



# LE TEMPS PASSE-T-IL ?

PAR

**M. Thibault DAMOUR**

Délégué de l'Académie des sciences



La *fuite du temps* est un sentiment profond de la plupart des êtres humains, et, du coup, un thème récurrent en poésie et littérature, depuis le « Panta Rei » d'Héraclite jusqu'à la célèbre prosopopée de Lamartine, « Ô temps ! suspends ton vol ! », en passant par les devises des cadrans solaires.

La conception habituelle du temps est

1. qu'il est extérieur à l'univers matériel (et continuerait à exister même si toute la matière disparaissait) ;
2. qu'il est commun à toute la réalité ;
3. qu'il « passe », ou « coule », en entraînant d'une manière irréversible le « maintenant » du passé vers le futur.



Cette conception a été incorporée dans la description scientifique de la réalité développée au XVII<sup>e</sup> siècle, par Galilée, Descartes et surtout Newton. La figure ci-contre montre la célèbre scholie de Newton où il hypostasie la durée vécue en un « temps absolu, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur, qui coule uniformément ».

Le point essentiel de cet exposé va être d'indiquer que les développements de la physique aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles suggèrent une image du temps très différente de la conception habituelle, et de sa version mathématisée par Newton. D'abord le temps ne doit pas être hypostasié en une réalité indépendante du contenu matériel de l'univers, et, surtout, le « passage du temps » est une illusion.

Commençons notre description par ce que nous suggère la théorie de la relativité restreinte d'Einstein.

Lors de la venue d'Einstein à Paris en 1922, nombre de journaux ont résumé l'impact de la théorie de la relativité par la phrase : « Le Temps n'existe pas, dit Einstein » ou « Le Temps Illusion ».

« *Einstein nie le temps et l'espace mais il croit en la démocratie.* » (L'Éclair, 21 mars 1922)

« *Le Temps n'existe pas, dit Einstein. Mais l'heure existe, a dit M. Honorat. Et ce soir, elle change.* » (La Justice, 25-26 mars 1922)

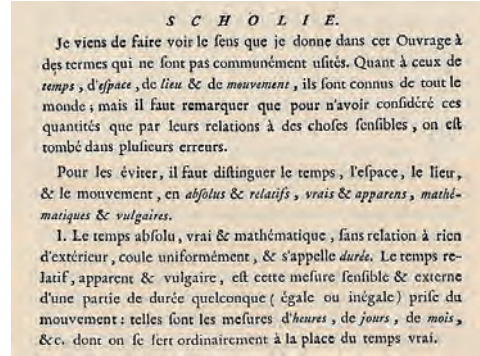
« *Le temps n'est qu'un songe.* » (Le Peuple, 31 mars 1922)

« *Grâce à Einstein, plus de retards, puisque le temps n'existe pas.* » (Le Petit Parisien, 1<sup>er</sup> avril 1922)

« *Le Temps Illusion* » (Bonsoir, 3 avril 1922)

« *Le Temps n'est plus !* » (La Presse, 10 avril 1922)

Ce dessin humoristique montre que certains journalistes hésitaient sur le sens à donner à cette phrase.



*Newton, Principes mathématiques  
de la philosophie naturelle, 1687  
(traduction de la marquise du Châtelet)*

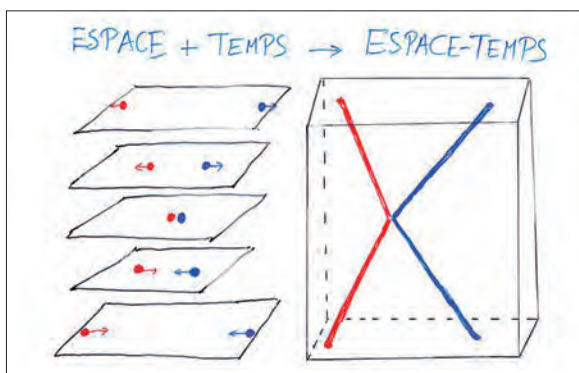


La plupart des journalistes ne comprenaient sans doute pas en détail l'apport de la théorie de la relativité, mais ils avaient correctement senti que cette théorie bouleversait la conception habituelle d'un temps commun à toute la réalité entraînant dans son « passage » le « maintenant » du passé vers le futur.

