



HAL
open science

Eléments d'histoire des concepts d'espace et de temps : la place du mouvement, les glissements de sens

Bernard Guy

► **To cite this version:**

Bernard Guy. Eléments d'histoire des concepts d'espace et de temps: la place du mouvement, les glissements de sens. 2021. hal-03442268

HAL Id: hal-03442268

<https://hal.science/hal-03442268>

Preprint submitted on 23 Nov 2021

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.

Eléments d'histoire des concepts
d'espace et de temps :
la place du mouvement, les glissements de sens

Bernard GUY

Mines Saint-Etienne, Institut Mines-Télécom

Univ Lyon, CNRS, Univ Jean Monnet, Univ Lumière Lyon 2, Univ Lyon 3 Jean Moulin, ENS Lyon, ENTPE,
ENSA Lyon, UMR 5600 EVS, Centre SPIN, F- 42023 Saint-Etienne France

guy@emse.fr

Novembre 2021

Résumé

La réflexion sur les concepts d'espace et de temps est nourrie par les progrès de l'instrumentation et de la métrologie, ainsi que par les développements mathématiques des théories physiques. Mais elle ne saurait se passer d'un approfondissement épistémologique qui en mette à jour les fondements cachés. Sur ce plan, nous pensons essentiel de nous garder de deux tentations : a) celle de croire que la réalité nous impose de façon univoque les mots pour la décrire, chacun renvoyant à des qualités propres, pour eux-mêmes, des objets en correspondance ; b) celle de croire que les concepts peuvent atteindre un état de pureté qui les abstraient complètement de la connaissance humaine, elle qui s'enracine dans le fonctionnement du corps. En réponse à ces deux tentations, deux dimensions de la pensée sont particulièrement adaptées à notre étude. 1) Une dimension relationnelle : on ne peut que comparer des phénomènes à d'autres phénomènes (des mouvements à d'autres mouvements) et des conventions sont nécessaires. Espace et temps sont les noms de ces comparaisons. 2) Une dimension d'incarnation : les concepts d'espace et de temps ont d'abord un sens dans l'expérience du corps au monde (vécue en termes de mouvements), avant les mots. Ces deux dimensions fournissent une grille d'analyse indispensable, définissant deux axes d'un plan où puissent se dessiner diverses cartes mentales : c'est dans cette scène que nous exprimons à nouveau notre proposition (« le mouvement précède l'espace et le temps ») en la comparant à toute une série de propositions fournies par l'histoire de la pensée. Nous figurons en particulier celles d'Aristote, de la Chine classique, de Newton, Kant, Mach, Einstein, Poincaré et Rovelli. En conclusion, nous promouvons une distinction forte entre, - d'une part, l'espace et le temps objets fictionnels séparés (vus selon un versant philosophique à la Vaihinger) indispensables pour penser et dire, aboutissement de tout un parcours, et non principes fondateurs ; et - d'autre part, l'espace et le temps qui comptent (vrais, réels, singuliers, vécus, concrets, expérimentés, mesurés, ...), liés comme les deux faces d'une même pièce (la comparaison de mouvements : mouvements arrêtés / continués) ; ce sont eux qu'étudie la physique, en amont des fictions qu'ils vont engendrer. Entre les deux extrêmes, il y a glissement de sens ou polysémie, et, bien plus, changement de statut des mots. Le retour vers l'espace et le temps concrets, liés dans le mouvement, ouvre de très nombreuses avenues, tant en sciences humaines et sociales qu'en sciences « dures » (jusque dans la façon de faire jouer les équations et d'effectuer des calculs). C'est ce que nous avons exposé depuis des années dans divers lieux. Des citations des auteurs mentionnés sont données en annexes.

Mots-clés : espace ; temps ; mouvement ; fiction ; concepts ; corps ; connaissance incarnée ; singulier ; universel ; histoire des idées ; Aristote ; Chine classique ; Newton ; Kant ; Mach ; Einstein ; Poincaré ; Rovelli ; glissements de sens ; Vaihinger ; physique ; sciences humaines et sociales ; rationalité relationnelle.

Elements of history of the concepts of space and time :
the place of movement, shifts in meaning

Abstract

The reflection on the concepts of space and time is nourished by the progress of instrumentation and metrology, as well as by the mathematical developments of physical theories. But it cannot do without an epistemological deepening which brings to light the hidden foundations. On this level, we think it is essential to guard against two temptations: a) that of believing that reality imposes on us in a univocal way the words to describe it, each one referring to its own qualities, for themselves, of the corresponding objects; b) that of believing that the concepts can reach a state of purity that abstracts them completely from human knowledge, which is rooted in the functioning of the body. In response to these two temptations, two dimensions of thought are particularly adapted to our study: 1) a relational dimension: one can only compare phenomena to other phenomena (movements to other movements) and conventions are necessary. Space and time are the names of these comparisons; 2) an embodiment dimension: the concepts of space and time have a meaning first in the experience of the body in the world (lived in terms of movements), before the words. These two dimensions provide an indispensable grid of analysis, defining two axes of a plan where various mental maps can be drawn: it is in this scene that we express again our proposal ("movement precedes space and time") by comparing it to a whole series of proposals provided by the history of thought. In particular we figure those of Aristotle, of classical China, of Newton, Kant, Mach, Einstein, Poincaré, Rovelli. In conclusion, we promote a strong distinction between, - on the one hand, space and time as separate fictional objects (seen according to a philosophical slant à la Vaihinger) indispensable for thinking and saying, the outcome of a whole path, and not founding principles; and - on the other hand, space and time that count (real, actual, singular, lived, concrete, experienced, measured, ...), linked like two sides of the same coin (the comparison of movements : stopped / continued movements); it is them that physics studies, upstream of the fictions it will generate. Between the two extremes, there is a shift of meaning or polysemy, and, much more, a change of status of words. The return to concrete space and time, linked in movement, opens up a great many avenues, both in the human and social sciences and in the "hard" sciences (even in the way equations are played and calculations are made). This is what we have been explaining for years in various places. Quotations from the authors mentioned are given in the appendices.

Keywords: space; time; movement; fiction; concepts; body; embodied knowledge; singular; universal; history of ideas; Aristotle; classical China; Newton; Kant; Mach; Einstein; Poincaré; Rovelli; shifts of meaning; Vaihinger; physics; human and social sciences; relational rationality

Introduction

L'élaboration des concepts d'espace et de temps a demandé de nombreux siècles, et tous les deux ont des liens avec celui de mouvement. Evoquons un instant, sans souci d'exhaustivité, quelques auteurs ayant travaillé sur le sujet. Pour le temps, la familiarité avec le mouvement se trouve explicitée dès les origines. Ainsi Aristote déclare (*Physique*, livre 4 ; IV^e siècle avant JC) : « le temps est le nombre du mouvement, selon l'antérieur et le postérieur ». Si le mouvement n'a pas chez cet auteur le même sens qu'aujourd'hui, il s'y relie¹. Dans ses œuvres, le stagirite discute longuement le lien entre temps et mouvement, concluant à leur non-identité. La distinction entre temps et mouvement est encore relativement implicite chez Galilée (1632), mais elle est nettement énoncée, on pourrait dire choisie, par Newton (1687). Plus tard, Mach, dans sa *Mécanique* (1903), formule très clairement la démarche d'abstraction du temps à partir des mouvements qui nous sont offerts par le monde.

Le concept d'espace paraît davantage aller de soi, et est moins discuté ; mais certains auteurs s'y sont arrêtés plus spécialement en termes de mouvements. Ainsi, pour Poincaré (1905), la construction de l'espace n'est pas dissociable des mouvements que le corps effectue pour relier, de façon effective ou en pensée, ses points constitutifs. Et pour Piaget (1967 ; qui avait déjà discuté le lien entre temps et mouvement dans le développement cognitif du petit enfant), l'espace « est une organisation des mouvements telle qu'elle imprime aux perceptions des formes toujours plus cohérentes ».

Au total, si l'on se fie au moins à ce rapide survol, on pourra percevoir que, via le mouvement, temps et espace sont liés entre eux. Mais, à notre connaissance, cette attache n'a pas été discutée en tant que telle. De son côté, la théorie de la relativité conjugue les lectures faites sur les deux instruments que sont les règles et les horloges ; mais elle ne remet pas en cause la dichotomie de concepts, et ne réfléchit pas sur leurs fondements, en particulier celui qui ferait intervenir le mouvement.

En ce qui nous concerne, et pour différentes raisons exposées dans nos travaux (e.g. Guy, 2011, 2019), nous avons proposé d'installer le mouvement en premier, père de l'espace et du temps. Dans le présent texte, nous venons rediscuter cette proposition en la confrontant à des éléments de l'histoire des idées ; cela permettra de marquer, mieux que nous l'avons fait jusqu'à présent, les glissements de sens et de statut des mots utilisés (espace, temps, mouvement), et qui peuvent rendre malaisé l'accueil de nos réflexions. Notre grille de lecture sera fondée sur deux dimensions

¹ L'observation du mouvement paraît très semblable, sa nature et ses causes sont bien différentes. Au début de ce texte, nous entendons le mouvement comme appréhendé par les sens ; nous verrons comment nuancer cette première définition.

nous paraissant cruciales pour le sujet : – l'utilisation d'une rationalité relationnelle, et – la prise en compte de tout un continuum d'appréhension du monde, depuis la connaissance du corps jusqu'aux concepts. Nous insisterons sur le saut que représente l'utilisation de fictions, au sens de Vaihinger (1923) : des outils de pensée non exempts de contradictions.

Nous adopterons le plan suivant. Dans la première partie, nous exposerons une façon de repérer graphiquement l'articulation entre les concepts d'espace, temps et mouvement selon les deux démarches évoquées à l'instant. Puis (partie 2), nous y projetterons les parcours de quelques auteurs. Dans une troisième partie, nous reviendrons sur notre propre chemin ; puis (partie 4), nous confronterons et discuterons les différentes approches, avant de conclure (partie 5). Le lecteur trouvera dans l'Annexe 1 des citations d'auteurs évoqués dans la partie 1 (du côté de la philosophie de la connaissance ; elles se réfèrent aux modes de rationalité en jeu). Dans l'Annexe 2, ce seront des citations des auteurs mentionnés ensuite (parties 2, 3, 4) sur les questions spécifiques de temps, espace, mouvement, assorties de quelques commentaires.

1. Un espace de représentation

Pour instruire l'enquête, nous proposons, comme annoncé, d'utiliser une représentation graphique. Appuyé sur nos travaux et sur ceux de nombreux auteurs qui mettent en valeur les opérations de la raison en jeu, nous voyons deux dimensions essentielles à prendre en compte (Fig. 1)². Suivant la valeur que l'on accordera aux deux dimensions, on pourra considérer au minimum cette scène comme permettant de positionner les divers sens des mots espace, temps et mouvement sur une même « carte mentale ».

Une première dimension, selon un axe vertical, oppose deux pôles, que les épistémologues, psychologues, etc., ont repérés dans notre appropriation du monde. Nous prenons ici cette dualité pour acquise ; parmi de multiples références, voir par exemple Dahan-Gaida (2020), Lobo (2021)³, Merleau-Ponty (1945), Vaihinger (1923), Virole (2009), et celles citées dans Guy (2020a, 2021b). Il s'agit, d'un côté, vers le bas, de l'appréhension par le corps, les gestes, les images et l'imaginaire, avant les mots ; mode comprenant, par extension, les dispositifs expérimentaux et leur mise en œuvre dans les mesures⁴. Et de l'autre, vers le haut, l'utilisation de mots, de concepts et de tout le

² Comme signalé, on trouvera dans l'Annexe 1 quelques citations en correspondance avec elles.

³ Cet auteur évoque la pensée d'Husserl : « la formalisation une fois effectuée, les opérations subjectives implémentées se trouvent pour ainsi dire mises de côté, comme un simple échafaudage provisoire, alors qu'elles continuent de conditionner la compréhension (l'appropriation) du symbolisme produit (son interprétation, son application, son apprentissage, etc.). »

⁴ Cela inclut aussi la dimension sociale ou pragmatique associée au mot temps...

formalisme discursif. Cette dimension, contrastant les images aux mots, est tout autant celle qui oppose le singulier à l'universel, la partie au tout, le nom propre au nom commun, le physique au philosophique, le *Monde 3.0* au *Monde 3.1* (au sens de Karl Popper, 1984, revisité, cf. Guy, 2021b⁵), etc. Nous nous demanderons par exemple : le mouvement (l'espace, le temps...) dont on parle, est-il montré, vécu, ..., ou défini par une formule mathématique ? Il y a une continuité entre les deux pôles extrêmes (avec toute une série d'étapes : gestes, langue des signes, idéogrammes, émoticônes !,...), les mots temps, espace et mouvement se transportant le long de l'axe en changeant progressivement de sens, du fait du changement de contexte.

Mettre en valeur la première dimension, c'est affirmer, contre ce qu'on a parfois envie de penser (et toujours la tentation revient), qu'il n'y a pas en physique de concepts purs et vrais, en bonne correspondance avec la réalité, qui seraient coupés de la connaissance du corps.

