

CAHIERS FRANÇOIS VIÈTE

Série I – N°9-10

2005

Les sciences des causes passées

- GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD - *Les Sciences des causes passées...*
PATRICE BAILHACHE - *Sciences historiques et classification des sciences*
MARIE THÉBAUD-SORGER - *L'historien et les archives. L'histoire : vestiges et pratiques*
GERHARDT STENGER - *Matière et vie chez Diderot et Voltaire*
GABRIEL GOHAU - *La géologie, première science historique ?*
JEAN GAUDANT - *Des jeux de la Nature aux médailles de la Création*
STÉPHANE TIRARD - *L'histoire du commencement de la vie à la fin du XIX^e siècle*
CLAUDE BLANCKAERT - *Pour une paléontologie de l'histoire. L'ethnologie anglaise à l'âge romantique*
GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD - *Intermède : le temps de quelques questions*
MARC LACHIEZE-REY - *Historicité de la cosmologie*
ÉTIENNE KLEIN - *Faut-il distinguer cours du temps et flèche du temps ?*
JACQUES REISSE - *La prise en compte du temps en chimie*
CLAUDE BABIN - *Stratigraphie et biomarqueurs*
CLAIRE SALOMON-BAYET - *Post-face*

Centre François Viète
Épistémologie, histoire des sciences et des techniques
Université de Nantes

SOMMAIRE

- GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD 5
Les Sciences des causes passées...
- PATRICE BAILHACHE..... 9
Sciences historiques et classification des sciences
- MARIE THÉBAUD-SORGER..... 33
L'historien et les archives. L'histoire : vestiges et pratiques
- GERHARDT STENGER..... 53
Matière et vie chez Diderot et Voltaire
- GABRIEL GOHAU..... 67
La géologie, première science historique ?
- JEAN GAUDANT 83
Des jeux de la Nature aux médailles de la Création
- STÉPHANE TIRARD 105
L'histoire du commencement de la vie à la fin du XIX^e siècle
- CLAUDE BLANCKAERT..... 119
Pour une paléontologie de l'histoire. L'ethnologie anglaise à l'âge romantique
- GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD 135
Intermède : le temps de quelques questions
- MARC LACHIEZE-REY 139
Historicité de la cosmologie
- ÉTIENNE KLEIN..... 151
Faut-il distinguer cours du temps et flèche du temps ?
- JACQUES REISSE..... 159
La prise en compte du temps en chimie
- CLAUDE BABIN..... 175
Stratigraphie et biomarqueurs
- CLAIRE SALOMON-BAYET 189
Post-face

FAUT-IL DISTINGUER COURS DU TEMPS ET FLECHE DU TEMPS ?

Étienne Klein*

Résumé

Cet article vise d'abord à procéder à un examen – et ensuite à une critique – de notre façon coutumière de parler du temps, de son cours, de sa « flèche », trois notions qui sont couramment (et abusivement) confondues. Il revient ensuite sur les propos d'un certain nombre d'auteurs, notamment d'Ilya Prigogine, qui considèrent que la physique s'est en quelque sorte « trompée » depuis le début, qu'elle a commis l'erreur de nier le temps au motif, expliquent-ils, que les équations fondamentales de la physique sont toutes réversibles en temps. Quelle est la validité de ce « syllogisme » ? Des équations réversibles en temps sont-elles vraiment des négations de l'existence même du temps ? Notre analyse du problème nous conduira à un examen rapide des conditions historiques qui ont créé la confusion entre cours du temps et flèche du temps.

La question du temps est toujours présentée comme fascinante au motif qu'elle maintient en tension la science la plus froide avec l'imagination la plus chaude. Ce genre de mélange n'étant jamais tiède mais plutôt explosif, il ne peut en effet que séduire l'intellect.

Mais la question du temps est aussi une sorte d'« attrape-nigauds ». Elle semble simple, facilement accessible, mais en réalité, elle est infernale, car quiconque veut l'aborder doit d'abord surmonter quatre sortes de difficultés.

