



## The cybernetical time / Le temps cybernétique

(traduction française de l'article de JIMIS ci-dessous référencé)

**Philippe GUILLEMANT**

Aix-Marseille Université, CNRS, IUSTI UMR7343, 5 rue Enrico Fermi, 13453 Marseille Cedex 13, France

\*Correspondance : [philippe@guillemant.net](mailto:philippe@guillemant.net)

DOI : [10.18713/JIMIS-210219-7-4](https://doi.org/10.18713/JIMIS-210219-7-4)

Soumis le Quinze Novembre 2018 – Accepté le Vingt-neuf avril 2019

Volume : 7 – Année : 2019

Titre du numéro : **L'ère du temps, actes du colloque interdisciplinaire**

Éditeurs : Alice Guyon, Thomas Lorivel, Julie Milanini, Caroline Bouissou

---

### Résumé

Nous considérons les deux modèles cosmologiques dominants qui dérivent des deux théories physiques les mieux vérifiées par l'expérience : la relativité générale et la mécanique quantique, bien qu'elles soient incompatibles et un défi majeur en physique est de trouver comment les réconcilier. Le premier modèle est l'univers-bloc, qui est considéré aujourd'hui comme la meilleure façon de décrire notre espace-temps, si l'on accepte toutes les conséquences de la relativité générale, qui semblent impliquer en particulier que notre futur est déjà réalisé et ne peut pas changer. Le second est le modèle du multivers d'Everett, dont l'interprétation la plus populaire est qu'il contient toutes les possibilités alternatives de conduire notre vie à notre échelle humaine (avec autant de copies de notre conscience individuelle). L'objet de cet article est de montrer que l'incompatibilité entre les deux théories dominantes pourrait être résolue dans son principe global à l'aide d'une conception cybernétique du temps, pour laquelle l'espace-temps serait rendu flexible. Dans ce but, nous montrons que les 6 dimensions supplémentaires de l'espace-temps que nous avons introduit dans un précédent article (Guillemant 2018) pourraient être utilisées pour coordonner l'espace-temps depuis l'extérieur, de façon à le faire évoluer dans le temps cybernétique depuis une structure 4D à une autre structure quelconque appartenant à un multivers 10D. Nous proposons que cette coordination soit modélisée grâce à un modèle réduit de réseau de neurones à 3 couches, utilisant deux couches additionnelles correspondant à la nécessité de paramétrer les choix de chemins et de destinations de façon à restaurer le déterminisme. Le principal intérêt de cette approche est de maintenir la possibilité d'un libre arbitre relatif dans notre univers.

### Mots clés:

Espace-temps; multivers; déterminisme; lignes temporelles; futur; chemins; libre arbitre; réseau de neurones; conscience; dimensions supplémentaires

---

## I INTRODUCTION

Sur la question du temps, les deux grands philosophes Nietzsche et Bergson ont eu à première vue des intuitions incompatibles, qui reflètent le conflit contemporain entre les deux grandes théories de la physique moderne que sont la relativité générale et la mécanique quantique. Le premier a écrit dans « Humain, trop humain » : « Notre destinée exerce son influence sur nous même lorsque nous ne la connaissons pas encore: c'est notre futur qui fixe la loi de notre

présent.” Une phrase étrange, qui s’harmonise bien avec la théorie de l’univers bloc (issue de la relativité) selon laquelle notre futur serait déjà réalisé : il n’est donc plus surprenant qu’il puisse nous influencer. Le second a écrit, dans « Le possible et le réel » : « Qu’est-ce que le temps ? ... Ne serait-ce pas alors véhicule de création et de choix ? L’existence du temps ne prouverait-elle pas qu’il y a de l’indétermination dans les choses? » Pourtant, il a été démontré en fait, 60 ans plus tard, qu’un aspect majeur de la mécanique quantique impliquant l’indéterminisme et la non-localité était correct (Aspect et al. 1982, Stefanov et al. 2002) et donc qu’il existe effectivement un indéterminisme fondamental dans l’échelle quantique, donnant naissance au modèle quantique du multivers d’Everett (1957). Mais selon le consensus dominant courant, qui considère que c’est la meilleure interprétation de la mécanique quantique (Wallace 2012, Damour 2015), ce multivers est considéré comme impliquant que toutes les versions alternatives de nos vies, résultant de différents choix, pourraient vraiment exister avec d’autres copies de nous-mêmes. Nous suggérons dans cet article une autre perspective pour réconcilier les deux points de vue, qui nous amènera à envisager que l’univers-bloc est flexible (Figure 1), ne serait-ce que pour protéger l’indétermination et les choix souhaités par Bergson. Mais est-ce que la physique le permet? Voilà la question centrale de ce papier.