La seconde dimension (Fig. 1) est repérée par un axe horizontal mettant en scène le mode de rationalité relationnel, fondamental pour nos affaires : nous sommes à l'intérieur du monde, nous ne pouvons que comparer les phénomènes les uns aux autres, sans en sortir ni qualifier ses objets en eux-mêmes de façon substantielle (sur l'aspect relationnel voir par exemple : Morin, 1990, 2013 ; Pascal, 1662 ; Poincaré, 1905 ; à sa façon Granger, 1992). Nous opposerons ainsi la *mobilité* à l'*immobilité* : ces mots ont un caractère concret, sans préjuger de l'existence, ou du sens, de concepts tels que temps et espace⁶. Ces deux derniers termes mêmes ne font pas apparaître d'appariement entre eux, contrairement à la paire mobilité / immobilité. On peut saisir celle-ci à partir d'une expérience humaine, étendue de différentes façons par des généralisations conceptuelles. Mobilité et immobilité sont qualifiées de relatives, pour souligner, si besoin était, le point de vue comparatif, à une certaine échelle de vitesses (voir nos travaux⁷) : tout un domaine s'étend où mettre la limite entre les temps et espace « concrets » envisagés, variable en fonction de ce qu'on peut ou veut regarder (cf. Guy, 2019).

Mettre en valeur la seconde dimension, c'est affirmer, contre ce qu'on a souvent tendance à penser (et toujours la tentation revient !), que la réalité ne nous impose pas les mots pour la décrire ; on ne peut éviter de tourner en rond et de faire des conventions (telle celle entre temps et espace concrets

⁵ Karl Popper distingue le Monde 1 des phénomènes physico-chimiques, le Monde 2 des expériences subjectives et le Monde 3 de la connaissance objective ; nous proposons de diviser ce dernier en deux sous-parties : le Monde 3.0 de la connaissance incarnée, et le Monde 3.1 de la connaissance formulée.

⁶ Il est intéressant de noter que Piaget, cité plus haut, oppose constance et variation sans parler d'abord d'espace ni de temps.

⁷ Dans un contexte donné, nous parlons de mouvements de moindre mobilité, de moindre vitesse (appelons vitesse une façon de comparer des mouvements) ou arrêtés, comme base pour construire l'espace concret ; et, par comparaison, mouvements de plus grande mobilité, de plus grande vitesse, ou continués, comme base pour construire le temps concret.

le long de l'axe horizontal). Les mots ont des sens relatifs les uns aux autres, fonction du contexte, etc., avec incertitudes et fragilités inévitables.

Il y a assurément, autant le long de la première dimension que de la seconde, des aspects de circularité⁸, selon le « cercle complexe » à la Morin (montrer ↔ dire). Ils se visualisent graphiquement ici : dans le trajet ascendant, le sens va des choses aux mots. Ceux-ci ne sont pas donnés *a priori* ; ils arrivent *a posteriori*, ils ont déjà été élaborés à partir du corps, etc., passant des noms propres aux noms communs. Pour « refermer » le cercle, il faut mentionner un autre trajet, descendant, qui va des mots aux choses : après avoir été fabriqués les mots redescendent, comme outils de pensée qu'ils sont devenus, et permettent de nommer les choses, les expériences, etc., comme nous le faisons couramment. Dans la suite, nous aurons tendance à privilégier le mouvement ascendant, qui suit la voie historique principale, comme si c'était le seul.

L'indépendance des deux dimensions n'est pas non plus parfaite : plus on « monte » en s'éloignant du corps, plus l'expression de la pensée, avec des mots, devient substantielle et s'éloigne de son caractère relationnel (elle sépare davantage et unit moins) ; et la pleine signification des concepts dépend aussi de la limite qui a été décidée entre temps et espace concrets (l'aspect relationnel a plus de poids dans la partie basse, plus « humaine », du diagramme). Les occasions de glissements de sens se retrouveront autant le long de l'une que de l'autre dimension (Fig. 1).

2. Revue de quelques auteurs

Munissons-nous de l'outil précédent et tentons d'y projeter de façon sommaire les propositions de quelques auteurs. Il est clair que ceux-ci n'ont pas utilisé cette grille d'analyse, pré-adaptée à notre propre vision présentée plus loin. En particulier, aux niveaux bas de la représentation, les mouvements ne font pas toujours explicitement référence au corps humain (Poincaré le fait, comme on l'a vu et le reverra), même si leur caractère concret ne fait pas de doute. Et en allant vers le haut, on ne va pas jusqu'à la fiction (voir plus loin), même si les concepts sont déjà détachés de la réalité. On utilise aussi la grille même si plutôt rares sont les auteurs faisant usage explicite du registre relationnel : on trouve ce qui y ressemble en Chine classique, chez Mach (explicitement), Galilée (pratiquement, selon Le Ru, 2012), chez Poincaré, ou encore Rovelli (annoncé mais non pratiqué par ce dernier ?).

⁸ Nous parlons de circularité quand, pour assurer une proposition, ou une définition, ou une désignation, nous avons besoin de nous appuyer sur un des éléments de la proposition elle-même ; la récursivité a un sens voisin, et insiste sur l'engendrement d'une série sans fin de propositions, chacune ayant besoin de la suivante ou précédente pour tenir.

En tout état de cause, cette grille doit être considérée comme base de discussion à amender et compléter ; le lecteur jugera de sa pertinence, en particulier pour marquer les glissements de sens inévitables⁹. Repérons pour les auteurs, si c'est le cas, les concepts de temps, espace et mouvement, ou ce qui s'y apparente, les reliant ou non à des expériences plus « basiques » qui en tracent la généalogie (on se reportera aux citations des auteurs dans l'Annexe 2 : elles soutiennent et explicitent ce qui est dit ci-après). Au minimum notre proposition permet de produire des cartes mentales, l'espace situé plutôt à gauche, le temps plutôt à droite, le mouvement, l'espace-temps au milieu. Les concepts vers le haut, l'enracinement dans la pratique vers le bas. Les transitions aussi bien verticales qu'horizontales sont progressives, les points de basculement sujets à migration suivant diverses conventions. Dans ce qui suit, nous adoptons un ordre chronologique.

Aristote (IV^e siècle avant Jésus Christ)

Nous nous risquons à écrire quelques lignes sur Aristote, malgré notre large ignorance de sa pensée ; on peut certainement se demander dans quelle mesure la projection du système de cet auteur dans notre diagramme est praticable, alors que pour lui le mouvement n'a rien de relationnel mais exprime une propriété distinctive d'un objet ! En tout état de cause, ce qui nous semble devoir être noté, c'est, d'une part, le lien fort entre mouvement et temps (dont nous avons parlé en introduction¹⁰) ; d'autre part, en ce qui concerne l'espace, une vision très différente de celle commune aujourd'hui, opposant le monde sublunaire imparfait, où chaque corps a son lieu de prédilection (où il reste immobile s'il y arrive), au monde de la sphère céleste dont le mouvement circulaire parfait sert pour mesurer le temps ; nous positionnerons ce dernier mouvement dans la partie supérieure du diagramme (Fig. 2).

Il y a dans les œuvres d'Aristote (la Métaphysique, la Physique) de longues discussions pour définir le partage entre temps et mouvement (Zahar, 2016). Elles sont les prémisses d'une véritable abstraction du temps à partir du mouvement, qui opérera chez Galilée et Newton (cf. Le Ru, 2012). Il reste que l'on n'a pas chez Aristote quelque chose qui ressemblerait à l'équation mouvement = espace / temps, c'est à dire espace parcouru pendant une amplitude de temps.

⁹ Nous sommes bien conscient de traiter les auteurs cités de façon très superficielle. Il s'agit de personnes que nous avons rencontrées dans nos lectures et qui comptent pour nous, parmi de nombreuses autres ; nous ne citons pas des auteurs qui le mériteraient, tels Hegel, Bergson, Hawking, Penrose, etc. ; l'arrêt de la liste a un caractère arbitraire.

¹⁰ « Chez Aristote, le temps suit nécessairement le mouvement puisqu'il en est le nombre » (Farah Cherif Zahar, 2016 ; voir aussi 2021). Il s'agit d'abord du mouvement au sens de *kinesis* (mais, à notre sens, les autres formes du mouvement s'y relient).

La Chine classique (quelques siècles avant et après Jésus Christ)

On a abondamment souligné que, en Chine classique, c'est-à-dire depuis les premiers siècles avant Jésus Christ jusqu'à des époques plus récentes, on n'a pas eu besoin du concept de temps. Il n'y a pas non plus d'espace séparé. Du côté temporel (du côté de la mobilité), on se retrouve devant un assortiment de saisons, époques ; celles-ci sont indissociables d'un ensemble de domaines spatiaux (Fig. 3). On n'a pas de mouvement dans notre sens occidental, mais une composition de processus en corrélation et interaction sans fin (cf. le Yin et le Yang). Espace et temps se disent : « le monde en tant qu'il s'étend » et « le monde en tant qu'il dure » (Jullien, 2001)¹¹.

Isaac Newton (1687)

Il est intéressant de s'arrêter sur Newton qui montre bien, nous dirons presque malgré lui (il veut s'en affranchir), l'enracinement des concepts d'espace et de temps dans l'expérience concrète (en particulier humaine). Il faut viser selon lui quelque chose de plus pur, de plus vrai, qu'il nomme *temps absolu* et *espace absolu*, respectivement. Ce sont là pour nous des fictions (nous reviendrons sur ce point) qui ont montré une grande fécondité. Dans l'esprit du présent texte, nous pouvons dire : le lien entre l'expérience et les absolus n'est pas à désapprendre comme le demande Newton : il est fondateur et nous devons le reparcourir vers l'amont. Chez Newton, espace et temps sont séparés (Fig. 4).

Emmanuel Kant (1781)

Les formes *a priori* de Kant sont une autre façon de voir la dualité dont l'esprit humain a besoin pour parler du monde et qu'il projette sur lui. S'exprimer ainsi donne abusivement une antériorité aux mots sur l'expérience à narrer, comme nous l'avons commenté à la fin de la section 1 : la branche descendante du cercle complexe, en général cachée mais ici représentée, est inséparable de la branche montante aboutissant aux « formes ». Chez Kant, espace et temps sont toujours séparés (Fig. 5).

¹¹ Variante (Ph. Dujardin, com. pers.) : espace se serait dit "entre deux villes" et temps "entre deux moments" ; le terme *temps* a été introduit dans la langue chinoise, via un dictionnaire japonais, en 1908. Dans le fil de la suite du texte, on pourra dire que la Chine avait vu le temps et l'espace concrets, mais non les fictions (ou abstractions) correspondantes.

Ernst Mach (1903)

Cet auteur exprime sans équivoque le processus d'abstraction du temps à partir de la comparaison de différents mouvements, dont l'un va être choisi de façon arbitraire comme étalon (voir les extraits de l'Annexe 2). Il faut lire « la Mécanique » particulièrement claire de ce point de vue.

On peut remarquer que l'espace n'est pas discuté, comme la plupart du temps ; Mach pense-t-il qu'il va de soi ? Les deux concepts d'espace et de temps sont vus de façon dissociée, c'est le cas avant et encore après lui, malgré le fait que l'espace est présent dans le mouvement. Le mouvement a son sens moderne comme parcours d'un morceau d'espace au cours du temps (dont la vitesse est le rapport entre les amplitudes d'espace et de temps concernées) (Fig. 6). Tout autant que sur les figures précédentes et les suivantes, le mot mouvement, et éventuellement d'autres mots (temps, espace) utilisés à différents endroits du diagramme n'y ont pas parfaitement le même sens (cf. les glissements dont nous reparlerons).

Albert Einstein (1905)

Le point original chez A. Einstein est qu'il ne cherche pas à définir longuement les concepts d'espace et de temps. Il les prend pour acquis et s'appuie d'emblée sur les instruments, règles et horloges, et sur leur mise en œuvre. La discussion de la simultanéité, assortie d'une méthode de synchronisation permettant de la tester, est également remarquable. C'est déjà une façon de relier temps et espace. Avec les deux postulats, en particulier le Second (de caractère surprenant !), on aboutit à la théorie de la relativité. Les lectures que l'on fait sur les règles et les horloges sont reliées, mais les concepts d'espace et de temps correspondants restent distincts, comme nous l'avons déjà dit. Horloges et règles sont idéalisées, les unes sont ponctuelles, les autres rigides, ce qui est discutable (Fig. 7). Notons que, si Einstein était allé jusqu'au bout de son idée, à savoir regarder comment fonctionnent effectivement les instruments, il aurait ouvert les horloges et constaté qu'elles cachaient un mouvement (voir la suite du texte ; voir aussi Guy, 2020b).

Henri Poincaré (1905)

Avec Poincaré on a toujours deux natures différentes pour l'espace et le temps, mais cet auteur (de façon semblable à Mach) montre une lucidité intéressante en ce qui concerne le choix conventionnel d'un phénomène étalon pour le temps : c'est le plus commode et non le plus vrai.

H. Poincaré s'attarde également sur l'espace, au contraire des auteurs déjà cités, et, comme nous l'avons signalé en introduction, insiste sur les mouvements de notre corps (y compris accompagnés des sensations musculaires) dans la construction de l'espace. Cela ne rapproche pas pour autant le temps de l'espace (Fig. 8).

Carlo Rovelli (2018)

Evoquons Carlo Rovelli comme physicien contemporain (Fig. 9). Dans ses écrits, cet auteur ne s'attarde pas sur le concept d'espace (sauf pour en proclamer la quantification, ou le caractère granulaire, à l'échelle microscopique) ; par contre, le temps fait davantage problème, comme chez la plupart des auteurs, et fait l'objet de longs développements. S'il n'existe pas au niveau fondamental, le temps apparaît au niveau macroscopique, selon une émergence dite « thermique » (Connes et Rovelli, 1994); il éclot seul, sans que l'on se pose la question de l'espace associé, alors que, par ailleurs, l'auteur proclame la relativité comme passage obligé de toute théorie physique, temps et espace formant un tout inséparable. N'y a-t-il pas là une incohérence interne (pour nous, l'apparition ou construction du temps est la même que celle de l'espace) ? C. Rovelli n'aborde pas l'idée d'un lien profond entre espace et temps, ni celui d'un lien entre espace et mouvement.

