



HAL
open science

Le temps : son inexistence, ses autres propriétés

Bernard Guy

► **To cite this version:**

| Bernard Guy. Le temps : son inexistence, ses autres propriétés. 2016. hal-01286466

HAL Id: hal-01286466

<https://hal.science/hal-01286466>

Preprint submitted on 10 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le temps : son inexistence, ses autres propriétés

Bernard GUY

Ecole des Mines de Saint-Etienne
UMR CNRS n°5600 EVS (Environnement, Ville, Société)
LASCO (*) Idea Lab de l'Institut Mines-Télécom
(* Laboratoire Sens et COmpréhension du monde contemporain)

bernard.guy@mines-stetienne.fr

Première version : mars 2015

Résumé

Le temps ne renvoie pas à une substance originale et autonome du réel. Il est construit par abstraction à partir du monde, dont il ne peut être détaché. Ce faisant, il n'en acquiert pas moins une valeur pragmatique, c'est-à-dire porteuse de multiples effets concrets. Ainsi on peut dire qu'il n'existe pas, tout en parlant de ses propriétés. Plus précisément, pour nous, le temps est pensé en composition avec l'espace, et abstrait à partir des mouvements relatifs des éléments du monde. Les relations temporelles et les relations spatiales sont les mêmes. Nous donnons au mot *mouvement* une signification primaire par rapport à l'espace et au temps. Nous montrons que les différentes qualités associées directement ou non au temps (non coexistence de ses parties, causalité, irréversibilité, trilogie passé / présent / futur, flux, moteur, ancestralité, marche des horloges, expérience de la conscience, durée, rythme, changement, variation, évolution etc.) peuvent toutes s'expliquer par un processus d'abstraction à partir des mouvements, et se comprendre en association avec l'espace. Sont examinés les principaux caractères du temps admis de façon commune, sans regarder en détail de systèmes philosophiques. Le *mouvement* dans notre compréhension est rapproché du concept de *durée* bergsonienne. Quelques travaux discutant l'inexistence du temps en anthropologie / ethnologie sont évoqués. Parler en physique d'inexistence du temps renvoie à la possibilité de se passer d'une variable temporelle dans les équations, relative à un temps surplombant. Mais le concept est bien là, caché dans l'espace, dans les mouvements qui s'y déroulent et dans les relations entre les grandeurs. En mécanique quantique, les expériences d'intrication montrent une négation associée de l'espace et du temps (en relation avec un hasard dit fondamental), corroborant leur inexistence substantielle, leur construction renvoyant au réel empirique et non au réel en soi. On s'est habitué à vouloir chercher un temps invisible et non arbitraire : cette attente est vaine. Nous devons renoncer à l'invisible et faire des choix parmi les phénomènes : il n'y a rien de plus ! Et nous maintenir sur la crête qui sépare deux gouffres à éviter autant l'un que l'autre : - celui d'absolutiser le temps, ce qui stérilise la pensée ; - celui de nier toute idée, même déguisée, de changement, de mouvement (ou de simple mise en relation), ce qui est également absurde. Le temps et l'espace sont profondément enracinés dans la démarche de connaissance avec son moment compréhensif (où mobilité et immobilité sont pensées ensemble) et son moment disjonctif (où l'on désigne et fait des choix arbitraires). Le temps peut faire l'objet de différentes définitions de degrés croissants, suivant le niveau d'abstraction où l'on se situe, passant du mouvement-durée à la relation à un mouvement étalon. Le type de rationalité « complexe » à l'œuvre dans ce procès nous interdit de vouloir poser la question de l'existence ou de la non-existence du temps en des termes s'excluant les uns les autres, et indépendamment de choix humains inévitables pour construire notre connaissance du monde ; cette dernière n'est pas strictement imposée par le réel, et par là même frappée d'incomplétude. Ni l'unicité du concept, ni celle du temps collectif construit à partir du mouvement étalon, n'interdisent de parler d'une multiplicité de temps attachés à la diversité des phénomènes et ayant valeur locale.

Mots clés : temps ; espace ; mouvement ; durée bergsonienne ; abstraction ; existence ; inexistence ; physique ; sciences humaines et sociales ; philosophie ; non coexistence des parties du temps ; causalité ; irréversibilité ; trilogie passé / présent / futur ; flux ; moteur ; ancestralité ; marche des horloges ; expérience de la conscience ; rythme ; changement ; évolution ; rationalité relationnelle ; rationalité substantielle ; mobilité / immobilité ; incomplétude ; réel empirique ; réel en soi.

Introduction

Dans une série de travaux récents (voir par exemple Guy, 2011, 2014), nous avons présenté notre compréhension du temps, intimement liée à celle de l'espace et du mouvement : le temps n'existe pas tout seul, il résulte d'un processus d'abstraction à partir des mouvements des entités du monde dans l'espace, dont il ne peut, en dernière analyse, être séparé. Percevant que le temps ne se rencontre pas en tant que substance autonome du réel, nous sommes conduits à dire que, d'une certaine façon, il n'existe pas.

Dans le présent texte, nous voulons reprendre cette allégation brute : *le temps n'existe pas*, et examiner les objections de ceux qui l'entendent (sans forcément prendre la peine de voir avec quelles nuances l'affirmation doit être prise), qu'ils soient du monde académique ou non. Ce sera une façon d'exposer notre vision du temps en l'articulant plus directement avec ce qu'on en dit d'habitude ; dans nos travaux notre premier souci était de construire un développement autonome et cohérent. Ce sera aussi l'occasion d'examiner les travaux d'autres chercheurs qui ont aussi affirmé l'inexistence du temps, dans un sens différent du nôtre.

Après quelques rappels (section 1), nous examinerons les arguments les plus couramment entendus (voir par exemple les synthèses de Lestienne, 1990 ; Gonord, 2001 ; Klein, 1999, 2003) en faveur de l'existence d'un temps autonome (ou contre sa non-existence), sans reprendre explicitement pour chaque sujet les propos de tel ou tel auteur : - les points de l'espace font « nombre », au contraire des moments du temps (section 2) ; - les cheveux blanchissent : la question de l'irréversibilité, de la causalité, des échelles (section 3) ; - la trilogie passé – présent – futur et le problème du moteur du temps (section 4) ; - la question de l'ancestralité (section 5) ; - le rôle des bonnes horloges (section 6). Nous nous rapporterons ensuite explicitement à quelques philosophes qui ont fait du temps et de son existence un centre de leur réflexion, tel Henri Bergson dont les écrits ont eu un grand retentissement ; nous nous attarderons sur son concept de durée que nous rapprocherons de notre concept de mouvement (section 7). Enfin, nous examinerons (section 8) quelques points de vue, aussi bien de philosophes (dans le cadre occidental) que de physiciens, affirmant au contraire l'inexistence du temps, et les discuterons à la lumière de notre compréhension ; les nombreux travaux d'ethnologues et anthropologues sur des cultures s'étant passé de concept de temps

viendront en appui de notre point de vue, mais seront simplement évoqués. Nous terminerons par quelques éléments de commentaires et de conclusions (sections 9 et 10). Le présent texte rassemble des développements originaux ainsi que des matériaux déjà exposés de façon dispersée dans des textes antérieurs. Le caractère paradoxal de son titre rappelle que le temps n'existe pas tout seul, mais que sa construction a un sens et conduit à un objet doué de propriétés qui « fonctionnent ». Dans cet entendement, il n'y a pas de honte à en parler tout en disant qu'il n'existe pas !

1. Brefs rappels

Dans notre compréhension, l'espace et le temps ne sont pas des éléments d'un cadre extérieur imposés au sujet mais sont, dans une certaine mesure, construits par lui. Les éléments de sa vie propre servent pour cette construction, et sont autant légitimes que les repères fournis par les physiciens (auxquels il doit se rapporter comme base commune de discussion dans le groupe social). Dans cette approche et comme nous l'avons abondamment discuté, il est plus approprié de donner au concept de *mouvement*¹ une valeur première par rapport aux concepts d'espace et de temps. Espace et temps sont, dans un sens à expliciter, de la même substance, et le partage entre eux s'appuie sur la multiplicité des relations spatio-temporelles², ou mouvements, observables ; on peut répartir ces derniers en *deux grands groupes, définissables seulement en opposition l'un à l'autre* : - les mouvements imperceptibles ou relations fixes (pour définir l'espace) ; - les mouvements perceptibles ou relations mouvantes (pour définir le temps). On comprend ainsi la multiplicité première de temps locaux associés à des mouvements locaux, avant la possible définition d'un temps unique à partir du choix d'un mouvement étalon. Nous renvoyons à nos travaux pour davantage de précisions, en particulier en ce qui concerne l'accommodement des difficultés logiques sous-jacentes. La première est celle de sembler pouvoir « se passer » d'espace et de temps pour définir le mouvement (que nous voulons premier). La solution passe par un réexamen du fonctionnement de notre rationalité (relationnelle / substantielle) avec ses moments compréhensifs et disjonctifs, et par

¹ Comme nous le redirons, nous comprenons le mot changement de façon équivalente : en grossissant le système concerné, les changements se résolvent en mouvements microscopiques (invisibles à l'échelle macroscopique).

² Nous nous appuyons sur la matière s.l. : les relations dont il s'agit sont donc celles entre les entités du monde.

la nécessité de poser (de montrer) un mouvement « étalon »³ de caractéristiques « décidées constantes », comme base indispensable, mais fragile et révisable, de communication au sein du groupe social. Le mouvement ainsi compris est donc original par sa compréhension à la jointure entre deux modes de rationalité qui ne s'opposent pas mais se composent. On ne peut dissocier le point de vue d'Héraclite -tout est mouvement- de celui de Parménide -tout est permanence-. Le mouvement premier est sans vitesse ; on ne parle de vitesse qu'en comparant un mouvement donné à un mouvement de référence (c'est le cas aujourd'hui où l'on se rapporte au mouvement de la lumière). Une situation de récursivité inévitable se manifeste à ce propos, où s'insère la nécessité de choix « arbitraires » que l'on assume ensuite dans le bouclage de notre connaissance.

Plus généralement nous dirons que temps et espace sont présents dans toute relation (Guy, 2011) : espace dans l'amplitude de la relation, temps dans le lien entre les deux termes de la relation. Ces propos rejoignent ceux de Spinoza (1675) : les choses se distinguent les unes les autres par de (possibles) mouvements différents ; elles sont mises en relation les unes avec les autres par des mouvements⁴.

Définitions du temps

Comme synthèse de ce qui précède, proposons une définition (cf. Guy, 2004). Le temps est un *paramètre abstrait, avec l'espace, à partir des mouvements des entités du monde. Il permet d'établir une relation d'ordre* entre les événements et un positionnement par rapport à eux ; il fournit également une façon d'accorder à ces derniers une mesure quantitative, leur durée⁵. Paramètre abstrait, c'est-à-dire que l'on oublie bientôt les mouvements qui ont servi à sa définition et, avec eux, les récursivités et les choix plus ou moins arbitraires qu'il a fallu faire. Pour cette raison, il peut être intéressant de distinguer différents degrés dans la définition du temps, faisant apparaître explicitement les étapes qui ont servi à sa construction. C'est une façon de préciser ce que l'on vient de dire et d'anticiper sur les développements qui vont suivre. Les différentes définitions s'empilent par degrés croissants, celle d'un degré donné intégrant et étendant celles des degrés inférieurs. Elles diffèrent par le nombre de qualités attribuées au temps, par la part à faire entre ce qu'on peut en dire avec des mots

³ On pourra parler de « relation étalon » pour montrer l'alliage entre le point de vue relationnel et un ersatz (inévitabile) de point de vue substantiel.

⁴ On pourra dire encore que tout objet du monde (y compris de pensée) se définit par une collection de mouvements (cf. la « pragmatique spatio-temporelle » définie dans Guy (2015b), dont nous reparlons plus bas).

⁵ Nous discuterons plus bas un sens différent de ce mot, en relation avec les travaux de H. Bergson.

(préalablement appariés à des choses), et ce qu'on peut seulement montrer (via éventuellement tel ou tel type d'appareil) ; elles diffèrent encore par la capacité opératoire plus ou moins grande du concept forgé. Ce sont comme différents temps construits⁶.

Degré zéro : la notion de temps s'impose, avec l'espace, dès que l'on regarde une portion du monde ; temps dans le procès (le mouvement) de la pensée, ou de nos moyens d'investigation, qui nous mènent d'une extrémité à l'autre de cette portion ; espace dans l'amplitude de cette portion. Ce disant nous nous intéressons à ce que l'on appelle le « réel empirique », accessible à notre cognition et aux moyens qui la supportent, ou réel voilé au sens de d'Espagnat (1979, 2002) ; par opposition au réel en soi, au-delà de l'espace et du temps, comme la discussion sur la mécanique quantique nous le redit plus loin. Nous n'avons pas assez insisté sur ce point dans nos travaux. Ce temps colle au mouvement (mouvement pur, primaire ou primordial) et à l'espace. C'est la durée bergsonienne (dont nous reparlons plus loin). A ce stade, la récursivité n'est pas avouée ni explicitée⁷. On n'exprime pas que le mouvement envisagé intègre déjà une comparaison avec des mouvements différents (cf. la définition de degré un), circonstance incorporée implicitement dans nos habitudes cognitives au contact du monde où nous vivons. Il n'y a pas de retour en arrière permettant de nommer. Ce temps ne permet pas de chronologie, il n'a pas de mémoire.

