t)$ est la somme des durées d'une infinité d'intervalles élémentaires infinitiment courts dt .

Pour la calculer, il faut donc faire une intégration.

Cette intégration n'est valide qu'à la condition de prendre comme variable indépendante la durée mesurée sur l'échelle de référence, car c'est elle qui est graduée avec une unité de mesure constante. Les incrément de durée $d\tau$ y sont égaux alors que les intervalles élémentaires dt ne le sont pas. C'est elle qui est appelée sur la figure 26 « *échelle des durées* ». C'est cependant bien les intervalles de temps sur l'échelle des dates qu'il s'agit d'obtenir en fin de calcul.

Comme pour tout calcul intégral mené dans le cadre de la nouvelle physique, il faut procéder en trois étapes.

première étape : passage de l'échelle des dates à l'échelle des durées.

Si l'on choisit une différence de dates $t_0 - t$ égale à l'année tropique T_T , la durée écoulée prend une certaine valeur τ_T légèrement différente de T_T .

$$\tau_T = -a \log_N \left(1 - \frac{T_T}{a} \right) = 0,999916 \cdot T_T$$

avec $a = 5968,38$ années

deuxième étape : *sommation des durées*.

Nous allons voir ci-après cette étape en détail.

troisième étape : *retour à l'échelle des dates*.

La durée obtenue doit être multipliée en fin de calcul par :

$$\frac{dt}{d\tau} = e^{-100T_T/a} = 1,016896$$

Voyons de plus près ce qui s'est passé au cours des 100 ans. Le nombre des unités de temps est le même sur les deux échelles mais leurs durées sont différentes. À chaque instant, le rapport des durées est $dt/d\tau$. L'intégrale à effectuer est donc :

$$\frac{1}{2} \frac{\text{durée}(t_0 - t)}{a} = \int_{\tau}^0 e^{-\tau/a} d\tau = -\frac{1}{a} \left[e^{-\tau/a} \right]_{\tau}^0$$

$$\frac{1}{2} \text{durée}(t_0 - t) = 1 - e^{-\tau/a}$$

Lorsqu'on fait les calculs à une date t_U différente de t_0 , il faut conserver l'origine du temps, donc prendre en compte la différence de dates $t_0 - t_U$ à laquelle correspond une valeur τ_U du paramètre de référence.

Le problème posé comporte quatre dates, chacune représentée par la durée à parcourir jusqu'au premier janvier 2000.

depuis le premier janvier 1899, cette durée est $(\tau_U + \tau_T)$.

depuis le premier janvier 1900, cette durée est τ_U .

depuis le premier janvier 1999, cette durée est τ_T .

depuis le premier janvier 2000, cette durée est $\tau_0 = 0$.

La durée de l'année tropique qui se termine en 1900 est $\tau_U - (\tau_U + \tau_T)$

La durée de celle qui se termine en 2000 est τ_T

Le raccourcissement de l'année tropique est la différence des deux :

$$\varphi = \tau_U - (\tau_U + \tau_T) - \tau_T$$

L'expression à calculer est la suivante :

$$\left(1-e^{-\tau_U/a}\right) - \left(1-e^{-(\tau_U+\tau_T)/a}\right) - \left(1-e^{-\tau_T/a}\right)$$

Ce calcul numérique pose un problème à ma calculette, à qui je demande de me faire connaître avec précision l'infime différence qui existe entre entre les valeurs considérables des exponentielles. Je n'ai pas trop confiance en elle ! Je la laisse donc au repos, et je cherche une autre méthode de calcul. Les exposants étant faibles, je remplace les exponentielles par leur développement en série, en me limitant aux premiers termes.

$$\begin{aligned} +\left(1-e^{-\tau_U/a}\right) &= -\frac{\tau_U}{a} - \frac{1}{2!} \frac{\tau_U^2}{a^2} - \frac{1}{3!} \frac{\tau_U^3}{a^3} \\ -\left(1-e^{-(\tau_U+\tau_T)/a}\right) &= +\frac{\tau_U+\tau_T}{a} + \frac{1}{2!} \frac{\tau_U^2+2\tau_U\tau_T+\tau_T^2}{a^2} + \frac{1}{3!} \frac{\tau_U^3+3\tau_U^2\tau_T+3\tau_U\tau_T^2+\tau_T^3}{a^3} \\ -\left(1-e^{-\tau_T/a}\right) &= -\frac{\tau_T}{a} - \frac{1}{2!} \frac{\tau_T^2}{a^2} - \frac{1}{3!} \frac{\tau_T^3}{a^3} \end{aligned}$$

Je constate alors que les termes s'annulent presque tous deux à deux. Il n'en reste que trois, ceux qui représentent la courbure de la loi structurelle du temps :

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\varphi(\tau)}{a} = \frac{\tau_U \tau_T}{a^2} + \frac{\tau_U^2 \tau_T}{2a^3} + \frac{\tau_U \tau_T^2}{2a^3}$$

Le calcul donne :

$$\varphi(\tau) = 5,661188 \cdot 10^{-6} \text{ jours sidéraux}$$

Reprendons l'échelle des dates, en multipliant ce résultat par 1,016896, et convertissons-le en secondes, sachant qu'il y a 86164,09 secondes dans le jour sidéral.

Le raccourcissement de l'année tropique sur 100 ans est :

$$\varphi(t) = 0,4960 \text{ secondes}$$

La différence de durée entre l'année 1899 et l'année 1999 est donc un fait avéré, découlant de l'expérience et explicable par la théorie de l'Espace-Temps Évolutif.

Quittons cet exemple particulier pour reprendre l'étude générale de la loi structurelle du temps. Nous allons voir à partir de maintenant des conséquences surprenantes de la *théorie de l'espace-temps évolutif*. Notons d'abord ceci :

Bien que l'écoulement du temps nous soit naturellement familier, rien n'impose de le choisir comme grandeur fondamentale pour repérer les événements successifs qui forment l'histoire de l'univers.

Rappelons que la représentation mathématique du temps, la date t , est une fonction monotone et continue du paramètre indépendant τ , qu'elle est illimitée tant vers le passé que vers l'avenir et que ses dérivées successives sont elles-mêmes monotones et continues, en sorte qu'il n'existe aucun point singulier qui justifierait d'être choisi comme origine du temps. Pour décrire des expérimentations particulières, on pourra choisir librement l'instant $t_0 = \tau_0 = 0$ selon les besoins du moment. Dans le cas de l'histoire de l'univers, le plus simple est de choisir, comme nous l'avons déjà fait, le top de l'an deux-mil.

Si l'on s'en tient à cet aspect mathématique, on peut se permettre de remplacer la date t par toute autre fonction θ du même paramètre τ , pourvu que celle-ci aussi soit monotone, continue, illimitée, avec des dérivées successives monotones et continues. La plus simple est la fonction linéaire, dont la dérivée première est constante, et dont les suivantes sont identiquement nulles. On définit ainsi une nouvelle échelle. *Tout événement qui se produit n'importe où dans l'univers peut être repéré indifféremment sur l'échelle des dates ou sur l'échelle θ .*

Nous avons déjà vu dans le chapitre 12 de la note sur les girations que cette grandeur θ n'était autre que la température. Mais il sera plus didactique d'en reprendre ici la démonstration, en précisant à chaque étape du raisonnement les énoncés sur lesquels nous nous appuyons. Ce que nous cherchons c'est une fonction linéaire de τ , décroissante, et dont la valeur s'annule pour $\tau = 0$. Nous savons qu'il existe pour les durées une valeur remarquable a , qui est en quelque sorte « l'unité naturelle des durées ». Nous pensons donc à chercher une autre valeur remarquable b , qui serait « l'unité naturelle de la grandeur θ ». La forme souhaitée pour cette nouvelle fonction est donc celle-ci :

$$\frac{\theta}{b} = -\frac{\tau}{a} + c$$

Nous avons donc à déterminer la dimension physique de θ , c'est-à-dire son équation aux dimensions, et à trouver la valeur de b . Quant au terme c nous aurons intérêt à le choisir égal à 0.

