

Parler de l'espace et du temps au moment du big-bang (ou un peu avant)

Bernard Guy

▶ **To cite this version:**

Bernard Guy. Parler de l'espace et du temps au moment du big-bang (ou un peu avant). L'orgine de l'univers, 2016, Saint-Etienne, France. hal-01537569

HAL Id: hal-01537569
https://hal.science/hal-01537569

Submitted on 26 Jun 2017

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.

Parler de l'espace et du temps au moment du big-bang (ou un peu avant)

Bernard GUY

Ecole des Mines de Saint-Etienne, Institut Mines Télécom
UMR CNRS n° 5600 : Environnement, Ville, Société, Université de Lyon
LASCO (LAboratoire Sens et COmpréhension du monde contemporain) Idea Lab de l'Institut Mines Télécom
bernard.guy@mines-stetienne.fr

Conférence à l'Université Jean Monnet
Saint-Etienne, 1er décembre 2016.

Résumé

Le présent texte discute ce que l'on peut dire de l'espace et du temps au moment du big-bang. Après de brefs rappels sur notre compréhension du temps, à ne pas séparer de l'espace et du mouvement dans une pensée relationnelle (l'on ne peut que comparer entre eux différents mouvements pour définir, par opposition l'un à l'autre, espace et temps), sont examinés les points suivants : - la question de l'ancestralité (peut-on parler de temps avant la présence de l'homme sur terre ?) ; - la perte, au moment du big-bang, de la multiplicité des relations qui permettent de construire le temps et l'espace ; - la naissance du temps et de l'espace d'après Georges Lemaître ; - la discussion de l'entropie et de la thermodynamique au moment du big-bang ; - la compatibilité des lois de la physique (mécanique quantique et relativité générale) lors du big-bang ; - l'apport spécifique de la mécanique quantique. En conclusion, la philosophie de la connaissance a son rôle à jouer dans la discussion sur le sens donné aux mots temps et espace lors du big-bang, en complément aux données apportées par les sciences. Support d'une conférence faite à l'Université de Saint-Etienne.

Mots-clés : big-bang ; espace ; temps ; mouvement ; ancestralité ; théorie de la relativité ; mécanique quantique ; thermodynamique ; entropie ; Georges Lemaître ; philosophie de la connaissance ; pensée relationnelle ; principe anthropique ; multivers ; pluralisme théorique ; Henri Poincaré.

1. Introduction

Les propos qui suivent rentrent dans le cadre d'un cycle de conférences consacrées à *l'origine de l'univers*. Je ne discute pas pour l'instant le sens de ce mot *origine* : il suppose en premier lieu que nous faisons l'effort de remonter en pensée vers un passé éloigné. On peut se demander : pourquoi se retrouver pour discuter de l'origine de l'univers ? N'y-a-t-il pas d'autres problèmes plus urgents ? Celui du vivre ensemble par exemple ? Assurément ; mais il se trouve que cette question de l'origine de l'univers nous rassemble : très matériellement tout d'abord comme on le constate à l'occasion d'une conférence, mais aussi dans des liens plus cachés à révéler. Chacun de nous peut en effet partir du constat qu'il ne s'est pas créé lui-même. En remontant la chaine des causes, et si nous sommes patients, cela nous amène du côté du big-bang[1]. En redescendant, nous pouvons dire que chacun d'entre nous contient ou manifeste cette histoire de l'univers, en est une sorte de résumé. A la question pourquoi s'intéresser à son origine ? Nous pouvons répondre : nous dérivons de la même source, nous partageons une familiarité avec la nature, nous avons la même origine que d'autres êtres vivants, ou même que le soleil, cousin éloigné. Les autres sont porteurs du mystère du monde. En prenant un temps d'arrêt et de réflexion, nous pouvons approfondir le lien de fraternité qui nous rassemble.