Les difficultés propres de la question du temps

Le premier type de difficultés vient de ce que le mot temps ne dit rien de la chose qu'il désigne. Il intervient dans un très grand nombre

* Physicien au Commissariat à l'Énergie Atomique.

d'expressions qui nous donnent l'impression que le temps est un être familier, presque domestique, mais quand on regarde toutes ces expressions en même temps pour essayer d'en déduire ce qu'est le temps, on s'aperçoit rapidement que cette méthode mène à une impasse. Le temps, victime d'une polysémie fulgurante, apparaît vite comme une entité incohérente. Par exemple, lorsque j'exprime que « je n'ai pas le temps », je veux signifier que je ne dispose pas de la durée nécessaire pour faire ce qui m'est demandé. Mais si je ne dispose pas de la durée dont j'ai besoin, c'est précisément parce que le temps, en passant, contraint mon emploi du temps. En somme, si je n'ai pas le temps, c'est justement parce qu'il y a... du temps ! De même, quand je dis que « le temps me pèse », je signale que ce que je suis en train de vivre m'est insignifiant, que le temps me semble vide. Cela semble impliquer que plus le temps est vide et plus il... pèse, au contraire de tous les objets mécaniques !

Le mot temps a ceci de particulier qu'il semble capable de tout dire à la fois : la succession et la simultanéité, la durée et le changement, l'époque et le devenir, l'attente et l'usure, le vieillissement et la vitesse, et même l'argent ou la mort.

La deuxième sorte de difficultés concernant le temps est liée à la première. Comme nous venons de l'expliquer, en matière de temps, le langage ne dit rien de précis, mais ça ne l'empêche pas d'être éloquent. Le langage impose même ses diktats, il construit une dictature du sens, car il signifie immédiatement quelque chose, même si ce quelque chose est sans rapport avec la chose qu'il désigne. Si le langage ne nous dit pas ce qu'est le temps, il nous explique implicitement ce qu'il faut penser à son propos. Façon de dire le temps et façon de le penser tendent à se confondre. Ainsi, très souvent, alors que nous croyons parler du temps, ce que nous considérons n'est en réalité que notre façon de parler du temps. Déjà, le seul fait d'avoir substantivé le temps conditionne notre façon de l'évoquer et engendre toute une série d'expressions, de formules, de lieux communs, qui sont en général problématiques. Par exemple, nous proclamons sans la moindre hésitation que « le temps passe ». Que signifie cette phrase au juste ? Nul ne conteste que le temps est effectivement ce qui fait que toute chose passe, mais de là à dire que c'est le temps lui-même qui passe, il y a un pas que le langage courant nous incite à franchir, mais qui n'est peut-être pas légitime. En effet, la succession des trois moments du temps (le futur, le présent et le passé) n'implique nullement qu'on puisse dire que le temps se succède à lui-même. Eux passent, c'est certain, mais lui ? Si l'on considère que le temps est le principe par lequel chaque instant présent cède la place à un autre instant présent, n'est-ce pas justement du fait de sa

présence constante que les choses ne cessent de passer ? Mais alors, ne devrait-on pas plutôt dire que c'est la réalité tout entière qui « passe », et non le temps lui-même, qui lui ne cesse jamais d'être là à faire justement passer la réalité ?

En somme, dire que le temps passe, c'est commettre une erreur semblable à celle que nous commettrions en disant que le chemin chemine ou que le cahier à musique chante. C'est confondre la chose et sa fonction.

La troisième série de difficultés vient de ce que, en amont même du langage, certaines analogies se sont emparées de notre pensée et l'ont emportée irréversiblement. C'est le cas de l'analogie du fleuve, qui a formaté toutes nos représentations du temps et qui, subrepticement, charrie avec elle toute une série d'*a priori* clandestins. Il convient de débusquer ces *a priori*, car ils sont en définitive des attributs du fleuve, et non des attributs du temps. Par exemple, si nous avons bien le droit d'attribuer une vitesse à l'écoulement d'un fleuve, nous ne saurions le faire pour l'écoulement du temps, puisqu'une vitesse est une dérivée par rapport... au temps !