Il y a donc granularité de l'espace à l'échelle microscopique chez Rovelli ; selon lui, le temps aussi possède cette qualité. Il reste à voir également comment sa granularité se conjugue avec l'émergence du temps macroscopique. La quantification apparaît comme une propriété *a priori* de la matière en elle-même. Dans Guy (2016) nous montrons la quantification comme relationnelle¹².

3. Propositions de B. Guy

La figure 10 fait état de notre compréhension des questions que nous poursuivons. Deux branches s'enracinent dans la partie inférieure du plan, zone des mouvements singuliers. Il s'agit plus précisément d'un ensemble de faisceaux à deux branches, chacun correspondant à une convention d'arrêt définissant une dualité temps / espace. En effet, c'est en comparant les mouvements que l'on choisit et définit, de différentes façons possibles, d'une part des « mouvements arrêtés », d'autre part des « mouvements continués » (ils marquent les deux branches de chaque faisceau, en opposition relationnelle l'une à l'autre). Nous avons besoin de cette dualité pour organiser au mieux notre situation ici-bas : d'un côté des lieux (mouvements arrêtés), et de l'autre ce sur quoi nous allons construire le temps (mouvements continués) pour un minimum d'anticipation de nos actions...

¹² Quantification par comparaisons de phénomènes et d'échelles dans une vision probabiliste (la quantification en soi n'a pas de sens).

On peut mettre alors des mots sur ces mouvements, nommer temps et espace les deux termes de la dyade, en une première abstraction par rapport à la situation particulière initialement envisagée. Le postulat « $c = cte$ » de la relativité est là : un étalon de mouvement dans un repère¹³. Sur le dessin nous avons qualifié ce temps et cet espace de physiques, ou concrets, c'est-à-dire renvoyant à une appréhension particulière (avec instruments, mesures, etc.) d'un morceau du monde¹⁴.

Mais, comme nous l'avons dit à plusieurs reprises dans nos travaux, une étape supplémentaire est nécessaire. Pour parler en effet des arrêts de ces différents mouvements (où auraient ils continué ?¹⁵), donnant lieu à des temps et des espaces matériels, variés suivant les besoins, pour englober tous ces « espaces » potentiellement changeants (cf. les expériences de pensée de Poincaré), on ne peut plus s'appuyer sur la matière concrète. Par passage à la limite à partir de ce qu'on expérimente comme espace et temps, on est conduit à deux fictions séparées l'une de l'autre : un espace fictif, un temps fictif ; un espace pur, une variation pure¹⁶. Alors on peut redéfinir le mouvement lui aussi de façon « pure », comme morceau d'espace parcouru dans un intervalle de temps. Auparavant on ne le pouvait pas, temps et espace étant tous deux abstraits à partir de lui.

On parlera d'abstraction dans le premier cas des mouvements arrêtés / continués, commune à divers objets : on a dissocié le mouvement, la position, le temps de la multitude des qualités des objets, et l'on est susceptible de mettre à l'épreuve les résultats d'expériences dans un contexte théorique donné. On parle de fiction dans le second cas de l'espace et du temps permettant de penser tous les espaces matériels potentiellement mobiles (avec leurs temps), purs outils de pensée, non forcément discutés quant à leur correspondance à la réalité ni exempts de contradiction¹⁷ : ils sont d'abord là pour leur efficacité, non réfutable. Notre insistance est nouvelle, et la distinction abstraction / fiction méritera de nouveaux développements (pour préciser les passages qu'il peut y avoir entre les deux). L'intrication quantique ne nous met-elle pas devant l'aspect fictionnel de l'espace et du temps ? Le réel est au-delà.

La fiction d'un espace immobile, rigide, qui n'est plus appuyé sur la matière, et d'un temps coulant uniformément (sans horloge) vient arrêter les régressions sans fin de l'emboîtement des instruments

¹³ L'expression « $c = cte$ » est un raccourci ; il y a un problème de circularité car le mouvement de la lumière sert pour définir les étalons d'espace et de temps ; il vaut mieux dire : « nous choisissons le mouvement de la lumière comme phénomène de référence ». L'élection d'un repère (des points immobiles les uns par rapport aux autres) va avec celle d'un mobile de « vitesse » constante.

¹⁴ Par un retour en arrière et grâce aux outils intellectuels que seront temps et espace fictionnels (voir ci-après), on pourra appeler « primaires » la multitude des mouvements non nommés, non arrêtés, parfois seulement « soupçonnés » de la base du diagramme.

¹⁵ Dire que la frontière entre espace et temps (concrets) est variable suppose déjà espace et temps fictionnels.

¹⁶ Cf. Rosanvallon (2018). La variation pure est une fiction, contradictoire comme les fictions ; c'est un aboutissement, non un concept à construire comme point de départ, *ex nihilo*, cohérent pour lui-même.

¹⁷ Ainsi celle de proclamer l'identité de l'espace et du temps tout en utilisant deux mots différents ; cf. Edgar Morin dans l'Annexe 2 : les mots (on dirait ici la fiction) disjoignent ce qui est relié dans la réalité.

et des mesures ; elle est rendue raisonnable dans le monde particulier où nous sommes, où la pensée d'un espace stable dans lequel nous pouvons revenir en arrière, au cours d'un temps s'écoulant de façon imperturbable et séparée, est la plupart du temps possible ; nous l'avons incorporé dans notre apprentissage du monde et les pensons naturels. La fiction apporte un soulagement pour la pensée et l'expression ; il est certes symptomatique et provisoire: une relative clarté se paie par la simplification et le caractère caricatural. Nous avons dit : fiction indispensable ? Non ! Tant de cultures s'en sont passé. Mais quelle commodité de l'adopter, si l'on veut ne pas s'en tenir à des désignations, et arrêter d'éreintants cercles sans fin ! Elle fonctionne si bien que nous pensons que c'est la réalité.

4. Discussion

Deux évolutions

Prenons quelque recul sur les différentes façons de voir, en mettant en regard deux grands types d'évolution dans le plan de représentation (Fig. 11).

Dans la figure 11.A (cf. notre proposition) on retrouve la source relationnelle des mouvements comparés les uns aux autres qui conduit, après une première étape dont on a parlé dans la section 3 (mouvements arrêtés / continués), à deux concepts d'espace et de temps, concrets, vécus, mesurés ; tous les deux sont concernés par les mouvements où ils s'enracinent ; ils ne sont donc pas indépendants¹⁸.

En continuant l'évolution de la pensée vers le haut du dessin, on parvient aux fictions d'espace et de temps, comme on l'a également montré. Il est intéressant de les considérer comme un aboutissement¹⁹, après tout un parcours, plutôt que des « formes *a priori* », ou des substances différentes de la nature, nous préexistant (cela évite de les considérer comme énigmes !). Dans nos travaux antérieurs, nous avons insisté sur tout ce qui précède (dans l'évolution vers le haut) l'espace et le temps fictionnels (qui permettent pourtant de dire) et sur ce qui compte au fond, en vrai ; c'est-à-dire ce lien profond entre les mouvements arrêtés et les mouvements continués, exprimé par continuité de vocabulaire en termes d'espace et de temps²⁰.

¹⁸ C'est la géologie qui nous a permis d'équilibrer, du côté de l'espace, les relations au mouvement, déjà perçues du côté du temps (Guy, 2010).

¹⁹ On nous disait : « il y a bien une idée préalable de temps, d'espace ?! » ; nous répondrons maintenant : « oui, il y a bien une idée..., mais elle n'est pas préalable ». Elle vient après tout un apprentissage maintenant enfoui. Rajoutons : la « stabilité » de toute parole suppose que l'on puisse s'appuyer sur de l'espace et du temps fictionnels.

²⁰ Le choix du vocabulaire se discute (Guy, 2016) : on pourrait tout aussi bien mesurer et nommer l'espace et le temps en litres d'essence.

La figure 11.B présente le système le plus souvent rencontré, dessiné de façon très caricaturale : les concepts d'espace et de temps ne sont pas proposés par des chemins du type précédent (ancrés dans le mouvement du corps) et leur caractère de fiction n'est pas clairement affirmé. Leur genèse n'est pas toujours explicitée, elle est variable suivant les auteurs (forme *a priori*, propriété de la nature qui nous est donnée et sur laquelle nous n'avons pas prise, etc.). Des liens existent entre le concept de temps et les mouvements offerts par le monde (partie basse du schéma), mais ils n'apparaissent pas comme constitutifs de la genèse du temps. On peut se demander si le lien temps-mouvement compte vraiment. Il est là comme presque par accident, ce n'est pas une filiation, c'est un lointain souvenir, finalement privé de ses racines relationnelles.

Il y a par ailleurs une absence presque totale d'un lien entre espace et mouvement. La raison semble surtout tenir à l'absence d'une démarche relationnelle qui viendrait comparer l'espace et le temps vécus. On n'a pas vu que la même abstraction est celle de l'espace, on l'a oublié. Comme on vient de la dire, on doit alors définir, à la limite à partir de rien (à partir d'un ciel platonicien), l'espace de même que le temps ; ils apparaissent comme des points de départ dans la partie supérieure du diagramme (indispensables pour définir de façon directe le mouvement). Au total on constate un déséquilibre de la base de l'édifice, avec une branche un peu plus forte du côté du temps, et un manque d'assise des concepts « supérieurs » sur des fondations (si l'on voulait trouver des soubassements du côté du corps, alors que les auteurs résumés dans ce schéma ne s'en soucient en général pas).

La représentation graphique montre *a posteriori* son intérêt. On y voit tout de même dans la version standard, une proximité entre temps et mouvement (et plus rarement entre espace et mouvement), alors que les concepts de temps et d'espace semblent survenir en se passant de ce voisinage ? Dans la version que nous proposons (Fig. 11A), on visualise la migration des concepts projetée selon les deux déplacements : d'une part la divergence horizontale à partir des mouvements vécus, d'autre part la montée du corps aux mots. La confrontation avec le schéma standard Fig. 11B nous encourage à dire : non la proximité entre temps, espace et mouvement n'est pas un hasard, c'est la source.

Glissements de sens et malentendus

Il est important de repérer les glissements de sens qui affectent les mots temps, espace et mouvement, suivant qu'on les prononce à différents endroits de notre tableau²¹. Distinguons ainsi,

²¹ Autre façon de dire : les mots temps, espace et mouvement glissent avec leur sens dans le diagramme. Le glissement horizontal correspond aux passages temps – espace suivant le choix d'arrêter une paire repère / mobile de référence.

d'un côté, l'espace et le temps concrets (les mouvements arrêtés / continués), choisis via une convention d'arrêt par telle communauté dans une démarche relationnelle, seule possible pratiquement ; et, de l'autre, les fictions d'espace et de temps qui permettent de penser et de dire ; les premiers se comportent comme des noms propres, les seconds des noms communs. Il y a des intermédiaires possibles entre les uns et les autres, variables suivant les contextes, et on ne peut les séparer une fois pour toutes ; d'où les malentendus possibles²². Mais on utilise le même vocabulaire, c'est le plus commode, il ne serait pas pratique de fonctionner autrement. Le glissement de sens est difficilement évitable. Nous devons à la fois avoir un outil ayant une certaine généralité (il rassemble par abstraction tous les objets singuliers inspectés), et à la fois pouvoir parler de tel objet particulier, avec le même mot. Ou encore, pour dire une relation concrète entre A et B, on a besoin de la fiction de A et B séparés ; mais on parle toujours de A et B.

On peut comparer ces procédés de langage à ce que dit Vaihinger (op. cit.) à propos de la fiction, en prenant l'exemple du mot « arbre ». Un « arbre en général » (nom commun) est une fiction, et, comme telle, non exempte de contradictions : il est à la fois vert et non vert (rouge ou orangé en automne) ; il a à la fois des feuilles et n'en a pas (des épines), des branches ou non, des fruits ou non, etc. Mais on est arrivé à cet outil de pensée après avoir vu et comparé de multiples objets végétaux. L'arbre en général n'existe pas : on ne peut faire aucune étude scientifique sur lui, aucune analyse. Par contre, quand on est devant un objet particulier, l'association du mot arbre et de la désignation (« regardez cet arbre ») transforme quasiment le mot en nom propre, sur lequel on peut effectivement faire une analyse. Il est plus commode de parler d'arbre, situé à tel endroit (on détache aussi l'arbre de l'espace et du temps) plutôt que trouver un nom propre pour chaque arbre.

5. Conclusion

En conclusion, il faut promouvoir une distinction forte entre, d'une part, l'espace et le temps objets fictionnels séparés (vus selon un versant philosophique), et, d'autre part, l'espace et le temps qui comptent (vrais, réels, singuliers, vécus, concrets, expérimentés, mesurés, ...), liés comme les deux faces d'une même pièce (la comparaison de mouvements) ; ce sont eux qu'étudie la physique (et les sciences humaines et sociales), en amont des fictions qu'ils vont engendrer. Entre les deux extrêmes, il y a glissement de sens ou polysémie, et, bien plus, changement du statut même des mots.