Par quelles méthodes pouvons-nous accéder à un discours sur l'origine de l'univers ? Nous pourrions énumérer toute une série de méthodes, toute une série de mots-clés : astronomie, astrophysique, physique, théorie de la relativité générale, gravitation, électromagnétisme, mécanique quantique, géologie, biologie, mathématiques… Ce que nous pouvons dire en contemplant cette liste, c'est qu'il est difficile à une même personne de maîtriser tous ces domaines. Je ne suis moi-même qu'enseignant-chercheur en sciences de la terre et en physique. Je ne suis pas spécialiste du big-bang ! On a parlé de conférence-atelier, pour signifier que nous avons besoin des autres pour avancer sur ces questions difficiles et le lecteur a sûrement des lumières sur tel ou tel aspect utile. Peut-être pense-t-il que j'ai oublié tel aspect important. Voilà une autre raison qui nous relie : nous devons nous faire confiance dans la construction de nos connaissances…

Il se trouve en tout cas que j'ai oublié volontairement un angle d'attaque de cette question de l'origine de l'univers. Ce que j'ai oublié, c'est la philosophie, une réflexion seconde sur la

[1] Cette unicité d'origine à ce stade est en elle-même un facteur d'union ; s'il n'y avait pas ce big-bang, il pourrait y avoir des chances, certes minces, d'origines différentes !

connaissance, un recul critique sur la façon dont nous construisons nos connaissances. Il ne suffit pas de se demander comment nous pouvons ajuster au mieux les connaissances diverses fournies par différentes disciplines, de la biologie à la physique en passant par la géologie ou les mathématiques. Nous avons certainement besoin de nouvelles connaissances de ce type, toujours plus nombreuses et plus fines. Mais pour des questions du type : « le temps existe-t-il ? a-t-il ou non un commencement ? est-il fini ou infini ? », on sent bien qu'il ne suffit pas de construire de meilleurs microscopes ou de meilleurs télescopes (ni même de meilleures horloges). Ces questions sont à la limite des capacités de nos mots à parler du monde.

C'est ce que je peux peut-être apporter quant à moi d'un peu original et personnel sur le sujet ; je suis intéressé par la science mais aussi par la réflexion sur la science, sur nos modes de raisonnement, ce qu'on appelle aussi l'épistémologie. Nous verrons les limites intrinsèques de nos connaissances et ce sera une nouvelle façon encore de nous rejoindre : partager nos connaissances mais aussi leur fragilité (fragilité et humanité vont ensemble) je dirai irréductible, et plus généralement nos doutes, nos questions.

Quel sera notre plan ? Je commencerai par traiter spécifiquement cette question du temps que je relierai à celle de l'espace, et ce sera comme vous le verrez à l'intérieur d'un questionnement sur notre démarche de connaissance. Au passage nous verrons déjà quelques points qui se rapportent à notre discours sur l'univers. Je reviendrai ensuite plus directement sur ce qui concerne le big-bang et sur ce qu'on peut en dire du point de vue d'un discours sur le temps et l'espace.

2. Qu'est-ce que le temps ?

Ayant eu l'occasion de développer mon point de vue dans de nombreux textes[2], je ne reprends pas en détail mon propos. Dans ma compréhension, le temps n'existe pas. Il n'existe pas tout seul, comme substance autonome du monde. Il est abstrait à partir du monde, dont il ne peut, en dernière analyse, être séparé. Plus précisément pour moi, le temps est abstrait à partir du

[2] Voir par exemple, parmi de nombreux textes : Guy B. (2011) Penser ensemble le temps et l'espace, *Philosophia Scientiae*, 15, 3, 91-113. Guy B. (2016a) Le temps : son inexistence, ses autres propriétés <hal-01286466>. (2016b) « Relier la mécanique quantique et la relativité générale, réflexions et proposition » <hal-00872968v2>. Lors de la conférence devant l'Université Jean Monnet, cette section était développée à partir de commentaires d'œuvres d'artistes.

mouvement dans l'espace des entités matérielles (s.l.). Si je veux résumer, je dirai que le temps et l'espace sont de la même substance que j'appelle le mouvement. Temps et espace sont construits à partir de la variété des mouvements offerts à notre investigation, dans une pensée relationnelle[3] : l'espace sur les mouvements relatifs presque immobiles par comparaison à des mouvements plus rapides sur lesquels on construit le temps. On ne connaît pas le statut ultime d'immobilité des points matériels support de l'espace ni celui de mobilité des points matériels support du temps ; on ne connaît qu'une relation entre les deux : les uns bougent plus vite que les autres. Toute notre compréhension peut être reformulée en termes de mouvements relatifs, sans supposer l'existence d'un temps surplombant le monde et qui coulerait « tout seul »[4]. Mais l'utilisation du temps est bien pratique, il ne s'agit pas de le nier, et quand on abstrait le temps à partir des mouvements du monde, on construit un objet ayant des effets pragmatiques que l'on peut étudier et discuter.