Enfin, *la quatrième sorte de difficulté*, qui est de loin la plus pernicieuse, vient de ce que nous confondons presque toujours le temps et les phénomènes temporels. Par un processus de contagion ou de capillarité, nous identifions le contenant à son contenu. C'est ainsi que le temps est tantôt assimilé à la durée, tantôt au devenir, tantôt au mouvement, tantôt à l'entropie... Or tous ces habits du temps ne sont que des ... habits apportés par les phénomènes temporels ! Le temps est un acteur mystérieux, caché même, qui pour nous ne fait jouer que des doublures phénoménales. Parler du temps présuppose donc de notre part que nous sachions le distinguer des divers déploiements qu'il rend possible – les phénomènes – pour saisir, sinon sa véritable nature, du moins sa fonction essentielle. Autrement dit, il nous faut prendre à la lettre la phrase de Balzac : « Le temps est un grand maigre »¹. Il est ce mince support qui ne nous apparaît tel qu'après avoir dépouillé les diverses temporalités de toutes les formes qui ne leur sont pas essentielles : il n'est pas la durée, mais ce qui produit de la durée : il n'est pas non plus la même chose que le mouvement, mais ce en quoi tout mouvement se déploie ; il n'est pas le changement, mais ce qui porte tout changement. Mais surtout, le temps n'est pas la même chose que le devenir. Or nous avons systématiquement tendance à confondre ces deux notions, qui *a priori* n'ont pourtant aucune raison de se recouvrir.

¹ Honoré de Balzac (1990) *Les Illusions perdues* (Paris : GF-Flammarion), p. 432.

La confusion temps-devenir : un reliquat des mythes ?

Remarquons d'abord que cette tendance à considérer que le temps ne passe pas dès lors que rien ne change est ancienne. Elle remonte même aux mythes : « au début », racontent en effet les plus anciens d'entre eux, il existait un monde originel qui perdurait sans être soumis au temps. Le temps n'est entré en scène qu'au bout *d'un certain temps* pour amorcer une genèse, enclencher un processus, provoquer une évolution. Dans ces récits, le temps ne semble pas avoir pour fonction première de faire persister le monde : il est identifié au seul devenir, non à ce qui maintient le monde dans la continuité d'un présent. Seule une confusion entre temps et devenir permet en effet d'imaginer qu'un monde stagnant, *pré-chronique*, a pu précéder le temps, celui-ci n'advenant que dans un second temps pour initier une trame historique.

Cet amalgame, qui sous-entend que nul temps n'est présent si aucun changement ne se produit, a conservé de beaux restes dans notre culture : seul le devenir aurait besoin du temps, pas la simple durée.

Regardons plus précisément du côté des mythes grecs. Au début, donc, il y avait le Ciel et la Terre, Ouranos et Gaïa. Enfantée par elle, le Ciel recouvrait complètement la Terre. Il lui « collait à la peau », maintenant sur elle une nuit continuelle sans cesser de s'épancher dans son sein. En clair, il n'avait pas d'autre activité que sexuelle, de sorte que Gaïa se trouvait grosse de toute une série d'enfants, dont les Titans, qui ne pouvaient pas sortir de son ventre : ils restaient logés là même où Ouranos les avait conçus. Nul espace entre Ouranos et Gaïa, qui aurait permis à leurs enfants de venir à la lumière et d'avoir une existence autonome.

Mais Gaïa finit par ne plus supporter de retenir en son sein ses enfants, qui, faute de pouvoir sortir, la gonflaient et l'étouffaient. C'est alors que Kronos, le dernier-né, accepta d'aider sa mère en affrontant son père. Tandis qu'Ouranos s'épanchait en Gaïa, il attrapa fermement les parties sexuelles de son géniteur puis les coupa sèchement avec une serpe façonnée par sa mère. Ouranos poussa un hurlement de douleur et, dans un geste brusque, se retira, s'éloigna de Gaïa, puis vint se fixer tout en haut du monde pour n'en plus bouger. En castrant Ouranos, Kronos réalisa donc une étape fondamentale dans la naissance du cosmos : il sépara le ciel de la terre et créa entre eux un espace libre. Désormais, tout ce que la terre produirait aurait un lieu pour se développer et tout ce que les êtres vivants feraient naître pourrait respirer, vivre, engendrer.

Ainsi, le temps du devenir est apparu, s'est « épanoui », juste après l'espace. Tant qu'Ouranos pesait sur Gaïa, pas de générations possibles,

celles-ci restant enfouies à l'intérieur de l'être qui les avait produites. En fait, contrairement à ce que le mythe nous dit, il y avait déjà du temps puisque Ouranos et Gaïa « éprouvaient » de la durée, mais c'était un temps enfermé en lui-même, qui ne permettait rien d'autre que la stagnation du monde. Ouranos se retirant, les Titans purent sortir du giron maternel et enfanter à leur tour : s'ouvrit alors une succession de générations. En s'émancipant, Kronos libéra Chronos. Porteur de devenir, ouvert à l'histoire, il allait enfin pouvoir se déployer, à l'infini.