Les malentendus avec les lecteurs de nos travaux proviennent de l'utilisation des mêmes mots sans avertissement : nous pouvons avoir en tête l'intuition des espace et temps concrets, liés, alors que,

²² Il importe de distinguer les deux statuts, de les repérer dans tel ou tel contexte. Avant d'arriver au stade fictionnel, il y a un grand nombre d'étapes possibles (nous en avons présenté deux) ; on peut envisager aussi plusieurs fictions emboîtées. Repérer des fictions est une façon de parler de décohérence (Jullien, 2017) ?

en prononçant les mots (il faut bien parler !), nous n'évitons pas l'induction des réflexes associés à des concepts séparés. On gagne à mettre de l'ordre dans ces différents moments de la pensée, dans ces différents statuts des mots, en marquant ces glissements et les assumant dans nos discussions. Alors, le retour sur ses pas vers l'espace et le temps concrets, liés dans les mouvements comparés, ouvre de très nombreuses avenues, jusque dans la façon de faire jouer les équations et d'effectuer des calculs ; c'est ce que nous avons exposé depuis des années dans divers lieux (voir éléments de synthèse dans Guy, 2018a et b ; et voir Note en fin de texte). Le lien entre espace et mouvement, évoqué dès l'introduction est bien opérant : il est défini par l'articulation entre morceaux de mouvement et mouvements arrêtés. Les éléments d'histoire rassemblés ici nous ont aidé à nous situer et nous apparaissent comme un renforcement. Nous ne retirons rien à ce que nous avons dit ; nous sommes tentés de dire : bien au contraire !

Remerciements

Merci à Alfonso San Miguel et Jean-Philippe Colombier (Société Française de Physique, Lyon et Saint-Etienne) pour leurs questions au départ de cette recherche de nature historique (à l'occasion de « La nuit européenne des chercheurs » et de « La nuit des temps », 2021, 2022). Le débat avec Guillaume Dumazer et Raphaëlle Jarrige a été bénéfique. Merci à Didier Vaudène qui nous avait alerté sur les glissements de sens : oui, il faut les marquer. Merci à tous ceux avec qui nous avons discuté de ces questions, en particulier les amis du Groupe de recherche sur la contradiction (Saint-Etienne, Lyon), ceux des séminaires de l'EHESS (Ecole des hautes études en sciences sociales) et du Collège international de philosophie (Paris). Merci à Nicole Abravanel pour ses questions et échanges sur l'histoire de la pensée savante, à Denis Cercle pour la communication de citations. Nous saluons le logiciel DeepL pour sa traduction du résumé en anglais.

Note de fin de texte

Dans tous les domaines de la pensée, lorsqu'il s'agit d'approfondir telle ou telle situation, nous estimons qu'il y a de graves inconvénients à séparer espace et temps concrets. Les physiciens ont tout intérêt à ne pas se laisser intimider par le mystère du temps fiction, commettant l'erreur de le prendre pour une réalité. Il faut tenter autant que faire se peut de remonter à la source : amplitude spatiale et procès temporel sont les deux faces de la relation entre mouvements. Il est fructueux de considérer un laps de temps comme un morceau de mouvement : cela fournit, par exemple, une clé pour discuter les paradoxes des jumeaux, pour soulager les problèmes (inextricables !?) des rotations de Wigner-Thomas dans la composition de transformations de Lorentz non colinéaires (le temps a une direction qui se projette comme les autres directions spatiales), ou reprendre l'expression du facteur gamma de la transformation de Lorentz (après avoir ouvert les horloges et tenu compte des mouvements qui y sont cachés). Oui, il est fécond de considérer une amplitude d'espace comme un morceau de mouvement, cela permet notamment de comprendre la définition du mètre (1983). Oui (à notre avis !), il est fertile de mettre temps et espace sur un même niveau, et sur le même plan que les différentes paires de grandeurs de la physique ; cela permet, entre autres, un regard nouveau sur les relations entre mécanique quantique et relativité générale, sur le second principe de la thermodynamique, ses gradients spatiaux et temporels (Guy, 2020c) ou sur la familiarité inattendue entre ce second principe et le second postulat (relativité), Guy, 2021a. Oui, il est profitable d'apparier fortement le temps, l'espace et le mouvement en sciences humaines et sociales : cela apporte de nouveaux éclairages sur les apories du temps, sur les relations entre histoire et géographie, sur le rôle de l'espace sur l'identité des peuples migrant, sur la convergence des mots du temps et de l'espace en linguistique, sur la compréhension des rythmes, sur la genèse des notions spatio-temporelles en anthropologie, psychologie et neurosciences. Etc. Nous aurions du mal à concéder que tous les éléments de cet ensemble, qui ne demande qu'à s'accroître (et malgré son insuffisante critique par les pairs), ne sont qu'un produit de la méthode Coué ?

Une vidéo : In what sense can we say that movement precedes space and time ? Invited paper, Thermodynamics 2.0 conference, 2020: <https://www.youtube.com/watch?v=dGg45kY1jec&t=141s> (Arthur Iberall Gold Medal).

Références

- Aquin Thomas d' (1257) De veritate. Editions Sainte Madeleine, 2011.
- Aquin Thomas d' (1273) Somme théologique. Editions Saint Rémi, 2011.
- Aristote (IV^e siècle avant JC) Physique, Garnier Flammarion 1999, 480 p.
- Balibar F. (1984) Galilée, Newton, lus par Einstein, Presses universitaires de France, Paris, 128 p.
- Comte-Sponville A. (2020) Dictionnaire amoureux de Montaigne, Plon, 656 p.
- Condillac E. B. de (1746) Essai sur l'origine des connaissances humaines, Vrin, 2014. 352 p.
- Connes A. and Rovelli C. (1994) Von Neumann algebra automorphisms and timethermodynamics relation in generally covariant quantum theories Class. Quantum Grav. 11, 2899.
- Dahan-Gaida L. (2020) L'imagination visuelle dans l'invention scientifique : schèmes, images de pensée, diagrammes. In : Imaginarios Tecnoscintíficos, organizadores Juliana Michelli S. Oliveira, Rogério de Almeida, David Sierra G., FEUSP Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, vol 1, 17-36.
- Einstein A. (1905) Sur l'électrodynamique des corps en mouvement. Gauthier Villars, 1972, Livre 1, 5-57, 1972.
- Galilée (1632) Dialogue concernant les deux plus grands systèmes du monde. Points Sciences, Paris, 2000.
- Granger G.G. (1992) La vérification, Odile Jacob, 320 p.
- Guy B. (2010) Le temps géologique. Les longues durées de l'histoire de la terre, conférence Société française de physique 2002, <hal-00530143>.
- Guy B. (2011) Penser ensemble le temps et l'espace, *Philosophia Scientiae*, 15, 3, 91-113.
- Guy B. (2016) Relier la mécanique quantique et relativité générale ? Réflexions et propositions, <hal-00872968>.
- Guy B. (2018a) Sur l'identité des relations spatiales et des relations temporelles : une clé pour reprendre des problèmes de la physique, <hal-01870027 >.
- Guy B. (2018b) Les sciences humaines et sociales et la trilogie temps / espace / mouvement, <hal-01870014> et revue *Cosmopolis*, 2020, 1-2.
- Guy B. (2019) *ESPACE = TEMPS. Dialogue sur le système du monde*. Paris : PENTA Editions, 232 p.
- Guy B. (2020a) Quelles images pour sortir de l'espace et du temps ? in: *Imaginarios Tecnoscintíficos*, organizadores Juliana Michelli S. Oliveira, Rogério de Almeida, David Sierra G., FEUSP Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, vol 1, 92-121.
- Guy B. (2020b) La transformation de Lorentz, le temps et l'espace. Généralisation du facteur gamma en fonction du mouvement caché dans les horloges, communication congrès général Société française de Physique, Nantes, <hal-02068970>.
- Guy B. (2020c) Flèches du temps et de l'espace. Une compréhension du second principe de la thermodynamique. *Entropie*, 1, 1, 27 p.
- Guy B. (2021a) On the cross-fertilization of the foundations of thermodynamics, quantum mechanics and relativity theory, Invited, Minisymposium: "Foundation, theories and philosophy of thermodynamics, Joint European Thermodynamics Conference, <hal-03259573>.
- Guy B. (2021b) Le mouvement précède l'espace et le temps. Où le montrer ? Comment le dire ? <hal- 03364629>, 23 p.
- Harari Y.N. (2011) Sapiens. Une brève histoire de l'humanité. Albin Michel, 2015, Paris, 508 p.
- Jullien F. (2001) Du « temps ». Elements d'une philosophie du vivre. Grasset. 214 p.
- Jullien F. (2017) Dé-coïncidence. D'où viennent l'art et la science, Grasset, 162 p.
- Kant E. (1781) Critique de la raison pure. Garnier Flammarion, Paris, 1976, 720 p.
- Le Ru V. (2012) Le temps, la plus commune des fictions, PUF, Paris, 192 p.
- Lobo C. (2021) *Locus communis*. De la crise des sciences à l'analytique de l'évidence technique. Pour une critique de la raison logique élargie et approfondie. Accademia Vivarium Nostrum, Frascati, Rome, *In defesa dell'uomo*, 25 p.
- Mach E. (1903) La mécanique. Exposé historique et critique de son développement. Hermann 1904 ; J. Gabay, 1987. 500 p.

- Magueijo J. (2003) Plus vite que la lumière, Dunod, Paris, 324 p.
- Merleau-Ponty M. (1945) Phénoménologie de la perception, Gallimard 2020, 540 p.
- Morin E. (1990) *Introduction à la pensée complexe*. Paris : Le Seuil.
- Morin E (2013) Mes philosophes, Fayard/Pluriel, 192 p.
- Newton I. (1687) Mathematical principles of natural philosophy, Encyclopedia Britannica, 1952.
- Pascal B. (1662) Pensées. Texte établi par Louis Lafuma. Point, 2018.
- Piaget J. (1967) La construction du réel chez l'enfant, Delachaux et Niestlé, Neuchatel, 342 p.
- Poincaré (1905) La valeur de la science, Flammarion, Champs sciences 2011, 190 p.
- Popper K. (1984) *L'univers irrésolu, plaidoyer pour l'indéterminisme*, édition Hermann.
- Rovelli C. (2018) L'ordre du temps, Flammarion, 280 p.
- Rosanvallon J. (2018) « De la variation pure à l'espace-temps ». *Séminaire du Collège international de philosophie*.
- Smolin L. (2000) Three roads to quantum gravity, a new understanding of space, time and the universe. Science Masters, Phoenix.
- Smolin L. (2006) The trouble with physics. The rise of string theory, the fall of a science and what comes next. Penguin Books.
- Vaihinger H. (1923) *La philosophie du comme si*. Préface et traduction de Christophe Bouriau. Nancy : Philosophia Scientiae, Cahier spécial 8, 2013.
- Virole B. (2009) Surdité et sciences humaines, L'Harmattan, 169 p.
- Zahar F.C. (2016) L'éternité du mouvement chez Ibn Bagga (AVEMPACE) : de la définition générique à la définition numérique. Le commentaire aux chapitres 1 et 2 du livre VIII de la Physique. Les Etudes philosophiques, 2016/2, 162, 161-216.
- Zahar F.C. (2021) Quelques éléments de physique et de cosmologie aristotéliennes, note inédite, 10 p.

Annexe 1. Quelques citations en philosophie de la connaissance

Les citations des auteurs suivants (classés par ordre alphabétique) illustrent à leur façon les deux éléments saillants de l'épistémologie en jeu dans notre compréhension des questions de temps, espace et mouvement : a) l'approche relationnelle (qui concerne la comparaison mobilité / immobilité) ; b) l'incarnation de la connaissance : des gestes, ou du corps, aux mots. Certains extraits, assortis de commentaires, portent explicitement sur notre trilogie d'étude²³.

Gilles Gaston Granger (La vérification, 1992)

Consécutivement, et même synchroniquement, on constate de nombreux cas où l'explication scientifique admet plusieurs modèles pour un même domaine phénoménal. Cette pluralité est-elle le signe que nous n'atteignons jamais que des apparences ?

La vérification scientifique, outre son sens trivial d'élimination des illusions et des erreurs immédiatement décelables, consiste donc en une mise à l'épreuve, le plus souvent très médiate, d'un parti pris de représentation de l'expérience.

Commentaire : dans le texte, nous ne parlons pas du pluralisme théorique (défendu également, en des termes différents, par Poincaré). A notre sens, cette conception de l'explication scientifique appuie le caractère conventionnel du choix de la paire {repère / mouvement de référence} à la source des définitions et mesures de l'espace et du temps.

Maurice Merleau-Ponty (Phénoménologie de la perception, 1945)

Tout ce que je sais du monde, même par la science, je le sais à partir d'une vue mienne ou d'une expérience du monde sans laquelle les symboles de la science ne voudraient rien dire. Tout l'univers de la science est construit sur le monde vécu et si nous voulons penser la science elle-même avec rigueur, en apprécier exactement le sens et la portée, il nous faut réveiller d'abord cette expérience du monde dont elle est l'expression seconde.

Commentaire : c'est une façon de souligner qu'il n'existe pas de concepts purs accordés au monde qui fassent l'économie de l'expérience vécue par l'homme (cf. l'axe vertical de notre diagramme). La phénoménologie nous donne de nombreux morceaux allant dans ce sens. On trouve aussi chez Montaigne (cité par A. Comte Sponville, 2020), chez Condillac (1746) des propos sur le rôle des sensations qui rejoignent les citations précédentes. Revoir aussi la citation de C. Lobo (2021) donnée dans la note 3.

Edgar Morin (Introduction à la pensée complexe, 1990)

Les modes simplificateurs de connaissance mutilent plus qu'ils n'expriment les réalités ou les phénomènes dont ils rendent compte.

L'ambition de la pensée complexe est de rendre compte des articulations entre domaines disciplinaires qui sont brisés par la pensée disjonctive (qui est un des aspects majeurs de la pensée simplifiante) ; celle-ci isole ce qu'elle sépare, et occulte tout ce qui relie, interagit, interfère.