Degré un : allant plus loin dans la reconnaissance de la récursivité, nous dirons que *le temps est le nom de la relation, ou de la comparaison, que l'on établit entre deux ou plusieurs mouvements*. Il a au moins une valeur locale ; il est séparé de l'espace (explicité également par des comparaisons de mouvements) qui lui fournit une « mémoire » et permet une chronologie relative ; on accède alors à des appréciations qualitatives, ou semi-quantitatives, et à un début de mesure.

Degré deux : en étendant le champ de la comparaison, et devant communiquer plus largement, se présente la nécessité de choisir un phénomène étalon pour disposer d'un terme d'évaluation « universel ». C'est ainsi que, historiquement, on s'est rapporté au mouvement apparent du

⁶ Que l'on pourrait aussi s'attacher à retrouver, plus ou moins dissimulés, dans différentes cultures. Ce sont différents degrés d'abstraction, où le temps est de plus en plus détaché du monde.

⁷ Elle devrait l'être si l'on demandait de définir les mots *procès* ou *mouvement* qu'on a utilisés. Ce temps est ce qui est commun à toute une série d'expériences de parcours, énumération etc. que l'on peut ou doit montrer, ou désigner.

soleil autour de la terre, puis à celui du photon dans l'horloge atomique. On accorde à ce phénomène étalon des caractéristiques de constante mobilité. On peut alors envisager une démarche quantitative. *Le temps est le nom de la relation établie entre plusieurs mouvements, dont l'un est choisi comme étalon.* On rapprochera cette définition de celle d'Einstein : « le temps est la position de l'aiguille de ma montre », qui renvoie à une position dans l'espace, elle-même définie par un mouvement de référence. Le « temps synchronisé » de repères d'espace plus ou moins grands est défini pratiquement de cette façon, ou, dans ce qu'on en dit, en se rapportant au degré suivant.

Degré trois : l'on abstrait plus profondément en omettant tout mouvement dans la définition du temps ; on oublie alors en particulier comment fonctionnent les horloges. Comme avec Newton, le temps devient un *flux mathématique constant indépendant du monde* : « *Le temps absolu, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur, coule uniformément* ». Depuis cet auteur, on a progressé dans l'établissement du lien de ce temps avec tel ou tel autre paramètre de la marche du monde, en restreignant éventuellement sa portée au voisinage d'un point ; on garde toutefois toujours l'image d'un flux (au moins local). Si comme nous l'avons suggéré, la proposition newtonienne, plus ou moins aménagée (c'est-à-dire la présente définition de degré trois), a permis d'indéniables progrès, elle doit être revisitée en fonction des définitions des degrés zéro à deux, contestant fortement cette notion de flux. La suite du texte donnera une illustration d'une démarche qui ouvre à de nouvelles perspectives.

Multiplicité des temps. Avant même la théorie de la relativité et ses différents repères (voir plus loin), les définitions précédentes s'accordent avec une multiplicité possible des temps. Elles définissent un temps notion qui peut s'incarner de différentes façons ici ou là, mais n'excluent pas d'emblée sa pluralité : ce qui est unique (outre la notion), c'est par convention, le temps sur lequel on s'accorde pour synchroniser un repère et permettre la communication au sein d'un large groupe. Ce temps collectif n'interdit pas de parler de temps locaux, ceux qui comptent pour tel objet, tel système, c'est à dire sont attachés à son histoire, son évolution, au partage de ses éléments entre mobilité et immobilité, agrégation et désagrégation etc. Là encore, les lignes qui suivent éclaireront ces affirmations et enrichiront la discussion sur l'existence / non existence du temps et ses propriétés.

2. La différence fondamentale entre l'espace et le temps

Les commentateurs des propriétés du temps commencent en général par énoncer l'affirmation suivante : il existe une différence fondamentale entre l'espace et le temps, et celle-ci prouve bien l'originalité de l'un par rapport à l'autre. C'est celle consistant à remarquer que les points de l'espace coexistent (les différents morceaux de cette table), au contraire des instants du temps qui ne sont jamais vus ensemble (les différentes parties de cette symphonie)⁸. Nous qualifierons cette affirmation d'à courte vue, le lecteur va comprendre pourquoi. Pour la discuter, il est nécessaire en effet de prendre un peu de recul. Pouvons-nous énoncer la même sentence pour le système solaire que pour la table : les planètes coexistent, on peut les envisager en même temps ? Un léger malaise se manifeste toutefois lorsque nous nous rendons compte que Vénus nous apparaît telle qu'elle était un peu plus de deux minutes auparavant, alors que nous voyons Neptune, aux confins du système solaire, telle qu'elle était plus de quatre heures en arrière. Que dire alors de la « coexistence » de galaxies observables au télescope, séparées les unes des autres par des distances comptées en millions d'années-lumière ? Leur présent commun n'a aucune réalité concrète. Il n'est au mieux qu'une façon de dire (une façon de voir !), certes bien utile, pour construire notre représentation du monde. Si nous revenons au meuble de tout à l'heure, nous dirons que l'hypothèse que nous faisons, en tant qu'observateur, du synchronisme de tous les points constitutifs de cette table (qui lui donne son identité), est certainement bien justifiée : les écarts entre les temps d'arrivée de la lumière en provenance de ses différentes parties sont infimes. Mais cette unité de la table reste une hypothèse. Pour un observateur, l'appréhension des points de l'espace qui construisent sa vision du monde est toujours imbibée de temps. Nous avons oublié la critique de la simultanéité d'Einstein (1905). Nous avons oublié encore la compréhension de l'espace d'un Poincaré (1902, 1905). Pour ce dernier, parler d'espace c'est parler des relations entre eux des points matériels (l'espace en soi n'a pas de sens opérationnel) ; c'est ce que nous venons d'ailleurs de faire en parlant de planètes ou de galaxies. Ces relations sont inséparables des déplacements à faire pour les rejoindre, pratiquement, ou en pensée.

Nous plaçant cette fois du point de vue du temps, et pensant à la suite de ses éléments censés ne jamais faire nombre (au contraire de ceux de l'espace), nous pourrions à nouveau renvoyer

⁸ On se souvient des mots de Saint-Augustin (*De civitate dei*, ca.427) : « quae simul esse non possunt ».

aux réflexions d'Einstein : suivant le repère⁹ adopté, plusieurs événements peuvent paraître simultanés ou successifs. Dans un repère qui se déplace à la vitesse du son, les douze coups de minuit, ou les différents morceaux de la symphonie, sont appréhendés dans un même regard : ils font nombre.

Au total, qu'on la prenne dans un sens ou dans un autre, la séparation de l'espace et du temps, fondée sur l'opposition supposée radicale entre la propriété de coexistence et celle de succession des points constitutifs, n'est pas définitive : elle résulte au mieux d'une hypothèse, à reprendre éventuellement dans telle ou telle situation (changement suivant le choix des repères ; possible disparition des objets distants que l'on perçoit encore). Espace et temps ne peuvent être disjoints de ce point de vue.

3. Le temps existe puisque mes cheveux blanchissent (la question de l'irréversibilité, de la causalité, des échelles)

On objectera que, en insistant sur le mouvement qui relie temps et espace (cf. notre introduction), nous oublions un temps qui est responsable de changements sans mouvements, ou qui coule quand rien ne bouge (celui qui passe quand rien ne se passe, comme dans un espace vide) ? N'est-ce pas lui qui fait blanchir les cheveux ? Une affirmation de ce type est souvent énoncée comme un argument évident de l'existence du temps : « regardez, je suis soumis au vieillissement ! ». Plusieurs aspects doivent être distingués dans de tels propos : la circularité du raisonnement, l'échelle d'observation (opposition entre échelle microscopique et échelle macroscopique), le lien entre le changement d'échelle et l'irréversibilité du temps macroscopique, et enfin la possibilité de parler du temps sans l'appuyer sur des supports « matériels ».

Circularité du raisonnement : la démonstration précédente est en réalité circulaire et suppose une définition implicite du temps comme : « le temps est ce qui fait vieillir ». Et de déclarer alors : « je vieillis, donc le temps existe »¹⁰. On tourne en rond : on a plutôt trouvé une façon

⁹ Un repère désigne en physique un système de positionnement, tel un quadrillage invisible et rigide. Il peut se déplacer par rapport à un autre : Einstein prenait l'exemple du repérage dans un train, en mouvement par rapport au quai, porteur de son propre repérage.

¹⁰ Il nous arrive de dire de façon symétrique qu'un cristal apparemment inaltérable est « hors du temps ».

d'éviter à la fois de donner une véritable définition du temps et de comprendre pourquoi l'on vieillit.

Echelle d'observation : dans le cas des cheveux blancs, on conviendra que, en grossissant l'objet étudié, nous nous retrouvons devant des atomes qui bougent, responsables du changement de couleur. Nous nous retrouvons donc devant des mouvements alliant temps et espace : nous n'arrivons jamais à un temps pur qui n'existe pas (pas plus pour celui de la conscience, en relation avec les mouvements de l'influx nerveux dans le cerveau ; voir plus loin la section sur H. Bergson).

Irréversibilité du temps macroscopique : en opposant deux échelles d'observation, celle des atomes, et celle de l'être vivant dans son ensemble, nous pouvons définir deux temps : le temps microscopique associé aux mouvements des particules individuelles, et le temps des changements macroscopiques. En disant : « mes cheveux blanchissent », nous voulons aussi souligner une propriété particulière : « plus jamais je ne retrouverai mes cheveux comme avant ». C'est énoncer l'irréversibilité du temps macroscopique (la « flèche du temps ») opposée à la réversibilité du temps microscopique¹¹. Ce qu'on appelle la question du temps en physique et en thermodynamique est de comprendre le paradoxe apparent de lois irréversibles à l'échelle macroscopique, construites à partir de lois réversibles de la mécanique à l'échelle microscopique. La solution a déjà été donnée. Elle est pratique : elle consiste à parler des perturbations qui vont agir sur les particules individuelles et déplacer le système dans son ensemble vers les comportements les plus probables (cf. Guy, 2015a). Le second principe est ainsi une loi statistique et peut être violé pendant des temps plus ou moins longs, et sur des échelles plus ou moins grandes d'espace. La compréhension des perturbations dont nous venons de parler peut être affinée et comprise de différentes façons. Ce sont des perturbations infimes des trajectoires des atomes du système par des masses distantes. Elles jouent un rôle majeur pour des systèmes sensibles aux conditions initiales. Les effets des troncations numériques dans les simulations informatiques jouent le même rôle. Ainsi, dans les modèles, on peut observer, pendant un certain temps à partir d'un renversement des vitesses des particules élémentaires, un comportement qui remonte la flèche du temps ; avant de retrouver un comportement irréversible, l'effet des troncations reprenant le dessus. Enfin, dans l'esprit de notre propos, c'est la réversibilité même des lois mécaniques élémentaires qui doit être

¹¹ Par métonymie, nous avons étendu au temps une propriété des phénomènes.

questionnée : elle se comprend dans le cadre d'un repérage spatial supposé invariable (le repère cartésien dans lequel on écrit les équations) mais qui est tout idéal. Dans la pratique, c'est bien par rapport à des repères matériels que l'on se positionne, et l'on se retrouve devant l'hypothèse indécidable d'immobilité qu'il faut leur conférer (dans les définitions à donner du temps et de l'espace en opposition l'un à l'autre). Nous avons parlé d'irréversibilité ontologique pour désigner cette propriété, qui relie l'irréversibilité pratique, rappelée ci-avant, avec notre compréhension fondamentale de l'espace et du temps. Dans les lois de la thermodynamique, on ne sépare pas les « gradients temporels » des gradients spatiaux : on peut parler de flèche de l'espace. En bref, cette qualité d'irréversibilité que nous attachons au temps de façon si étroite ne fait pas l'économie d'une association à l'espace et au mouvement. Pas plus qu'un autre caractère, l'irréversibilité du temps ne prouve son existence substantielle.