La réflexion que nous pouvons faire, vers l'an 2000, sur les systèmes thermodynamiques nous fait penser à regarder ce qu'il en est de la température. *Se pourrait-il que la fonction que nous cherchons soit homogène à une température ?* La question paraît facile ; la réponse ne l'est pas. En effet la physique actuelle n'affecte aucune dimension physique à la température. Le kelvin n'est rattaché à aucune des trois unités fondamentales utilisées pour caractériser l'espace-temps, à savoir le *mètre* pour mesurer l'espace, la *seconde* pour mesurer le temps et le *volt* pour mesurer les différences de potentiel. C'est à nous qu'il revient de faire ce rattachement. Par souci pédagogique nous allons procéder en deux temps, d'abord rappeler *comment la température est observée et mesurée*, puis examiner *si ses propriétés de la matière sont compatibles avec la loi que nous recherchons*.

Voyons d'abord la mesure des températures.

Nous devons reprendre la réflexion au XVII^o siècle, lorsque la notion de température est sortie de l'empirisme pour devenir une grandeur mesurable. Avant cela on avait de nombreux repères, par exemple la grosseur des bulles lorsque de l'eau entrait en ébullition dans une marmite, ou bien la couleur de la lumière émise par le fer que l'on forgeait, mais rien n'était chiffré, jusqu'à ce qu'on invente les thermomètres. Dès lors, la température θ_M d'une substance matérielle pouvait être mesurée par comparaison directe avec un thermomètre contenant une substance connue, qui pouvait être solide, liquide ou gazeuse. La grandeur physique qui était observée était *le coefficient de dilatation volumique* de la substance de comparaison.

Le thermomètre à mercure a servi à définir une unité de mesure. Il utilise une *quantité constante* de mercure liquide, contenue dans un bulbe en verre surmonté d'une colonne tubulaire de beaucoup plus faible volume. Si cette colonne est régulièrement calibrée, la limite du liquide dans la colonne repère la variation de volume du mercure. Pour l'étalonner, il faut d'abord repérer deux températures reproductibles. Celles qui ont été choisies sont celles-ci :

- θ_0 = température d'équilibre de l'eau liquide avec la glace, sous une poussée atmosphérique de 760 millimètres de colonne de mercure,
 θ_{100} = température d'équilibre de l'eau liquide avec la vapeur, sous une poussée atmosphérique de 760 millimètres de colonne de mercure.

Soient v_0 le volume du mercure à la température θ_0 ,
 v_{100} son volume à la température θ_{100}
 v_θ son volume à la température θ_M que l'on mesure.

Les physiciens de l'époque ont admis une loi linéaire dans tout le domaine d'utilisation du thermomètre, même en dehors de la plage $\{v_0; v_{100}\}$. Leur unité de mesure Θ était le *degré centigrade*, défini ainsi :

$$\Theta = \frac{v_{100} - v_0}{100}$$

Sans y prêter attention, les physiciens du XVII^o siècle ont ainsi affecté à l'unité de température Θ la même dimension physique qu'un volume de mercure.

Et, puisqu'une grandeur physique a la même dimension que son unité, ils ont affecté la dimension d'un volume à la température θ_M de n'importe quel objet matériel. Dans la formule que voici, on remarque une fraction qui est un nombre sans dimension. En effet, ce n'est pas elle qui porte la dimension physique, mais le nombre 100 qui mesure la plage d'étalonnage $\{ v_0 ; v_{100} \}$ et vaut 100°centigrades.

$$\theta_M = 100 \cdot \frac{v_M - v_0}{v_{100} - v_0}$$

*l'échelle
centigrade
de température*

Cette échelle de température expérimentale, *l'échelle centigrade*, permet de repérer la température de n'importe quelle substance matérielle, pourvu que le thermomètre soit en contact intime avec elle et que l'équilibre soit bien établi, c'est-à-dire que la variation de l'indication du thermomètre soit devenue trop faible pour être observée. Mais cette mesure dépend de phénomènes mal connus : la loi de dilatation du mercure et celle du thermomètre en verre qui le contient.

Par la suite, on a défini *l'échelle des températures absolues* en faisant en sorte que l'unité utilisée, le *degré Celsius*, conserve dans la plage $\{ v_0 ; v_{100} \}$ la même valeur moyenne que le degré centigrade. Cela ne changeait en rien la dimension physique de la température, qui restait un volume. Par ailleurs l'échelle des températures Fahrenheit était pratiquement rattachée à la même plage $\{ v_0 ; v_{100} \}$ par une relation linéaire. Quant à l'unité de température absolue, le *degré Kelvin*, elle était choisie égale au degré Celsius.

$$\{ v_0 ; v_{100} \} = \{ 0^\circ\text{C} ; 100^\circ\text{C} \} = \{ 32^\circ\text{F} ; 212^\circ\text{F} \}$$

Plus récemment, on a rattaché l'échelle des températures absolues au point triple de l'eau pure, mais sans conserver rigoureusement les valeurs qui avaient servi à étalonner le thermomètre à mercure. Cela changeait légèrement l'unité de température absolue, le kelvin. Or on a voulu conserver les rapports entre les unités traditionnelles et le kelvin. On a donc changé également les définitions du degré Celsius et du degré Fahrenheit. La conséquence de cette décision est que *les valeurs affectées à la plage d'étalonnage ont été changées*.

L'équilibre de l'eau et de sa vapeur ne s'établit plus à 100°C mais à 99,975°C.

$$\{ v_0 ; v_{100} \} = \{ 0^\circ\text{C} ; 99,975^\circ\text{C} \} = \{ 32^\circ\text{F} ; 211,955^\circ\text{F} \}$$

Ce changement d'unité ne se remarque pas, car les mesures faites avec une précision de 0,025°C ne sont pas fréquentes. Dans la vie courante *on continue d'affirmer que l'eau bout à 100 degrés centigrades, ce qui reste vrai*.

Notons surtout que ce nouveau changement ne porte que sur la valeur numérique des unités, pas sur leur dimension physique.

Toutes les unités de température utilisées en métrologie ont la même dimension physique qu'un volume.

C'est ainsi que nous rattachons la température au système d'unités *mètre, seconde, volt* de la nouvelle physique.

Voyons maintenant les propriétés de la matière.

Reprendons à nouveau l'histoire de la physique, en repartant cette fois-ci des expériences menées par Louis-Joseph Gay-Lussac entre 1802 et 1808. Il est plus simple pour nous de décrire ses travaux avec une formulation renouvelée, en nous appuyant sur un acquis de la physique qui était encore en discussion à son époque :

La matière est constituée d'éléments très petits, en comparaison de leurs distances.