²³ Répétons : ce ne sont que quelques jalons croisés sur notre route !

[Il nous faut] un paradigme de distinction / conjonction qui permette de distinguer sans disjoindre, d'associer sans identifier ou réduire.

Commentaire : dans son œuvre, Edgar Morin demande de bien repérer les interrelations ascendantes et descendantes entre les différents domaines disciplinaires ; cette vision vient en appui autant de la vision verticale (liens dans les deux sens des termes rencontrés) que de la vision horizontale relationnelle (ou complexe) en jeu dans notre diagramme.

Blaise Pascal (Pensées ; posthume, BP : 1623-1662)

Toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates, et toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties.

Commentaire : cette citation rejoint les précédentes d'Edgar Morin qui confesse (2013) sa dette à l'auteur des Pensées).

Henri Poincaré (La valeur de la science, 1905)

La science est un système de relations. C'est dans les relations seulement que l'objectivité doit être cherchée ; il serait vain de la chercher dans les êtres considérés comme isolés les uns des autres.

Commentaire : Henri Poincaré parlait déjà de relations, avant l'insistance contemporaine sur le sujet.

Hans Vaihinger (La philosophie du comme si; 1923)

Les concepts fondamentaux des mathématiques sont : l'espace, ou plus précisément l'espace vide, le temps vide, le point, la ligne, la surface, ou plus précisément les points sans extension, les lignes sans épaisseur, les surfaces sans profondeur, les espaces sans contenu. Tous ces concepts sont des fictions contradictoires. Les mathématiques reposent sur une base entièrement imaginative, c'est-à-dire sur des contradictions.

Le concept qui sert de base à toute la mécanique, celui d'un temps vide considéré comme un objet ferme et permanent (comme une « forme » dirait Kant) est une fiction basée sur une isolation abstraite et unilatérale. Il est instructif d'observer que l'espace et le temps vides sont des fictions indispensables à la fois à la mécanique et à la théorie de la connaissance.

Commentaire : l'apport de H. Vaihinger sur les fictions nous paraît fondamental. Nos contemporains connaissent davantage Harari (2011) insistant sur le rôle des fictions dans la marche des sociétés humaines (mais sans apparemment reconnaître sa dette à l'égard du philosophe allemand).

Benoît Virole (Surdité et sciences humaines, 2009)

Les indications gestuelles de l'orientation extérieur / intérieur, la localisation sur la tête et les flexions sur le mouvement permettent une simulation beaucoup plus objective que les langues orales, c'est-à-dire

plus proche du processus dynamique par lequel nous pouvons décrire le concept de compréhension. La représentation gestuelle symbolise concrètement l'abstrait.

La langue des signes, utilisant les trois dimensions de l'espace, permet l'expression d'un niveau cognitif plus proche de la constitution de l'objectivité que les langues orales. Au cours de leur évolution, celles-ci se sont adaptées aux contraintes du canal audiophonatoire.

Commentaire : L'épistémologie des signes et mouvements précède l'épistémologie des mots

Annexe 2. Quelques citations sur les thèmes de l'espace, du temps et du mouvement (à la croisée de la physique et de la philosophie)

Nous donnons ici quelques citations des auteurs nommés dans le corps de l'article (avec des commentaires supplémentaires). Nous rajoutons des auteurs (Thomas d'Aquin, Galilée, V. Le Ru, J. Magueijo) pour leur apport à ces questions. L'ordre est ici alphabétique (au contraire du texte principal).

Thomas d'Aquin

(Somme théologique, 1273 ; question X, art. 6).

La vraie raison de l'unité du temps, c'est l'unité du mouvement premier, mouvement qui, étant le plus simple de tous, mesure tous les autres, comme il est dit dans la Métaphysique d'Aristote.

(Quaestiones disputatae De veritate, 1257)

Nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu (rien n'est dans l'intellect qui n'ait d'abord été dans les sens)

Commentaire : la première citation nous renvoie explicitement à Aristote, mais nous ne connaissons pas suffisamment Thomas d'Aquin pour préciser sa lecture du philosophe grec. La seconde citation dont le père réputé est aussi Aristote (et aurait dû être rangée dans l'Annexe 1 pour son caractère général), nous rappelle que les rapports entre intellection et sensation sont discutés depuis plusieurs siècles (est-ce une préfiguration de la phénoménologie ?).

Aristote (Physique ; IV^e siècle avant JC)

Le temps est le nombre du mouvement, selon l'antérieur et le postérieur.

... les êtres naturels portent tous en eux un principe de mouvement et de repos.

La nature doit donc être considérée comme un principe et une cause de mouvement et de repos, pour l'être où ce principe est primitivement et en soi, et non par simple accident

Commentaire : on peut voir les deux dernières citations comme une définition de la physique.

Chine (François Jullien, Du temps, 2001)

La Chine a pensé le « moment » saisonnier et la « durée » des processus, mais non pas une enveloppe qui les contiennent également tous les deux et qui serait le temps homogène – abstrait.

Si la Chine n'a pas appréhendé la nature en termes de mouvement, c'est qu'elle l'a conçue à partir, non pas de corps individuels voués au mouvement, mais de facteurs en corrélation, se constituant en pôles : les énergies yin et yang, dont découle une interaction sans fin.

Les Chinois ont préféré voir (...) dans le Temps un ensemble d'ères, de saisons ou d'époques ; dans l'Espace un complexe de domaines, de climats et d'orient.

Le temps et l'espace ne sont pas dissociables l'un de l'autre : aux portions du temps répondent des parties de l'espace, leurs emblèmes sont communs.

Ces deux notions [espace et temps] n'ont pas été conçues comme un temps et un espace abstraits, détachés du monde physique ; les deux termes, désignant tous deux originellement des parties du toit, ne sont pas séparées l'un de l'autre ni non plus affranchis de leur support, ils signifient plutôt : « le monde en tant qu'il s'étend » et « le monde en tant qu'il dure ».

Commentaire : dans cet ouvrage, François Jullien pose la question : « fallait-il penser le temps ? »

Albert Einstein (Sur l'électrodynamique des corps en mouvement, 1905)

Si un point matériel se trouve au repos relativement à ce système de coordonnées, sa position par rapport à ce dernier peut être déterminée au moyen de règles rigides, en faisant usage des méthodes de la géométrie euclidienne.

Tous nos jugements dans lesquels le temps joue un rôle sont toujours des jugements sur des événements simultanés (...). Il semblerait qu'on pourrait écarter les difficultés concernant la définition du « temps » si l'on substituait à ce dernier terme l'expression « position de la petite aiguille de la montre ». Une telle définition suffit en effet si elle concerne uniquement le lieu où se trouve l'horloge ; mais elle ne suffit plus lorsqu'il s'agit d'établir un rapport de temps entre des séries d'événements qui se déroulent en des lieux différents.

Commentaire : à de nombreuses reprises Einstein annonce que dans les différents repères et en tous lieux, il faut utiliser des horloges « de même construction ». Ces dernières sont supposées ponctuelles.

Galilée (Dialogue concernant les deux plus grands systèmes du monde, 1632 ; cité par V. le Ru, 2012)

Il n'est peut-être rien dans la nature d'antérieur au mouvement

Commentaire : on trouvera dans Balibar (1984) une discussion intéressante sur la contribution de Galilée à la compréhension du mouvement et sa nouveauté par rapport à Aristote.

Emmanuel Kant (Critique de la raison pure, 1781)

Espace et temps sont les cadres a priori de toute description de notre expérience.

L'espace est une représentation nécessaire a priori qui sert de fondement à toutes les intuitions externes.

Le temps est une représentation nécessaire qui sert de de fondement à toutes les intuitions.

Commentaire : parler d'intuition, de représentation, d'expérience, c'est renvoyer à l'homme.

Véronique Le Ru (Le temps, la plus commune des fictions, 2012)

Si tout me porte à croire dans l'expérience quotidienne que l'espace n'a rien à voir avec le temps, pourtant dans mon corps propre, je sais que quelque chose résiste à cette séparation.

Je suis un processus dans un ensemble de processus (...). Porter mon attention sur l'ondoiement du monde autour de moi (...). Vivre à propos m'apprend à ne plus être happée par la force du futur.

Nul ne sait ce qu'est le temps sinon une figure d'imposture existentielle imposée à la conscience (...). En réalité la fabrique du temps participe à une logique et à une volonté de domination.

Commentaires : selon V. Le Ru, la construction du temps s'identifie à la mathématisation du mouvement par Galilée et Newton. Après avoir comparé des mouvements les uns aux autres (mouvement d'un corps / mouvement de l'eau dans la clepsydre) Galilée sépare le temps du mouvement.

Ersnt Mach (La mécanique, 1903)

Le temps est bien plutôt une abstraction à laquelle nous arrivons par ces variations mêmes.

Un mouvement peut être uniforme par rapport à un autre, mais se demander si un mouvement est uniforme en soi n'a aucune signification.

Nous choisissons pour mesurer le temps un mouvement arbitrairement choisi, d'allure sensiblement parallèle à notre sensation de temps ; tel est par exemple l'angle dont la terre a tourné (...). Il s'agit simplement d'établir la dépendance mutuelle des phénomènes.

Commentaire : les mises en italiques sont de l'auteur (ici non en italiques !). Dans ses propos, Mach use à la fois de la dimension relationnelle et de la dimension d'incarnation (cf. sensation de temps).

Joao Magueijo (Plus vite que la lumière, 2003)

De ce point de vue, il paraissait que postuler cette constance [de la vitesse de la lumière] n'était qu'une convention, une définition de l'unité de temps qui assure alors la vérité du postulat. Le célèbre postulat d'Einstein n'était-il qu'une tautologie ?

Commentaire: J. Magueijo entrevoit le caractère circulaire du Second postulat de la relativité, peu exploité par les auteurs.

Isaac Newton (Mathematical principles of natural philosophy, 1687; translated by Andrew Motte)

Absolute, true, and mathematical time, of itself, and from its own nature, flows equably without relation to anything external, and by another name is called duration: relative, apparent, and common time, is some sensible and external (whether accurate or unequable) measure of duration by the means of motion, which is commonly used instead of true time; such an hour, a day, a month, a year.

Absolute space, in its own nature, without relation to anything external, remains always similar and immovable. Relative space is some movable dimension or measure of the absolute spaces; which our senses determine by its position to bodies; and which is commonly taken for immovable space.

Commentaire: comme nous l'avons dit dans le texte principal, le rôle des « absolus » de Newton subsiste comme de très fructueuses fictions, malgré les évolutions apportées depuis par la théorie de la relativité.

Henri Poincaré (La valeur de la science, 1905)

C'est le jour sidéral, c'est-à-dire la durée de rotation de la terre, qui est l'unité constante de temps.

L'astronome a commencé par admettre que la lumière a une vitesse constante... Ce postulat ne pourra jamais être vérifié directement par l'expérience.

On a souvent observé que si tous les corps de l'univers venaient à se dilater simultanément et dans la même proportion, nous n'aurions aucun moyen de nous en apercevoir, puisque tous nos instruments de mesure grandiraient en même temps.

Localiser un objet, cela veut dire simplement se représenter les mouvements qu'il faudrait faire pour l'atteindre. (...) Il s'agit de se représenter les sensations musculaires qui accompagnent ces mouvements et qui ne présupposent pas la préexistence de la notion d'espace. (...) Les mouvements de notre corps ont un rôle prépondérant dans la genèse de la notion d'espace.

Il faut examiner les cadres dans lesquels la nature nous paraît enfermée et que nous nommons le temps et l'espace. Leur valeur est relative : ce n'est pas la nature qui nous les impose, c'est nous qui les imposons à la nature parce que nous les trouvons commodes.

L'expérience ne peut décider entre Euclide et Lobatchevsky. Les expériences ne nous font connaître que les rapports des corps entre eux ; aucune d'elles ne porte, ni ne peut porter, sur les rapports des corps avec l'espace, ou sur les rapports mutuels des diverses parties de l'espace.

Commentaires : pour Poincaré l'expérience psychologique du temps (avec l'avant, le pendant et l'après) est évidente. Il faut ensuite construire un temps physique par la mesure, en s'appuyant sur un même phénomène dans les mêmes conditions ; on n'a pas là une manière vraie de mesurer le temps mais une manière commode. Et on oublie les conventions à la base de ces représentations qui miment celles d'une intelligence infinie (mais cette intelligence suprême n'est que celle d'un demi-dieu...).

Ce que Poincaré appelle un phénomène se traduit *in fine* toujours par un mouvement dans l'espace et le rythme constant choisi pour le temps suppose implicitement une même amplitude d'espace (non exploité par Poincaré). A propos de l'espace, Poincaré parle aussi de « sensations musculaires » ; au total, si l'on tient compte de la référence à la conscience et à l'intuition (pour le temps), c'est bien sur la connaissance du « corps » que Poincaré s'appuie.

A un autre endroit de *la Valeur de la Science*, Poincaré parle de notre situation dans un morceau d'espace comme dans une pièce aux murs immobiles. Seul le mouvement relatif par rapport aux parois est connu. Dans cette expérience de pensée, ainsi que dans celle de la dilatation possible de tous les corps de l'univers (citation ci-dessus), on peut se demander : dans quelle espace pense-t-on ces mouvements, ces dilatations ? Réponse : elles sont implicitement immergées dans un espace plus grand où l'on puisse se prononcer sur la mobilité ou immobilité des parois de la pièce, des instruments, etc. C'est un espace fictif.