On comprend que parler d'une histoire du monde, du big-bang à aujourd'hui, ne prouve pas l'existence du temps. L'existence d'une histoire ne prouve pas l'existence du temps, à quelque moment qu'on pose la question, que ce soit dans un passé reculé ou aujourd'hui. Il faut imaginer l'histoire de l'univers comme un enchaînement de mouvements, comme l'association d'un grand nombre de dominos-cascades, à différentes échelles, certaines très petites, d'autres plus grandes. Dans cette cascade de dominos-cascade, on ne peut que comparer des mouvements à d'autres mouvements, comparer des dominos cascade à d'autres dominos cascade. La question est d'élire, parmi tous les mouvements, un mouvement de référence, comme étalon à la fois pour les mesures d'espace et de temps. Le choix de l'homme va permettre d'affecter des chiffres à la longueur des morceaux de la chaîne qui nous mène à aujourd'hui à partir du big-bang (en définissant des vitesses de mouvements par comparaison à l'étalon). Il y aura toujours des hypothèses à faire sur la constance au cours du temps du mouvement étalon (aujourd'hui celui de la lumière dans le vide).

En résumé, 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, que le temps abstrait soit construit ou non. C'est ce qu'on appelle la question de l'ancestralité, problème de la compréhension du temps passé en l'absence

[3] Par opposition à une pensée substantielle où l'on se permet de regarder le monde de l'extérieur : le temps d'un côté, l'espace de l'autre.

[4] Les problèmes logiques posés par cette compréhension ont été abondamment discutés dans les articles cités plus haut et ceux qui y sont appelés (note 2).

d'observateurs pour construire le temps (en l'absence de conscience humaine pour héberger le temps, certains philosophes mettant le temps seulement là).

3. La construction du temps et de l'espace au moment du big-bang

Forts de cette mise au point, remontons en arrière jusqu'au big-bang. Nous ne retiendrons du big-bang que l'image d'un instant où toute la matière est concentrée, avant de se disperser dans l'espace lors de l'expansion de l'univers (cf. *l'atome primitif* au sens de Georges Lemaître dont nous parlerons plus loin). Nous ne regarderons pas en détail les différentes modalités de ce processus, ni toutes les questions connexes discutées aujourd'hui et qui peuvent poser question (« inflation », matière noire, énergie noire, accélération de l'expansion etc.). Cette simple image de dispersion à partir d'une concentration[5] m'apparaît retenir pour le moment l'aspect constitutif du big-bang. Notons que, en en parlant, je n'imagine pas en tout cas le big-bang comme un instant qui donnerait l'explication ultime de l'origine de l'univers. Non, le big-bang est « simplement » un épisode que l'univers a franchi, et qui est particulier pour toute une série de raisons. Il n'est pas hors sujet d'en parler, comme les autres orateurs l'ont fait, dans ce cycle de conférences sur les origines de l'univers car il se présente à nous quand nous remontons le temps et il a des caractères effectivement « originaux ».

Dans ce voyage en arrière en remontant vers le big-bang, notre discussion n'est pas affectée par le caractère plus ou moins ancien du passé, tant que nous sommes assurés de la multiplicité des objets qui nous permet de faire le travail de construction conjointe du temps et de l'espace. Toutefois lorsqu'on arrive au big-bang lui-même, ces raisonnements montrent certaines limites intéressantes. Sans rentrer dans la discussion de tel ou tel point technique, restons sur les aspects logiques qui nous guident ici : gardons l'image simple d'un « atome » unique et isolé regroupant l'ensemble de la masse de l'univers. Ce qu'il faut voir alors, c'est que, dans cette unité, dans cette unicité, on perd la multiplicité des relations qui nous permettait de construire, par opposition les unes aux autres, et le temps et l'espace. Lorsque nous contemplons par la pensée cet atome constitué comme tel, l'espace et le temps « concrets » n'existent pas. Il n'y a pas d'« ailleurs » pour dire que le temps passe, il n'y a pas d'« ailleurs » pour dire que l'espace existe.