La causalité : la question de la causalité est liée aux précédentes. Affirmer un principe de causalité (les effets précèdent les causes) est une façon pour certains de dire : le temps, qui héberge cet enchaînement d'effets et de causes, existe bien. Mais il n'apparaît pas seul ; espace et mouvement se manifestent en ce que les événements successifs ne se produisent pas strictement au même endroit (sous réserve d'une définition des lieux) : associé à ce temps, il y a donc transport d'influences, il y a donc mouvements dans l'espace. L'expression de la causalité relativiste précise cela en disant que les mouvements ne peuvent dépasser la vitesse de la lumière (le lien entre temps, espace et mouvement est alors particulièrement mis en valeur). Derrière cette causalité s'exprime la flèche du temps dont nous avons parlé à l'instant. L'absence de flux temporel « pur » (cf. section 4) n'empêche pas les événements de s'attacher les uns aux autres via la médiation de l'espace et du mouvement.

Le temps passe quand rien ne passe ? Nous n'envisagerons pas a priori la possible existence du temps dans un monde où rien ne changerait : cette affirmation est une conséquence de l'affirmation préalablement posée de l'existence d'un temps autonome, lorsqu'on la pousse à bout. Il faut donc remonter à sa racine et la contester ; elle n'a pas de sens opératoire ; pour nous elle n'a pas de sens du tout. Les physiciens étudiant le « vide quantique » le peuplent de particules virtuelles, qui peuvent devenir réelles pendant des instants brefs compatibles avec les relations d'indétermination de Heisenberg. Ne peut-on pas dire alors que ce temps qui passe dans le vide n'est pas dissociable de ces brefs mouvements de particules, et l'on retrouve son association avec l'espace et le mouvement ?

4. La trilogie passé, présent, futur et le « moteur » du temps

Un autre raisonnement affirmant l'existence du temps consiste à placer l'interlocuteur devant la trilogie passé, présent, futur et à demander : le temps n'est-il pas l'ensemble de ces trois termes ? Chacun d'eux a un sens. Malgré les difficultés de penser cette trilogie (exposées au moins depuis Saint Augustin, ca. 401), n'y a-t-il pas à travers elle quelque chose de substantiel que nous appelons temps ? La vraie question n'est-elle pas alors de savoir comment on passe du futur au présent, puis du présent au passé, tous passages que nous expérimentons dans notre conscience (on parle du flux du temps) ? Quel est donc le moteur du temps, quelle est la raison qui fait que, sans cesse, le présent remplace le futur et le passé remplace le présent...

En réponse, nous nous refuserons à nous placer d'emblée devant la trilogie passé, présent, futur, qui guide la suite du raisonnement. Elle semble pourtant coller à notre expérience. Mais ce n'est pas parce qu'un ensemble de faits nous permet de définir un passé (non parfaitement connu, en partie effacé), un présent et un futur (en partie supposé), que le temps existe en tant que substance autonome : nous pouvons construire ces concepts (passé, présent, futur) par des associations d'espace et de temps à discuter en détail cas par cas (Guy, 2011 ; et voir la suite immédiate du texte).

Si l'on y regarde de près, la trilogie pose elle-même des questions difficiles et ne peut constituer le point de départ sain d'un raisonnement. Elle conduit à postuler une disparition constante d'une partie du monde (dans le passé) et sa réapparition constante (dans le présent). Ainsi cette table, observée tout à l'heure, fait partie de mon passé ; en tant que telle, elle s'est annihilée (le passé n'est pas là). Mais elle est toujours ici ; elle renaît donc sans cesse¹². C'est absurde. Il vaut mieux dire que le temps ne passe pas partout, et que l'espace de cette table est hors du temps, revenant à la définition conjointe du temps et de l'espace que nous avons donnée au début. On trouvera dans Guy (op. cit.) une discussion sur l'évaluation des

¹² A la même vitesse qu'elle disparaît ; elle n'a donc pas le temps de séjourner bien longtemps dans le néant, au contraire du phénix qui renaît de ses cendres.

proportions de ce qui change autour du sujet, et la discussion sur le sens des mots passé, présent et futur qu'il peut définir¹³.

La discussion sur le moteur du temps prend alors un autre sens. Nous étions arrivés à elle par la prise en compte de la trilogie passé, présent, futur, amenant la question : comment le temps coule-t-il pour passer de l'un à l'autre ? Il faut contester l'hypothèse de ce flux qui n'a pas de sens et ne pas dépenser trop d'efforts (ni de complaisance philosophique) à commenter des apories inutiles. On tourne en rond dans un cercle vicieux. En bref : *le temps n'a pas de moteur car il ne passe pas*. Cela ne dispense certes pas de montrer comment, dans telle ou telle situation, ce que l'on appelle futur se modifie pour donner le présent, comment une partie de ce présent (et de ce futur) se retrouve dans le passé etc. Ce recul permet de faire des commentaires intéressants sur les temps des verbes, en particulier des verbes composés qui nous parlent d'associations étroites d'espace et de temps (le passé composé est un présent du passé, en ce qu'il montre la pérennité dans l'espace de telle ou telle disposition des entités du monde mise en place auparavant). La notion de cours du temps (distinguée parfois pour désigner le flux du temps sans sa flèche) n'a pas non plus besoin d'être envisagée. Elle correspond encore à pousser à bout l'existence du flux du temps en le séparant des choses.

5. La question de l'ancestralité

Dans la suite de la question précédente se pose le problème de la compréhension du temps passé. Si nous parlons de *construction*, de telle ou telle façon, pour les concepts d'espace et, en particulier, de temps, on peut se demander s'il y a une objectivité possible à leur propos ? Lorsque l'homme n'était pas encore apparu, l'histoire de la terre, et toute l'évolution qui l'accompagne, avait bien un sens : n'y avait-il pas du temps ? Quel sens alors ont ces choix « arbitraires » dans la construction de ce qui est espace et de ce qui est temps ?

Nous avons en partie répondu à cette question en disant que, certes, le passé correspond à tout un ensemble de faits organisés et enchaînés, mais ceux-ci ne justifient pas en eux-mêmes l'existence d'un temps substantiel autonome. En bref, ce n'est pas parce que le passé existe ou

¹³ Cet examen doit concerner également la compréhension de mots directement ou non associés à la trilogie passé, présent, futur comme l'éternité, à relier à l'infini de l'espace.

a existé que le temps existe ou a existé¹⁴. Il faut préciser cette réponse : en parlant de construction arbitraire, nous semblons admettre la nécessité d'un sujet doué du pouvoir de décision rationnelle qui faisait évidemment défaut à l'époque des dinosaures. Alors quel choix, pour quel temps ? La réponse consiste à dire ceci : on ne fait pas n'importe quel choix. Nous ne sommes pas dans la situation où l'on pourrait disposer de l'espace et du temps de façon complètement indépendante. Précisément, ils sont liés (dans le mouvement) et, ce que l'on choisit, c'est d'abord une échelle de vitesses associées aux mouvements relatifs des objets étudiés et de l'observateur, réel ou supposé. Nous avons pu dire : - à telle échelle de mouvements relatifs, voici ce qui nous sert pour jauger l'espace (les bornes sur les montagnes) et voici ce qui nous sert pour jauger le temps (une variété de mouvements par rapport à ces montagnes) ; - mais, à une autre échelle, les montagnes (que les géologues font bouger) pourraient nous servir d'horloge... Derrière les choix d'échelle se joue la *précision* des mesures d'espace et de temps. Si l'unité de temps choisie, via le choix d'échelle, est le million d'années, tous les événements définis sur des durées inférieures ne sont pas séparés les uns des autres. Si, de façon analogue, l'unité d'espace est le kilomètre, tous les détails à l'échelle métrique ne sont pas distingués. Ce que l'homme choisit, c'est la finesse de la mesure pour le temps et l'espace, mais cette finesse n'affecte en rien les relations d'ordre entre événements. Celles-ci peuvent être écrasées mais non inversées ; elles sont sauvées et l'objectivité du temps et de l'espace (dans le sens des enchaînements causaux) avec elles.

Revenant au concept fondateur de notre propos, que nous prétendons en amont de l'espace et du temps, nous dirons que classer des événements (en l'occurrence dans le passé) c'est d'abord *classer des mouvements, des déplacements qui s'enchaînent les uns les autres*, quelle que soit la mesure affectée à aucun d'eux. Qui peut dire que la vitesse de tel phénomène au Priabonien est la même qu'au Dévonien ? Cela relève d'une hypothèse humaine permettant une description raisonnable. Mais, quelle que soit la valeur numérique affectée à tel morceau de cette histoire par un observateur humain, le classement des différents morceaux garde un caractère objectif, et c'est ce qu'on nomme, dans un raccourci, le passé.

A première vue, la méthode précédente permet de déterminer des fragments de classements locaux, associés aux mouvements locaux des entités du monde. L'ordonnancement des événements dans un ordre total demande un paramètre unique pour le temps que, dans nos

¹⁴ On dirait également : ce n'est pas parce qu'on envisage un futur que le temps existe.

travaux, nous avons associé au choix d'un unique mouvement étalon, de « vitesse » constante. Ce mouvement est élu pour son côté pratique. Après avoir pris le mouvement apparent du soleil autour de la terre, on utilise aujourd'hui celui de la lumière dans le vide. Il a par définition un caractère rectiligne (s'il fait des zigzags, il ne peut servir de jauge raisonnable pour classer les événements). « Vitesse » constante implique d'ailleurs dérivée seconde nulle, c'est-à-dire mouvement rectiligne. L'utilité de l'étalon tient aussi dans sa vitesse plus grande que celle des autres mouvements. Si un mobile va plus vite que l'étalon, ce dernier n'est plus pratique : si l'avion est plus rapide que le mouvement apparent du soleil pris pour définir les heures, on arrive avant d'être parti ! Mais ce n'est pas un vrai problème, c'est une question de convention ; il vaut mieux alors en changer (utilisant le temps universel dans l'exemple précédent) ou adopter plusieurs conventions suivant les endroits (temps local). Aujourd'hui, si on ne veut pas décrire l'histoire de l'univers en déroulant l'évolution d'un paramètre temporel, on pourra le faire en la mettant en correspondance avec la position d'un photon qui s'éloigne du Big Bang et dont le mouvement marque la « taille » de l'univers (quelle que soit l'unité pour ce faire).

6. Le temps prouvé par les horloges ?

Une remarque fréquemment entendue est la suivante : d'accord, c'est difficile de dire ce qu'est le temps, mais au moins on a de bonnes horloges. Elles nous permettent de définir et mesurer le temps ; leur précision s'améliore constamment, et on sait en fabriquer qui ne perdent pas plus d'une seconde par milliard d'années. Qu'avons-nous alors à répliquer ?

Nous pouvons répondre plusieurs choses. D'abord, que ces belles horloges ne nous disent pas plus ce qu'est le temps et son prétendu écoulement : comment être sûr qu'elles ne dérivent pas toutes autant les unes que les autres par rapport au vrai temps supposé exister ? Il en faudrait une nouvelle pour jauger les anciennes, et ainsi de suite pour s'assurer de la bonne marche de la nouvelle... Ce qui est remarquable n'est pas tant le lien de ces instruments avec le temps, que la compétence technique des ingénieurs capables de répliquer des dispositifs délicats à l'identique. Ensuite, nous conviendrons que le temps donné par ces horloges n'est jamais seul. Il est toujours lié à l'espace dans un mouvement, en l'occurrence celui de la propagation d'une onde électromagnétique pour les horloges atomiques (où on associe une fréquence à

une longueur d'onde, grâce au postulat de constance de la vitesse de la lumière, choisie comme étalon de mouvement). Ainsi, il faudrait surtout changer la définition d'une horloge. Ce n'est pas un instrument qui mesure (plus ou moins bien !) le temps ! *Une horloge est un point de vue sur un mouvement* ; et, par elle, un morceau de temps est associé à un morceau d'espace via un morceau de mouvement. Dans l'expérience des jumeaux (dits¹⁵) de Langevin, comme dans les formules relativistes sur les changements de repères, les horloges examinées correspondent à des points de vue différents sur le mouvement d'un même photon (déclaré se propageant à la même vitesse) ; c'est l'unicité de ce photon qui permet une comparaison entre les différents points de vue. La situation est la même pour deux cadrans solaires situés à des endroits différents (et éventuellement en mouvement l'un par rapport à l'autre), mais éclairés par un seul et même soleil.

7. L'existence du temps chez quelques philosophes

Comme nous l'avons annoncé, notre propos n'est pas de revisiter tous les philosophes qui ont consacré au temps un ensemble significatif de leurs réflexions ! Nous pourrions parler d'Héraclite, de Platon, d'Aristote, de Saint-Augustin, de Spinoza, de Pascal, de Kant, de Heidegger, de Sartre, de Lévinas, et de tant d'autres... Nous admettrons ici qu'une bonne part de ces auteurs (la majorité ?) postulent l'existence d'un temps autonome substantiel (avec des variations qu'il ne faut pas négliger) ; cette existence mystérieuse étant posée, ils se préoccupent plutôt d'explorer les multiples façons dont le temps se manifeste à nous. En partant de l'inexistence du temps, dans le sens que nous avons précisé, nous avons adopté un angle d'attaque différent. Nous avons montré, sur quelques exemples, comment les propriétés de ce que l'on appelle temps peuvent se comprendre par un processus d'abstraction à partir de différentes modalités des mouvements relatifs des éléments du monde. Nous garderons cette hypothèse de travail (cet acte de foi) et postulerons que tous les caractères du temps étudiés par les auteurs (même ceux que nous n'avons pas examinés !) pourraient effectivement s'expliquer de cette façon. Nous ne parlerons ici que de quelques penseurs, à titre d'illustration, au gré de nos lectures et pour l'importance qu'ils ont pour nous.