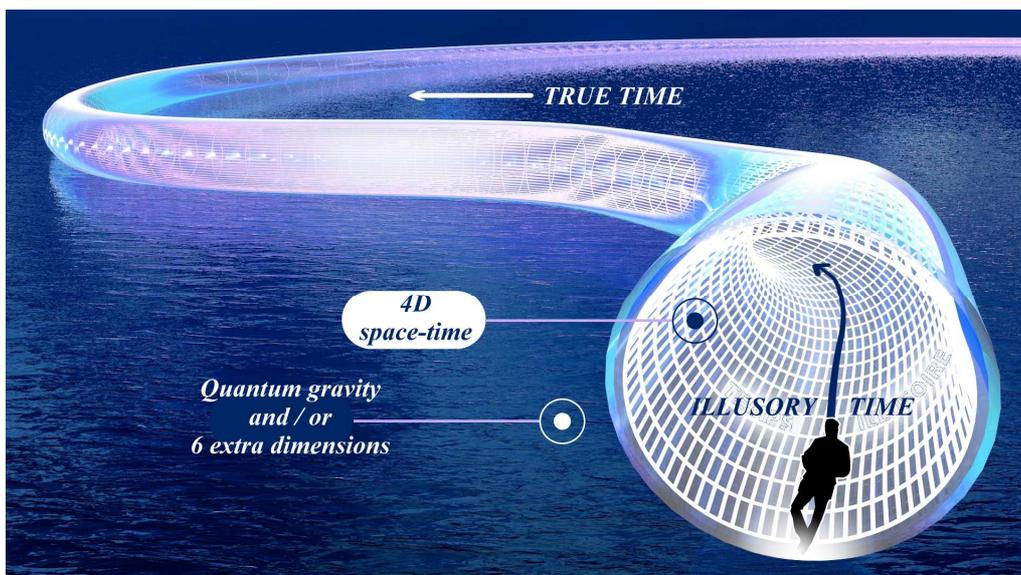


Figure 1 : La métaphore du tunnel invisible qui oriente nos pas tout le reste de notre vie est la conséquence de l’univers-bloc à l’échelle humaine. La préservation du libre arbitre dans ce contexte exige que ce tunnel soit flexible, de sorte qu’il puisse changer de position dans le temps.

## II L’EVOLUTION DE NOTRE CONCEPTION DU TEMPS

L’univers-bloc est généralement représenté comme un cylindre qui commence comme un cône à partir du big-bang et dont l’axe principal est le temps. Nous pouvons le représenter aussi bien à notre échelle humaine comme un cylindre invisible qui dirige nos pas pendant toute notre vie (Figure 1) : tout choix devient impossible, à moins que ce tunnel ne puisse changer sa position dans le temps, ce qui n’est pas permis par le modèle standard de l’univers-bloc qui est parfaitement statique. Notez que dans cette conception il n’y a plus de présent après lequel le futur n’est pas encore créé : tout le futur est déjà créé.

Au cours de l'évolution de notre conception du temps, on a souvent dit que le temps n'existe pas. Cela signifie simplement que les physiciens ne comprennent pas encore le sens du présent et que la variable "t" est même absente des équations de la physique (De Witt 1967) qui sont susceptibles de réconcilier les deux grandes théories. À l'appui de cette idée, des innovations telles que le GPS et les horloges atomiques montrent que nous pouvons voyager dans le temps un peu, et les équations montrent que nous pouvons aussi voyager dans le futur lointain (certains modèles à trous de ver autorisent même le voyage dans le passé).