[5] Cette image est contestable dans la mesure où elle laisse imaginer un espace « préalable » qui va accueillir cette dispersion.

Nous dirons donc : oui, le big-bang a quelque chose de particulier en ce qui concerne la construction même de l'espace et du temps. Il vient nous bloquer dans notre démarche à rebours. Il faut attendre l'éclatement et le morcellement de l'« atome » primitif pour pouvoir parler d'espace et de temps. Le temps a une valeur non substantielle mais relationnelle, et l'on perd les relations qui permettent de le construire. L'espace est aussi concerné : sans déplacement d'objet autre que celui de l'atome primitif, pas de parcours de cet espace, pas d'espace : tout est noir !

On se rend compte que la pensée a du mal à fonctionner. En régime normal, elle met en jeu un va et vient entre rationalité substantielle et rationalité relationnelle. On est toujours dans une situation où nous pouvons regarder de l'extérieur au moins une partie du monde, et stabiliser momentanément, dans ce regard partiel que nous extrapolons en somme à l'ensemble de l'univers, le jeu de la rationalité relationnelle. Il y a toujours un jeu de récursivité possible permettant de dire : partons du monde qui est là et faisons une première itération à partir de ce que nous avons sous les yeux. Mais dans la situation du big-bang, ce jeu n'est pas possible. Regarder en pensée cet atome de l'extérieur est bien commode pour l'imagination, mais est abusif et ne correspond à rien de possible. Dans la vision surplombante on se munit d'une horloge idéale qui vient de l'extérieur du monde et qui n'existe pas ! Mais se mettre « à l'intérieur » de l'atome primitif nous condamne alors à ne plus rien voir ni rien imaginer !

Ces réflexions nous montrent aussi que, lorsque l'on se penche sur l'atome primitif, les diverses questions portant sur l'absence / la présence, le début / la fin, la finitude / l'infinitude (l'éternité ou l'immensité), se rejoignent en s'appelant et s'excluant les unes les autres. Les questions de mesure sont une façon de parler de ces convergences de problèmes et de parler de cet embarras à penser et à dire. Pour pouvoir dire du long ou du court, de l'infiniment long ou de l'infiniment court, il faut un mouvement de référence auquel comparer les mouvements que l'on étudie. Certains auteurs ont montré que, par simple changement d'échelle on peut éviter de poser le problème du commencement de façon inutilement brutale. Mais la question est plus radicale ici : si l'on ne peut s'appuyer sur un mouvement de référence, la question de l'éternité ou de l'infinitude, de la brièveté, de l'absence n'a pas vraiment de sens. Il n'y a pas de mouvement de référence qui permettrait d'affecter à aucun mouvement une vitesse plus ou moins rapide et permettrait donc de dire si le temps qu'il décrit est long (ou infini) et quand il commence. Il n'y a pas de mesure absolue permettant de parler d'éternité absolue. L'infinité

du temps, son existence ou son absence au moment du big-bang est en somme indécidable et fonction des choix que l'on fait en pensée pour mesurer le temps.

4. La naissance du temps et de l'espace d'après Georges Lemaître ; la discussion de l'entropie et de la thermodynamique au moment du big-bang

Il est intéressant de remarquer que ces propos rejoignent assez exactement ce que disait Georges Lemaître, l'un des inventeurs du big-bang, à propos de l'apparition du temps et de l'espace lors du big-bang. A savoir : pour parler de temps et d'espace, il faut attendre la rupture de l'unité de l'« atome primitif » et l'accès à la multiplicité[6]. Mais Georges Lemaître le disait pour des raisons différentes des nôtres, s'appuyant sur un raisonnement faisant intervenir la thermodynamique : si on applique à l'univers dans son ensemble le second principe de la thermodynamique, l'on constate une augmentation du désordre et de l'entropie, associée à une dispersion au cours du temps. En remontant le temps, on va vers une concentration et un ordre correspondant à une entropie minimale dans une seule particule, l'atome primitif. Il y a donc coïncidence entre ce que nous apprend le décalage vers le rouge de la lumière provenant des galaxies et l'application du second principe à l'univers. Le temps, associé étroitement à l'entropie dans la compréhension de Georges Lemaître, ne peut plus alors, pour l'atome primitif isolé sans multiplicité, être défini. Car l'entropie est une notion statistique associée à la dispersion, au caractère plus ou moins homogène d'un système, qui a besoin de multiplicité pour être définie. Je suis assez d'accord avec Georges Lemaître, tout en disant que le concept de temps n'a pas besoin d'entropie pour être formulé.