En Occident (mais aussi en Orient), on a pu ainsi raconter des histoires comportant des repères chronologiques tout en affirmant que le temps n'existait pas. Cette liberté narrative est parfaitement respectable, mais elle tend à oublier que le temps affecte l'être dans son immobilité autant que dans son devenir, qu'il agit *aussi* lorsque nul changement ne se produit. Si le devenir présuppose le temps, le temps n'implique nullement le devenir.

Ce qu'en dit la physique

La physique, elle, a pris bien soin de distinguer dans ses divers formalismes le temps du devenir, autrement dit le *cours* du temps de la *flèche* du temps (même si quelque confusion persiste encore dans le discours des physiciens, comme nous le verrons plus loin) : le cours du temps est ce qui interdit les voyages dans le temps ; il désigne aussi le fait que le temps s'écoule, que ce faisant il impose un ordre bien défini aux événements qui sont causalement reliés les uns aux autres, qu'en s'écoulant il produit également de la durée et seulement de la durée, bref qu'il engendre la succession des événements. La flèche du temps renvoie, quant à elle, à la possibilité qu'ont les systèmes physiques de *devenir*, c'est-à-dire de connaître au cours du temps des changements ou des transformations parfois irréversibles, qui les empêcheront à tout jamais de revenir à leur état initial. Elle est une propriété, non du temps lui-même, mais de certains phénomènes physiques.

Pour dire les choses en une phrase, le cours du temps assure la continuité du monde pendant que la flèche du temps y produit des histoires et des nouveautés ineffaçables.

La représentation que les physiciens se font du cours du temps a toujours été contrainte par le principe de causalité. L'énoncé et les conséquences de ce principe (qui vient systématiquement interdire les voyages dans le temps) dépendent de la théorie considérée. En physique newtonienne, la causalité implique que le temps est linéaire et non

cyclique ; en relativité restreinte, elle interdit qu'une particule puisse se propager plus vite que la lumière dans le vide ; en physique des particules, elle rend nécessaire l'existence de l'antimatière².

La flèche du temps, elle, présuppose l'existence d'un cours du temps bien établi au sein duquel – *de surcroît* – certains phénomènes sont eux-mêmes temporellement orientés, c'est-à-dire irréversibles : une fois accomplis, il est impossible d'annuler les effets qu'ils ont produits.

Entendons-nous bien : il n'est pas exclu que le cours du temps et la flèche du temps procèdent *en définitive* d'une seule et même réalité, plus profonde qu'eux, qu'ils soient l'un et l'autre des produits dérivés de phénomènes sous-jacents qu'une « nouvelle physique » mettra peut-être à jour³, mais pour le moment, il convient de les distinguer formellement. Si le cours du temps est bien une caractéristique du temps, son squelette pourrait-on dire essentiel, la flèche du temps, elle, est seulement une propriété qu'ont ou n'ont pas les phénomènes physiques. On dit de ceux qui sont réversibles qu'ils n'ont pas de flèche temporelle et des autres qu'ils sont « fléchés ». Depuis Newton (mais en fait surtout à partir du milieu du XIX^e siècle), les physiciens se demandent si les phénomènes physiques peuvent ou non se dérouler « dans les deux sens » : ayant atteint un certain état final, peuvent-ils retourner à leur état initial ? Les éléments de réponse à cette question, qui font intervenir le second principe de la thermodynamique, le problème de la mesure en physique quantique, l'expansion de l'univers, sont trop complexes pour que nous les rapportions ici⁴. Il nous suffira de noter que ces éléments de réponse n'ont rien à voir avec ceux invoqués pour traduire le cours du temps et que nous avons évoqués plus haut (temps linéaire, impossibilité de dépasser la vitesse de la lumière dans le vide, existence de l'antimatière...). Précisons une dernière fois, histoire de bien mettre les points sur les i, que la question ici posée n'est nullement de savoir si l'on peut remonter dans le passé, mais de déterminer si les lois physiques autorisent ou non les systèmes physiques à

² Pour en savoir plus, voir Etienne Klein (2003) *Les Tactiques de Chronos*, (Paris : Flammarion), pp. 85-109.

³ Certains auteurs envisagent qu'on puisse définir une « causalité sans temps », dont le cours du temps aussi bien que la flèche du temps seraient les produits dérivés. S'ils avaient raison, cela signifierait que la physique pourrait mettre la main sur le moteur même du temps. Voir le livre de Marc Lachièze-Rey (2003) *Au-delà de l'espace et du temps, la nouvelle physique* (Paris : Le Pommier).