¹⁵ Voir dans Düring (2014) le sens de ce « dits ».

La durée bergsonienne

Un auteur comme Bergson (1889, 1922, 1938) a particulièrement discuté la question du temps et plaidé pour son originalité foncière. Il a opposé le temps, selon lui abusivement spatialisé, des physiciens, au temps des philosophes, celui de la conscience, qui ne pourrait subir un tel traitement. Au contraire de celui que l'on trouve en physique, le temps de la conscience, ou durée, est fait d'instants qui se succèdent en s'interpénétrant, et qui ne font pas nombre, au contraire du temps mesuré. Ce vrai temps permet / accompagne le surgissement de la nouveauté.

Nous pouvons adresser deux réponses à Bergson. Dans la première, nous lui disons : non, ce que vous dites ne prouve pas l'existence d'une substance originale autonome que l'on appellerait temps. Le temps de la conscience effectue la moyenne d'une activité cérébrale que l'on peut suivre aujourd'hui par divers moyens d'enregistrement, et qui n'est faite que des mouvements incessants de l'influx nerveux dans les circuits neuronaux. Sans nier le ressenti par le sujet de ce temps, nous disons qu'il ne constitue pas le point infranchissable d'une dernière analyse, mais qu'on peut le voir comme effectivement porté par l'espace et le mouvement. En semblant spatialiser encore davantage le temps et le voyant en somme complètement identique à l'espace, et non simplement semblable, nous faisons certainement souffrir l'auteur de *La pensée et le mouvant*. On pourra cependant remarquer, que, dans notre démarche, où nous ne proposons pas d'axe temporel à l'avance, nous changeons le sens du mot espace lui-même : les axes physiques ont a priori un sens à la fois spatial et temporel. D'une certaine façon, cela va dans le sens de Bergson plaidant contre la spatialisation du temps, c'est-à-dire contre l'ajout d'un axe temporel aux axes spatiaux, et analogue à eux.

Précisément, allant plus loin, et dans une deuxième réponse, nous pouvons nuancer et dire : le concept de *durée* bergsonien est effectivement original. Reprenons son interprétation en le rapprochant de notre concept de *mouvement*, compris en amont de l'espace et du temps. Mouvement qui se différencie en effet du temps (spatialisé) des physiciens (tout en y conduisant). Dans le contexte particulier du sujet désorienté cherchant son chemin dans un environnement bouleversé, nous avons parlé du « moment de nomadisme » (Guy, 2015b), synonyme de mouvement, comme renvoyant à une situation où l'espace et le temps sont étroitement associés, et non encore séparés. Dans cette situation, le sujet n'a pas les mots pour expliquer ce qui lui arrive, pour parler même de changement : il n'a pas fait le partage entre

l'espace et le temps lui permettant de se retourner en arrière et de comparer deux situations « stabilisées »¹⁶.

Cela se rapproche de la durée chez Bergson, telle que cet auteur en parle dans le chapitre II de *l'Essai sur les données immédiates de la conscience*. Celle-ci exprime la succession d'états de conscience avant que le sujet se préoccupe de les regarder avec quelque recul et d'en parler avec des mots. Il n'y a pas succession à proprement parlé, dans la possibilité de découper ces divers états de conscience, de les désigner et les juxtaposer, en utilisant alors un temps "spatialisé"¹⁷ : distinguer et nommer n'est possible qu'en se retournant sur ses pas dans cette seconde étape. Mais la durée (le mouvement) est en amont de l'espace et du temps : ils y étaient cachés, elle permet de les retrouver ; pas davantage que de temps, elle ne fait donc l'économie de l'espace.

Il faut donc faire la distinction entre le temps identifié à la durée (le temps non séparé de l'espace) et le temps « second », en plus, spatialisé. Pour la cohérence du discours, ne faudrait-il pas conserver le mot de durée sans l'identifier ni le rattacher trop vite au mot temps, à garder pour désigner le concept qui se raccorde à celui des physiciens¹⁸ ? Ce dernier est spatialisé, mais dans un contexte que nous avons rappelé plus haut (correspondant à une temporalisation initiale de l'espace). Ce (deuxième) temps est le fait d'un être conscient et d'abord limité à lui car construit par lui ; mais, par extension, il est projeté partout (de façon parfois abusive comme analysé dans les sections précédentes). Elena Pagni (comm. pers., 2015) rappelle que Bergson lui-même utilise, à propos du mot durée, celui de mobilité, associant temps et espace (dans l'ouvrage cité à l'instant, cet auteur en parle à propos de la danse).

¹⁶ C'est le degré zéro du temps ; celui des physiciens correspond quant à lui au degré deux ou trois (voir plus haut).

¹⁷ On retrouve une notion analogue dans *La Pensée et le mouvant* à propos de ce que Bergson appelle une idée neuve : elle ne peut être dite en utilisant des mots et concepts existants ; elle paraît de ce fait obscure. C'est dans un second temps, après avoir ouvert de nouvelles explications, qu'elle va être éclairée par ce qu'elle aura touché (dans ce que nous appelons ici un retour en arrière)...

¹⁸ Si Bergson nous y autorise !? Sachant l'extrême sensibilité de cet auteur à tout ce qui ressemble à une « spatialisation » du temps, nous insisterons pour dire que cette qualité ne se manifeste pour nous que dans une seconde étape de la pensée, quand on se préoccupe de mesurer le temps, rajoutant à côté des axes spatiaux, et en plus d'eux, un nouvel axe temporel qui leur ressemble. Le temps primordial, essentiel, primaire, est certes associé à l'espace (dans le mouvement) mais il n'est pas en plus ; en ce sens, il n'est pas spatialisé. Il est lui-même espace, mais ne s'identifie pas à un des axes spatiaux ; ces derniers ont, eux aussi et symétriquement, besoin d'être séparés du temps pour avoir leurs qualités d'axes, comme collections de points envisagés « en même temps ».

La durée bergsonienne dans son appréhension première relève de ce que nous appelons le moment de la pensée compréhensive (fait d'images, de "mouvements") avant la mise en mots dans le second temps de la pensée disjonctive (qui pointe et arrête). Nous avons besoin des deux modes de rationalité : ils fonctionnent en va et vient, l'un en composition avec l'autre. Bergson n'a pas parlé explicitement de ces deux modes, mais tout ce qu'il dit montre qu'il les a en somme pensés, ce qu'il appelle l'*intuition philosophique* étant l'équivalent de notre mode compréhensif de la raison.

Le temps de la nature en dehors de la conscience de l'homme

Pouvons-nous utiliser ces considérations sur le mouvement primordial, ou la durée, comme métaphore pour « nous mettre à la place de la nature » dans des situations où la conscience de l'homme (qui lui permet de se retourner en arrière, de séparer le temps de l'espace et de nommer les choses) n'opère pas ? Comme dans le passé, lorsque l'homme n'existait pas (on retrouve la question de l'ancestralité¹⁹) ou à l'échelle microscopique des particules élémentaires et leurs interactions. Cette nature n'a pas les mots de l'homme (celui de temps...), mais ne se prive pas de faire bouger les atomes ou les montagnes ! Pouvons-nous dire alors (comprenant et projetant partout cette étape de non-séparation) que cette nature ne « voit » que le mouvement dans son sens premier ?

Nous pouvons relier cette posture à la compréhension de ce que certains auteurs, dans le sillage explicite ou non de Bergson, évoquent à propos de la nouveauté radicale qui surgit et semble nous faire sortir du champ de la science au sens strict (par exemple : Maldiney, 1991 ; Frérot, 2016 ; Whitehead, 1929). Pour nous, cette nouveauté est telle car on n'a pas les mots pour en parler. Elle est comprise dans le sens d'un accident fort, c'est-à-dire de la rupture de la dissociation (abusive ; c'est toujours une hypothèse) entre l'espace et le temps (Guy, 2015b). Ce moment de surgissement est par constitution situé à la limite du dicible. On parle d'ailleurs à ce propos de philosophie de l'indicible : celle-ci nous invite à être attentif à cette étape compréhensive de la raison, et à accompagner les mouvements du réel par les mouvements du corps, du regard, de la pensée (des images dans la conscience), sans pouvoir dire, avant de dire (voir encore Pagni, 2015, ou Cercllet, 2011, sur cette épistémologie du

¹⁹ Lors du temps des dinosaures, il n'y avait personne pour prononcer le mot temps ! Le temps séparé de l'espace tel que nous venons de l'expliquer n'existait en somme pas. Mais il n'y avait pas davantage de dinosaures dans le sens où le mot pouvait exister ! et tant d'autres choses encore n'existaient pas !

corps). Après le moment de l'indicible vient le moment de la mise en mots. Si le sujet s'était restreint à des mots déjà là, avec des yeux seulement formatés pour voir ce qui a déjà été découpé et nommé dans le réel, il serait passé à côté de la nouveauté. Mais s'il l'a aperçue, il peut ensuite s'efforcer de la dire : avec des nouveaux mots, avec de nouvelles combinaisons de mots anciens, ou encore en faisant changer le sens des mots. Ce second moment se raccorde au temps de la physique.

C'est une façon de reprendre la discussion sur le présent et la trilogie passé / présent / futur vécue par notre conscience : alors que le temps de la physique réduit le présent à zéro et discute plutôt l'opposition antérieur / postérieur, ou avant / pendant / après, le présent a pour la conscience davantage d'épaisseur (Klein, 2010). Le lien entre les deux « présents » se fait en se ramenant à notre compréhension plus large du mouvement : le présent étalé de la conscience, dans la durée bergsonienne, se comprend comme adhérent au mouvement primordial saisi par le moment compréhensif de la raison, associant temps et espace ; en amont du présent de la physique, simple point sur un axe temporel, construit séparé et en plus de l'espace.

Les quatre temps de Benveniste

A partir de son étude des langues, Benveniste (1974) propose l'existence de quatre temps différents, ou quatre grandes qualités possibles du temps (Carvallo, comm. pers., 2011) : - le temps linéaire que mesure une horloge, - le temps-moment qui se découpe dans le déploiement d'une action (on peut rappeler l'étymologie de temps : couper), - le temps rythme, - le temps cyclique. Nous pouvons reprendre ces quatre temps en les reliant à notre démarche. Il est aisé de relier les deux premiers au temps construit à partir du mouvement et relié à l'espace : la ligne du temps, fractionné et mesuré par l'horloge, se comprend comme un ensemble de points ; on peut y découper des intervalles associés à tel geste de l'homme.

Pour ce qui concerne le temps-rythme, il faut dire un peu plus : en anthropologie, le rythme renvoie à une modalité d'appréhension des espaces-temps et leur inscription dans la mémoire (e.g. Cercllet, 2014 ; Bidet, 2007 ; Schmitt, 2008) ; en physique il renvoie au découpage des grandeurs spatio-temporelles en petites fractions en vue de leur mesure (la notion d'onde y est reliée). Parler de rythme suppose un partage établi entre espace et temps : l'incrément élémentaire du rythme est vu comparable (égal) aux autres incréments grâce à un retour en

arrière permis par la réversibilité d'un cadre spatial assuré ; par opposition, la polarisation de la marche globale en avant, ressentie dans le déroulement du rythme, privilégie l'irréversibilité du temps. Les deux sont liés : rappelons Poincaré (cités dans Le Meur et Novak, 2010) : « on se sert de mouvements périodiques pour mesurer le temps, mais dire d'un mouvement qu'il est périodique, c'est supposer que l'on sait mesurer le temps ».

La notion de cycle, très voisine de celle de rythme, demande également un arrêt. Nous fonctionnons nous-mêmes sur plusieurs temporalités emboîtées dont certaines sont cycliques : ainsi nous ne déroulons pas les heures au-delà de 24 : nous revenons à zéro. Nous ne déroulons pas les jours au-delà de 365, nous revenons à zéro. Ces temporalités différentes nous sont offertes par des mouvements différents qui chacun associe, à sa façon (à sa vitesse), espace et temps : la rotation de la terre sur elle-même, la révolution autour du soleil. Pour les temps inférieurs au jour, ce n'est plus la gravité qui se manifeste, mais l'électromagnétisme et l'oscillation et la propagation des ondes de lumière... Ces découpages ne sont pas sans influence sur notre activité : nous l'interrompons un soir pour la reprendre le lendemain. Un cycle entraîne un retour à l'origine au sein d'une polarité. Ces différents temps emboîtés (ces cycles) ont donc une certaine indépendance, mais tous sont liés à des mouvements et à de l'espace.