Nous allons appliquer cet énoncé très strictement, car la connaissance de ces éléments « très petits » n'est pas plus sûre en l'an 2000 qu'en l'an 1800. À cette époque-là l'étude de la matière se développait en respect de la *loi de conservation de la matière* qui avait été énoncée en 1778 par *Antoine Lavoisier*. La première question qui se posait était de mesurer les quantités des corps simples qui intervenaient dans les réactions chimiques, ainsi que leurs proportions dans les corps composés. Mais personne n'était capable de dénombrer ou de décrire les petits éléments, molécules et atomes, dont l'existence paraissait vraisemblable. Les théories cinétiques, qui les assimilaient à des sphères parfaitement élastiques s'entrechoquant sans cesse, étaient régulièrement récusées ; permettons-nous d'ajouter que c'était avec de bonnes raisons. Il a fallu attendre Ernest Rutherford en 1911 pour identifier les particules alpha avec les noyaux d'hélium, et proposer un modèle d'atome constitué d'un noyau électriquement positif autour duquel gravitent des électrons négatifs. Niels Bohr en 1913 a repris ce modèle en expliquant que les liaisons chimiques se faisaient par des échanges d'électrons entre les atomes. Son modèle a été enrichi en 1926 par Erwin Schrödinger, qui a démontré dans le cadre de la *théorie quantique des champs* que *les particules du noyau se trouvaient à l'intérieur d'un puits de potentiel*. Notons que cette théorie est incompatible avec la théorie de l'espace-temps évolutif que je propose. Or cette structure de l'atome de Bohr est la seule qui ait jamais été formulée jusqu'à présent. À la fin du chapitre 6 de la note sur les girations, j'ai proposé une autre explication, selon laquelle les particules ne sont pas confinées dans des limites géométriques comparables à un puits mais dispersées parmi les électrons. Il existe bien une brusque différence de potentiel selon que l'on étudie l'atome entier avec ses électrons ou seulement les particules dites nucléaires, mais cette différence est due à un changement de

référentiel fait par les expérimentateurs. Les particules dites « du noyau » peuvent être décrites dans un référentiel qui ne comporte qu'elles ; elles y subissent une accélération vers leur centre cinétique commun. C'est le mouvement de ce centre par rapport à d'autres objets matériels qui font d'elles soit un noyau d'hélium, soit une particule alpha. La radio-activité, c'est-à-dire dans ce cas la fragmentation d'un atome lourd en un atome plus léger et une particule alpha, que l'on voit s'éloigner l'un de l'autre avec des impulsions (quantités de mouvement) égales et de sens contraire, se produirait lorsque leur accélération atteindrait la contraction de l'univers. Reconnaissions que rien de cela n'est vérifié ; ce sera la tâche des nouveaux physiciens de découvrir les mécanismes de la radioactivité. *Il est donc raisonnable, dans la présente note, de ne faire aucune description des molécules et des atomes.*

Gay-Lussac s'intéressait aux lois qui régissent les gaz, et tout particulièrement les gaz extrêmement raréfiés. Par souci de cohérence avec l'échelle des températures nous allons définir la dilatation d'un gaz comme *la variation relative de son volume à poussée constante*, même si, comme l'avait déjà énoncé Gay-Lussac, les résultats des mesures sont indépendants de la façon dont l'état de gaz raréfié a été obtenu. Soient v et $v + dv$ les volumes occupés par une certaine quantité de gaz aux deux températures θ_M et $\theta_M + d\theta_M$. Le *coefficient moyen de dilatation du gaz dans cet intervalle* est :

$$d = \frac{1}{d\theta_M} \frac{dv}{v}$$

Il faut bien remarquer qu'il s'agit d'une variation de volume relative, alors que la variation de la température est absolue. Cette formulation est nécessaire si l'on veut retrouver les mêmes valeurs de la température θ_M lorsqu'on reprend les expérimentations avec des récipients de volumes v différents.

Lorsqu'on raréfie un gaz, on constate une variation progressive du coefficient de dilatation, qui dépend de la substance utilisée et des conditions de mesure. Si l'on extrapole la loi trouvée vers des états gazeux de plus en plus raréfiés, au delà même de ce qui est réalisable en pratique, on obtient à la limite un résultat difficile à interpréter : *le comportement du contenu d'un récipient qui ne contient plus rien*. Et voici ce qu'avait remarqué Gay-Lussac :

Si l'on pousse la raréfaction d'un gaz à l'extrême, quel que soit le gaz ou le mélange gazeux utilisé, le coefficient de dilatation prend toujours la même valeur limite α_0 .

Telle était sa découverte :

L'espace vide possède un coefficient de dilatation.

Or le coefficient de dilatation est la mesure d'une température. Donc :

L'espace vide possède une température θ_U .

Gay-Lussac n'est pas allé plus loin. Il lui manquait la notion d'*espace-temps*, par laquelle Albert Einstein nous a ouverts à l'idée que l'espace vide pouvait être mesuré.

À partir d'ici, c'est la théorie de l'espace-temps évolutif qui va intervenir.

Jusqu'ici nous avons établi les formulations qui décrivent la température en supposant implicitement que les observations étaient toutes faites à la même date. Maintenant nous allons étudier leur évolution en fonction de τ .

Le point important pour nous est celui-ci :

La valeur du coefficient de dilatation de l'espace vide est obtenue de façon continue à partir de la dilatation d'une substance matérielle.

Notre idée, qui à vrai dire n'est pas vraiment démontrée, est que la température de l'espace intermoléculaire de la substance matérielle est la même que celle qui est inscrite dans l'espace-temps. Par substance matérielle nous désignons ici n'importe quel objet possédant une capacité calorifique. Prenons cela comme une nouvelle hypothèse dans notre théorie :

hypothèse de la température intermoléculaire

La température de l'espace intermoléculaire dans la matière est égale à la température θ_U inscrite dans l'espace-temps.

Le respect de la continuité entre la température $\theta_U(\tau)$ de l'espace et la température mesurée $\theta_M(\tau)$ de la matière impose d'utiliser la même unité pour ces deux températures. C'est le kelvin, égal au degré Celsius, qui s'impose ainsi pour l'espace-temps, alors même qu'il a été défini sur des objets physiques.

particularité de l'unité de mesure des températures

L'unité $\Theta_U(\tau)$ utilisée pour mesurer la température de l'espace est égale à l'unité $\Theta_M(\tau)$ utilisée pour mesurer la température des objets matériels.

La température $\theta_U(\tau)$ de l'espace vide et la date t sont des fonctions monotones et continues de la même variable indépendante τ , qui représente l'écoulement universel du temps.

À une date donnée, la température $\theta_U(\tau)$ de l'espace vide est la même dans tout l'univers.

Quand on compare ce qui se passe dans des référentiels différents, disons à *des dates différentes*, il est impossible d'utiliser directement dans l'un des référentiels les résultats des mesures faites dans l'autre. Les températures $\theta_U(\tau)$ et $\theta_M(\tau)$ répondent à des lois différentes et ne peuvent avoir la même valeur qu'en un seul point, le zéro absolu. Nous avons décidé de prendre pour référence l'instant présent $\tau = 0$.

$$\theta_U(0) = 0 \quad \theta_T(0) = 0$$

Il faut aussi qu'à l'instant présent $\tau = 0$ les variations de θ_U et θ_M soit les mêmes.

$$\frac{d\theta_U(\tau)}{d\tau} = \frac{d\theta_M(\tau)}{d\tau} \quad \text{pour } \tau = 0$$

Il est utile de poursuivre la réflexion sur le fait insolite que *l'espace-temps est caractérisé à partir de mesures sur des objets physiques*.

Le monde physique, dans lequel sont mesurées les températures θ_M , est régi par le postulat cosmologique, que voici à nouveau : « *Si, par un coup de baguette magique, nous nous trouvions propulsés à une date différente de la nôtre, nous y retrouverions les mêmes lois de la physique avec les mêmes valeurs numériques.* » Dans cet autre référentiel nous pourrions construire un thermomètre à mercure et reprendre la définition du degré centigrade, nous pourrions refaire les expériences de Gay-Lussac et retrouver le zéro absolu, nous pourrions mesurer les températures absolues en degrés Celsius et en kelvins. La validité de ce postulat cosmologique est bien vérifiée par deux siècles d'expériences de toutes sortes dans le domaine de la thermodynamique. Nous savons que toutes les expériences sont reproductibles, indépendamment de la date à laquelle elles sont faites.