En effet, cette théorie remplace l'idée que la réalité est constituée par une succession temporelle de configurations spatiales de la matière, par le concept de *bloc espace-temps* quadridimensionnel.

En termes simples, l'espace-temps est une généralisation des « diagrammes de trains » que l'on utilisait autrefois à l'école pour résoudre les problèmes de rencontre de trains : un train rouge quittant une première gare à telle heure et avec telle vitesse, alors qu'un train bleu quittait une seconde gare, en direction de la première, en partant à une heure différente et à une vitesse différente. La question est de trouver le lieu et l'heure du croisement des deux trains. La réponse peut s'obtenir géométriquement en dessinant un diagramme dont l'axe horizontal repère la position des trains le long de la voie, alors que l'axe vertical repère le temps.

Un problème de ce type est illustré dans la figure ci-dessous pour le cas de la rencontre de deux boules se déplaçant l'une vers l'autre sur un billard. À gauche on voit la succession temporelle (du bas vers le haut) des configurations spatiales des boules sur la table de billard. À droite on a le diagramme obtenu en empilant,



*Bloc espace-temps*  
(Poincaré, Einstein, Minkowski)

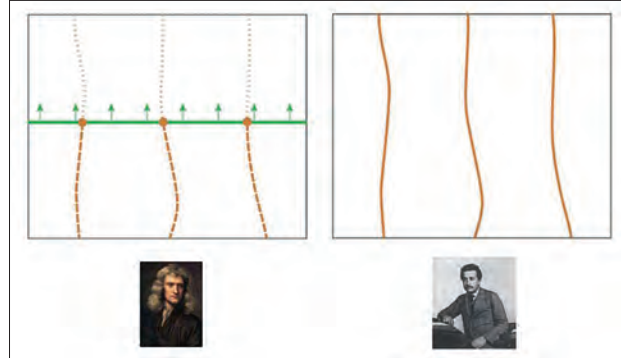
les unes sur les autres, la succession continue de ces configurations. Ce diagramme de droite est un espace-temps tridimensionnel où le temps s'est ajouté comme troisième dimension verticale aux deux dimensions horizontales de la table de billard. On obtient un bloc espace-temps quand on fait complètement abstraction de la décomposition en « tranches temporelles », c'est-



à-dire des sections horizontales correspondant à la vision habituelle illustrée à gauche.

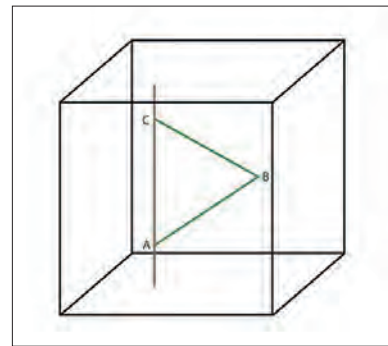
La figure ci-contre, où l'espace est réduit à une seule dimension spatiale, contraste la vision newtonienne (et habituelle) de la réalité avec la vision einsteinienne. Dans le cas newtonien, la seule réalité qui existe est l'« instant présent », figuré par la tranche verte.

Ce « présent » est conçu comme se déplaçant progressivement vers un futur en pointillé en laissant derrière lui un passé qui a existé mais qui n'existe plus. Dans le cas einsteinien, le concept de « présent » ou de « maintenant », c'est-à-dire l'existence d'une tranche horizontale mouvante particulière, a disparu, et la réalité est constituée des lignes atemporelles tracées par les particules de matière dans le bloc espace-temps.