Carlo Rovelli (2018)

Un monde sans espace et sans temps. L'espace et le temps usuels que nous utilisons vont tout simplement disparaître de l'image physique de base du monde, de la même façon que la notion de « centre de l'univers » a disparu de l'image scientifique du monde.

Le monde est subtilement discret, il n'est pas continu. (...) Une fois que l'on comprend que l'espace et le temps de Newton sont des entités physiques comme les autres, on s'attend naturellement à ce qu'ils soient, eux aussi, granulaires. (...) La sœur spatiale du temps de Planck est la longueur de Planck.

Longtemps nous avons essayé de comprendre le monde en termes d'une quelconque substance primaire.(...) Mais plus nous étudions le monde, moins il nous semble compréhensible en termes de quelque chose qui est. Il semble être bien plus compréhensible en termes de relations entre événements. (...) Nous comprenons le monde en étudiant le changement, pas en étudiant les choses. (...) Le prototype d'une chose est une pierre : nous pouvons nous demander où elle sera demain.

Des « quanta d'espace ». Ces grains élémentaires ne vivent pas immergés dans l'espace : ils forment l'espace.

Je crois que c'est ce temps thermique –et quantique- qui est la variable que nous appelons « temps » dans notre univers réel, dans lequel une variable temps n'existe pas au niveau fondamental.

Commentaire : les propos de C. Rovelli reflètent des idées souvent entendues aujourd'hui parmi les physiciens. Ils appellent de nombreux commentaires. *Disparition de l'espace et du temps* : il s'agit de l'espace et du temps usuels... Il reste à savoir par quoi on va les remplacer et comment l'image ancienne est repérable dans l'image nouvelle. *Granularité de l'espace et du temps* : apparemment, on continue de s'appuyer sur l'espace et le temps anciens de Newton, qui vont se trouver « granularisés ». *Comprendre en termes de relations* : nous ne pouvons qu'adhérer à cette option, tout en remarquant qu'elle ne semble pas appliquée. En se tenant à la quantification et à la genèse des grains élémentaires qui forment l'espace, on n'a pas là, comme nous l'avons dit, d'approche relationnelle : les grains d'espace ont une saveur substantielle, tout comme les pierres évoquées par l'auteur (pour celui qui a fait un peu de géologie, il est aisé de savoir que la pierre que l'on voit n'est que l'instant fugitif d'une incessante transformation, en relation à une variété de phénomènes, certes à une échelle non humaine). La quantification doit se comprendre de façon relationnelle. *Temps thermique* : comme nous l'avons dit dans le texte principal, le lien supposé indissociable avec l'espace dans la relativité est malmené dans cette émergence.

Lee Smolin (Three roads to quantum gravity, 2000. The trouble with physics, 2006)

No time without change. (...) The world is never still. (...) Motion and change are primary. (...) There are relatively fast processes and relatively slow processes.

There is a deeper level of reality where space does not exist; this is taking background independence to its logical extreme.

More and more, I have the feeling that quantum theory and general relativity are both deeply wrong about the nature of time. It is not enough to combine them. There is a deeper problem.

Commentaire: le premier groupe de citations est tiré du livre de 2000, les deux suivantes du livre de 2006. Lee Smolin est ici proche de certains de nos propos. Mais se pose la question : dans quel espace dire ces mouvements primaires ? Le caractère de « background independence » signifie qu'une théorie n'a pas besoin d'un cadre extérieur d'espace et de temps, elle le fabrique elle-même : oui, bien sûr, c'est ce qu'il faut ! A

propos de la combinaison de la mécanique quantique et de la relativité générale, et de la question du temps, c'est précisément en revoyant cette question et son articulation avec celle de l'espace et du mouvement, que nous sommes amené à faire des propositions nouvelles. D'autres propos de Smolin mériteraient d'être rapportés : certains fort semblables à ceux de Rovelli appelleraient les mêmes remarques.

FIGURES

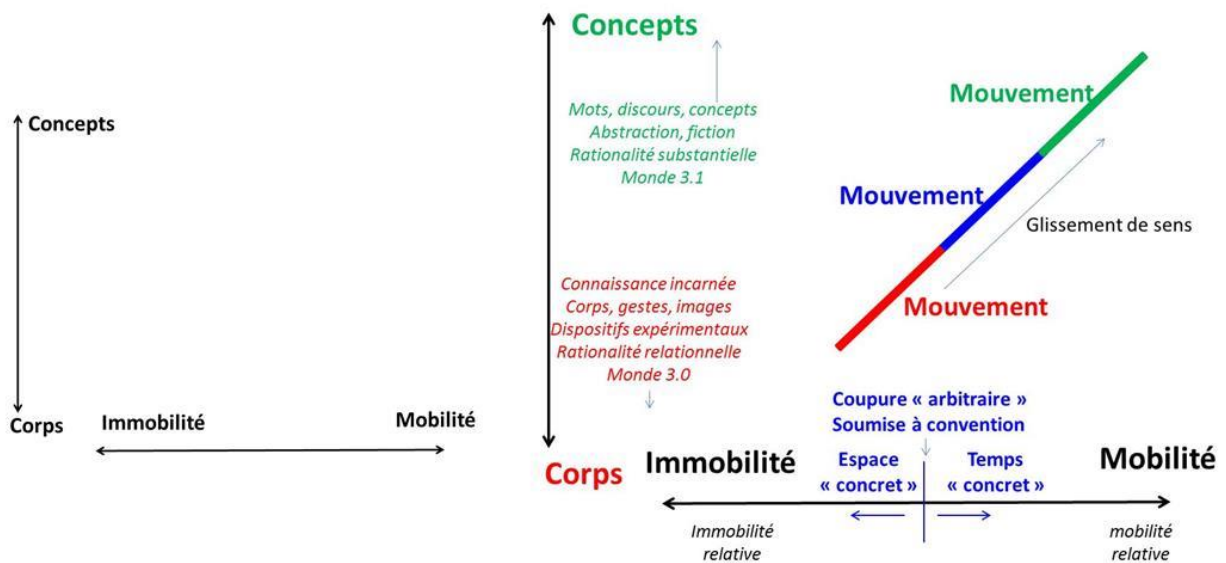


Figure 1. Deux dimensions utiles pour notre discussion

A gauche (1A) de façon élémentaire le squelette des deux dimensions : verticale (concepts / corps), horizontale (mobilité / immobilité). A droite (1B), représentation plus étoffée comme suit.

Axe horizontale : dimension relationnelle, opposant mobilité à immobilité ; ou mieux, ce qui va moins vite à ce qui va plus vite, cf. le qualificatif de relatif (germes de l'espace et du temps qualifiés de concrets ou de physiques ; après une séparation à un lieu variable soumis à convention).

Axe verticale : dimension d'incarnation, voyant tout un continuum entre une connaissance dans le corps (vers le bas) et dans des concepts plus abstraits (vers le haut). Les différents mots regroupés long de l'axe vertical (mots, discours... / corps, gestes...) ne sont pas synonymes.

Glissements de sens et codes de couleur : suivant la position dans le plan, les mêmes mots peuvent avoir des sens différents. Nous mettons des couleurs dissemblables aux mots suivant les niveaux d'altitude où ils se situent : en rouge, vers le bas, pour l'incarnation dans le corps ; en bleu après de premières comparaisons et conventions, dans une position médiane ; en vert vers le haut, des concepts qui ont tendance à se séparer de leurs sources matérielles, jusqu'à des fictions (des intermédiaires de position et de couleur sont imaginables). Ainsi le mot « mouvement » aura dans les figures suivantes des sens différents suivant son altitude. Les glissements horizontaux pourraient se figurer par des degrés différents de la saturation des couleurs (nous ne le faisons pas).

Dans le texte, nous insistons sur la « montée » du sens depuis la connaissance du corps jusqu'aux concepts utilisés par l'esprit ; mais il est un autre mouvement, descendant, qui permet de donner un nom à ce qui se joue en bas grâce aux outils linguistiques fabriqués en haut. Cette ligne descendante vient boucler la circularité complexe (à la Morin) entre les différents niveaux.

Comme indiqué dans le texte (section 2), nous nous permettrons d'interpréter les propositions des auteurs de façon à les faire rentrer dans ce système de projection.

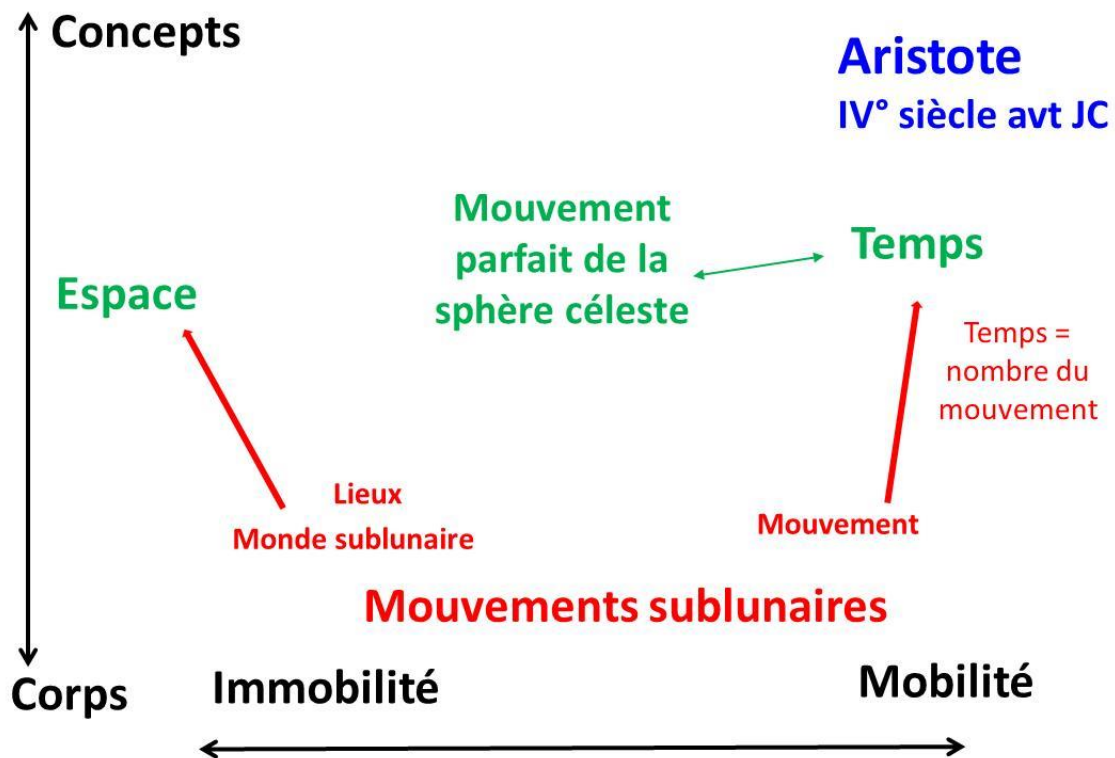


Figure 2. La vision d'Aristote (IV^o siècle avant JC)

Se reporter au texte. Nous avons noté la classification des mouvements suivant la nature des objets concernés et leurs lieux d'attache. La question de la dépendance entre temps et espace n'est pas envisageable, ni celle d'une rationalité relationnelle ou d'une dimension d'incarnation de la connaissance, au sens où nous l'entendons.

La Chine classique

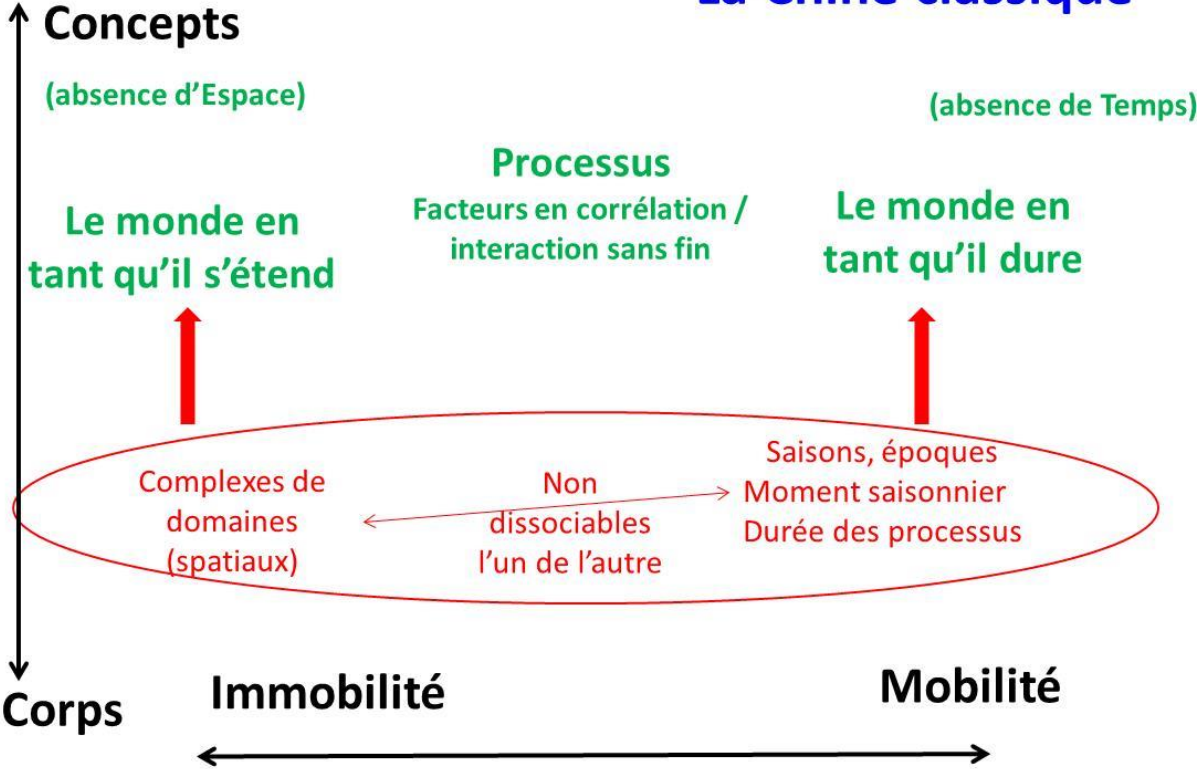


Figure 3. La compréhension en Chine classique

Se reporter au texte. Ce que nous appelons temps et espace ne sont pas dissociables en Chine classique.