Une erreur serait de raisonner sur deux référentiels indépendants l'un de l'autre, comme le demande le postulat cosmologique. À l'instant présent, *nous définissons le zéro absolu comme la température limite des gaz raréfiés*, découverte par Gay-Lussac, et nous lui affectons la valeur 0. Puis nous raisonnons comme si nous étions dans l'autre référentiel, à l'instant τ , et de la même façon *nous définissons le zéro absolu comme la température limite des gaz raréfiés* et nous lui affectons à nouveau la valeur 0. Si nous utilisions ces deux définitions dans un même raisonnement, nous pourrions en déduire que le zéro absolu est un invariant, ce qui est faux. Est-il besoin d'expliquer d'où vient l'erreur ?

On a pris deux décisions indépendantes à des dates différentes.

À aucun moment, nous n'avons eu directement accès à la température θ_U . Rien n'empêche donc qu'elle ait évolué subrepticement entre nos deux décisions. Rappelons-nous comment on considérait l'échelle du temps avant les travaux de Pierre Bretagnon. Les astronomes étudiaient la précession des équinoxes en prenant comme référence la durée de l'année tropique, chacun celle de son époque, sans soupçonner que les *années tropiques diminuent*

dans le temps. Puisqu'il existe à chaque instant une correspondance rigoureuse entre la date et la température universelle, il n'est pas étonnant que l'on observe l'évolution correspondante de la température. La façon de s'en sortir est naturellement celle utilisée dans toute la *théorie de l'espace-temps évolutif*. Elle consiste à représenter l'univers dans *l'espace-temps de référence*, ce qui est le cas de la figure 29.

*On imagine qu'on observe l'univers réel de l'extérieur,
comme si l'on n'était pas soi-même un « passager du temps ».*

On fige les unités de mesure à *la valeur* qu'elles ont à l'instant présent, même pour décrire ce qui se passe dans l'autre référentiel. Cela détermine aussi *la dérivée* à l'origine de leur évolution.

*On prend encore deux décisions, valeur et dérivée,
mais toutes deux à la même date.*

Nous avons vu que *la dimension physique de l'unité de température est un volume*. Elle évolue donc comme le cube de l'unité de longueur L :

$$L(\tau) = L(0) \cdot e^{-\tau/a} \quad \Theta(\tau) = \Theta(0) \cdot e^{-3\tau/a}$$

N'importe quelle température θ_M repérée par un phénomène physique bien caractérisé, par exemple la fonte de la glace, conserve la même valeur numérique, alors que l'unité qui la mesure change. Elle évolue donc comme cette unité.

évolution de la température de la matière.

$$\theta_M(\tau) = \theta_M(0) \cdot e^{-3\tau/a}$$

L'évolution de l'unité de température s'applique de même au zéro absolu dont la valeur est constante :

$$\frac{1}{\alpha_0} = -273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La différence de la température θ_0 entre les deux référentiels est :

$$\theta_0(\tau) - \theta_0(0) = \frac{1}{\alpha_0} \cdot (e^{-3\tau/a} - 1)$$

C'est ici que nous appliquons, une fois pour toutes, la décision d'affecter la valeur nulle à la température θ_0 à l'instant présent :

évolution de la température du zéro absolu.

$$\theta_0(\tau) = \frac{1}{\alpha_0} \cdot (e^{-3\tau/a} - 1)$$

Par ailleurs nous avons choisi de représenter l'évolution de la température universelle par une loi linéaire, de la forme :

$$\frac{\theta_U(\tau)}{b} = -\frac{\tau}{a} + c$$

Au voisinage de l'instant présent, θ_U reste confondue avec θ_M . Sa dérivée par rapport à τ est donc la même, ce qui impose la valeur remarquable b qui est *l'unité naturelle de la température*. Le terme c est nul.

$$b = \frac{3}{\alpha_0} = 819,45 \text{ } ^\circ\text{C} \quad c = 0$$

évolution de la température de l'univers.

$$\theta_U(\tau) = -\frac{3}{a \alpha_0} \tau$$

Ces trois lois d'évolution sont représentées sur la figure 29, tracée dans l'espace-temps de référence. Il est évident que le zéro absolu, que nous avons fait coïncider avec la température de l'univers à l'instant présent, ne coïncide plus avec elle dans le référentiel lointain à l'instant τ . La différence ψ est une température impossible à observer et à mesurer directement ; si nous nous trouvions dans ce référentiel lointain, nous mesurerions les températures à partir du zéro absolu, sans soupçonner l'existence de cette température « inobservable ».

$$\psi(\tau) = \theta_0(\tau) - \theta_U(\tau)$$

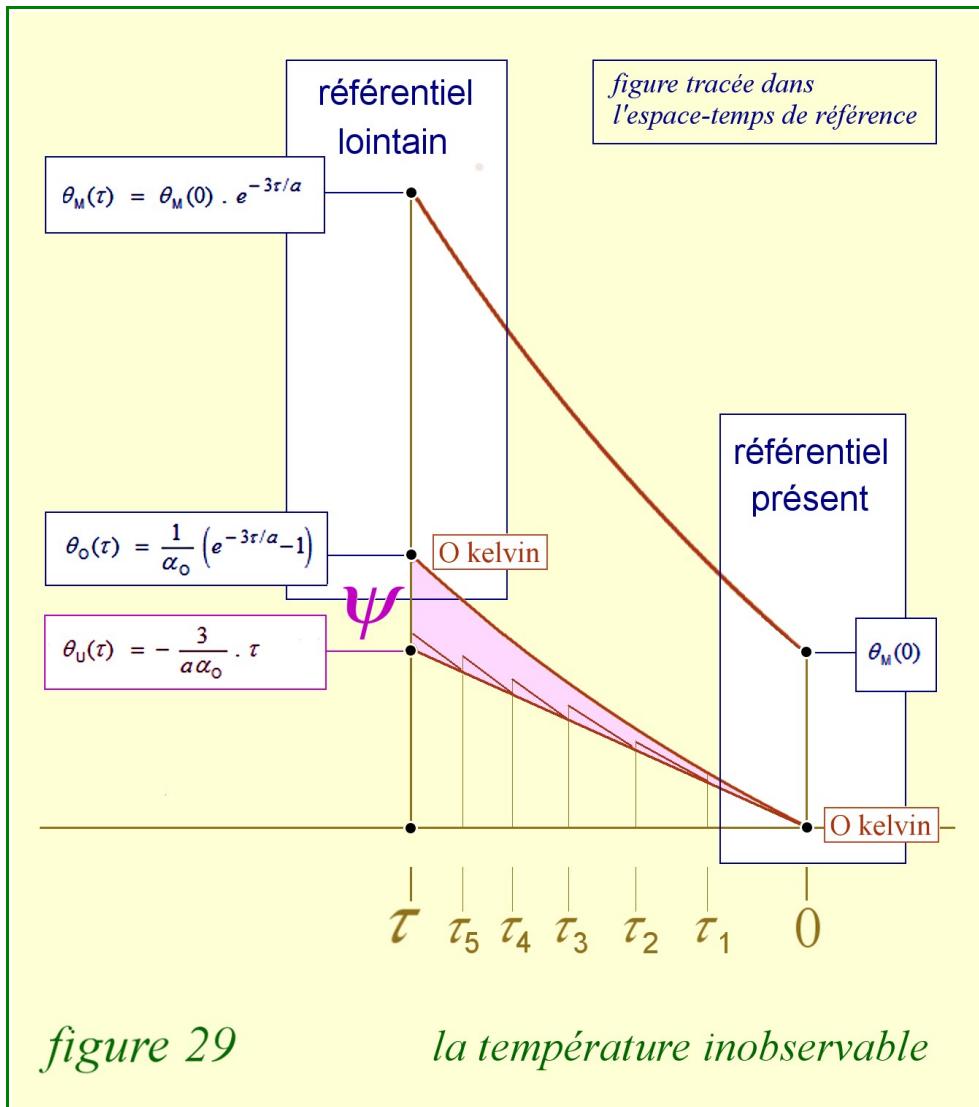
température inobservable.

$$\Theta(0) \quad \psi(\tau) = \frac{1}{\alpha_0} \cdot \left(e^{-3\tau/a} - 1 + \frac{3\tau}{a} \right)$$

remarque :

La figure 29 est tracée dans le cas où le logiciel lointain se situe dans le passé. Dans ce cas la température inobservable est positive. Dans le cas du futur, elle serait négative.