En conclusion de cette partie consacrée aux philosophes, parlons de l'émergence de la catégorie de temps, construction culturelle, riche, complexe, porteuse de multiples qualités. Il n'est pas question de nier ces dernières, ou de dire qu'elles ne correspondent à rien. Certes elles ne renvoient pas à une substance isolée du réel, mais elles expriment des abstractions bien commodes et pertinentes, à partir des différentes modalités d'un réel qui associe toujours temps et espace dans les mouvements relatifs des éléments du monde. Cette dimension culturelle du temps (une fois que les concepts sous-jacents ont été conçus) s'exprime en parlant d'effets pragmatiques, porteurs de conséquences concrètes. La pensée ne se limite pas à des représentations, elle induit des effets : « la temporalité de la pensée même ne mesure pas en tant que telle, mais participe à la réalité qu'elle pense » (S. Carvallo, comm. pers., 2011). Temporalités et spatialités renvoient à des constructions humaines à relier²⁰.

²⁰ Cf. le séminaire que nous organisons au sein de l'UMR CNRS EVS sur l'épistémologie des liens entre temporalités et spatialités (années 2015 et suiv.).

Dans Guy (2015b), nous avons parlé de « pragmatique spatio-temporelle » pour exprimer que tous les mots que nous utilisons renvoient à des collections de mouvements concrets et « contextualisés », et non à une réalité indépendante (voir aussi Guillermin, 2016). Cette pragmatique du mouvement se définit en paraphrasant Pierce : « considérer quels sont les mouvements concrets associés à l'objet de notre conception. La conception de tous ces mouvements est la conception complète de l'objet »²¹. Par un effet de la récursivité à laquelle nous sommes habitués dans ce contexte, c'est le temps et l'espace qui sont concernés par cette pragmatique (les travaux en sciences cognitives depuis Piaget vont également dans ce sens). C'est une autre façon de parler du caractère « culturel » de ces concepts.

8. L'inexistence du temps : des philosophes aux physiciens

Pas plus qu'à propos de l'existence du temps, nous ne prétendons rappeler tous ceux (certes moins nombreux) qui ont plaidé pour son inexistence. Si la plupart des philosophes en effet, assumant dès le départ l'existence du temps, se sont efforcés d'en saisir les contours, certains d'entre eux ont affirmé, rejoignant notre propos : « le temps n'existe pas tout seul ». Ils ont alors précisé que ce dernier résultait d'un processus d'abstraction à partir des changements. Ainsi pour Mach (cité par Le Meur et Nowak, 2010) « le temps ne préexiste pas au changement, il est au contraire une abstraction à laquelle on arrive en partant du changement ». La question est alors de savoir comment parler de changement sans avoir déjà une idée, même lointaine, de temps (cette récursivité pose un problème de logique) ; elle est aussi de savoir comment parler de changement sans espace ni mouvement. Dans le texte qui précède, nous avons proposé des éléments de réponses à ces deux questions²².

L'absence de temps dans les cultures non-occidentales

L'absence de concept de temps dans nombre de cultures a été largement commentée par les anthropologues, ethnologues, linguistes etc. (voir parmi tant d'autres Granet, 1934 ; Leenhardt, 1947 ; Needham, 1969 ; Jullien, 2001 ; Naïm, 2006 ; Navet, 2010). Une tentation ancienne a pu être de regarder ces peuples de haut dans leur infirmité (« ils n'ont pas vu le

²¹ Mouvement dans un sens large, sans s'arrêter tout de suite sur le choix d'un mouvement primaire ni sur les problèmes de récursivité...

²² Rappelons qu'ils reposent, en ce qui concerne la seconde, sur un changement d'échelle ; et en ce qui concerne la première, sur l'implication du mode de pensée relationnel ou compréhensif, mettant en valeur un changement, ou mouvement, pur, précédant l'espace et le temps.

temps, que, nous, nous avons vu »²³). Ou de dire, en restant dans le paradigme d'un temps substantiel qui ne serait pas découvert par tout le monde selon le même point de vue, ni selon les mêmes qualités : « ils ont un temps différent du nôtre » (par exemple un temps circulaire, un temps sans futur etc.). Nous prendrons au contraire tout cela comme appuyant notre hypothèse de l'inexistence foncière d'un temps autonome. L'analyse montre d'ailleurs que ce qui remplace le temps dans ces sociétés non-occidentales est très souvent appuyé sur les mouvements et changements de la nature (mouvements astronomiques, saisons etc.) et jusqu'aux déplacements des hommes, associant de façon intime lieux, histoire, espace et temps²⁴. Des éléments forts de convergence avec notre approche sont ainsi apportés ; il y a là une matière très riche pour des recherches complémentaires. Le point de vue du philosophe François Jullien (op. cit.) prolonge ces propos à sa façon sur l'exemple de la Chine où le concept de temps n'a pas été pensé pour lui-même ; se retournant du côté de la pensée occidentale, ce penseur demande : *fallait-il penser le temps ?*²⁵

Quel sens au paramètre t dans les équations de la physique ?

Avec les physiciens, la question de l'existence ou de l'inexistence du temps prend un caractère différent. Il s'agit de savoir comment le temps intervient mathématiquement dans les équations et, plus simplement, se demander : y-a-t-il un paramètre t individualisé ou non et quel sens lui donne-t-on ? d'où vient-il ? Pour nous (voir par exemple Guy, 2013), il n'y a que des phénomènes, des mouvements variés, bien visibles (via divers moyens directs ou indirects d'observation) parmi lesquels on en choisit un, fournissant un paramètre de position comme étalon pour mesurer le temps : c'est le sens que l'on donne au paramètre t rencontré dans les équations²⁶. Ainsi, il n'y a pas de temps autonome invisible qui coule partout : le mystère de cet invisible ne se pose pas ! L'opposition/composition fondamentale entre l'espace et le temps (dans le ou les mouvements) s'exprime également par le fait que, dans les équations de base de la physique, les variables spatiales et temporelles apparaissent par paires et de façon symétrique; de même que les champs et grandeurs physiques. Les variables spatiales et

²³ A propos des travaux de Marcel Granet (op. cit.) sur la Chine F. Jullien (op. cit.) note : « cette constatation n'a pas manqué d'effrayer les sinologues : comme si reconnaître que les Chinois n'ont pas élaboré la notion d'un temps homogène abstrait, c'était avouer implicitement qu'ils n'avaient pas pensé, ou que leur pensée était restée en enfance. »

²⁴ Faut-il aller jusqu'au Tao des pensées d'Extrême Orient qui érige le mouvement en principe premier ?

²⁵ La question est posée en relation avec une compréhension de la « philosophie du vivre » ; la réponse de cet auteur : plutôt que « vivre au présent », il convient de « vivre à propos ».

²⁶ La primauté du mouvement sur l'espace et le temps s'exprime également par la façon dont nous pouvons définir une horloge en physique : un point de vue sur un mouvement (voir la section 6 plus haut, et Guy, 2015c).

temporelles sont elles-mêmes au départ raccordées à des champs restés implicites (en comparaison avec les champs nommés comme tels), aujourd'hui ceux attachés à la propagation de la lumière dans des conditions spécifiées (le vide dans une horloge atomique). C'est alors une question de mots : on peut appeler temps et espace ce que l'on veut, c'est-à-dire les associer à tels champs sur lesquels on se met d'accord. Si c'est plus pratique dans telle ou telle situation, on peut échanger les points de vue et les mots utilisés (et s'appuyer par exemple sur tel autre champ -électrique ou magnétique- pour définir temps et espace). Cette conception de l'espace et du temps a fait l'objet d'un long article (Guy, op. cit.) et offre une voie de discussion pour la question du lien éventuel entre mécanique quantique et relativité générale.

Disparition du temps en relativité

Comment situer la théorie de la relativité par rapport aux questions précédentes ? Cette théorie demande a priori d'importantes remises en cause des propriétés du temps telles qu'elles se définissent avec/après Newton. Les questions de date, durée, chronologie, temps universel sont malmenées ; la nouvelle notion de temps propre²⁷ est introduite, avec sa multiplicité associée à différents observateurs. Pour les photons, le temps propre est toujours nul. Cette disparition d'un certain nombre de propriétés d'abord naturellement associées au temps peut conduire à parler de « disparition du temps » (Lachièze-Rey, 2010). La relativité prétend aussi unifier temps et espace, ce qui introduit un nouveau regard sur le temps ; on remarquera toutefois que, en relativité restreinte comme en relativité générale, les deux *concepts* de temps et d'espace sont toujours là, séparés, avec deux séries de variables et de paramètres soigneusement distingués ; ce sont les *mesures* des grandeurs associées que l'on relie en un même continuum. De façon générale et de notre point de vue, la négation du temps faite par la relativité est aussi celle de l'espace, le fondement de la théorie consistant à donner au mouvement de la lumière un rôle premier par rapport aux standards de temps et d'espace. On dit enfin que la relativité générale est *la* théorie de l'espace et du temps : ce monopole nous paraît devoir être contesté, en particulier au nom de ce que nous avons dit dans la section précédente (espace et temps peuvent être définis par n'importe quels phénomènes ; voir dans Guy, 2013, un approfondissement de cette question).

²⁷ Nous discutons cette notion dans Guy (2015c).

Sur la multiplicité des temps de la relativité

La compréhension par Henri Bergson des différents temps associés aux repères de la théorie de la relativité peut être discutée ici. Restant fidèle à un temps unique et universel, bien distinct de l'espace, Bergson comprend les temps de la relativité comme autant de points de vue différents sur un temps unique. Les effets de dilatation / contraction sont pour lui de simples effets de perspective, ou de parallaxe, portant sur des temps fictifs associés à des repères dans lesquels on ne se trouve pas et que l'on voit à distance. Il n'y a qu'un seul vrai temps, c'est celui associé au repère dans lequel on se trouve. Au contraire, pour Einstein (que Bergson a rencontré à ce propos) et les physiciens défenseurs de la théorie de la relativité, il n'y a plus de temps unique et vrai, il y a une multitude de temps locaux, tous autant « vrais » les uns que les autres, et dont les mesures sont reliées entre elles par des équations dérivées des transformations de Lorentz. Le point de vue de Bergson, exprimé dans son livre *Durée et simultanéité* (1922), n'a pas été compris. Nous aurons quant à nous un point de vue encore différent : le temps a un caractère construit, c'est un point de vue sur un mouvement ; avant même de parler de repères différents, on peut l'envisager comme un ou multiple suivant le caractère plus ou moins vaste du domaine envisagé et le niveau d'abstraction où l'on se situe. En fonction des conventions adoptées, les points de vue d'Einstein et de Bergson concernant les temps associés à différents repères peuvent s'opposer ou, au contraire, s'harmoniser, comme nous l'avons analysé en détail dans Guy (2015c).

La distinction de différents degrés dans la définition du temps (section 1) nous permet de situer la controverse entre Bergson et les physiciens dans une autre perspective. Ni les uns ni les autres n'ont complètement reconnu le processus d'abstraction relatif au temps. On peut dire que Bergson et les physiciens ne parlaient pas du même temps, le premier insistant sur le degré zéro de la durée, les seconds requérant les degrés deux ou trois déjà plus détachés de l'expérience. Mais lorsque Bergson développe dans ses textes son argumentation, il fait usage d'un temps spatialisé permettant des retours en arrière. Et lorsque les physiciens contemporains veulent remettre leur ouvrage sur le métier, ils ont besoin de saisir le degré zéro du temps²⁸.

²⁸ Note : la définition des différents degrés d'abstraction nous est venue à la fin de la rédaction du présent texte : certaines discussions sur les sens du mot temps auraient gagné à s'appuyer d'emblée sur cette grille d'analyse. Le lecteur fera la correspondance.

« *Forget time* » (Rovelli, 2011)

Dans un article de synthèse, Rovelli (2011 ; voir aussi : 2010) passe en revue les grands domaines de la physique fondamentale et indique pourquoi, de son avis, les progrès à venir (en particulier dans la voie de l'unification de la relativité générale et de la mécanique quantique) seront ouverts par l'acceptation de l'inexistence du temps. Cela s'entend dans le sens de l'abandon de la variable temporelle, c'est-à-dire du paramètre mathématique t dans les équations de la physique écrites au niveau le plus fondamental. Cet auteur montre qu'on peut suivre cette option en relativité générale, en mécanique quantique (Rovelli, 1990), et également en gravitation quantique à boucles (Rovelli, 1991), où l'on cherche à unifier ces deux dernières théories. Julian Barbour (1999) parle de l'inexistence du temps en termes analogues (voir aussi parmi d'autres DaCosta et Sant'Anna, 2001).