*Disparition du « présent »*

Sur quoi Einstein s'est-il fondé pour conclure que « le temps subjectif avec son “maintenant” ne doit avoir aucune signification objective » ? Il s'est fondé sur une conséquence observable de la relativité qui a été amplement vérifiée par l'expérience (cette conséquence joue d'ailleurs un rôle important dans les systèmes modernes de localisation comme le système GPS qui ne fonctionne que parce que l'on a inclus la théorie de la relativité dans son logiciel). Si l'on considère deux jumeaux dont l'un (figuré par la ligne verticale marron) reste sur Terre alors que l'autre (figuré par la ligne brisée verte) s'éloigne à grande vitesse avant de revenir sur Terre, le jumeau voyageur sera plus



*Voyage quasi instantané dans le futur*

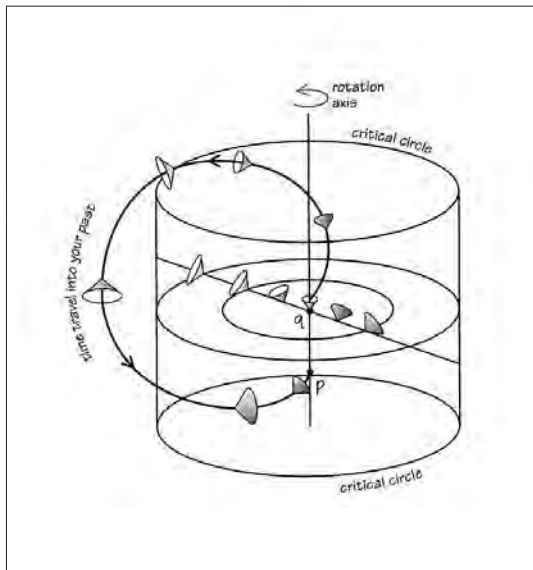
jeune que son frère quand il le retrouvera au point C. (C'est cette conséquence centrale de la relativité que Bergson n'a jamais voulu accepter, car elle faisait trop violence à son intuition de la durée.)

Dans l'expérience de pensée où la vitesse du jumeau voyageur est très proche de celle de la lumière, le jumeau voyageur peut, de façon *quasi instantanée* (pour lui), faire un saut *arbitrairement grand* dans le futur : disons qu'il peut voir (et vivre) ce que sera la Terre dans 60 millions d'années en ayant voyagé seulement pendant une heure de son temps !

Les distorsions possibles du temps peuvent être encore plus spectaculaires si l'on considère la théorie de la relativité générale d'Einstein. Dans cette théorie, la structure chronométrique et géométrique de l'espace-temps est intimement liée à son contenu matériel.

En utilisant ce lien, le mathématicien Gödel a montré en 1949 qu'il existait des univers cosmologiques hypothétiques, satisfaisant aux équations d'Einstein,

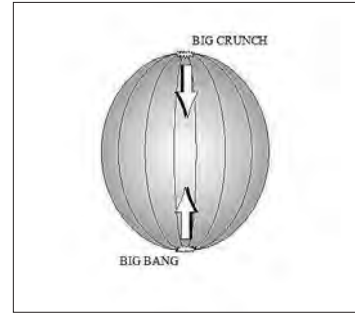
où il est possible de voyager vers le passé (et non plus seulement vers le futur). Comme l'illustre la figure contre, un voyageur d'espace-temps peut quitter la Terre au point  $q$  pour revenir ensuite sur Terre à un point  $p$  qui, pour les habitants restés sur Terre est *dans le passé* de l'événement  $q$ . Par exemple, ce voyageur peut partir « maintenant » pour aller observer les dinosaures avant leur disparition il y a 65 millions d'années !



*Temps et relativité générale,  
univers de Gödel (1949)*

Alors que l'exemple précédent montrait que le futur « existe déjà », cet exemple hypothétique suggère que le passé « existe encore ».