Sur la question du temps, la relativité générale et la mécanique quantique sont plutôt compatibles. Il est aujourd'hui prouvé expérimentalement en mécanique quantique, que la célèbre non-localité spatiale mise en évidence par Alain Aspect en 1982 (Aspect et al. 1982) est non seulement spatiale, mais aussi temporelle (Megidish 2013). Les particules peuvent rester enchevêtrées (intriquées) non seulement à travers des distances astronomiques (sans signal leur permettant d'être corrélées) mais aussi au fil du temps. En effet, de nombreuses expériences ont montré qu'il y a une intrication temporelle et que les événements quantiques peuvent être corrélés non seulement lorsqu'ils sont séparés par l'espace, mais aussi lorsqu'ils sont séparés par le temps, sans aucun signal voyageant dans le temps.

La figure 2 illustre l'évolution de nos modèles de l'espace-temps jusqu'à une nouvelle vision (à droite) où le passé, le présent et le futur pourraient exister « maintenant » et même avoir d'autres versions possibles dont les états seraient corrélés du fait de leur intrication à travers le temps. Les théories de gravité quantique, bien qu'elles n'aient pas encore été prouvées, traitent de tels possibilités, ce qui signifie que les lignes de temps et en particulier l'avenir pourraient fluctuer hors du temps. Cela implique que le temps n'existerait pas au sens de quelque chose qui crée la réalité. Ce serait plutôt quelque chose qui émerge, un phénomène thermodynamique émergent (Connes et Rovelli 1994). On considère même aujourd'hui que le temps présent pourrait être une illusion thermodynamique créée par le cerveau lui-même (Buonomano 2017).

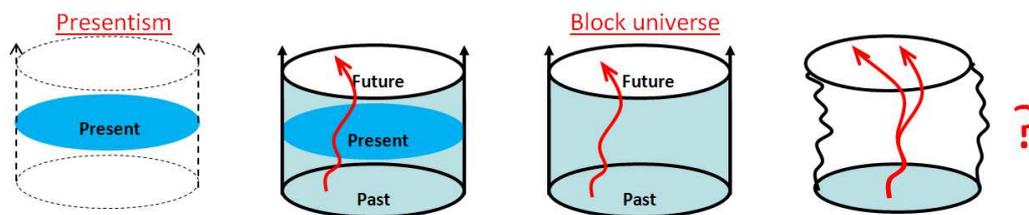


Figure 2 : L'évolution de notre conception de l'espace-temps, du présentisme à un univers-bloc statique où le temps présent a disparu puis à une autre vision où les lignes de temps enchevêtrées pourraient rendre l'espace-temps flexible.

### III ET SI LE PRESENT AVAIT UNE REELLE EPAISSEUR ?

Pour sortir de l'illusion, nous devrions considérer le temps comme nous considérons l'espace. A tout moment dans l'espace-temps, ce que nous percevons localement autour de nous correspond à une certaine épaisseur d'espace. Mais cela correspond aussi à une certaine épaisseur de temps, car il n'existe pas de perception qui ne corresponde pas à un événement (ou un non-événement) ayant une durée minimale. Cela n'implique-t-il pas que seuls les événements existent ? C'est en tout cas ce que Carlo Rovelli a écrit dans Rovelli (2018).

Pour essayer de mieux comprendre cette possibilité, intégrons l'idée que le temps pourrait ne pas exister dans le sens où le présent pourrait être prolongé dans l'avenir et précédé par un passé qui seraient tout aussi réels que maintenant. On pourrait dire que le présent pourrait avoir une certaine épaisseur dans le sens où notre cerveau est capable de nous faire anticiper l'avenir et mémoriser le passé. Mais cette épaisseur pourrait être réelle, car nous pouvons nous demander si ce n'est pas l'idée même d'un temps séquentiel entre le passé et le futur qui pourrait être une illusion, nous conduisant à parler d'anticipation et de mémoire alors que les informations correspondantes sont aussi présentes les unes que les autres. Parce que si nous considérons l'espace lui-même, les choses que nous voyons sur notre droite comme sur notre gauche sont également présentes dans une épaisseur d'espace. Et si nous considérons maintenant un événement présent, il a aussi une durée et donc une épaisseur de temps. L'idée que le temps n'aurait pas d'épaisseur (ou juste égale à zéro) serait alors seulement une illusion thermodynamique qui générerait l'impression d'un front du présent créant la réalité.