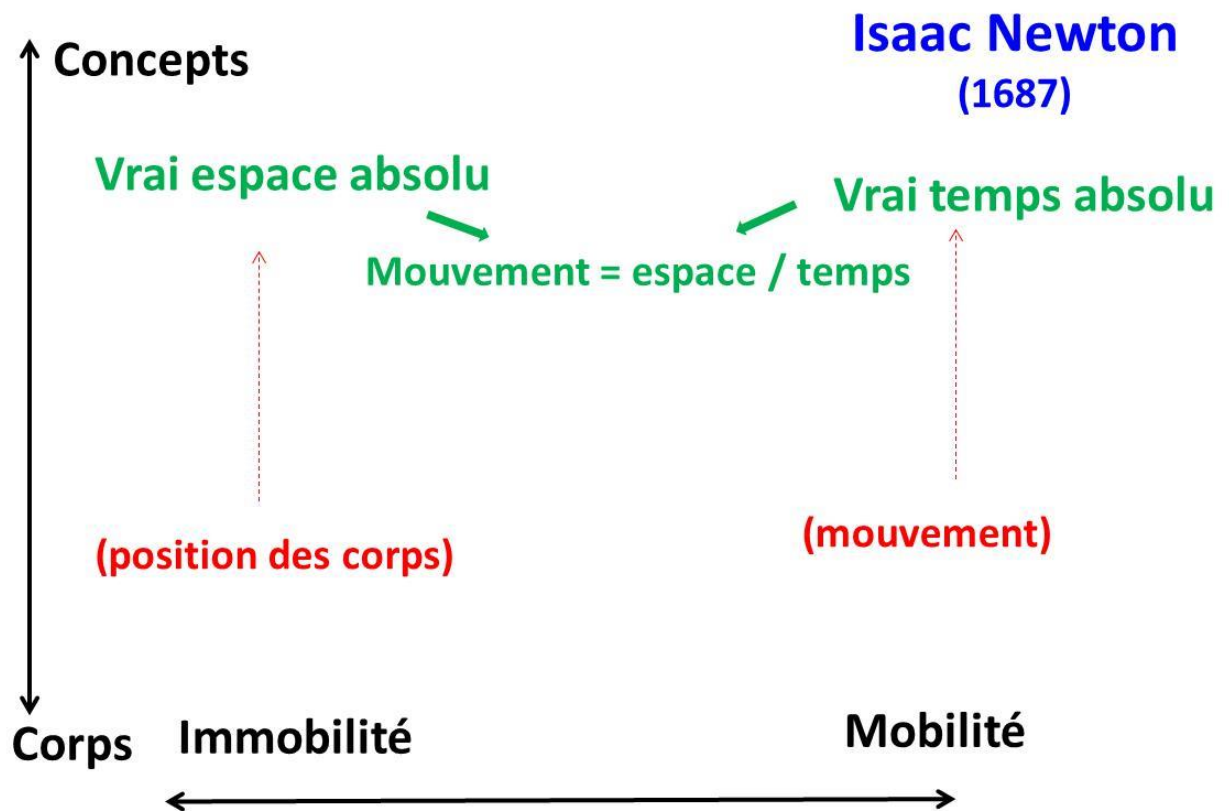


Figure 4. La vision de Newton (1687)

Telle qu'elle est exprimée dans les *Principia*. Newton s'oppose aux compréhensions premières du temps et de l'espace qu'il juge imparfaites, mais il ne conteste pas leur existence et s'appuie sur l'expérience, d'origine humaine au sens large, et il la purifie.

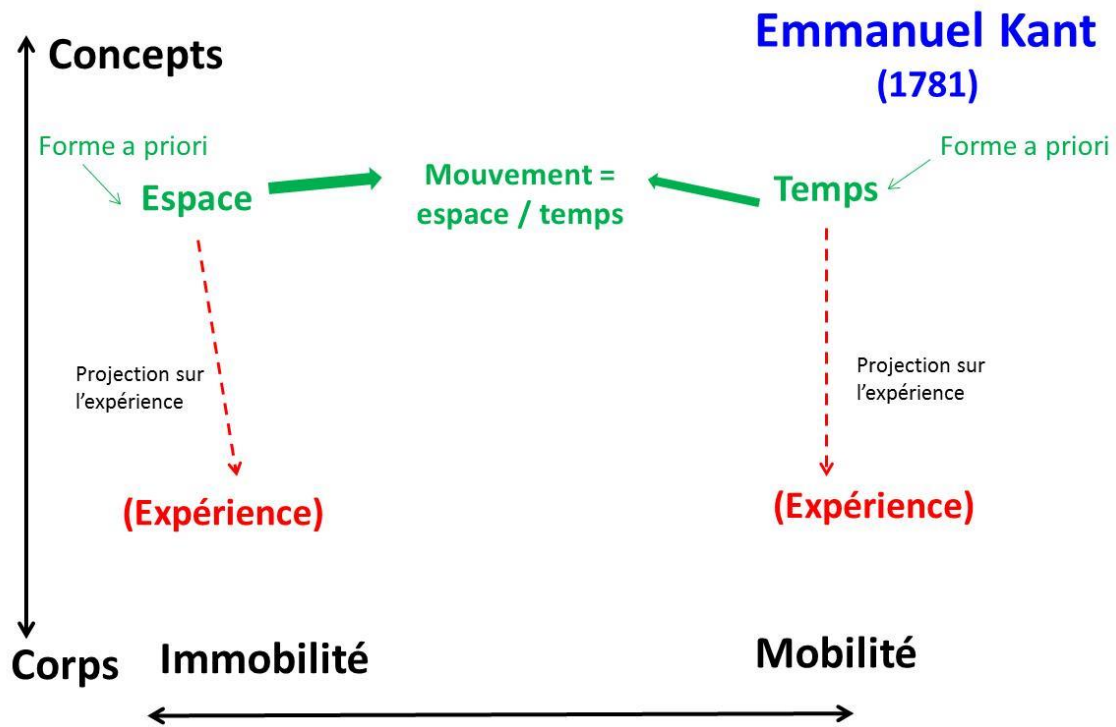


Figure 5. La vision de Kant (1781)

Telle qu'on peut la trouver dans la Critique de la raison pure. Les formes *a priori* constituent, d'après leur définition même, des points de départ non questionnés. C'est grâce à elles que l'on peut « redescendre » et parler de l'expérience. Ce mouvement descendant vient refermer le cercle complexe dont le trajet ascendant est montré dans les autres figures (pour Newton, le lien semblable, marqué par le trait pointillé vertical rouge, est vu comme « montant »).

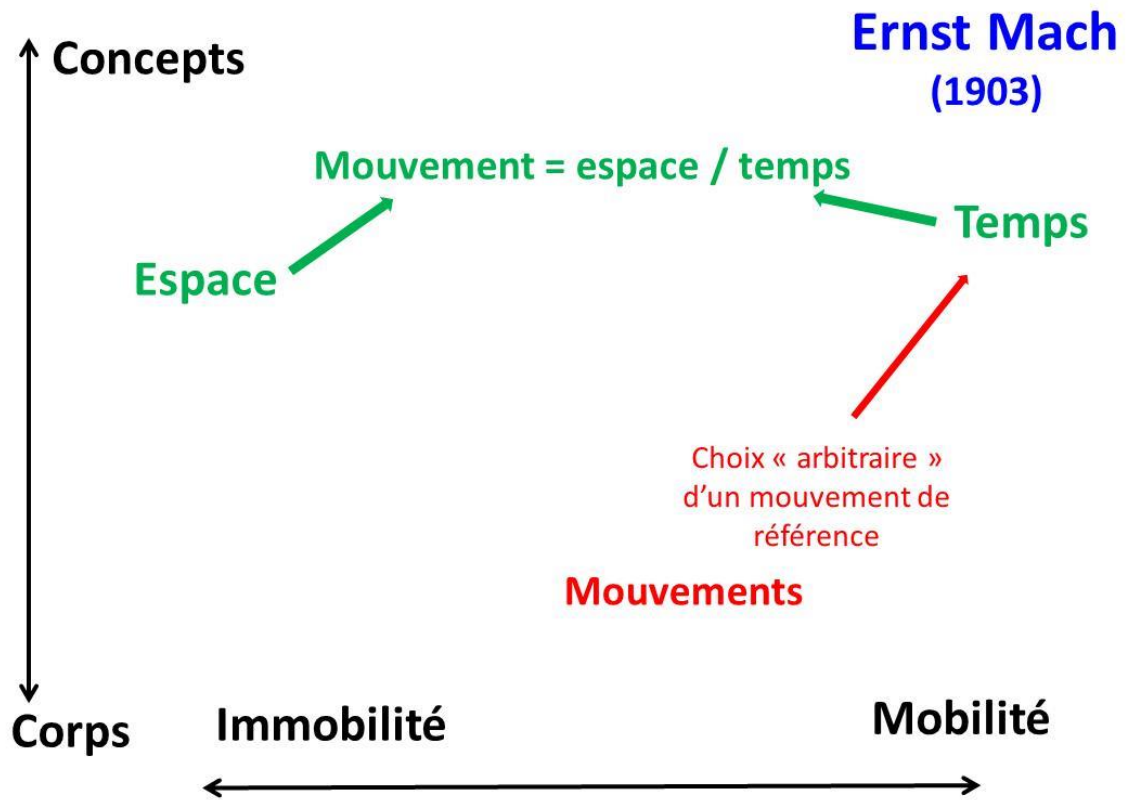


Figure 6. La vision de Mach (1903)

Telle qu'on peut la lire dans la Mécanique. On retiendra la compréhension de l'abstraction du temps à partir des mouvements observés dans le monde. On note l'absence de lien entre temps et espace.

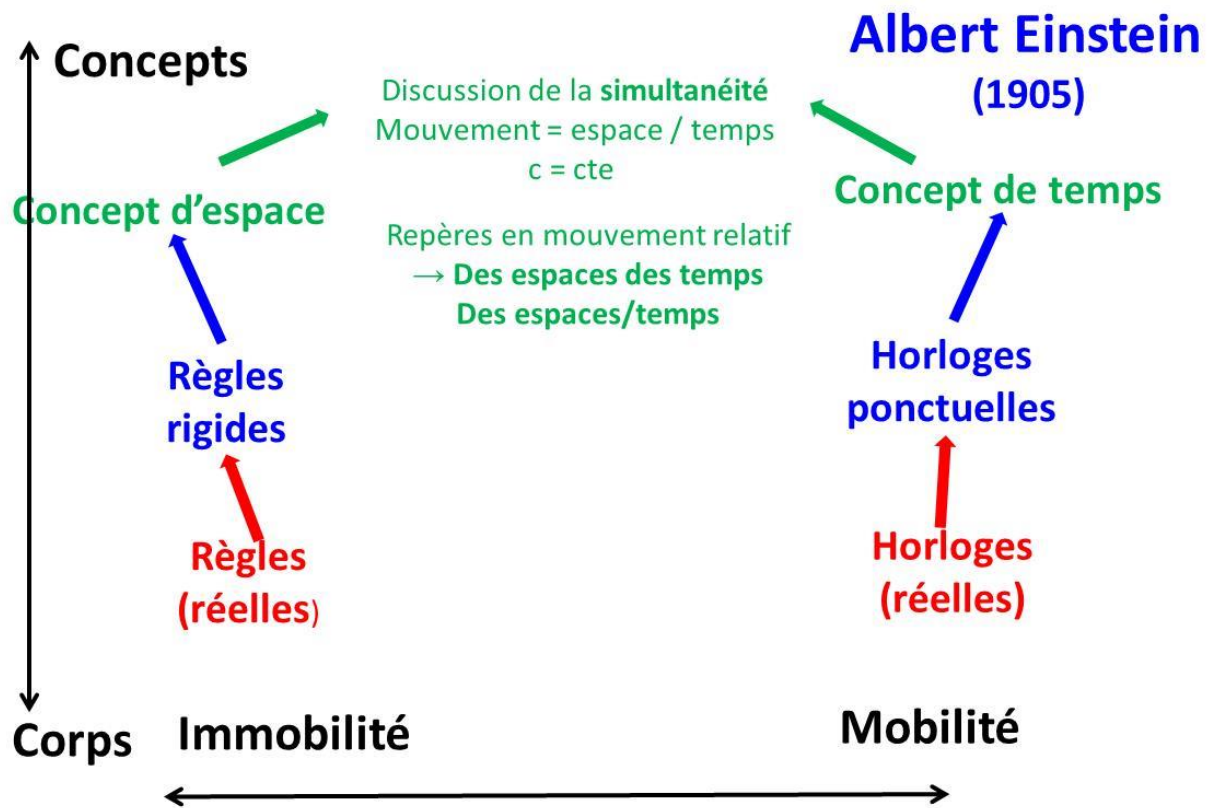


Figure 7. A. Einstein (1905)

Telle qu'exprimée dans l'article fondateur de 1905. Par rapport aux règles et horloges réelles, les règles rigides et les horloges ponctuelles représentent déjà une idéalisation. La notion d'espace-temps résulte d'un « collage » mathématique exprimé dans les transformations de Lorentz.