Voici une question frustrante : *Où cette température inobservable se cache-t elle ?*



Il faut remarquer qu'on fait disparaître cette température inobservable, tout simplement, en changeant l'origine du temps et en la plaçant à l'instant τ . Cela suffit pour changer l'unité de mesure ainsi que sa variation instantanée. *On provoque ainsi une discontinuité*. Nous savons que la température du zéro absolu θ_0 est mesurée avec des objets physiques tandis que la température universelle θ_U caractérise l'espace-temps. *La discontinuité a donc pour effet d'ajuster la température des objets physiques à celle de l'espace-temps*. Or, ce qui nous paraît une décision de notre part n'a rien d'arbitraire ; elle consiste à appliquer la méthode de Gay-Lussac qui se fonde sur une loi physique incontestable, la loi des gaz extrêmement raréfiés. Chaque fois qu'un physicien utilise *l'échelle des températures absolues*, sans même y prêter attention, il fixe l'origine du temps à l'instant où il fait la mesure et il ajuste son thermomètre à la température de l'espace-temps.

La température inobservable ψ se situe dans une discontinuité qui n'a pas de durée physique.

Nous avons tracé la figure 29 pour observer ce qui s'est passé à l'instant τ , mais nous aurions pu choisir un autre instant, par exemple τ_1 . C'est là qu'il y aurait eu une discontinuité. L'évolution du zéro absolu aurait repris à partir de cet instant-là avec, sur la figure, une pente parallèle à la courbe principale. Nous aurions pu ensuite choisir un autre instant τ_2 , donc une nouvelle discontinuité et à nouveau une pente parallèle à la courbe principale. Puis d'autres à nouveau τ_3, τ_4, τ_5 , etc. Arrivés à l'instant τ , nous aurions constaté ceci :

La température inobservable ψ est la somme des ajustements de la température des objets physiques à celle de l'espace-temps.

La figure 29 est bien imparfaite. Ce ne sont pas seulement quelques discontinuités qu'il faudrait représenter, mais une multitude. Il y a là une loi de nature, que nous avons déjà vue au chapitre 11 de la note sur les girations : le monde physique est discontinu tandis que l'espace-temps est continu. Rappelons-nous les énoncés de cette note.

discontinuité des phénomènes physiques

Si court soit l'intervalle de temps entre deux mesures d'un paramètre physique fonction du temps, il existe toujours entre elles une discontinuité.

continuité de l'espace-temps

Si proches soient deux référentiels mobiles l'un par rapport à l'autre, Il est toujours possible de définir un référentiel intermédiaire.

Nous sommes arrivés à la limite de ce que la *théorie de l'espace-temps évolutif* peut affirmer. Nous allons compléter cette note par deux tableaux illustrant l'histoire de la terre. Ils nous permettront de présenter certaines des innombrables questions qui restent en suspens et de remarquer ainsi que notre théorie est encore insuffisante pour expliquer le développement de cette histoire.

Voyons comment ces tableaux sont établis. Nous partons des dates t des principaux événements, telles qu'on peut les trouver dans de nombreuses publications, mais nous nous contentons de valeurs très arrondies. Ce manque de précision est volontaire, car nous avons deux raisons de mettre en doute les valeurs dont nous disposons :

- L'une de ces raisons est que les valeurs diffèrent, parfois de façon notable, selon les auteurs. Certains s'attachent à la datation de tel ou tel site particulier qu'ils connaissent bien, mais nous ne savons pas, nous qui ne sommes pas spécialistes de la paléogéographie, s'ils ont tenu compte de la dérive en latitude du continent sur lequel se trouve ce site.
- La seconde raison est que les spécialistes sont capables maintenant de se mettre d'accord pour dater les périodes géologiques avec une précision fabuleuse, mais qui paraît suspecte. Il semble qu'ils n'utilisent pas seulement les résultats des observations mais qu'ils ont recours de plus à des considérations théoriques. Les théories à la mode étant différentes de la nôtre, nous estimons que nous n'avons pas à les suivre.

Nous nous contentons donc de datations approximatives, en laissant aux générations futures le soin de préciser ce qu'il en est vraiment.

Le paramètre indépendant τ est calculé en utilisant la loi structurelle du temps :

$$\tau = -a \log_N \left(1 - \frac{t}{a} \right)$$

$$\begin{aligned} a &= \text{taux de compression de l'espace - temps} \\ &= 5968,38 \text{ années} \end{aligned}$$

La température de l'univers θ_U est calculée par la formule théorique :

$$\theta_U(\tau) = -\frac{3}{a \alpha_0} \tau$$

$$\frac{3}{\alpha_0} = 819,45 \text{ kelvins}$$

$$\frac{\alpha_0 a}{3} = 7,2834 \text{ années par kelvin}$$

t années	τ années	θ_U kelvins	$\Delta\tau$ années	$\Delta\theta_U$ kelvins	<i>les périodes géologiques</i>
					PRÉCAMBRIEN (<i>reproduction sexuée</i>)
-550 000 000	-68200	9365	550	76	CAMBRIEN
-500 000 000	-67650	9288	850	117	ORDOVICIEN
-435 000 000	-66890	9172	550	76	SILURIEN
-395 000 000	-66250	9096	730	100	DÉVONIEN
-345 000 000	-65440	8985	1250	172	CARBONIFÈRE
-280 000 000	-64190	8813	1260	173	PERMIEN
-225 000 000	-62890	8635	860	118	(<i>homéothermie</i>) TRIAS
-195 000 000	-62030	8516	1970	270	JURASSIQUE
-140 000 000	-60060	8246	2010	276	inférieur
-100 000 000	-58050	7970	2570	353	supérieur
-65 000 000	-55480	7617	680	93	paléocène
-58 000 000	-54800	7524	3190	438	éocène
-34 000 000	-51610	7086	2330	320	PALÉOGÈNE
-23 000 000	-49 280	6766			oligocène
					NÉOGÈNE
					voir le tableau suivant

t années	τ années	θ_U kelvins	$\Delta\tau$ années	$\Delta\theta_U$ kelvins	<i>la lignée humaine</i>
					PALÉOGÈNE
-23 000 000	-49280	6766			
			8720	1197	miocène
-5 330 000	-40560	5569			NÉOGÈNE
			4280	588	pliocène australopithèques (vers -4 400 000) Lucy (vers -3 000 000)
-2 600 000	-36280	4980			
			2530	346	homo habilis
-1 700 000	-33750	4634			
			5250	996	homo erectus
-500 000	-26500	3638			PLÉISTO-
			9330	1281	CÈNE homo faber
-100 000	-17170	2357			
			4990		homme de Neanderthal
-40 000	-12180	1673			
			5600	770	homo sapiens
-12 000	-6580	903			
			3830	525	HOLOCÈNE sédentarisation, élevage, agriculture, urbanisation (Jericho -8800) âge du cuivre (-5800) âge du bronze (-4500)
-3500	-2750	378			début de l'histoire
			1025	142	écriture (Rg Veda -3500 à -3000) âge du fer (-3200) civilisations antiques
-2000	-1725	236			ère chrétienne
			1725	236	Moyen-âge époque moderne
0	0	0	0	0	top de l'an deux-mil

Sur ces tableaux les unités de mesures sont celles qui sont en vigueur en l'an 2000. Le nombre des années écoulées depuis un événement particulier, donc la date historique de cet événement, peuvent être comptées indifféremment dans l'espace-temps apparent ou dans l'espace-temps de référence ; la différence réside dans l'unité de mesure. Dans l'espace-temps apparent on suppose que les unités de temps, définies par des horloges, ont toutes la même durée, or la contribution de Pierre Bretagnon démontre que cela est faux. Dans l'espace-temps de référence on utilise une unité de durée constante, ce qui ne peut se faire que par l'artifice d'un calcul, mais qui, rappelons-le encore, permet de décrire l'évolution de l'univers, espace-temps et objets physiques, comme d'un point de vue extérieur.