Nous avons sur la figure 3 deux représentations en vert et bleu pour illustrer cela. En vert on peut imaginer le déplacement d'une conscience ayant une sensation claire de l'épaisseur du présent. En bleu, un cerveau sans conscience ou avec juste un peu de conscience : ce cerveau créera un temps illusoire ponctuel selon un déterminisme interne qui l'empêchera de détecter toute possibilité de bifurcation et finalement le fera naviguer aveuglément, sans avoir de choix à faire dans sa trajectoire. A contrario, si l'on considère que le temps a une certaine épaisseur qui est l'épaisseur de la conscience (à ce niveau on peut même s'interroger sur la différence entre le temps et la conscience), nous faisons face à un problème de choix. C'est-à-dire que devant une jonction, le cerveau nie l'existence d'un choix alors que la conscience pense qu'il y a un choix à faire. Ainsi, l'épaisseur du temps, qui pourrait être quelque chose de plus réel que le front du présent (ou temps séquentiel illusoire), nous impose des choix. Mais cette réflexion soulève alors la question suivante : la physique permet-elle le libre arbitre?

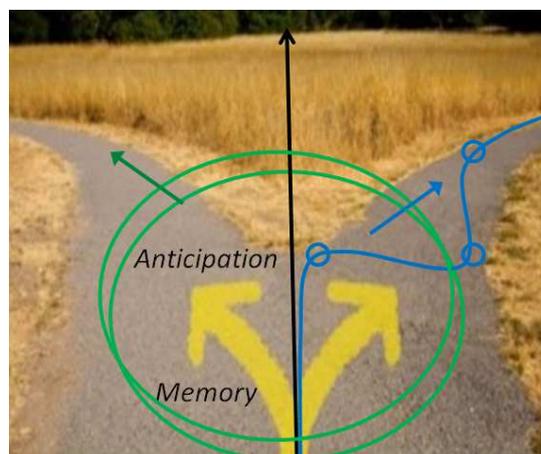


Figure 3 : Illustration de la progression déterministe d'un cerveau séquentiel (petits cercles bleus) par opposition à celle d'une conscience à qui une épaisseur de temps impose des choix (grands cercles verts).

#### IV LA PHYSIQUE AUTORISE-T-ELLE LE LIBRE ARBITRE?

Que dit la physique sur la possibilité de choix ? L'indéterminisme en mécanique quantique fait parler de cette possibilité par les physiciens et il existe même un théorème du libre arbitre (Conway et Cochen 2006). Mais en mécanique classique, il est rare que cette possibilité soit envisagée. Il a même longtemps été coutumier de considérer que la physique classique était déterministe, bien qu'elle ait été largement contestée par certains physiciens de renom. Par



exemple, Trinh Xuan Thuan a écrit dans un livre Xuan Thuan (2011) que le chaos pouvait libérer la matière et que l'avenir ne pouvait plus être déterminé exclusivement par son présent et son passé. Des physiciens comme Antoine Suarez et Nicolas Gisin, les premiers à avoir répété dans le domaine relativiste les fameuses expériences d'Alain Aspect (Stefanov et al. 2002), sont tous deux partisans du libre arbitre (Gisin 2012, Suarez 2013). Dans son dernier article (Suarez 2017), Suarez dit que le multivers quantique appartient à nos choix et que nous aurions un libre arbitre grâce à cela. En outre, Nicolas Gisin a déclaré dans Gisin (2016) que le libre arbitre peut exister parce que les nombres réels qui permettent à la physique classique d'être déterministe n'existent pas dans la réalité. Cela signifie simplement que nous ne pouvons pas informer un nombre décrivant la réalité avec une infinité de décimales.

Si l'on pense à toutes les raisons de remettre en question le déterminisme de la mécanique classique, on en arrive toujours à un problème avec l'information. Ceci nous a amené à faire des recherches à partir de calculs de billards et à publier récemment un article dans *Annals of Physics* (Guillemant et al. 2018). Dans ce papier, nous concluons que la mécanique ne peut absolument pas déterminer le cours des événements, sauf brièvement ou de manière incomplète. Nous proposons que pour restaurer le déterminisme, il est nécessaire d'ajouter 6 dimensions à l'espace-temps : 3 pour définir les choix qui doivent être faits dans le présent en présence de bifurcations, et 3 autres pour définir les choix à faire pour déterminer la destination. Selon cette théorie, les lois physiques ne détermineraient ce que nous allons faire ni dans le présent ni dans le futur parce que la mécanique serait incomplète. L'indéterminisme subsiste toujours, et notre papier ci-dessus conclut enfin que des informations extra-temporelles additionnelles sont nécessaires pour faire le choix des trajectoires, en lien étroit avec la gravité quantique.

