



L'adieu au temps

Marc LACHIEZE-REY

laboratoire APC, Univ. Paris-Diderot, France

*Correspondance : mlr@apc.univ-paris7.fr

DOI : [10.18713/JIMIS-210219-7-6](https://doi.org/10.18713/JIMIS-210219-7-6)

Soumis le Trois Janvier 2018 – Accepté le Vingt-neuf avril 2019

Volume : 7 – Année : 2019

Titre du numéro : **Actes du colloque interdisciplinaire l'Ere du Temps**
Éditeurs : *Alice Guyon, Thomas Lorivel, Julie Milanini, Caroline Bouissou*

Résumé

Temps et durées sont souvent confondus, ou du moins considérés comme étroitement reliés. Ceci est tout à fait légitime dans le cadre de l'ancienne physique newtonienne, où la notion de temps apparaît comme une reconstruction à partir des durées, permise précisément par ce lien. Mais les physiciens se sont aperçus que ce lien n'était qu'une illusion, une illusion indécélable à la précision de la vie courante ; mais dont les observations physiques de plus en plus précises ont manifesté l'inexactitude. La raison d'être des théories relativistes est de prendre en compte cette rupture ; de fournir une manière exacte et précise de décrire un monde physique dans lequel la notion de temps a perdu sa pertinence.

Mots-clés

durée ; temps ; relativité ; Einstein

I INTRODUCTION

Les évocations du temps en soulignent souvent certaines de ses manifestations telles que durée, simultanéité, chronologie, datations... Elles le lient à d'autres notions, comme celle d'évolution, de mouvement, de causalité, d'entropie..., à tel point que parfois ces notions sont confondues, ou en tous cas, mal caractérisées. Dans cet essai je veux souligner clairement la distinction entre les notions de temps et de durée ; je veux montrer que la première est construite à partir de la seconde. J'établirai quelles conditions doivent être remplies pour que cette reconstitution soit possible. Alors il apparaîtra comment la constatation que ces conditions ne sont pas remplies dans notre monde physique rend la notion de temps incompatible avec la physique actuelle. Il s'agit là sans doute du point le plus fondamental de la révolution einsteinienne. Le comprendre, c'est avoir accompli l'étape la plus difficile pour appréhender la physique moderne.

La conception newtonienne de la physique a prévalu jusqu'au début du XX^e siècle. Elle nous a habitués à assimiler les notions de temps et de durée : une durée serait simplement un *laps de temps*. Dans la vie courante, nos conceptions s'identifient à peu près avec celle de la physique newtonienne. Pourtant, dès la fin du XIX^e siècle, les physiciens ont constaté certains phénomènes difficiles à interpréter dans ce cadre ; en premier lieu le fait que la vitesse de la lumière (notée *c*)



reste constante en toutes circonstances. A première vue, il n'était pas manifeste que cette constatation avait quelque chose à voir avec les conceptions du temps. Toujours est-il qu'elle a déclenché une véritable crise dans la physique. Et c'est cette crise qu'Einstein a résolue en comprenant que la notion de temps ne s'appliquait pas au monde physique et qu'il fallait s'en passer. Ce qu'il fit en construisant les théories de la relativité qui ont assimilé ce rejet et ont exigé de revoir totalement nos conceptions sur ces sujets.

La caractéristique la plus fondamentale des théories einsteiniennes, c'est ainsi la disparition du temps. Une disparition qui n'entraîne pas pour autant celles des différentes notions annexes évoquées plus haut ; en particulier celle de durée qui reste parfaitement opérationnelle comme je le montrerai. Toujours est-il que l'on ne peut aborder ce sujet sans abandonner nos habitudes de langage qui ont tendance à confondre temps et durée : nous devons les distinguer, nous pencher soigneusement sur leurs définitions et leurs propriétés. Comprendre pourquoi la conception pré-relativiste permettait de les amalgamer, et ce que signifie la disparition du temps.

II ÉVÈNEMENTS ET HISTOIRES

Dans tous les cas (conception newtonienne ou einsteinienne) un préliminaire s'impose : définir ce qu'est un évènement, et ce qu'est un processus (ou une histoire).