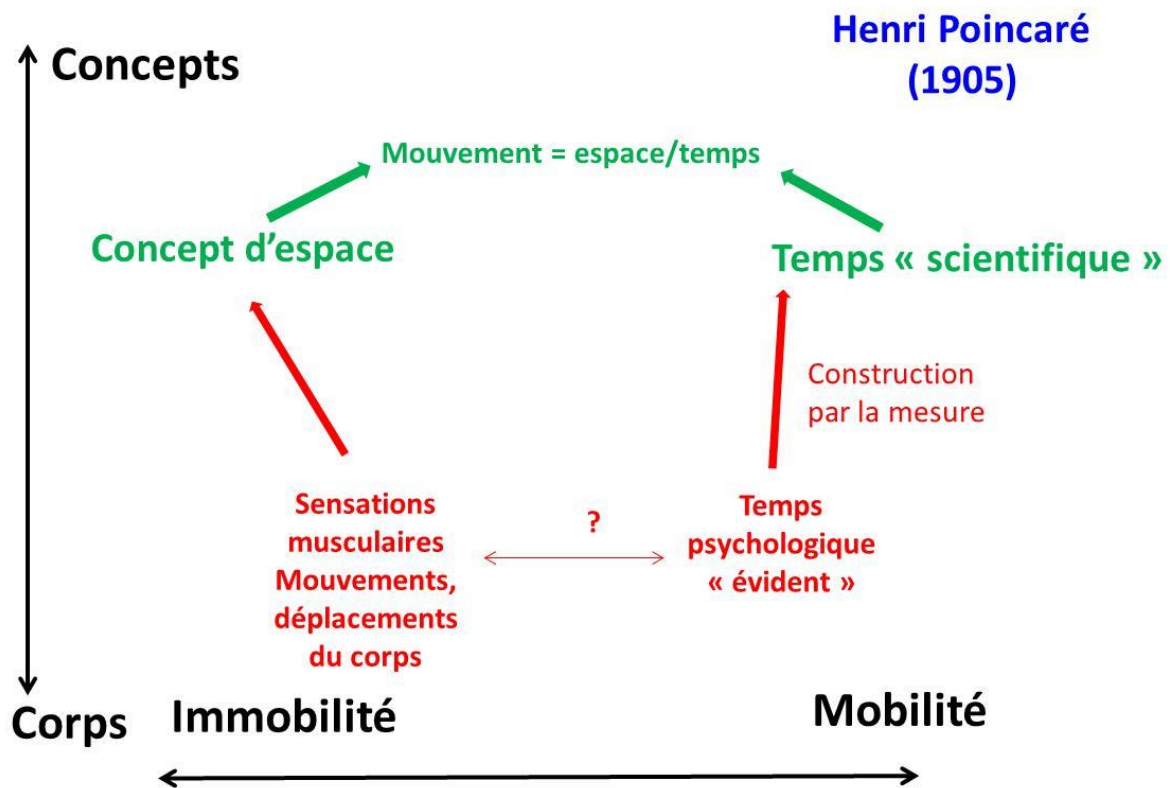


Figure 8. H. Poincaré (1905)

Proposition telle qu'on peut la lire dans le livre *La valeur de la science*. Poincaré est un de ceux qui parlent du corps ou de l'expérience humaine dans la fondation des concepts d'espace et de temps. On choisit pour la mesure du temps un phénomène « commode » dont on décide qu'il est l'étalon.

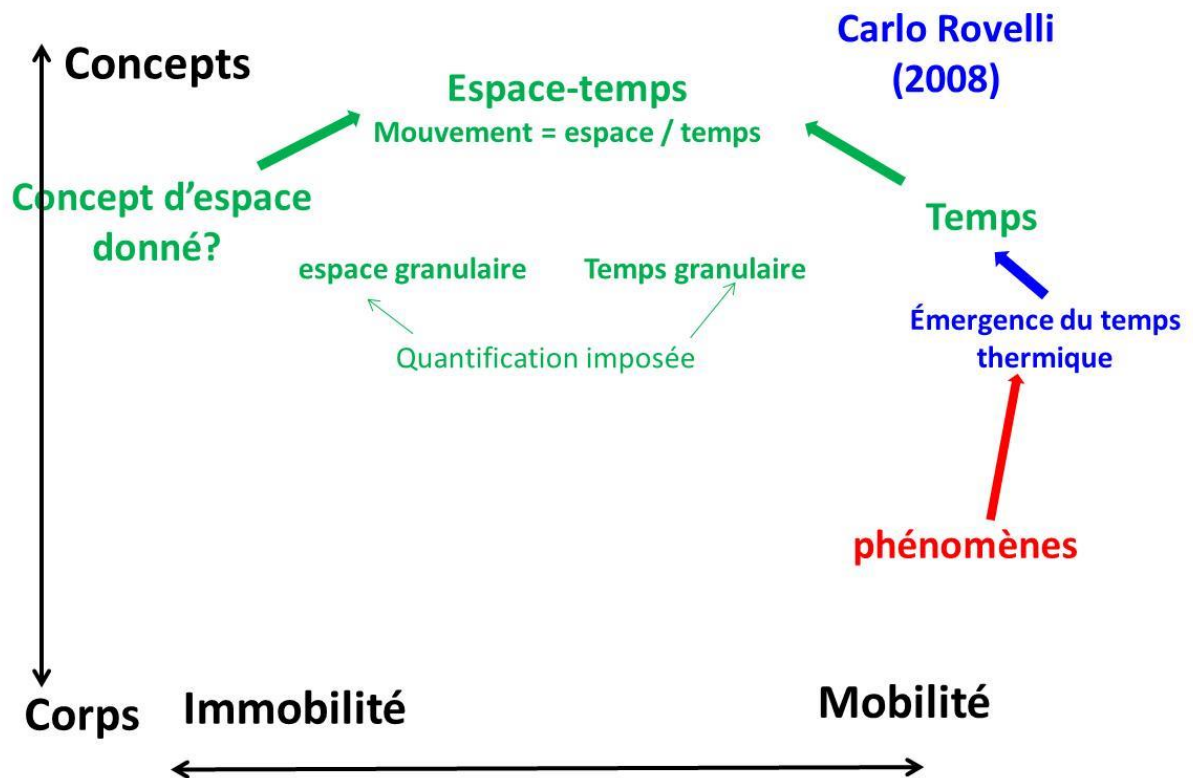


Figure 9. Carlo Rovelli (2018)

Connes et Rovelli (1994) proposent une émergence « thermique » du temps macroscopique à partir des phénomènes microscopiques. La quantification donnant leur granularité à l'espace et au temps apparaît comme une contrainte supplémentaire. La rationalité relationnelle (pourtant annoncée) ne semble pas mise en œuvre.

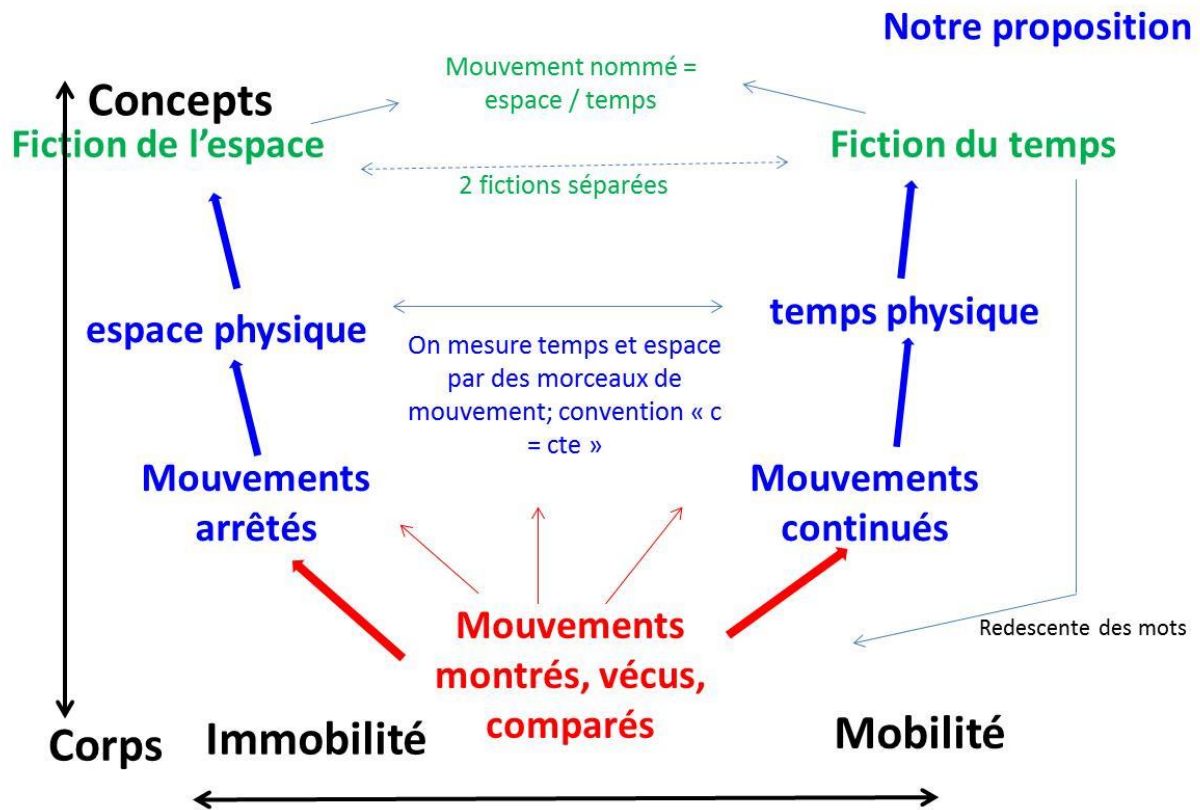


Figure 10. Notre proposition

Synthèse de nos travaux. L'étape « rouge » est un point de départ, situé dans la zone source que sont les mouvements vécus ; l'étape verte est un aboutissement où l'on fabrique deux fictions séparées. L'étape bleue est intermédiaire et voit la sélection de mouvements servant de base pour définir espace et temps concrets ou physiques. L'expression espace-temps pourrait être remplacée par « ensemble de trajectoires », ce sont elles qui permettent de définir les axes de coordonnées. Le trajet de la pensée est présenté ascendant. Le trajet descendant est le plus souvent implicite : c'est lui qui permet de tracer les mots bleus et rouges avec le vocabulaire vert (lui-même sommet de l'ascendance) ; nous l'avons figuré ici. L'expression « mouvement arrêté » lisible sur le dessin sonne comme un oxymore (nous pourrions user d'autres formules comme « mouvement stabilisé » ou..., qui heurtent moins le sens commun).

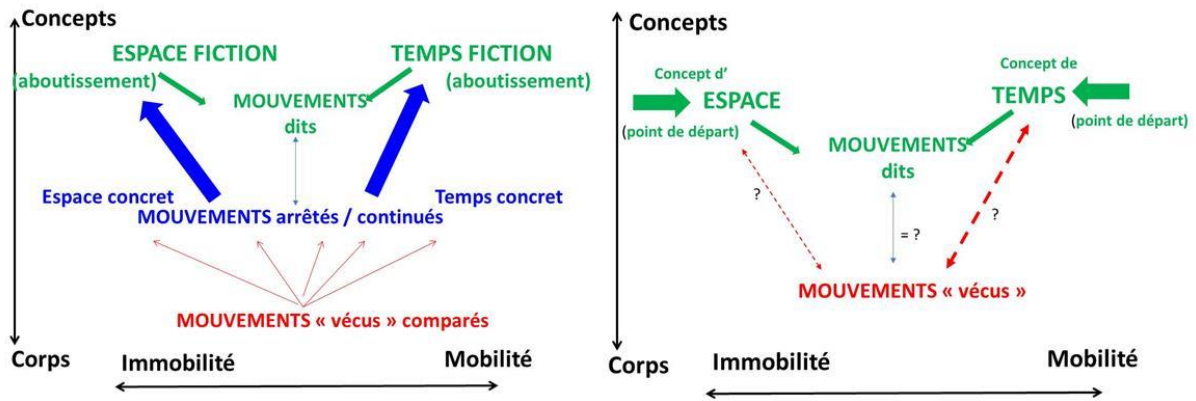


Figure 11. Eléments de synthèse

La figure 11A à gauche récapitule notre proposition, la figure 11B à droite fait une sorte de résumé de la compréhension standard actuelle. En A espace et temps sont d'abord entendus de façon concrète comme mouvements (c'est la source, étages rouge et bleu) avant de « devenir », comme aboutissement d'un processus de pensée, pures fictions au sens de Vaihinger.

Par contraste, en B, temps et espace apparaissent plutôt comme points de départ, qu'ils présentent ou non une parenté à préciser avec les mouvements. L'étape d'extraction, choix et convention à partir des mouvements est absente, les mouvements dits et vécus n'étant pas vus comme différents les uns des autres. L'absence de l'étage bleu en 11B manifeste surtout l'absence de l'usage de la rationalité relationnelle.

Comme dans les autres figures, les trajets en A sont présentés ascendants ; les trajets descendants sont implicites : ce sont eux qui permettent de tracer les mots bleus et rouges avec le vocabulaire vert (lui-même sommet des ascendances).