La figure ci-contre illustre deux autres modifications majeures de la conception habituelle du temps qui deviennent possibles en relativité générale : d'une part, à cause de leur lien avec la matière, l'espace et le temps peuvent apparaître ou disparaître au voisinage de certains « bords » de l'espace-temps, appelés *big bang* ou *big crunch*, et ne plus faire sens au-delà ; d'autre part, rien ne garantit *a priori* que le temps s'écoule (ou plutôt semble s'écouler) partout dans le même sens. Autrement dit, il est possible que des événements qui sont dans le « futur » de certains habitants de l'espace-temps soient dans le « passé » d'autres habitants, et donc aient déjà eu lieu pour ces derniers.



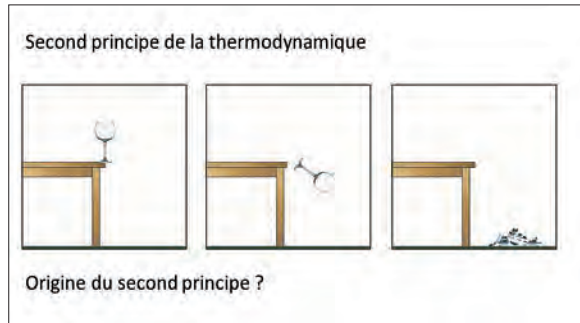
*Un cosmos possible  
où le temps ne « s'écoule » pas  
partout dans le même sens,  
univers de Gold (1962)*

Jusqu'ici nous avons dit que si l'on prend au sérieux l'image de la réalité donnée par les théories de la relativité, le réel doit être pensé *sub specie aeternitatis*, comme un bloc où le passé et le futur « existent » avec le même degré de réalité, et où le présent « ne garde, comme l'a écrit Einstein, que la valeur d'une illusion, si tenace soit-elle ».

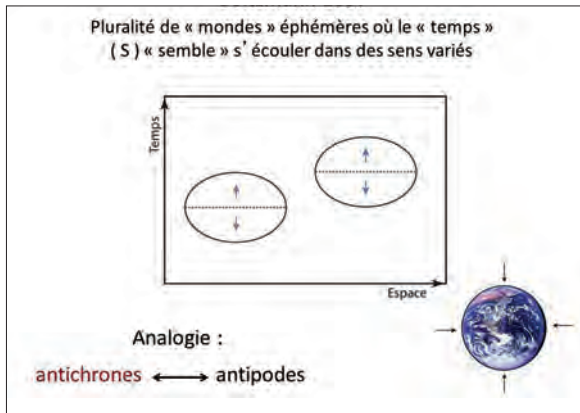
Mais qu'est ce qui explique cette illusion tenace du passage du temps ? En faisant l'hypothèse scientifique habituelle d'un parallélisme physico-psychologique, l'origine de cette illusion se trouve dans ce qui s'appelle le second principe de la thermodynamique. Ce principe stipule essentiellement que le désordre d'un système fermé (mesuré par son « entropie »  $S$ ) ne peut qu'augmenter : un verre qui tombe se brise en de nombreux éclats, alors qu'on n'a jamais vu de nombreux éclats de verre se rassembler pour reformer un verre.

Quelle est l'origine de cette irréversibilité postulée par ce second principe, et absente des lois fondamentales de la physique, lesquelles sont toutes réversibles ?

Cette origine a été élucidée par le développement de la physique statistique au XIX<sup>e</sup> siècle. Ludwig Boltzmann comprit que la croissance continue du désordre n'était pas liée à une quelconque irréversibilité fondamentale de l'écoulement du



*Temps et irréversibilité*



*Boltzmann 1897*

temps, mais qu'elle s'expliquait par le fait que l'on considérait, en thermodynamique, des systèmes dont l'état initial était très spécial et contenait beaucoup plus d'« ordre » qu'un état pris au hasard. En 1897, Boltzmann alla plus loin en suggérant que l'origine d'un tel état initial spécial était due à une fluctuation aléatoire au sein d'un immense cosmos où la « flèche du temps » ne pointerait pas partout dans la même direction. Un tel univers (imaginaire mais compatible avec les lois de la physique) contiendrait des poches « antichrones » où, par rapport à notre façon de vivre, le temps s'écoulerait à l'*envers* : les verres cassés à terre se reconstitueraient pour sauter sur une table, les êtres vivants rajeuniraient, etc. Mais les habi-

tants des régions antichroniques de cet espace-temps vivraient sous l'influence d'un second principe inversé temporellement par rapport au nôtre (en grim pant la pente de croissance locale de l'entropie) et auraient donc, comme nous, l'illusion de vieillir. Cette grandiose conception de Boltzmann fait actuellement le sujet d'intenses recherches dans un cadre cosmologique renouvelé par la relativité générale et la théorie quantique.