Un *évènement* c'est quelque chose qui se produit, selon le langage intuitif, à un instant précis et à une position précise : ici et maintenant. Un évènement n'a pas de durée. Comme la physique moderne assimile l'espace-temps à l'ensemble de tous les évènements, chaque évènement est représenté par un point dans l'espace-temps (la physique newtonienne n'utilise pas le langage de l'espace-temps : on dira plutôt qu'un évènement c'est un point dans l'espace [sa localisation] ; et un point dans le temps, sa date).

En revanche un *processus*, ou une histoire, se définit comme une suite continue d'évènements avec un début (évènement initial) et une fin (évènement final). La vision géométrique la représente comme une suite ne continue de points, c'est-à-dire une ligne, dans l'espace-temps, avec un point initial et un point final.

Je puis ainsi parler par exemple de *mon histoire*, depuis ma naissance (évènement initial) jusqu'à ma mort (évènement final) ; ou de celle de n'importe qui ; de celle d'une étoile depuis sa formation jusqu'à sa disparition (éventuellement sous forme d'une explosion) ; de celle d'une particule depuis sa création jusqu'à son annihilation ou sa désintégration, etc. L'histoire d'un individu, ou d'un objet physique, on l'appelle sa *ligne d'univers*. Chaque épisode de ma vie est une portion de ma ligne d'univers ; chaque processus auquel participe une particule est une portion de sa ligne d'univers. Chaque évènement que je vis est un point de ma ligne d'univers.

III TEMPS ET DURÉES

Ce préliminaire permet de distinguer les deux notions. Celle de **durée** concerne les processus. Celle de temps concerne les évènements (de durée nulle), et permet essentiellement de les repérer et de les classer (chronologiquement) par leurs dates.

La règle fondamentale, c'est que toute histoire, ou toute portion d'histoire, possède une *durée* bien définie. Cela ne doit pas nous surprendre puisque cela correspond tout à fait à la notion habituelle. Et cela reste valide aussi bien en physique newtonienne qu'en physique einsteinienne.

Le long de ma propre histoire, de ma ligne d'univers, je ressens, j'éprouve des durées. Rien de plus familier, de plus immédiat. Ma montre m'accompagne et participe donc à mon histoire : elle permet

de *mesurer* cette durée. C'est important car la physique s'intéresse aux grandeurs qu'il est possible de mesurer. Ma montre est un instrument de mesure des durées (voir plus bas).

Quelle que soit la version de la physique à laquelle on s'intéresse, la durée de toute histoire est en principe mesurable, par un instrument que, de manière très générique, on appelle une horloge.

En revanche, le *temps* concerne les événements. Sa propriété fondamentale - la *datation* - consiste à associer un nombre à chaque événement : sa *date* (j'utilise le même terme pour désigner l'heure à laquelle il se déroule). L'existence du temps se manifeste par l'association d'un tel nombre à chaque événement.

Ce nombre est-il mesurable ? Peut-on mesurer le temps ? Peut-on mesurer les durées ? Oui pour la seconde question. Non pour la première.

Il est courant d'entendre dire qu'une montre ou une horloge « mesure le temps ». Mais il n'en est pas ainsi : une montre ou une horloge, une pendule ou un sablier *n'est en fait rien d'autre qu'un chronomètre*, un instrument de mesure des durées. Une montre mesure la durée [de son histoire], entre sa mise à l'heure et le moment où on la lit. Si elle « donne le temps », ou « l'heure », c'est parce qu'elle inclut un dispositif qui ajoute cette durée mesurée à la valeur inscrite lors de la mise à l'heure. Cette valeur est rentrée à la main, ou par un dispositif qui permet de la lire sur une autre montre, ce qui revient au même ; elle n'est jamais mesurée. Si elle est fautive, la montre, aussi parfaite soit-elle, ne donnera jamais l'heure.

Si ma montre (ou mon chronomètre) est dans ma main ou dans ma poche, si elle m'accompagne, son histoire se confond avec mon histoire, si bien qu'elle mesure la durée de mon histoire. Mais au sens strict, elle ne donne aucune indication sur la durée d'une histoire vécue par quelqu'un d'autre ; a fortiori si ce quelqu'un d'autre se situe sur la planète Mars.

Ce que l'on mesure, c'est toujours une durée. Ce que l'on ressent, ce que l'on éprouve... Également : si je me réveille au milieu de la nuit, je ne peux ressentir, ni deviner, quelle heure il est : rien qui concerne le *temps*. En revanche, je puis estimer (même si c'est approximatif) la *durée* pendant laquelle je suis resté éveillé.