A l'origine de cette étrange déclaration se trouve le problème de l'information physique.

## V L'INFORMATION: UNE QUANTITE PHYSIQUE

Pendant au moins un siècle et demi, les physiciens se sont disputés pour essayer de trouver une solution au fameux paradoxe du démon de Maxwell (Figure 4). Ce paradoxe consiste simplement à donner des informations à un démon ayant la capacité d'ouvrir ou de fermer une petite porte entre deux chambres à gaz sans consommer d'énergie, lui permettant ainsi de trier les molécules de gaz, ce qui a pour conséquence de chauffer ou de mettre la pression d'un côté ou de l'autre, créant ainsi un moyen d'extraire l'énergie, simplement à partir d'informations (Szilard 1929).

Ce problème a été l'objet de beaucoup de confusions et d'un vaste débat (Norton 2005, Leff et Rex 2003) car il contredit la fameuse deuxième loi de la thermodynamique en déclarant que l'entropie ne peut qu'augmenter. De plus, si le paradoxe était réaliste, cela permettrait d'extraire de l'énergie très facilement, et si c'était possible ça se saurait. Aujourd'hui, ce problème est considéré comme résolu en considérant que l'information a un coût en énergie. Cette idée a d'abord été proposée par Landauer (1991) et il a finalement été démontré en 2012 (Bérut et al. 2012) que la manipulation des bits coûte une énergie égale à  $k T \ln(2)$ , où  $T$  est la température et  $k$  la constante de Boltzmann. Cela montre que l'information doit être placée à côté des quantités physiques habituelles de masse, d'énergie, etc...

À l'échelle quantique, nous avons aussi le principe fondamental d'incertitude d'Heisenberg: on ne peut pas connaître à la fois la position et l'impulsion d'une particule. Ce principe revient à limiter la quantité d'information de phase d'une particule à une certaine valeur limite. Cela signifie que comme d'autres quantités physiques, l'information dans l'univers est toujours une quantité finie.

Passons maintenant aux théories de gravité quantique. Afin d'unifier la mécanique quantique avec la relativité générale, ces théories sont également obligées d'utiliser des modèles qui considèrent

qu'aucune longueur inférieure à la longueur de Planck (environ 10-35 mètres) n'a de sens physique. La gravité quantique à boucles va encore plus loin en postulant que toutes les informations associées à tout objet physique sont finies, y compris la masse, l'énergie et le temps (Rovelli 2012). Par conséquent, nous vivrions finalement dans un univers d'information. Et ce n'est pas si surprenant dans la mesure où l'information est primaire avant les quantités physiques, parce qu'une masse ou une température sont des informations, en ce sens qu'elles sont caractérisées par de l'information. Nous pouvons facilement l'admettre, aussitôt que nous comprenons que la physique nous conduit à accepter ce renversement de perspective dans lequel l'information même devient physique. De nombreuses théories différentes sont déjà conformes à ce point de vue, par exemple le modèle holographique de Maldacena (1998). C'est un peu comme si la physique redécouvrait la métaphore de la caverne de Platon.

Donc aujourd'hui, la physique constate que l'information est première. Maintenant, qu'est-ce que l'information sinon la conscience, et qu'est-ce que la conscience sinon de l'information? Si l'information est ainsi liée à la conscience, comment pourrions-nous concevoir une information infinie? Rappelons que le grand physicien John Wheeler a reçu la phrase "It from bit" qui signifie: tout est information.

Le point clé est alors de comprendre que partout dans l'univers l'information est finie.

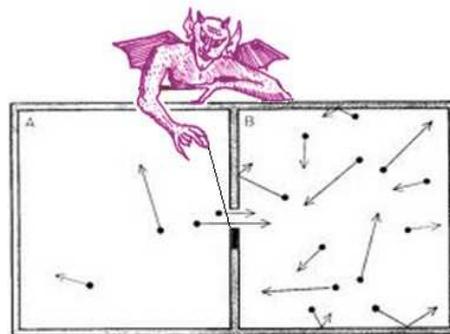


Figure 4 : Le paradoxe du démon de Maxwell repose sur une expérience de pensée concluant qu'un démon capable d'ouvrir ou de fermer une petite porte entre deux chambres à gaz environnantes aurait la capacité de créer de l'énergie sans en consommer aucune (ou une quantité négligeable).