Dès la première consultation de ces tableaux, on constate que les périodes géologiques, dont on sait que chacune foisonne d'événements très importants dans l'histoire de la vie, ont des durées très courtes, quelques millénaires de notre temps actuel. La roche solide la plus ancienne trouvée sur notre planète est datée selon certains auteurs à $t = -4$ milliards d'années soit seulement $\tau = -80\,000$ de nos années actuelles. C'est tout proche de nous !

Les premiers événements notables se sont produits à une époque où la totalité de la surface de la planète Terre était liquide, et ne sont connus que parce que des organismes ont été par la suite transportés depuis le fond des océans jusque sur les continents. C'est le cas des stromatolithes, sortes d'algues ayant emprisonné des sédiments contenant des organismes unicellulaires antérieurs à elles. Les datations sont très difficiles et pourtant très utiles. Il y a eu successivement dans les océans l'apparition de cellules vivantes procaryotes, sans noyau, puis de cellules eucaryotes qui sont devenues capables de *reproduction sexuée*. Ce fait est essentiel. Datons le très approximativement de $\tau = -70\,000$ années.

La reproduction sexuée assure l'engendrement d'individus tous différents.

*Elle interdit la procréation par des individus d'espèces différentes,
mais ne s'oppose pas aux mutations au sein d'une même espèce.*

*C'est donc elle qui assure l'existence de lignées génétiques
à la fois permanentes et évolutives.*

La question se pose tout naturellement de savoir s'il y avait sur la terre des raisons particulières pour que cet événement se produise à cette date-là plutôt qu'à une autre. On essaye de connaître les conditions physiques qui régnait à l'époque, les précurseurs chimiques, la température, la pression, l'irradiation par le soleil, une éventuelle insémination par des météorites, etc. Or la théorie de l'espace-temps évolutif débouche sur une nouvelle interrogation.

Se peut-il qu'une valeur particulière de la température universelle θ_U ait été une circonstance nécessaire de l'apparition de la sexualité sur la terre ?

Si cette hypothèse était vérifiée, elle fournirait une conception du monde très inhabituelle. La reproduction sexuée serait apparue en même temps dans tout l'immense univers, même dans les galaxies lointaines.

La même interrogation se présente à chaque stade de l'évolution. Par exemple, du silurien au carbonifère, en une durée $\Delta\tau=2500$ ans, la végétation a envahi les continents qui étaient désertiques jusqu'alors, en commençant près des rivages par des plantes sans racines appelées ptéridophytes, pour aboutir à des forêts de grands arbres qui aspiraient l'eau des nappes phréatiques même sous le sol sec, à l'intérieur des terres. Se peut-il donc que les végétaux aient recouvert en même temps toutes les planètes habitables de l'univers ? La difficulté du raisonnement vient de ce que nous nous trouvons en présence de deux grandeurs qui semblent évoluer parallèlement alors que nous les croyons indépendantes l'une de l'autre :

- la température θ_U de l'espace-temps,
- la température θ_M des objets physiques que sont les minéraux, les végétaux et les animaux.

Nous constatons aussi une évolution difficile à expliquer :

L'histoire de la terre est marquée par un refroidissement continu du climat.

Dès lors que certains phénomènes physiques dépendent, au moins en partie, de la grandeur θ_U qui varie au cours de l'histoire de l'univers, il semblerait qu'il faille renoncer au postulat cosmologique, et par là-même à toute la *théorie de l'espace-temps évolutif*. Ce n'est pas le cas. En effet cette théorie s'est développée uniquement sur la loi structurelle du temps, qui n'a pas lieu d'être modifiée ; les grandeurs physiques restent toujours les mêmes ainsi que les relations qui les relient les unes aux autres, à quelle qu'époque que ce soit. Ce qui apparaît maintenant, c'est que cette loi structurelle s'applique dans des circonstances différentes selon les époques, en particulier avec une valeur différente de la grandeur θ_U .

Les lois physiques sont les mêmes à toutes les époques, mais elles sont tributaires de la température universelle θ_U , dont l'existence était inconnue jusqu'à présent.

Il va donc falloir compléter la théorie par une étude de l'influence de θ_U sur les objets physiques.

L'idée qu'à l'échelle des périodes géologiques il existe un refroidissement continual du climat sur la terre n'est guère contestée par personne. Cependant, cette idée n'est pas vraiment démontrée et peut être masquée par d'autres phénomènes, purement physiques, comme ceux qui se produisent au voisinage du point triple de l'eau. Depuis le néogène, on constate une alternance de phases glaciaires et interglaciaires en différentes régions du globe, selon la latitude et l'altitude locales. Nous connaissons actuellement une période chaude dans l'hémisphère boréal, à l'approche de l'an 2037 qui verra la conjonction du solstice d'été et de l'aphélie. De plus, la fonte de la banquise arctique diminue l'albédo de cette région et en accentue le réchauffement. Ces phénomènes temporaires rendent paradoxale l'affirmation que la terre est en train de se refroidir, ce qui est pourtant le cas.

Le comportement actuel des insectes nous conforte dans l'idée qu'il existe une corrélation entre l'écoulement universel du temps et le refroidissement du climat. Les insectes sont apparus sur la terre probablement en même temps que les plantes à fleurs qu'ils butinent, au carbonifère ou au permien, mais on ne les trouve que fossilisés dans des ambres beaucoup plus récents, datés de l'oligocène. La question n'est pas là. L'important est que ceux qui vivent de nos jours subsistent le plus souvent cachés dans la boue des marécages ou dans des cocons, et que leur vie à l'air libre est très éphémère, limitée pour certains à la rencontre sexuelle et à la ponte des œufs. Le plus surprenant est le cas des insectes sociaux qui ont des « mœurs » très complexe. Une fourmilière est capable de réagir de façon concertée à des agressions, alors que chaque individu ne possède qu'un système nerveux très frustré, insuffisant pour prendre des décisions. Chez les abeilles mellifères les mécanismes mis en jeu sont extrêmement variés. Des abeilles battent des ailes à l'entrée de la ruche pour la ventiler, tandis que d'autres font vibrer leurs ailes en un mouvement incessant pour se réchauffer les muscles et pour maintenir une atmosphère tempérée au voisinage de la reine, la seule procréatrice. Une partie de la nourriture récoltée à la saison chaude est utilisée comme source de chaleur en la digérant. Des composés chimiques adaptés à la naissance d'individus de castes différentes sont produits aux bonnes dates et aux bons endroits, proches de la reine. Toute cette organisation est orientée vers la lutte contre le froid et contribue à la perpétuation de l'espèce. Il semble impossible que ces insectes soient apparus sur la terre en une seule mutation, en possédant dès le départ toute cette organisation. *Le seul scénario que nous sommes capables d'imaginer est qu'une première mutation, au carbonifère, a été à l'origine d'insectes vivant à l'air libre sans contraintes, et que d'autres mutations ont accompagné ensuite les modifications du milieu de vie.* Peut-être manquons-nous d'imagination ? Nous ne savons pas voir les choses autrement. Et nous en tirons facilement une conviction : *puisque les mécanismes utiles élèvent la température du centre de la ruche, c'est que*

le climat s'est refroidi à l'extérieur.