Pour montrer comment se passer du temps, Rovelli souligne que dans les deux théories mentionnées, on ne fait que comparer les grandeurs les unes aux autres ; il n'y a pas de quantité observable préférée pour parler du temps²⁹. En traitant les variables dépendantes et indépendantes sur le même plan, on peut se servir de telle ou telle grandeur comme variable temporelle repérant l'évolution d'un système ; cette variable n'a pas alors de statut spécial. Une notion d'arbitraire se présente alors (dans le choix de telle ou telle variable pour mesurer le temps) que nous commentons plus loin.

Le temps thermique ; le temps est une illusion ?

Après l'examen des systèmes « simples », Rovelli distingue l'étape suivante, dite statistique, des systèmes composés de myriades de particules. C'est de là que va émerger un véritable temps macroscopique. Ce dernier est construit, à partir des équations régissant l'évolution des particules individuelles, comme grandeur macroscopique ayant les propriétés d'un temps (Connes et Rovelli, 1994). Il est associé à la valeur moyenne ou maximale d'une distribution de probabilités ; c'est encore le paramètre unique d'un « flot » ; en ce sens il est unique par rapport à tous les temps locaux attachés à la multitude des évolutions microscopiques (dont les significations peuvent être quelconques par rapport au temps unique de la moyenne). Alors que l'on parlait d'inexistence du temps à l'échelle des systèmes simples (dans le sens que nous avons vu à l'instant), le temps émergent ainsi apparaît unique, contraint, sans

²⁹ Est-ce en contradiction avec la distinction toujours présente entre les composantes spatiales et temporelles des différents paramètres et grandeurs, en particulier en relativité générale ? Peut-on répondre que la distinction est marquée *après* le choix (arbitraire) pour définir le temps (voir la suite du texte) ?

arbitraire³⁰. En cela, Connes et Rovelli proclament son existence, et disent que c'est le vrai temps. Cette approche est semblable à celle concernant les grandeurs thermodynamiques comme l'entropie, et la question de leur émergence chez Boltzmann à la recherche d'une fonction croissante associée à la flèche du temps (on parle d'ailleurs de « temps thermique »),. Ce temps porteur de l'irréversibilité, c'est en effet déjà plus que le temps de la mécanique.

L'irréversibilité et le temps associé se comprennent dans un contexte où l'on ignore une partie énorme des informations sur les positions et vitesses des particules individuelles. Chez Einstein et de nombreux physiciens, cette ignorance fait parler d'illusion pour le temps macroscopique, par opposition aux paramètres des équations réversibles de la mécanique, compris comme traduisant une absence locale de temps microscopique. Mais le rôle des variations inconnues par rapport aux grandeurs moyennes macroscopiques doit être mieux discuté : elles renvoient pour nous à de réelles et efficaces perturbations par des causes extérieures qui vont effectivement guider le système vers son état plus probable ; il ne s'agit pas de simples fluctuations mathématiques autour des grandeurs moyennes dont on étudierait la distribution. Le temps polarisé ainsi construit par les perturbations agissant sur le système n'est pas une illusion ; il est le lot de la majorité des systèmes (le second principe de la thermodynamique associé à cette propriété peut être violé, pendant des temps plus ou moins longs, à partir de conditions initiales improbables).

La décohérence quantique, l'intrication quantique

La discussion sur ce que l'on appelle la décohérence quantique est tout à fait analogue à celle menée à l'instant sur l'émergence du temps thermique. On s'intéresse dans ce cas aux perturbations, agissant de l'extérieur du système, qui vont entraîner, au niveau macroscopique, la perte des propriétés quantiques des microsystèmes locaux. On peut dire, de la même façon que précédemment, qu'à l'absence d'un temps à l'échelle quantique (en suivant la ligne de pensée de C. Rovelli, op. cit.) se substitue l'existence d'un temps macroscopique à l'échelle de la décohérence.

La mécanique quantique reste pourtant a priori un domaine où temps et espace interviennent comme éléments d'un cadre extérieur (« background ») non affecté par les phénomènes. Mais,

³⁰ Nous dirons qu'il reste un arbitraire d'un type un peu différent, aussi bien pour le temps du système simple que pour celui du système statistique, c'est l'arbitraire du choix du phénomène étalon pour lequel on dit $c = c_{\text{ste}}$, et qui permet d'attribuer des mesures aux grandeurs physiques.

en plus de ce que nous venons de dire sur la décohérence, les expériences récentes sur l'intrication montrent également que les qualités de ce cadre sont fortement questionnées. Rappelons que des mesures sur des particules ayant interagi entre elles dans le passé (particules dites intriquées) montrent des corrélations instantanées à des distances très grandes (supérieures à celles qui seraient franchissables par la lumière dans les temps courts de l'expérience³¹). Les valeurs des grandeurs mesurées (qui vont se trouver corrélées) sont soumises à un hasard fondamental appelé « vrai hasard ». C'est la raison pour laquelle une communication instantanée à distance par ce canal d'informations est impossible (Gisin, 2012). Dans ces situations se manifeste une non-localité (on parle de vrai hasard non-local, de corrélations non locales), c'est-à-dire une négation de l'espace dans la distance qui sépare les objets.

Ces situations expriment également une négation du temps : la dépendance entre les événements observés ne correspond à aucun ordre temporel. Les auteurs qui analysent ces expériences concluent que : « les choses se passent mais le temps lui ne passe pas ». La discussion sur les influences non locales fait comme si l'on pouvait inverser le cours normal du temps (voir Ortolí et Pharo, 2011).

Non localité et non temporalité sont donc liées, « les corrélations semblant venir d'en dehors de l'espace et du temps ». En résumé, pour B. d'Espagnat (1979, 2002) l'espace-temps physique n'a pas de réalité intrinsèque : « le fond des choses est au-delà de l'espace et du temps » ; le fond des choses, ou « l'être » ou « le réel voilé », par opposition au réel empirique où nous construisons espace et temps. Suarez (2003) exprime cela en disant que : « l'intrication quantique tend à confirmer l'idée que le monde est plus profond que le visible, et révèle un domaine d'existence impossible à définir au moyen des notions d'espace et de temps » (voir aussi l'analyse de Bitbol, 2010).

Au total, il est pour nous très significatif que, à travers tout cela, se manifestent des absences *liées* de temps et d'espace : soit on peut construire les deux, soit on a absence des deux. Quand on a un problème pour l'un on a un problème pour l'autre ; quand l'un manque, l'autre

³¹ Ce qui importe n'est pas tant le dépassement possible de la vitesse de la lumière que le dépassement de toute vitesse (les expériences faites demanderaient que des signaux atteignent plusieurs dizaines de milliers de fois la vitesse de la lumière ; on peut imaginer que l'on excède encore ces valeurs dans de nouvelles expériences). Malgré tout, le dépassement de la vitesse de la lumière ne nous apparaît pas contradictoire avec la structure de la relativité, voir Guy, 2015c.

manque aussi. Les concepts d'espace et de temps apparaissent ainsi comme des expressions associées de certains processus, mais non de tous.

Non localité, non temporalité : nous pourrions parler plutôt de non-mobilité (absence de mouvement) car c'est la mobilité possible d'un signal entre les deux particules corrélées qui est niée. Les expressions de non-localité et non-temporalité sont contestables dans la mesure où elles laissent supposer l'existence a priori d'un espace et d'un temps dont les propriétés seraient contournées. Précisément, espace et temps n'ont pas d'existence substantielle préalable. Le choix d'une expression pleinement adaptée n'est pas aisé : peut-on dire que ces expériences, au contraire d'autres, ne permettent pas de construire ou constater des relations spatio-temporelles ?

La géométrie des mouvements

Un domaine original des mathématiques et de la géométrie s'est développé avec les travaux de J.-M. Souriau (1970), dans le fil de ceux de Lagrange sur la mécanique (géométrie symplectique, géométrie différentielle, difféologie)³². Pour ces mathématiciens de la mécanique, le mouvement est un élément d'un ensemble structuré et n'a pas besoin d'être décomposé (à partir d'un espace, et surtout d'un temps, préalablement posés) pour être étudié. Il a alors un sens mathématique précis, comme appartenant à un espace dont on trouvera la définition dans le travail cité (les notions de groupes de transformation, de mouvement inertiel et de géodésique sont particulièrement employées). Nous donnons quant à nous au mot mouvement un sens différent, plus large, mais aussi moins circonscrit mathématiquement. On peut pour ces mouvements des systèmes dynamiques, préciser un paramètre qui permet de décrire les courbes ou trajectoires correspondantes (mouvement = trajectoire + loi horaire) : il a valeur d'un temps en somme adhérent au mouvement. Ce temps, simple paramètre local, n'est pas celui que l'on attend de façon générale, comme contenant surplombant les choses et leur donnant un cadre. Il conduit les auteurs de cette lignée (voir par exemple Iglesias-Zemmour, 2012) à annoncer un dépassement des catégories aristotéliennes d'espace et de temps et leur remplacement par celle de mouvement. Pour ce dernier auteur, cela signifie l'absence du Temps aristotélien avec une majuscule, absolu et servant de référentiel unique et cohérent pour tous les mouvements.

³² Mathématiques que nous connaissons très insuffisamment ; faut-il rapprocher les formes symplectiques de nos « lois de degré zéro » (Guy, 2012) ?

Ces propos sonnent comme les nôtres (« le mouvement est premier, il précède le temps), mais l'approche est différente en ce que le temps ainsi retrouvé (qui n'est certes pas le temps universel) est « directement » un temps scalaire (associé aux trajectoires) sans médiation par l'espace. On peut le rapprocher de celui que nous construisons comme tel pour marquer le mouvement, mais il n'est pas déduit des trois coordonnées d'un mobile. Dans le cadre de ces travaux, les transitions espace-temps que nous imaginons ne sont pas pensables. Le rôle, rappelé par les auteurs de cette lignée, de mouvements particuliers et en somme idéaux (les mouvements circulaires uniformes des grecs, associés aux sphères célestes d'Aristote) rejoint toutefois notre propos : nous pouvons y voir la nécessité de se rapporter à un mouvement de référence pour construire des vitesses par comparaison avec lui, et donner une mesure du temps. La distinction entre mouvement et trajectoire s'amointrit alors : un mouvement de référence est porté par un phénomène de référence (la loi horaire est définie par la trajectoire parcourue à vitesse constante ou géodésique, ligne droite dans un espace courbe comme en relativité générale). L'arrêt sur le contenu d'arbitraire de certains choix (et l'importance qu'on lui donne) est également absent de ces travaux (voir discussion plus loin). Sur certains points par contre, comme celui des représentations en dimension 6, cette approche de la géométrie des mouvements nous rejoint.

9. Commentaires généraux : renoncer à l'invisible du temps

Reprenons un certain nombre des propos exposés par les physiciens et mathématiciens précédents.

Absence d'un temps surplombant le monde /existence de paramètres temporels attachés aux phénomènes.

Si l'on accepte le point de vue des chercheurs cités à l'instant, on n'a pas besoin, pour faire fonctionner les équations de la physique, d'une variable spéciale (le temps t), distincte des paramètres décrivant les systèmes, et renvoyant à une substance singulière et autonome du réel. De cette inutilité, on conclut à l'absence du temps. Dans cette démarche, on aura commencé à exprimer l'idée que l'on se fait a priori du temps (une substance singulière et autonome) pour admettre qu'il n'existe pas.

Pour autant, ce constat n'évite pas toute notion de temps : il continue d'exister « quelque chose » qui se manifeste localement et adhère aux mouvements des objets. Elle s'exprime dans les paramètres utiles pour définir les trajectoires ; elle se révèle également à travers tout discours portant sur des évolutions, des variations, des relations entre les grandeurs physiques à quelque niveau qu'on les appréhende (microscopique ou macroscopique) ; elle transparait dans un très grand nombre de mots utilisés comme : subséquent, répété, perturbé, dynamique, cinématique etc.

On reste alors sur un certain malaise. Existence ou inexistence du temps, n'est-ce pas un jeu de mots ? N'y a-t-il pas malentendu ? On aurait pu en effet avoir l'impression première, en entendant proclamer l'inexistence du temps, que les auteurs cités parvenaient à décrire un monde (le nôtre) où rien de relié à du temps, c'est-à-dire où aucun changement, ne se serait manifesté ? Mais ce n'est pas le cas. Comment parler de mouvements microscopiques sans temps ? Comment parler de relations entre différentes grandeurs sans temps ? C'est le paradoxe de la situation. Nous voyons qu'il faut au minimum préciser ce que l'on entend en parlant d'inexistence du temps : quelle portée donnons-nous au concept ? quelles propriétés retenons-nous ou non pour le temps (parlons-nous de l'irréversibilité qu'on lui associe ?) ; quel rôle mathématique faisons-nous jouer au paramètre correspondant ? à quelle échelle nous situons nous ?... Si nous attendions un temps universel, alors non, il n'existe pas. Mais si nous voulons opposer la mobilité à l'immobilité dans une dualité dont la frontière serait soumise à l'arbitraire, la réponse est plus délicate. Elle peut dépendre des goûts de l'interlocuteur et ce qui lui paraît important. Ce n'est pas en tout cas une question de niveau d'échelle (microscopique ou macroscopique) : le temps à la fois existe et n'existe pas à aucun niveau.