Nos rythmes, physiologiques, psychologiques... sont exprimés en *périodes* ; mais une *période* est très précisément une durée : celle qui sépare deux battements de cœur, deux respirations ; ou bien la durée d'une digestion, d'une sieste, d'un calcul mental, de la lecture d'un livre...

Dans tous les cas, ce qui est mesuré, éprouvé, senti, ce sont les durées d'histoires, de portions d'histoires, jamais du temps. Même dans la vie courante, la notion de temps est toujours reconstruite à partir des durées, et jamais l'inverse. Certains rétorqueront : peu importe ! s'il y a des durées, il y a du temps ! C'est précisément cette affirmation qui s'est révélée fautive, à la suite d'observations et d'expériences de physique de plus en plus précises. Les durées existent bel et bien ; elles sont toujours parfaitement mesurables. Mais leurs propriétés sont incompatibles avec la notion de temps : la reconstruction précédente s'est en fait révélée impossible. Le plus simple pour le comprendre est de faire appel à l'idée d'*histoires jumelles*.

IV HISTOIRES JUMELLES

Chaque histoire a une durée. Deux histoires sont dites **jumelles** si elles commencent par le même événement initial, et se terminent par le même événement final : ces événements sont communs aux deux histoires.

L'exemple archétypal fut proposé par le physicien français Paul Langevin, collègue et ami d'Einstein, sous la forme du récit d'une expérience fictive impliquant deux jumeaux : les jumeaux



de Langevin se séparent le jour de leur 20^e anniversaire. L'un reste sur Terre. L'autre part voyager dans l'espace puis, après un long voyage spatial, revient retrouver son frère sédentaire. Ils vivent deux histoires très différentes, mais « jumelles » : elles partagent le même évènement initial : les effusions au moment du départ ; et le même évènement final : les retrouvailles.

Autre exemple, réel celui-ci : deux avions décollent ensemble du même aéroport ; et atterrissent ensemble au même aéroport, après avoir décrit des trajets différents.

La notion d'histoires jumelles est cruciale pour comprendre la relation entre temps et durée. En effet, la reconstruction du temps à partir des durées (celle qu'a menée Newton, celle qui correspond à notre intuition) est fondée sur la constatation que deux histoires coïncidentes ont la même durée.

Si tel est bien le cas, il suffit alors de choisir un évènement O que l'on appellera « origine du temps » et de lui assigner une date arbitraire, par exemple zéro. Ensuite, la date de n'importe quel autre évènement A est définie comme la durée d'une histoire entre O et A ; peu importe quelle histoire on choisit puisque --- c'est notre hypothèse --- elles ont même durée. Les durées permettent ainsi (au prix du choix d'une origine arbitraire) la construction du temps, et sa « mesure ». La durée d'une histoire devient égale au laps de temps entre sa fin et son début. Certains pensent que l'on peut la définir ainsi, mais c'est en fait l'inverse.

Il semblerait donc que tout va très bien. Pourquoi cette reconstruction n'est-elle pas possible en physique ? Parce que des observations et mesures, de plus en plus nombreuses et précises, nous ont montré que **deux histoires coïncidentes n'ont pas la même durée.**

Les jumeaux de Langevin se retrouvent après avoir vécu deux histoires de durées différentes : par exemple 5 ans pour l'un et 30 ans pour l'autre ; à leurs retrouvailles, le jumeau sédentaire est âgé de 50 ans ; son frère voyageur de 25 ans. Le récit est fictif, mais celui avec les avions a bien été effectué : les horloges embarquées ont bien indiqué des durées différentes (voir *Voyager dans le temps : la physique moderne et la temporalité*, op.cit.).

Une expérience plus récente montre encore plus directement, et de manière spectaculaire, l'impossibilité d'existence du temps. Elle implique deux horloges atomiques de très grande précision. Elles sont d'abord placées côte à côte et synchronisées : situées au même endroit, immobiles l'une par rapport à l'autre, elles vivent la même histoire ; elles en mesurent toutes deux la durée commune, et leurs indications sont identiques. L'une est alors emmenée au premier étage ; puis ramenée à côté de sa jumelle : leurs indications diffèrent alors.