Le lien entre le second principe et le big-bang peut toutefois être discuté, pour au moins trois raisons[7]. D'abord en disant que, en toute rigueur, G. Lemaître n'a pas le droit d'appliquer la thermodynamique standard à l'univers dans son ensemble, à la façon de Clausius et Boltzmann. Car l'univers est le siège de forces gravitationnelles à longue portée et n'a de ce fait pas la propriété d'extensivité, c'est-à-dire que les propriétés de réunions de parties ne sont pas en proportion des propriétés des parties envisagées séparément (voir les développements contemporains sur la thermodynamique non-extensive).

[6] Voir à ce propos le livre de Dominique Lambert : Un atome d'univers, la vie et l'œuvre de Georges Lemaître. Lessius et Racine, Bruxelles, 376 p.
[7] Voir à ce propos mon livre : L'espace, le temps et l'entropie (Editions universitaires européennes, 2016).

Ensuite, le lien entre la multiplicité et l'irréversibilité peut être nuancé : la multiplicité n'a pas besoin d'être très grande : avec trois corps, comme nous l'apprend Poincaré, on a déjà des comportements irréversibles. J'ai parlé quant à moi d'irréversibilité ontologique, qui se relie certes à l'irréversibilité pratique pour un grand nombre de particules.

Enfin, pour comprendre le second principe, il faut à mon sens (et à celui de divers auteurs) faire intervenir des perturbations extérieures, même pour système isolé. Je passe sur la contradiction logique de faire coexister le qualificatif « isolé » avec des perturbations « extérieures », mais, en tout cas, ce n'est pas possible lors du big-bang, il n'y a strictement pas d'extérieur.

Nous pouvons dans une certaine mesure laisser de côté ces points techniques en nous contentant de réfléchir sur l'image d'un système concentré qui va se disperser et pour laquelle le second principe dans sa version standard donne un cadre qualitatif valable. En associant la variable d'espace à la définition de l'entropie, variable qui met en évidence les gradients intervenant dans le système, le second principe exprime un couplage entre évolution temporelle et gradients, ce qui s'applique également à notre univers en expansion. Il y a donc, malgré des nuances, convergence de deux aspects du temps lors du big-bang : celui d'un paramètre décrivant le cours d'un processus, et celui associé au comportement irréversible. Certains auteurs comprennent l'irréversibilité en général comme issue des conditions initiales particulières lors du big-bang.

Terminons cette section en pointant au passage une erreur de raisonnement que l'on peut faire dans l'application du second principe à l'univers et surtout du déterminisme qu'il contient. Ce principe semble exprimer une causalité qui devrait nous permettre d'expliquer la figure du monde à tout temps ultérieur au big-bang, à condition de connaître les caractéristiques de cet instant initial. Rien n'est plus faux que ce déterminisme laplacien. Le second principe n'encadre que le comportement statistique, et ne nous dit rien sur la figure particulière de telle portion de l'univers, dont la compréhension fait intervenir, tout autant que les lois physiques, une somme gigantesque d'aléas[8].

[8] Ils se cachent dans les fluctuations des grandeurs microscopiques cachées dans la manipulation des grandeurs macroscopiques.

5. Compatibilité des lois de la physique (mécanique quantique et relativité générale) lors du big-bang[9]

Il y a un autre point où la discussion de la compréhension du temps et de l'espace et ses relations avec le big-bang se pose, c'est celui de la compatibilité entre les deux grandes approches de la physique d'aujourd'hui que sont la relativité générale et la mécanique quantique. De façon générale, il est admis par les spécialistes que l'un des problèmes importants de la physique d'aujourd'hui est de comprendre comment relier ces deux théories majeures. Elles n'ont à première vue pas l'occasion de se rencontrer : la mécanique quantique s'intéresse au premier chef aux phénomènes microscopiques, tandis que la relativité générale est utilisée pour étudier les structures de l'univers aux dimensions cosmologiques, avec l'intervention de la gravitation.