Notations

Pour bien faire le partage entre ces façons de voir le temps, il peut être opportun d'utiliser des notations différentes. Iglésias (2012) prend un Temps avec une majuscule pour le grand contenant aristotélicien : c'est lui qui n'existe pas. Il l'oppose à un temps t (minuscule), simple paramètre scalaire local, construit, dont il a alors de la peine à dire qu'il renvoie à un vrai temps (malgré la notion temporelle qu'il peut contenir). Chez cet auteur, ce paramètre n'a rien à voir avec l'espace.

De notre côté, nous distinguons des temps locaux t construits à partir des trois coordonnées t_i de mobiles repérant le temps (le scalaire t est par exemple leur norme ou une abscisse curviligne de leur trajectoire). Ce sont en réalité des coordonnées (x_i) dans l'espace « ordinaire » avec qui le lien est clairement marqué. Parmi ces temps locaux, un temps particulier peut être choisi et mériter une majuscule T : il servira de repère unique pour l'ensemble du système étudié. Le scalaire T est construit à partir des coordonnées T_i du mobile étalon³³. Pour nous, aucun de ces temps t ou T ne renvoie à une substance distincte. Ils sont tous conventionnels, et tous rapportés à l'espace et au mouvement ; la distinction entre les t et le T est utile pour passer de la multiplicité des mouvements des entités individuelles à l'unicité du marqueur choisi pour un temps « synchronisé ». Dans la suite des travaux de Connes et Rovelli (op. cit.), une distinction de notation pourrait aussi être proposée entre un T_M macroscopique (le temps thermique), soit, selon ces auteurs, le vrai et unique temps, et des éventuels t_m à l'échelle microscopique, simples paramètres mathématiques des évolutions locales et ne renvoyant pas à une catégorie distincte du réel appelée temps.

A la recherche d'un temps invisible et non arbitraire ?

Pourquoi les différents auteurs précédents sont-ils si sensibles à la distinction entre, d'un côté, un possible temps universel, et, de l'autre, de simples paramètres auxquels est dénié l'adjectif temporel bien qu'en contenant la notion ? Pourquoi affirment-ils, privilégiant le premier point de vue : le temps n'existe pas ; et ne parlent pas de temps, ou précisément n'en parlent pas en terme d'existence, pour le second point de vue ? N'est-ce pas qu'ils attendent a priori, et de toute façon, un temps « fort », indépendant des choses, au-dessus d'elles, en plus, et alors forcément invisible ? Situation étonnante, paradoxale, la pensée est bloquée : on s'est habitué à penser (et chercher à tout prix) le temps comme en plus et invisible, car au-delà, au-dessus, des phénomènes. N'y a-t-il pas un malin plaisir à attendre / inventer seulement de l'imperceptible, et à refuser de prendre en compte ce qui se voit ? Non, seul le monde est la mesure du monde : le temps est déjà là en son sein dès qu'on spécifie une position (celle du soleil ou d'un photon), ou la valeur d'un champ physique pour classer nos événements. Il n'y a rien de plus³⁴.

³³ La distinction de notation t/T n'est pas faite dans tous nos travaux.

³⁴ Est-ce trop simple, trop beau pour être vrai ? L'énigme du temps dans laquelle on se complait n'est pas là où l'on croit.

Outre la recherche d'un temps ayant la propriété d'invisibilité, se manifeste celle, également illusoire, de trouver un temps complètement imposé par le réel. Attendant quelque chose sans arbitraire, et ne le trouvant pas, on est tenté de déclarer : le temps n'existe pas. N'acceptant pas que l'existence même de la notion correspondante se pose dans les choix, -trop anodins ?-, demandés dès le départ, par exemple pour paramétrer des courbes. A nouveau nous dirons : le temps se joue là, il n'y a rien de plus.

Un temps séparé de l'espace ?

En se posant la question de l'existence (ou de l'inexistence) du temps, les différents auteurs cités ne contestent pas l'existence de l'espace. Les discussions sur l'un et l'autre concepts restent séparées, comme sont dissociées leurs possibles remises en cause. Qu'on dise ou non qu'il existe, le temps demeure pensé tout seul. Or, comme nous le répétons, l'espace est aussi là, non séparable du temps. Ainsi, lorsque les physiciens nous parlent des particules microscopiques dont ils comparent les positions (en vue de tout exprimer de façon relative/relationnelle à l'une d'entre elles, en calibrant les évolutions sur les paramètres physiques, et non sur un temps extérieur), ils ne voient pas le temps caché dans la médiation de l'espace. Les simples positions des atomes renvoient en effet à des *déplacements* à partir de tel point origine, auxquels adhère(nt) un (des) temps.

Pourquoi rajouter de l'espace et de l'arbitraire au temps ?

Pourquoi ces deux points (lien avec l'espace, existence d'arbitraire) arrivent-ils ensemble, attachés à la question de l'existence (ou non) du temps ? On peut répondre que, si, devenus adultes, nous renonçons à chercher quelque chose d'invisible qui serait le temps (même paré de toutes ses vertus), nous nous retrouvons très prosaïquement devant les phénomènes, c'est-à-dire les choses qui se manifestent à nos yeux : des mouvements visibles. Nous n'avons qu'eux pour mesurer le temps, inséparable de l'espace qui apparaît alors. Dans leur multiplicité, les mouvements ne nous donnent que des bouts de temps, des temps locaux, aussi locaux que des bouts d'espace, appuyés les uns et les autres sur la matière (au sens large). Devant cette profusion, et si nous cherchons à étendre le champ de notre communication au sein d'un groupe social, nous devons faire le choix (provisoire, toujours à reprendre) d'un

mouvement étalon pour définir un temps unique commun. L'arbitraire arrive alors et au total, le lien est établi au niveau fondamental entre lui, l'espace, le temps et le mouvement³⁵.

10. Conclusion : que veut dire « l'inexistence du temps » ?

En conclusion, point n'est besoin d'une substance spéciale pour expliquer les nombreuses propriétés que nous attribuons au temps, que nous relient à lui, ou pour répondre aux questions qu'il nous pose : non coexistence de ses parties, causalité, irréversibilité, trilogie passé / présent / futur, flux, moteur, ancestralité, marche des horloges, expérience de la conscience, durée, rythme, changement, variation, évolution etc. Nous pouvons parler de tout cela par les jeux comparés des mouvements relatifs dans l'espace des entités du monde. Dans ce cadre, notre compréhension du mouvement modifie autant celle de l'espace que celle du temps. L'espace en effet est toujours associé au temps, et ne correspond pas davantage à une substance autonome et indépendante du monde, sans le temps. Ainsi, pour être parfaitement cohérent avec nous-même, il faudrait écrire également : « l'espace, son inexistence, ses autres propriétés ».

Dire que le temps existe consiste à « réaliser » une abstraction, c'est-à-dire donner à croire que le concept fabriqué renvoie à une substance séparée au sein du réel. On demandera : la liberté existe-t-elle ? Non, il n'y a que des hommes libres (ou esclaves). Toutefois construire un discours sur la liberté a des conséquences concrètes, par exemple en matière de droit. En ce qui concerne le temps, il n'est pas besoin de chercher à démontrer l'utilité et les conséquences pratiques du concept : l'histoire de l'Occident les a abondamment manifestées. Nous devons alors nous maintenir sur la crête qui sépare deux gouffres à éviter autant l'un que l'autre : - celui d'absolutiser le temps ; - celui de nier toute idée, même déguisée, de changement ou de mouvement. Dès qu'on pose l'espace, si c'est sur lui que l'on prétend s'appuyer pour localiser les éléments du monde, du temps se manifeste. Les catégories de permanence (d'immobilité, d'espace) et de changement (de mobilité, de temps) ne peuvent se penser l'une sans l'autre.

³⁵ Relisons E. Mach (1883) : « nous choisissons pour mesurer le temps un mouvement arbitrairement choisi ». La multiplicité de temps-étalons possibles est une conséquence du point de vue relationnel : il y a plusieurs façons de comparer et de fonder un choix (dans le point de vue substantiel, on n'a qu'un seul temps). Revoir la section plus haut sur la multiplicité des temps de la relativité.

La notion de temps nous paraît profondément enracinée dans la démarche de connaissance, et le fonctionnement de notre rationalité, en particulier lors de son moment relationnel ou compréhensif (inséparable de son moment disjonctif et quasi-substantiel). L'esprit distingue, associe, définit des relations. D'un côté, des objets séparés renvoient à des endroits différents de ce que nous nommons *l'espace* (espace réel ou, abstrait, imaginé dans le cerveau). De l'autre, la séparation même entre ces objets s'exprime par le mouvement effectué, ou pensé, qui les oppose et les relie comme différents. Ce que nous nommons *le temps* se manifeste là, dans ce qui marque ce mouvement de mise en relation / mise en opposition, associé à toute matière³⁶, à toute amplitude du réel. Nous redisons ainsi la nature relationnelle de l'espace et du temps, mais surtout, et c'est la pointe de notre proposition, *l'identité des relations spatiales et temporelles*. La récursivité, retrouvée dans la ronde des mots : objet, espace, temps, mouvement (et que nous n'explicitons pas davantage), est inévitable. Elle conduit à des régressions à l'infini (comment s'assurer de l'immobilité, ou ce qui est équivalent de la constante mobilité des relations ?), que nous arrêtons en montrant un phénomène particulier, sans être sûr du sens ultime des mots utilisés pour en parler. Nous construisons les concepts d'espace et de temps à partir des mouvements associés à certains phénomènes, mais le fond du réel continue de nous échapper ; nous ne « savons » pas la signification ultime de $c = cste$ par exemple, mais cela n'empêche pas de nous appuyer sur ce postulat, et de boucler sur lui la construction (d'une partie) de nos connaissances. La décision de la frontière entre espace et temps, avec sa part d'arbitraire, nous renvoie à l'incomplétude de notre connaissance. Cet inconfort est le prix à payer pour continuer à avancer, sans croire trop vite que nous avons trouvé le mouvement perpétuel !

Il faut donc savoir utiliser l'efficacité indéniable apportée par la construction du temps. Mais ne pas rester paralysés par ce concept ni demeurer figés devant un mystère qui n'en est pas un ; ou qui n'en est pas un tout seul et qu'il faut déplacer. Considérer que le temps existe tout seul conduit à l'absurde, stérilise la pensée, nous empêchant de voir les multiples transhumances qui le relient à l'espace, et font apparaître des points de vue nouveaux. La construction humaine consistant à dire « il y a quelque chose qui coule » nous a donné un outil puissant pour mettre le monde en perspective. Mais le temps n'est pas un flux ; il n'y a pas, rajouté aux trois axes de l'espace, un quatrième axe temporel (on le rajoute après).

³⁶ A rapprocher du propos de Bergson : la matière c'est le mouvement (Pernot, 2008).

Chacun des trois axes a, au départ, à la fois, un sens spatial et temporel. L'évolution du monde est marquée par le monde lui-même, sans un temps qui le surplombe. Pour construire notre connaissance, nous pouvons nous appuyer en somme sur deux répliques du monde, dans un espace possédant a priori 3 + 3 dimensions mathématiques, d'où nous dérivons l'espace à 3 + 1 dimensions habituel aux physiciens.

La question de l'existence ou de l'inexistence de tel élément du réel se pose de façon particulière dans une rationalité de la relation : fait-on exister quelque chose par le simple fait d'établir une relation entre deux autres choses ? Nous avons parlé du temps comme de la relation³⁷ que nous prononçons entre deux mouvements. Bitbol (2010) analyse en détail la difficulté de construire une ontologie des relations ; la pensée relationnelle pure ne marche pas. Faut-il buter sur quelque chose pour accorder à cette chose une valeur substantielle ? mais quand on veut approfondir, on découvre des relations derrière cette substance : on aboutit à une récursivité entre substance et relation. Dans Dujardin et Guy (2012), nous montrons la nécessité de stabiliser une pensée de la relation par des choix arbitraires lui donnant provisoirement un caractère substantiel (ce point nous paraît original par rapport aux propositions de Bitbol, op. cit.). C'est une nouvelle étape : on décide ce qui est constant, on décide de la frontière provisoire entre l'espace et le temps (entre immobilité et mobilité) : en somme l'existence du temps ici ou là (le temps des physiciens construit par de telles comparaisons) est une décision. On voit alors que c'est la question même de l'existence ou de la non-existence du temps qui est ébranlée.