L'événement qui a été le plus riche en conséquences pour la suite de l'histoire de la vie sur la terre a été l'apparition au trias d'animaux, oiseaux et mammifères, possédant une fonctionnalité nouvelle, l'homéothermie.

Il nous semble possible de conserver la conviction que les mutations apparaissent au moment où la température universelle le permet, mais rien ne le prouve. Nous ne pouvons proposer des énoncés inspirés par cette façon de voir que comme des *pistes de réflexion* pour les études à venir. En voici un qu'il ne faut donc considérer que comme une *hypothèse provisoire susceptible d'être contournée*.

Il se peut que l'homéothermie soit apparue lorsque la température universelle a permis la vie, à l'air libre et sans contraintes nouvelles, d'espèces possédant une forme de matière organique originale, la « matière grise ».

La matière grise est le constituant principal du néo-cortex. Elle est très sensible à la température. Chez les mammifères actuels elle ne fonctionne qu'entre 36 et 39 degrés Celsius. À 40°C l'être humain se met à délirer ; à 41°C il subit des dommages irréversibles dans son intellect et son émotivité. Vers le froid les mammifères tombent en léthargie et meurent ; certains comme les hérissons sont certes capables d'hiverner en limitant leurs échanges thermiques avec l'extérieur, mais c'est en perdant toute activité et en consacrant leurs réserves de graisses à réchauffer leur cerveau. Les animaux homéothermes, qui conservent leur température, paraissent donc défavorisés par rapport aux poikilothermes, apparus avant eux sur la terre, dont la température accepte de plus grandes variations. Cependant les mammifères disposent de moyens élaborés de thermorégulation. Notamment ils sont capables de se refroidir grâce à des glandes sudoripares.

La partie inférieure du cerveau, appelée rhombencépale existait déjà chez les reptiles ; elle régule de façon inconsciente les organes vitaux du corps.

La partie médiane du cerveau, constituant le *système limbique*, est apparue dès les premiers mammifères ; elle accroît les capacités de la mémoire, traite simultanément les informations électriques des neurones et les composants chimiques de la lymphe, contrôle les émotions et traite avec une précision accrue les informations provenant des sens. Par exemple l'audition dans l'air est améliorée par trois osselets supplémentaires apparus dans l'oreille moyenne des mammifères. Elle met en jeu des phénomènes d'osmose qui dépendent de la température.

La partie supérieure du cerveau, le néocortex, fonctionne sur des principes nouveaux. Sa face extérieure est recouverte en plusieurs couches d'un tissu organique, la *matière grise*, dont l'activité est synchronisée selon des rythmes cérébraux provenant du centre du cerveau. La géométrie de ce cerveau supérieur est originale ; sa surface est accrue grâce à des lobes qui le replient dans la boîte crânienne ; les fibres nerveuses myélinisées qui relient son centre à sa surface sont courtes et de longueurs à peu près égales.

La succession des géométries du néocortex observées selon les espèces, surtout chez les primates et dans le genre humain, ne peut pas s'expliquer par une mutation unique

Le néocortex est le siège de l'intellect dont nous sommes très fiers parce qu'il assure notre domination sur les autres lignées vivantes, mais c'est aussi le plus sensible aux variations climatiques de température. Je me permets de proposer qu'on se pose la question que voici :

Comment la température universelle θ_U intervient-elle dans la fonctionnement de la matière grise du cerveau humain actuel ?

Avançons avec prudence. Nous poursuivrons plus loin cette réflexion, mais nous allons faire d'abord une longue digression qui nous amènera à préciser *la méthode* qu'il convient d'adopter pour la conduite des études futures.

Il n'est évidemment pas possible de voyager vers le passé pour observer directement comment les mutations se sont produites. Il faudra donc élaborer des modèles théoriques qui seront considérés comme valables à la seule condition qu'aucun fait connu ne vienne les controuver. Ils devront être abandonnés dès la constatation d'une contradiction avec des données expérimentales vérifiées. Il pourrait paraître superflu de préciser le premier point de cette méthode :

Il ne faut jamais affirmer sans vérification qu'il existe des « correspondances », des « adaptations » ou des « convenances » entre des concepts appartenant à des domaines différents de la connaissance.

Les lycéens français de ma génération étaient en quelque sorte vaccinés contre cette erreur par l'étude du texte que voici, écrit par un prédicateur très enclin aux argumentations puériles, Henri Bernardin de Saint-Pierre (1737-1814) :

« Il n'y a pas moins de convenance dans les formes et les grosseurs des fruits. Il y en a beaucoup qui sont taillés pour la bouche de l'homme, comme les cerises et les prunes ; d'autres pour sa main, comme les poires et les pommes ; d'autres beaucoup plus gros comme les melons, sont divisés par côtes et semblent destinés à être mangés en famille : il y en a même aux Indes, comme le jacq, et chez nous, la citrouille qu'on pourrait partager avec ses voisins. La nature paraît avoir suivi les mêmes proportions dans les diverses grosseurs des fruits destinés à nourrir l'homme, que dans la grandeur des feuilles qui devaient lui donner de l'ombre dans les pays chauds ; car elle y en a taillé pour abriter une seule personne, une famille entière, et tous les habitants du même hameau. »*

Bernardin de Saint-Pierre

Études de la nature, ch. XI

Harmonies végétales des plantes avec l'homme, 1784

* fruit du jacquier (= l'arbre à pain)

Ce texte utilise un concept étonnant, « *la nature* ». Ce qui est naturel, c'est tout ce qui nous entoure et que nous voyons ; cela fait partie comme nous des objets physiques entraînés par l'écoulement du temps ; cela ne possède aucune connaissance de l'avenir. Or de nos jours, poursuivant l'erreur de Bernardin de Saint-Pierre, on a fait de « *la nature* » un personnage omniprésent, un Deus ex machina, un démiurge qui organise et asservit le monde dont il est lui-même issu. On nous explique – ce n'est qu'un exemple – que « *la nature* » a établi des relations de dépendance étroite entre les fleurs et leurs insectes pollinisateurs, en adaptant leurs caractères morphologiques et en prévoyant des stratégies de comportement réciproques. Les faits observés sont vrais, mais la façon de les présenter attribue à ce personnage mythique qu'est « *la nature* », un pouvoir dont, en vérité, nous ne savons pas où il se trouve, celui de poser des causes finales.

À défaut de savoir comment la succession des espèces vivantes s'est produite sur la terre, l'homme de science se doit, au moins, de réfléchir à son propre pouvoir d'agir sur le monde.

Les hommes peuvent organiser les choses autour d'eux en vue d'un but à atteindre ; cela semble même le propre de leur intelligence, supportée par un cerveau très développé. Ils peuvent imaginer des choses qui n'existent pas encore, décider de les réaliser, préparer des outils adaptés à ce but, recenser les compétences nécessaires, conjuguer leurs efforts, s'encourager mutuellement, etc. Ils ont donc bien le pouvoir de poser des causes finales. Mais il ne suffit pas vouloir une chose, il faut la réaliser.

Il faut avoir prise sur les choses que l'on se propose de régenter.