Je suis conscient que le sens intime de la durée qui nous habite, nous, êtres humains, et certains de nos frères animaux, est si prégnant qu'il est difficile



d'accepter la suggestion faite par la physique que le passage du temps est une illusion. Rappelons cependant que cette idée a été défendue par toute une tradition philosophique allant de Parménide à McTaggart. Il faut aussi compter Emmanuel Kant dans cette tradition. Il a en effet clairement affirmé que le temps n'était qu'« une condition objective de notre humaine intuition » et qu'« en lui-même il n'était rien en dehors du sujet<sup>1</sup> ».

*Le temps n'est qu'une condition subjective de notre humaine intuition (laquelle est toujours sensible, c'est-à-dire ne se produit qu'autant que nous sommes affectés par les objets) ; en lui-même, il n'est rien en dehors du sujet.*

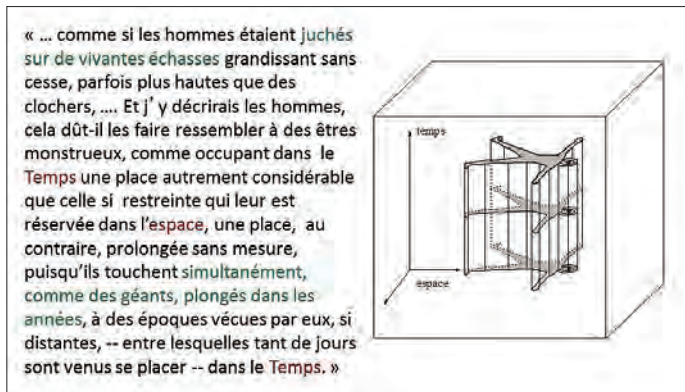
J'aimerais pour finir faire appel aussi au témoignage d'artistes. D'abord, un beau texte de Mozart indique que, quand une œuvre musicale est achevée dans son esprit, il peut « embrasser le morceau entier d'un seul coup d'œil comme un tableau ou une statue », et que, dans son imagination, il « n'entend pas l'œuvre dans son écoulement » mais plutôt comme un seul « bloc » intemporel.

Enfin, rappelons la proximité intellectuelle, pour leur vision du temps, entre Proust et Einstein. Certains lecteurs de Proust, trompés par le titre général de son œuvre maîtresse, *À la recherche du temps perdu*, pensent que le concept proustien de temps est celui d'un temps qui passe inexorablement, et dont l'homme ne peut que regretter la fuite irréversible. Mais, en réalité, cette œuvre est sous-tendue par l'idée que le passage du temps n'est qu'illusion, et que, de temps en temps, l'être humain peut sentir que son vrai moi est, je cite, « affranchi de l'ordre du temps ». Dans des lettres à ses amis, ainsi que dans certains manuscrits, Proust cite explicitement le nom d'Einstein et évoque une parenté entre leur manière de déformer le temps. Il me plaît aussi de penser que la visite d'Einstein à Paris au printemps 1922 a été l'occasion pour Proust de réécrire la célèbre phrase finale du

---

1. Emmanuel Kant, *Critique de la raison pure*, « Esthétique transcendantale », 2<sup>e</sup> section : « Du temps ».

*Temps retrouvé* qui est une très belle évocation de la description spatio-temporelle des hommes occupant, « comme des géants plongés dans les années », une place prolongée sans mesure dans un temps ajouté comme dimension verticale (voir les « échasses ») à l'espace.



*Marcel Proust, le Temps retrouvé*

