

« Le temps ne se confond pas avec le devenir »

ENTRETIEN - A l'occasion de la sortie du neuvième volume de notre collection, le physicien Etienne Klein explique le concept de la « flèche du temps »

Etienne Klein est physicien et philosophe au CEA. Auteur de nombreux ouvrages, il a notamment publié *Le facteur temps ne sonne jamais deux fois* (Flammariion, 2016).

Qu'appelle-t-on la « flèche du temps » ?

Contrairement à ce que l'on a tendance à dire par facilité de langage, le temps ne se confond pas avec le devenir. Du moins les équations de la physique obligent-elles à distinguer le « cours du temps » de ce qu'on appelle la « flèche du temps ». Le cours du temps est ce qui permet d'établir un écart, une distance, entre les instants du passé et ceux du futur : demain n'est pas situé à la même place qu'hier, et ils sont séparés l'un de l'autre par une certaine durée. Il désigne le fait que le temps s'écoule en sens unique : tout instant présent est un instant neuf et inédit. La flèche du temps exprime le fait que la plupart des systèmes physiques ne peuvent retrouver dans le futur les états physiques qu'ils ont connus dans leur passé. Elle désigne en somme l'irréversibilité, non du temps même, mais des phénomènes temporels.

Pourquoi a-t-elle longtemps posé un problème aux physiciens ?

Qu'il s'agisse de mécanique classique, de physique quantique, de relativité restreinte ou générale, toutes les équations fondamentales de la physique sont « réversibles », c'est-à-dire sont invariantes par renversement du temps : si, sur le

papier, on change la variable « t » en son opposé, les équations demeurent les mêmes. Plus précisément, elles nous disent que si un système peut passer de l'état A à l'état B, alors il peut aussi passer de l'état B à l'état A. En d'autres termes, qu'il n'y a pas de flèche du temps ! Or, chacun voit bien que si on mélange du café et du lait, il est ensuite impossible de retrouver d'un côté le lait, et de l'autre le café. Bref, la vie courante nous montre d'innombrables systèmes dont l'évolution est irréversible.

Cette contradiction entre équations et observations empiriques a été à l'origine d'une des plus grandes controverses scientifiques de la fin du XIX^e siècle. Certains, les « énergétistes », pensaient qu'il fallait renoncer aux équations réversibles de la mécanique de Newton et privilégier celles de la thermodynamique, qui sont irréversibles. D'autres, derrière Ludwig Boltzmann (1844-1906), pensaient que, si l'on fait l'hypothèse que l'atome existe, il est possible d'expliquer l'irréversibilité des phénomènes irréversibles à partir des équations réversibles de la mécanique.

L'idée est la suivante. Imaginons que je filme la collision de deux boules de billard et que je passe le film à l'envers. Je verrai alors une collision différente de celle que j'ai filmée, mais tout aussi physique qu'elle : je pourrai la réaliser concrètement en intervertissant les trajectoires initiales et finales. En revanche, si je tente la même expérience avec seize boules, l'opération inverse sera quasi impossible à réaliser. Se-

lon Boltzmann, l'irréversibilité que nous constatons est un effet de la complexité des systèmes et non pas des équations qui pilotent leur évolution. En somme, moyennant une interprétation reposant sur l'existence des atomes, qui sont l'équivalent microscopique des boules de billard, la flèche du temps peut se comprendre à partir d'équations qui la nient...

Si les équations de la physique sont réversibles, pourquoi ne pourrions-nous pas voyager dans le temps ?

Parce que cela n'a rien à voir : la possibilité d'inverser « sur le papier » le signe du temps dans une équation de la physique n'implique nullement celle de renverser « physiquement » le sens du temps. Seule la direction des phénomènes peut être physiquement inversée, non celle du cours du temps qui, lui, est toujours irréversible. Pourquoi ? A cause du principe de causalité, qui réclame que tout événement qui a eu lieu soit chronologiquement protégé de toute rétroaction de la part des événements qui lui succéderont : s'il a eu lieu, il demeurera ensuite toujours vrai qu'il a eu lieu. Ce principe de causalité n'est pas un caprice de théoricien. Il a permis de faire des prédictions qui ont toutes été vérifiées : impossibilité pour une particule d'aller plus vite que la lumière, existence des antiparticules... Le cours du temps, contraint par la causalité, apparaît comme étant ce dans quoi nous ne pouvons pas voyager... Il nous est impossible de retourner dans le passé ou d'aller « par avance » dans le futur. Par exemple, nous ne pourrions jamais revivre les instants que nous avons vécus hier. Nous pourrions certes revivre les mêmes choses qu'hier, mais pas les mêmes instants. Autrement dit, quand des événements se répètent, le temps, lui, ne se répète pas. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR
VAHÉ TER MINASSIAN



9,99 €. En vente en kiosque
le 26 février.

Pour accompagner la collection

« Voyage dans le cosmos », chaque semaine, état des lieux d'une thématique de recherche.