La question se pose pourtant de les relier :
- en premier lieu, on peut vouloir discuter de phénomènes définis sur des échelles de temps et d'espace où les deux théories se rejoignent, comme lors des instants voisins du big-bang : la matière est très concentrée (petites échelles d'espace) et très massive (intervention de la gravitation) ; la question se pose aussi dans certaines situations où les effets quantiques interviennent à l'échelle macroscopique.
- en second lieu, on peut rester désireux d'examiner la concordance entre les deux théories au niveau conceptuel : une incompatibilité se manifeste en effet dans l'image qu'elles se font de l'espace et du temps. Dans le cas de la mécanique quantique, espace et temps constituent un cadre extérieur (« background ») où se déploient les phénomènes, tandis qu'en relativité générale, temps et espace deviennent des variables « dynamiques », fonction de la distribution changeante des masses.

Notre réflexion apporte des ouvertures à cette question du lien entre les deux grandes théories qui se pose donc au moment du big-bang. Il faut pour cela, une fois de plus, se rapporter à la compréhension des concepts d'espace et de temps, construits en opposition l'un à l'autre à partir des phénomènes physiques, et non constituant un cadre extérieur a priori. Dans le cadre d'une pensée relationnelle, on ne peut que comparer des phénomènes à d'autres phénomènes,

[9] Des morceaux de cette section proviennent de l'article « Relier la mécanique quantique et la relativité générale, réflexions et proposition » déposé sur les archives ouvertes HAL.

et de cette confrontation naissent les repères d'espace-temps, dessinés par les trajectoires de certains phénomènes considérés arbitrairement de façon privilégiée. Espace et temps ne sont que des façons de parler de comparaisons entre phénomènes. La question générale à se poser est alors celle d'échanges possibles, pour des raisons de commodité, entre les différents points de vue, appuyés sur les divers phénomènes possibles, c'est-à-dire ceux sur lesquels espace et le temps sont définis, et les autres. Ce ne sont pas l'espace et le temps qui disparaissent, ce sont les points de vue qui s'échangent. Du point de vue technique, ces échanges sont rendus possibles en représentant espace et temps, comme les autres phénomènes, par une paire de champs (r, t) ; r et t sont des vecteurs dans un espace à trois dimensions (le temps est marqué par la position d'un point mobile dans le même espace que celui qui définit la position des points), en opposition aux paires de champs (f, g) associées aux autres phénomènes (comme l'est la paire des champs électrique et magnétique). Je ne rentre pas dans les détails. En tout cas, on peut in fine envisager une quantification (au sens de la mécanique quantique) de l'espace et du temps ; on peut envisager encore la définition de temps et espace par la seule mécanique quantique. Tout ceci adoucit les problèmes de compatibilité entre la relativité générale et de la mécanique quantique au moment du big-bang.

6. La mécanique quantique[10]

Revenons encore un instant sur la mécanique quantique à propos du temps et de l'espace. Comme nous l'avons dit, cette théorie reste a priori un domaine où temps et espace interviennent comme éléments d'un cadre extérieur (« background ») non affecté par les phénomènes, et sur lesquels elle n'aurait rien à dire. Mais les expériences plus ou moins récentes sur ce qu'on appelle l'intrication montrent 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'expérience[11]). Les valeurs des grandeurs mesurées (qui vont se trouver corrélées) sont soumises à un hasard dit « fondamental ». C'est la raison en tout cas pour laquelle une

[10] Voir à nouveau l'article sur l'inexistence du temps (cf. note 2).

[11] 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.

communication instantanée à distance par ce canal d'informations est impossible. Dans ces situations se manifeste une non-localité, ou non-séparabilité, 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 » (Ortoli et Pharabod, 2011[12]). La discussion sur les influences non locales fait même comme si l'on pouvait inverser le cours normal du temps.

Non localité et non temporalité sont donc liées, « les corrélations semblant venir d'en dehors de l'espace et du temps ». En résumé, pour le physicien et philosophe B. d'Espagnat, 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[13]. Un auteur 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 » (Suarez, 2003[14]).

Au total, il est pour moi 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 manque aussi. Les concepts d'espace et de temps apparaissent 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

[12] Ortoli S. et Pharabod J.-P. (2011) Métaphysique quantique. Les nouveaux mystères de l'espace et du temps, La Découverte, Paris, 142 p.
[13] D'Espagnat B. (1979) A la recherche du réel, Gauthier-Villars, Paris, 176 p. ; (2002) Traité de physique et de philosophie, Fayard, Paris, 586 p.
[14] Suarez A. (2003) Entanglement and time, arXiv, 5 p.