⁴ Voir *Les tactiques de Chronos*, *Ibid*, pp. 125-145.

retrouver *plus tard*, dans l'avenir, dans leur *propre* avenir, l'état qu'ils ont connu dans leur passé⁵.

L'ambiguïté sémantique d'Eddington

Mais d'où vient que les physiciens eux-mêmes, lorsqu'ils parlent du temps, utilisent parfois indifféremment les expressions *cours du temps* et *flèche du temps* ? Rappelons d'abord que c'est au physicien britannique Arthur Eddington que l'on doit l'introduction dans le champ de la physique, en 1928, de l'expression « flèche du temps ». Il voulait ainsi symboliser le constat qu'il est impossible de modifier le cours de certains phénomènes. Mais force est de reconnaître que sa façon d'évoquer (et surtout de définir) la flèche du temps est ambiguë. Dans son livre *The Nature of the Physical World*, il pose en termes alambiqués la question suivante : « Pourquoi ne pas faire l'hypothèse que le devenir est une sorte de texture à sens unique impliquée fondamentalement dans la structure de la nature ? L'esprit a une connaissance spéciale de cette texture et l'appréhende comme le passage du temps. Du fait de cette texture à sens unique, l'élément de hasard s'accroît constamment dans le sens de la tendance naturelle, et fournit ainsi commodément au physicien un critère expérimental pour déterminer le chemin qu'elle suit ; mais c'est la tendance, et non cette conséquence particulière qui en résulte, qui est la contrepartie physique directe du "devenir". »⁶ Le moins que l'on puisse dire est que cette phrase est ... confuse ! On devine pourtant ce qu'Eddington veut dire : d'une part, le devenir lui-même est inscrit dans la structure de l'univers sous la forme d'une tendance constitutive à l'augmentation de la part du hasard ; d'autre part, la sensation que nous avons de l'écoulement du temps n'est rien d'autre que l'expression d'une capacité qui nous est donnée d'apprécier et de mesurer le désordre que comporte l'univers. En somme, nous ne serions pas capables de sentir le cours du temps, mais seulement la croissance de l'entropie, c'est-à-dire l'irréversibilité de certains phénomènes physiques. Peut-être est-ce vrai,

⁵ La physique newtonienne offre un bel exemple de théorie dans laquelle le temps a un cours mais n'a pas de flèche : les voyages dans le temps y sont structurellement interdits, mais un système physique peut toujours retrouver dans l'avenir un état physique qu'il a déjà connu dans le passé.

⁶ Arthur Eddington (1928) *The Nature of the Physical World* (Cambridge : Cambridge UP), pp. 95-96.

mais cela n'implique nullement qu'il faille réduire le temps à ce qui oriente la croissance de l'entropie. Car comme l'a fort bien noté Wittgenstein dans les *Remarques mêlées*, « ce que dit Eddington sur “le sens du temps” et la loi de l'entropie revient à ceci que le temps changerait son sens si les gens commençaient un jour à marcher à reculons. Si l'on veut, on peut, il est vrai, appeler cela ainsi ; mais il faut seulement, à ce moment-là, avoir les idées claires sur le fait qu'on ne dit par là rien de plus que : les hommes ont changé leur sens de la marche »⁷.

De plus, dans l'état final de l'équilibre thermodynamique, il y a certes encore un cours du temps, mais ce temps n'a plus de flèche. Or à ce propos, Eddington écrit : « Le temps est toujours là et conserve ses propriétés ordinaires, mais il a perdu sa flèche ; comme l'espace, **il s'étend, mais il ne “passe pas”** »⁸. Ce sont ces derniers mots, que j'ai marqués en gras, qui ont sans doute engendré la confusion dont on observe aujourd'hui encore les effets : car quand la flèche du temps disparaît, c'est-à-dire quand l'évolution du système devient stationnaire, le cours du temps, lui, continue à fabriquer de la durée, une durée qui n'accueille certes aucun changement, mais qui garantit simplement la permanence du système.

En somme, si le temps a toujours un cours, les phénomènes qu'il porte, eux, n'ont pas toujours de flèche.

C.E.A., klein@dsmdir.cea.fr

⁷ Ludwig Wittgenstein (1984/2002) *Remarques mêlées* texte allemand et traduction de Gérard Granel (Paris : GF Flammarion), p. 73.

⁸ *Ibid.*, p. 85.