Chacune a parfaitement mesuré la durée de son histoire. Si l'on avait pensé que l'une d'elles indiquait le temps, ce ne peut être le cas de l'autre. Laquelle serait « la bonne » ? Celle du premier étage ou celle du rez de chaussée ? Ou bien une autre au sous-sol, ou au niveau de la mer ? Tout choix ne pourrait être qu'arbitraire et purement conventionnel. Il n'aurait aucune pertinence physique car aucune montre ou horloge (autre que celle sélectionnée) n'indiquerait ce « temps » ainsi choisi. Et ce qu'ont compris physiciens du siècle dernier, Albert Einstein le premier, c'est qu'il ne peut exister dans le monde physique aucune grandeur, que l'on voudrait qualifier de « temps », dont le laps s'identifie à une durée mesurée.

V ALORS, LE TEMPS ?

La conclusion est sans appel : le temps n'existe pas, et ne peut exister dans la nature ! Mais alors pourquoi et comment pouvons-nous en parler, et l'utiliser, dans la vie courante ?

L'impossibilité de définir un temps provient des différences entre les durées d'histoires jumelles. Les théories de la relativité permettent parfaitement de calculer ces différences, d'une manière qui



a été validée avec une précision extrême par les observations. Or, dans certaines situations particulières, les écarts apparaissent minimes (quoique non nuls). Lorsqu'ils sont inférieurs à la précision des mesures que l'on accomplit, on parle de situation « non relativiste » (que telle ou telle situation soit « non relativiste » dépend de la précision requise). Avec celle de nos montres et chronomètres, les situations de la vie courante apparaissent précisément « non relativistes » : les écarts ne nous apparaissent pas et nous pouvons faire comme s'ils n'existaient pas, comme si les histoires jumelles avaient des durées identiques.

Une fiction, bien sûr. Une fiction approximative ; Mais une fiction tout à fait suffisante pour notre vie courante : elle nous permet de reconstruire, une notion de temps : ce que nous appelons le *temps universel*.

Cette approximation revient très exactement à confondre toutes les histoires de tous les humains, comme si elles ne constituaient qu'une seule histoire unique ; de négliger leurs vitesses mutuelles ; de négliger la diversité de leurs emplacements. La grandeur approximative qui en résulte est largement suffisante pour l'étude de nos rythmes physiologiques ou psychologiques, pour notre vie sociale, et même pour les expériences de physique de précision limitée.

Mais sa pertinence s'efface dès que l'on requiert de la précision. Dans l'expérience des deux horloges décrites plus haut par exemple ; ou bien dès que l'on s'éloigne de la terre (par exemple dans le système de repérage GPS), en particulier pour la navigation et les communications spatiales ; ou encore lorsque l'on s'intéresse à des objets animés de vitesses importantes, telles les particules des accélérateurs ou des rayons cosmiques... Les physiciens savent très bien décrire de telles situations, de tels processus, sans utiliser aucune notion de temps. Les théories relativistes permettent de raisonner dans le cadre de cette physique sans le temps.

La situation est claire. Il existe dans la nature deux notions fondamentales à caractère temporel : d'une part la *causalité*, que nous n'avons pas eu l'occasion d'évoquer dans cet article ; d'autre part la durée. Contrairement à la conception newtonienne, elles sont (à peu près) indépendantes l'une de l'autre. Et leur réunion ne peut en aucun cas constituer un temps : il n'existe pas, il ne peut exister dans la nature de notion qui corresponde à ce que l'on appelle « le temps ». Dans la pratique courante, on s'en tire avec des notions approximatives largement suffisantes. Mais le métaphysicien, l'épistémologue, le philosophe..., quiconque veut réfléchir sur la nature et les propriétés du monde physique, ne peut plus aujourd'hui ignorer que le temps n'en fait pas partie.

RÉFÉRENCES

- Einstein, A. (1916) *La relativité*. Poche Sciences, Petite bibliothèque Payot, 1990.
- Lachièze-Rey M. (2013) *Voyager dans le temps : la physique moderne et la temporalité*, Seuil Sciences Ouvertes.
- Langevin P. (1911) *Le paradoxe des jumeaux. Deux conférences sur la relativité*. Presses Universitaires Paris Nanterre.