Et là, force est de constater que ce sont les réalités extérieures qui ne réagissent pas toutes de la même façon. L'univers est constitué de certaines choses qui peuvent se plier à la volonté changeante de l'homme tandis que d'autres sont disposées une fois pour toutes de façon permanente. Voici un exemple : Un gouvernement fait le projet de mettre un satellite artificiel en orbite autour de la terre, ce qui nécessite d'utiliser les lois de la mécanique céleste. Il définit ainsi un but, une finalité, qui orientera les travaux des industriels. Or ceux-ci sont effectivement capables de réaliser le satellite, mais pas de changer les lois de la mécanique céleste. Parmi les nombreuses contraintes auxquelles ils vont être confrontés, il y en aura ainsi de deux natures différentes, certaines *surmontables* d'autres *insurmontables*.

Le « bon sens » suffit généralement pour décréter si un obstacle est surmontable ou non, mais il est bien connu que le bon sens, si bien partagé soit-il, est un concept qui n'a jamais été clairement défini. Ce que l'homme considère comme en son pouvoir, c'est ce que son intellect lui présente comme tel. De ce fait il ne peut pas découvrir ce que les choses extérieures sont par elles-mêmes, mais seulement étudier comment son propre intellect les appréhende. Cette constatation est paradoxale :

La frontière entre ce qui est au pouvoir de l'homme et ce qui ne l'est pas ne peut être posée que par l'homme lui-même.

Nous allons décider ceci :

Les réalités sur lesquelles on pense pouvoir agir ; ainsi que celles dont on ne sait pas si l'on pourrait agir sur elles, ne doivent pas être prises en compte dans une théorie de physique fondamentale.

Les réalisés sur lesquelles on ne peut pas agir peuvent faire partie du domaine de la physique fondamentale, mais seulement sous la réserve qu'elles soient permanentes, c'est-à-dire qu'on ne leur connaisse aucun contre-exemple.

C'est avec toutes ces précautions que nous pouvons poser un principe qui constitue, conjointement au *principe de non-contradiction* et à la notion *d'appartenance d'un élément à un ensemble*, ce qu'on appelle la rationalité de la pensée humaine.

le principe de causalité

Les relations de causalité efficiente ne peuvent être définies que dans le cadre d'une théorie cohérente. Ce sont des cas particuliers de la relation d'antériorité/postériorité qui structure tout l'univers, et que nous appelons l'écoulement du temps. Elles relient deux événements, la cause et l'effet, dans des circonstances qui doivent être clairement définies.

La cause est antérieure à l'effet.

L'effet est lié à la cause par une loi physique qui ne souffre aucune exception, dès lors que les circonstances requises sont réalisées.

La loi physique préexiste au déclenchement de la cause.

Il ne peut pas y avoir de relations de causalité efficiente entre des domaines différents d'application de la pensée. C'est pourquoi les scientifiques se limiteront *sciemment* au strict domaine de leur étude, en laissant à d'autres le soin d'aborder d'autres pans de la connaissance. Ils ne s'intéresseront qu'aux choses sur lesquelles ils ont prise. Et bien sûr, ils laisseront de côté leurs propres convictions religieuses en sacrifiant ainsi la partie de leur vie qui est peut-être la plus importante pour eux-mêmes. C'est une ascèse nécessaire.

L'objet ultime des recherches sera la cause efficiente des mutations qui jalonnent les lignées d'êtres vivants.

Il est temps de refermer la parenthèse sur la méthode et de reprendre le fil de mon texte là où je l'avais laissé. Je propose qu'on se pose la question que voici :

Comment la température universelle θ_U intervient-elle dans la fonctionnement de la matière grise du cerveau humain actuel ?

La question sera donc de trouver un phénomène physique dont l'amplitude ou la durée dépend de la température universelle θ_U , autrement dit du coefficient de dilatation de l'espace. Ce phénomène échappera au postulat cosmologique, ce qui exclura de la recherche un très grand nombre des lois connues actuellement.

Dans la nouvelle physique la description de la matière est très différente de celle véhiculée par la physique classique, essentiellement par le fait qu'il faut faire une distinction très nette entre l'évolution de l'espace-temps et les mouvements des objets physiques dans cet espace-temps. Les photons circulent dans l'espace en conservant leur giration, qui est le produit de leur rayon cinétique par leur vitesse de rotation, alors que les particules pesantes, notamment les électrons, sont soumises à une accélération dirigée vers le centre cinétique de l'atome auquel elles appartiennent. Quant aux ions libres, ils subissent une accélération qui dérive du potentiel appliqué. Ainsi, il va falloir élaborer sur de nouvelles bases les modèles théoriques de la structure de la matière. Ce travail n'étant pas fait, il n'est pas possible aujourd'hui d'en dire plus.

La recherche pourra aussi être orientée par les connaissances concernant le cerveau humain. Les mécanismes qui contribuent au fonctionnement de la matière grise sont très nombreux, mais, pour répondre à la question posée, on peut éliminer ceux qui existaient déjà chez les ancêtres des mammifères. Cela exclut les synapses électriques qui existent dans le cerveau reptilien. Pratiquement, il ne restera à étudier que les *synapses chimiques*.

Les mécanismes nécessaires au fonctionnement des synapses chimiques sont eux aussi très nombreux, à commencer par ceux qui concernent le code génétique et ceux qui ont formé les neurones chez l'embryon. Il faut que certains acides aminés, qui sont les précurseurs des neurotransmetteurs, soient présents dans le sang. Il faut aussi que ces neurotransmetteurs, par exemple de la sérotonine et de la dopamine, aient été produits et accumulés dans des éléments pré-synaptiques, d'où ils doivent libérés dans la fente synaptique. Etc. Etc. Heureusement, il est possible de faire un choix parmi tous ces mécanismes ; il faut s'attacher à ceux qui ont une *signification logique*, c'est-à-dire ceux qui fonctionnent par tout ou rien et dont la durée est très brève.

Toutes ces considérations orienteront naturellement les études vers les mécanismes, appelés exocytose, qui fixent les neuromédiateurs sur la membrane post-synaptique, produisant selon le type de synapse soit un potentiel exciteur (PPSE), qui dépolarise la membrane, soit un potentiel inhibiteur (PPSI) qui en augmente la polarisation. Les potentiels provenant de nombreuses synapses, traités dans une

région du nerf récepteur appelée *cône d'initiation*, ont pour effet la propagation selon l'axone de ce nerf d'un *potentiel d'action*. Il s'agit d'un signal dont la durée (quelques millisecondes) est brève comparée au battement d'horloge (1/15ème de seconde). Le résultat est bien une action logique (1 bit) puisque, *dans un battement d'horloge donné, le potentiel d'action peut être présent ou absent*.

Certes des modélisations de la membrane post-synaptique se font déjà actuellement, mais la géométrie des molécules qui interviennent dans le mécanisme ne sera plus la même, et surtout il faudra examiner si le coefficient de dilatation de l'espace inter-moléculaire intervient dans l'apparition des potentiels excitateur et inhibiteur.

Si ces recherches aboutissent, elles conforteront la conception d'un univers dont la température est sans cesse décroissante, mais dans lequel les moments cinétiques des objets physiques sont constants. Les masses, qui ont la même grandeur physique que les énergies électriques, sont sans cesse croissantes. *Les réactions physico-chimiques ne deviennent possibles que lorsqu'un niveau énergétique suffisant est atteint*. Les êtres vivants ne peuvent pas remonter le temps puisque cela les replacerait dans un univers où l'énergie serait insuffisante pour alimenter les processus qui constituent leur vie biologique à l'instant présent. Ils ne peuvent pas, non plus, aller plus vite que le temps car ils deviendraient eux-mêmes une source de lumière et d'énergie au moment où, le potentiel disruptif étant atteint, ils disparaîtraient hors du temps.