Sans reprendre l'ensemble des bouleversements de la pensée nourris par les progrès de la physique, de la logique etc. depuis un siècle nous dirons que, pour un attribut *qui concernerait l'ensemble du monde* (le temps existe-t-il ou non, dans le sens de dire : existe-t-il partout ou non ?) nous ne pouvons pas, dans une pensée relationnelle (si c'est ainsi que nous devons fonctionner), opposer une partie du monde à une autre pour construire des relations ; nous sommes obligés de penser à la fois l'attribut et son contraire, l'existence et l'absence, et osciller constamment entre deux points de vue contradictoires A et non-A. D'une certaine façon, en pensant à la proposition A, nous laissons un peu de place à non-A ; et, inversement, en pensant à non-A, nous laissons un peu de place à A : cette proposition n'occupe pas alors

³⁷ La discussion proposée dans cette section concerne d'abord les degrés du temps strictement positifs où l'aspect relationnel est explicite.

tout le champ de notre pensée ou, en quelque sorte, ne s'applique pas à l'entièreté du monde³⁸. L'opposition mise en avant entre le temps et l'espace (entre le temps et le non-temps, entre la mobilité et l'immobilité) est de ce type et ainsi soumise à l'incertitude, demandant de reprendre sans cesse l'analyse... C'est ce qu'Edgar Morin (2010) nous rappelle à propos de la pensée complexe, caractérisée par la nécessité logique d'isoler les objets de pensée et l'exigence, logiquement contraire, de les solidariser (complexité du réel et complexité de la pensée se conjuguent). Appliqué à nos préoccupations, cela conduit cet auteur à déclarer : « lorsque le cadre spatio-temporel de notre univers s'effondre, les trois axiomes de l'identité, de la non-contradiction, du tiers exclu s'effondrent du même coup, et leur logique s'engloutit corps et biens... Lorsque nous arrivons aux deux pôles (micro et macro) de notre « bande moyenne », structurée par le temps et l'espace, que nous avons crus longtemps être la seule réalité physique, nous arrivons à la fois aux limites du réel connaissable, aux limites de notre concept de réel lui-même, et aux limites de la logique ». Il est donc vain de vouloir simplement opposer existence et non-existence du temps dans un balancement de propos contradictoires...

Fallait-il penser le temps ? A la question de François Jullien (op. cit.), nous répondons : - oui, croire au temps a marqué une étape importante dans la construction de notre représentation du réel. Avec elle, nous avons imaginé pouvoir tenir un point de vue extérieur au monde, parler de ses changements avec efficacité, sans en être affecté. De grands progrès en physique, en particulier avec et depuis Newton, en ont suivi... - Mais cette notion devenue première, trop familière, constitue aujourd'hui un obstacle épistémologique à surmonter pour progresser (cf. Bachelard, 1938). Divers problèmes sont apparus tant en physique qu'en philosophie, et dans la connaissance en général ; ils sont devenus insupportables. Ils nous demandent de reprendre les choses à la base, comprenant mieux au passage le fonctionnement de notre raison immergée dans le monde, et reconnaissant la nécessité de poser certaines hypothèses, non strictement dictées par la nature. Il faut plaider pour un nouveau paradigme : celui du mouvement, avant l'espace et le temps... et nous remettre en chemin.

³⁸ Cette situation serait analysée par Lupasco (1951) en termes de la dualité potentialisation / actualisation.

Remerciements

Nous ne prétendons pas connaître, même de façon superficielle, les textes importants consacrés au sujet du présent article. Cela ne nous empêche pas de remercier les personnes qui, par leurs questions et leurs travaux, nous ont stimulé à l'écrire, qu'ils croient ou non en l'existence d'une substance autonome du réel appelée temps. Elena Pagni avait remarqué avant nous la convergence entre notre conception du mouvement et la durée bergsonienne : merci pour ses réactions via le cyberspace. Merci aussi à Sarah Carvallo qui, par le même procédé, nous a fait des remarques utiles sur les effets pragmatiques du temps et sur les temps de Benveniste. Merci à Philippe Coueignoux pour ses remarques sur Saint-Augustin, à Philippe Dujardin pour ses encouragements, et avec lui, les membres du groupe des Ateliers sur la contradiction : Michel Mizony, Jean-Louis Léonhardt, Olivier Frérot (qui me fait découvrir le philosophe H. Maldiney) et tous les autres. Merci à Denis Cerlet et aux participants du séminaire « ELTS » (épistémologie des relations entre temporalités et spatialités) de l'UMR CNRS EVS (environnement, ville, société).

Références

- Augustin Saint- (ca. 427) *De Civitate Dei* (la cité de Dieu), Œuvres complètes, J.P. Migne éd., Paris 1845-1849.
- Augustin Saint- (ca. 401) *Confessiones* (les Confessions), Œuvres complètes, J.P. Migne éd., Paris 1845-1849.
- Bachelard G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. 12^e édition, Vrin, Paris, 1983, 257 p.
- Barbour J. (1999) *The end of time*, Oxford University Press, 374 p.
- Benveniste (1974) *Le langage et l'expérience humaine* in : *Problèmes de linguistique générale*, t. 2, Gallimard, Paris, 67-78.
- Bergson H. (1889) *Essai sur les données immédiates de la conscience*, F. Alcan, Paris.
- Bergson H. (1922) *Durée et simultanéité, à propos de la théorie d'Einstein*, Félix Alcan. Presses Universitaires de France, 1968, 216 p.
- Bergson H. (1938) *La pensée et le mouvant*, Presses Universitaires de France, 294 p., réédition 1998.
- Bidet A. (2007) « Le corps, le rythme et l'esthétique sociale chez André Leroi-Gourhan », *Technique et culture*, n° 48-49, pp. 15-38.
- Bitbol M. (2010) *De l'intérieur du monde, pour une philosophie et une science des relations*, Flammarion, Paris, 720 p.
- Cerclet D. (2011) *Les corps en mouvement comme lieu de constitution du temps ?* in : *Le corps en acte, centenaire Merleau Ponty*, coord. A. Berthoz et B. Andrieu, Presses universitaires de Nancy, 171-185.
- Cerclet D. (2014) *Marcel Jousse: à la croisée de l'anthropologie et des neurosciences, le rythme des corps*, *Parcours anthropologiques*, 9, 24-38.
- Connes A. and Rovelli C. (1994) *Von Neumann algebra automorphisms and time-thermodynamics relation in generally covariant quantum theories* *Class. Quantum Grav.* 11, 2899.
- Da Costa N.C.A. & Sant'Anna A.S. (2001) *Time is dispensable in thermodynamics*, Institute of Advanced Studies, University of Sao Paulo, 11 p.
- D'Espagnat B. (1979) *A la recherche du réel*, Gauthier-Villars, Paris, 176 p.
- D'Espagnat B. (2002) *Traité de physique et de philosophie*, Fayard, Paris, 586 p.

- Dujardin Ph. et Guy B. (2012) Vers une pensée de la relation, échanges entre un politologue et un physicien, Actes des Deuxièmes ateliers sur la contradiction, coordination B. Guy, Presses des mines, Paris, 77-87.
- Düring E. (2014) Langevin ou le paradoxe introuvable, *Revue de métaphysique et de morale*, PUF, 4, 84, 513-527.
- Einstein A. (1905) Sur l'électrodynamique des corps en mouvement, *Annalen der Physik*, XVII, 891-921.
- Frérot O. (2016) Penser une société ouverte et vive, s'enrichir des philosophies et spiritualités du monde, *Chronique sociale*, Lyon, 240 p.
- Gisin N. (2012) L'impensable hasard. Non-localité, téléportation et autres merveilles quantiques, Odile Jacob, Paris, 170 p.
- Gonord A. (2001) Le temps, textes choisis et présentés, Flammarion, Paris, 250 p.
- Granet M. (1934) La pensée chinoise, La Renaissance du livre, Paris.
- Guillermin M. (2016) Incommensurability and rational inquiry. Context-sensitivity and realism reconciled in light of Putnam's pragmatist theory of knowledge, thèse Doct. Philosophie, Université Catholique de Louvain, 320 p.
- Guy B. (2004) L'éclair et le tonnerre, promenades entre l'espace et le temps (à propos de la théorie de la relativité), Editions EPU, Paris, 224 p.
- Guy B. (2011) Penser ensemble le temps et l'espace, *Philosophia Scientiae*, 15, 3, 91-113.
- Guy B. (2012) Degré zéro des lois physiques, considérations heuristiques, <hal-00723183>.
- Guy B. (2013) Relier la mécanique quantique et la relativité générale ? Réflexions et propositions <hal-00872968 >
- Guy B. (2014) Pour un nouveau paradigme. La dichotomie conceptuelle entre espace et temps est (devenue) un obstacle aux progrès de la pensée. Commençons par le mouvement ! <hal-01061765>.
- Guy B. (2015a) Flèches du temps et de l'espace, une compréhension du second principe de la thermodynamique <hal-01223419>.
- Guy B. (2015b) Ruptures urbaines, une pragmatique spatio-temporelle, *Parcours anthropologiques*, 10, 46-64.
- Guy B. (2015c) Sur l'âge et le vieillissement comparés de deux jumeaux (théorie de la relativité), <hal-01196320>.
- Iglesias-Zemmour P. (2012) La géométrie des mouvements, conférence à l'IHES, 42 p.
- Jullien F. (2001) Du « temps ». *Eléments d'une philosophie du vivre*. Grasset, Paris, 214 p.

- Klein E. (1999) Le temps, in : Graines de sciences 1, sous la direction de I. Catala, P. Léna et Y. Quéré, 195-219.
- Klein E. (2003) Les tactiques de chronos, Flammarion, Paris, 222 p.
- Klein E. (2010) L'instant présent, unique mais banal, Pour la science, n°397, 28-32.
- Lachière-Rey M. (2010) La disparition du temps en relativité, Pour la science n°397, 42-48.
- Le Meur H. et Nowak M. (2010) coord., Le temps n'existe pas, dossier La Recherche, 442, 39-49.
- Leenhardt M. (1947) Do Kamo, la personne et le mythe dans le monde mélanésien, 1976, Gallimard, Paris, 314 p.
- Lestienne R. (1990) Les fils du temps, causalité, entropie, devenir, Presses du CNRS, 292 p.
- Mach E. (1883) La mécanique, exposé historique et critique de son développement (première édition), traduction française 1904, A. Hermann Paris ; réédition facsim. Jacques Gabay, Paris, 1987, 500 p.
- Lupasco S. (1951) Le principe d'antagonisme et la logique de l'énergie, prolégomènes à une science de la contradiction, Actualités scientifiques et industrielles, Paris, n° 1133.
- Maldiney H. (1991) Penser l'homme et la folie, Millon, Grenoble.
- Morin E. (2010) Logique et contradiction, in : Actes des ateliers sur la contradiction, B. Guy (coord.), 17-49.
- Naïm S. (2006) sous la direct. de, La rencontre du *temps* et de l'*espace*, approches linguistique et anthropologique, Peeters, Paris, 268 p.
- Navet E. (2010) Le temps, d'une culture à l'autre, Pour la science, n°397, 128-134.
- Needham J. (1969) La science chinoise et l'occident, le grand titrage ; trad. Française, 1973, Le Seuil, Paris, 254 p.
- Ortoli S. et Pharabod J.-P. (2011) Métaphysique quantique. Les nouveaux mystères de l'espace et du temps, La Découverte, Paris, 142 p.
- Pagni E. (2015) Il corpo come fondamento epistemologico : Bergson, Merleau-Ponty, Patocka, Encontro Nacional de Epistemologia e Metafisica da UFJF, 9-11 Dezembro 2015, inédit, 28 p.
- Pernot C. (2008) Henri Bergson (1859-1941), in : Encyclopedia Universalis, Paris, tome 3, 1146-1150.
- Poincaré H. (1902) La science et l'hypothèse, Flammarion.
- Poincaré H. (1905) La valeur de la science, Flammarion.

- Rovelli C. (1990) Quantum mechanics without time: a model, *Physical Review D*, 42, 8, 2638-2646.
- Rovelli C. (1991) Time in quantum gravity: an hypothesis, *Physical Review D*, 43, 2, 442-456.
- Rovelli C. (2010) S'affranchir du temps, *Pour la science*, n°397, 50-55.
- Rovelli C. (2011) Forget time, *Found. Phys.* 41, 1475-1490.
- Schmitt J.-C. (2008) (dir.), « Histoire et anthropologie des rythmes », *Séminaire Ecole des Hautes Etudes en sciences sociales*, 2008-2009, URL : www.ehess.fr/fr/enseignement/enseignements/2008/ue/2046/
- Souriau J.-M. (1970) *Structure des systèmes dynamiques*, Dunod, Paris.
- Spinoza B. (1675) *Ethique*, Œuvres III, Garnier Flammarion, Paris, 1965, 380 p.
- Suarez A. (2003) Entanglement and time, arXiv, 5 p.
- Whitehead A.N. (1929) *Process and reality*, Macmillan, New York.