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 ? On peut dire aussi que nous construisons, le temps et l'espace au sein du réel empirique ; cette construction a un sens, mais le réel est plus riche, il déborde cette construction.

7. Conclusion

Arrêtons-nous pour l'instant. Comme vous je l'ai dit, les applications du point de vue présenté sur l'espace et le temps sont nombreuses et dans de multiples domaines, je veux dire au-delà de la seule physique et de la réflexion sur l'univers et le big-bang. Il y a de quoi faire !

Retenons au moins que la réflexion épistémologique, la philosophie de la connaissance, doit être considérée comme une méthode à part entière à faire intervenir en même temps que les autres méthodes d'observation. Il faut actualiser cette réflexion, qui a progressé depuis Aristote et Kant, avec en particulier ce qui concerne la composition entre deux modes de rationalité (substantiel / relationnel). N'oublions pas ce que nous avons dit des limites de nos connaissances, inclinant à la prudence et à la modestie. Mais ces limites permettent aussi, c'est un peu paradoxal, une dose d'optimisme dans la part de liberté qui nous est donnée dans l'écriture des lois qui régissent le monde physique, et dans le choix des étalons qui vont guider les valeurs de certaines constantes dites fondamentales ; c'est une des conséquence de la démarche relationnelle, qui conduit à ce que l'on appelle le pluralisme théorique, déjà bien compris par Henri Poincaré, et qui rejoint ce que l'on appelle la sous-détermination des théories par les faits, bien analysée par les philosophes des sciences. C'est une des raisons qui me fait regarder a priori avec prudence sinon perplexité, sous réserve d'un examen plus approfondi, ce que l'on dit du principe anthropique et des paramètres physiques fixés de façon précise pour permettre l'apparition de l'homme[15], ou encore ce qu'on dit des multivers. Ces derniers correspondraient à des univers possédant des lois différentes les uns des autres, comme si les lois nous étaient imposées strictement par le monde, ce qui n'est pas le cas.

[15] Comme on l'a vu, le choix des étalons, et donc les valeurs des « constantes » est dans une certaine mesure soumis à l'arbitraire.

Nous pouvons terminer en ouvrant notre réflexion sur l'origine de l'univers, le faisant avec discernement à propos du sens même que nous donnons au mot origine. Bernard D'Espagnat que nous avons cité, termine son ouvrage intitulé « traité de physique et de philosophie » par ces mots : *« étant donné la relativité du temps ; étant donné que même le temps cosmique n'apparaît plus comme une donnée première, ne devrions-nous pas nous demander si le terme d'immortalité, qui apparaît si souvent dans les religions et semble postuler l'existence d'un temps absolu, ne serait pas à comprendre, comme renvoyant plutôt, dans le style imagé qui leur est habituel, à la notion moins intuitive (mais tout autant de leur ressort !) d'éternité, de « sortie du cadre temporel » ? Pour la même raison peut-être conviendrait-il d'examiner (plus audacieusement encore !) si la notion de création, entendons : d'acte créateur, ne pourrait pas, elle aussi, par un recentrage sur la notion d'être*[16]*, être affranchie de celle de temps, du moins du temps de notre expérience humaine, de l' « empirie » ».*

Voilà des conclusions tirées de la mécanique quantique ; vous aurez compris que, pour moi, la critique du temps et de l'espace n'a pas besoin de la mécanique quantique, même si elle la rejoint assez parfaitement. Vous aurez aussi compris avec quelle retenue il faut parler de tout cela, comme le physicien nous le rappelle. Les traditions philosophiques et religieuses ont mûri ces points pendant des siècles et il ne peut être question d'en parler sans rentrer quelque peu dans un travail approfondi de compréhension des discours qu'elles ont produit. Ce qui sort de ma compétence.

Remerciements

Je remercie Jean-Yves Cottin et Christian Carrot de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne pour leur invitation. Je remercie toutes les personnes avec qui j'ai discuté la matière présentée ici.

[16] *Etre*, comme nous l'avons dit, signifie *réel en soi*, par opposition au *réel voilé*.