## VI LE PARADOXE DU DETERMINISME

Nous pouvons maintenant expliquer les dimensions supplémentaires proposées dans notre récent papier (Guillemant 2018). Lorsque l'information devient fondamentale et finie, le problème de la propagation de l'incertitude (Figure 5) dans des systèmes dynamiques complexes, comme un billard mais aussi dans tous les systèmes vivants, devient un problème fondamental. Cela signifie que les mécaniciens ne peuvent pas calculer au-delà d'une certaine quantité d'informations, que nous avons trouvée du même ordre que l'information contenue dans les conditions initiales.

Si nous n'ajoutons pas d'informations au calcul, nous obtenons un multivers et non pas une seule réalité. Sans informations supplémentaires, la densité de l'information diminue avec le temps en raison de l'incertitude accrue pendant les interactions, et le système devient un système quantique. Mais les choses autour de nous ne sont pas quantiques, donc il y a quelque chose qui ajoute de l'information à notre environnement. Cette information ne provient pas de la décohérence, car ce processus n'apporte pas l'information correspondant aux choix qui sont faits aux bifurcations. Cela signifie que de l'information extra-dimensionnelle doit intervenir pour aider les mécaniciens à créer une seule réalité. Ces informations supplémentaires proviendraient soit de dimensions supplémentaires, soit de l'extérieur de l'espace-temps, du vide quantique ou du futur. Nous ne le

savons pas encore, mais dans un univers d'information, tout cela pourrait ressortir de la même source.

Cela implique que les lois fondamentales de la mécanique doivent être conçues comme des lois transformant des informations en d'autres, comme si elles déroulaient la réalité pendant un certain temps, plutôt que comme des lois qui créent la réalité. Cela signifie que les lois de la physique ne seraient pas créatives. Les lois de la mécanique ne fonctionnent que dans des cas spéciaux où il y a très peu d'interactions ou lorsque nous considérons des planètes ou des objets qui interagissent très peu avec leur environnement, ou lorsque cet environnement a une faible masse par rapport à la masse du corps. Bien que ce ne soit que dans des cas particuliers que la mécanique est déterministe, nous avons développé notre vision du monde à partir de ces cas particuliers, alors qu'en réalité la mécanique ne peut généralement pas créer le cours des événements. Ce résultat que nous avons publié est conforme aux autres résultats que des mathématiciens ont publiés il y a deux ans (Bodineau et al. 2016), pour lesquels ils ont été récompensés en 2016 par la revue de vulgarisation scientifique « La recherche ». Ces mathématiciens ont montré qu'avec des équations déterministes, après un certain temps dans un billard les boules ont perdu toute l'information correspondant à leurs conditions initiales et un mouvement brownien est alors établi.

Cette perte naturelle d'information serait alors à l'origine d'un multivers macroscopique: les lois de la physique ne calculeraient pas une seule réalité mais un multivers de potentialités. Cependant, nous ne savons toujours pas si les potentialités alternatives sont vraiment des univers physiques ou simplement des univers virtuels qui n'existent pas vraiment.

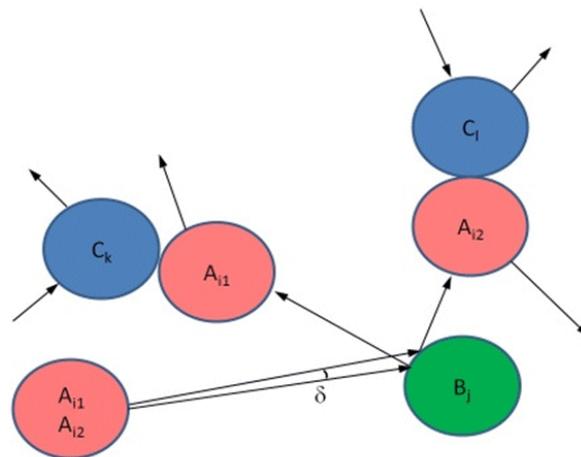


Figure 5 : L'augmentation de l'incertitude dans les interactions conduit inévitablement à la fin d'un temps critique à l'apparition d'un multivers de trajectoires distinctes, dont le nombre de branches augmente géométriquement avec le nombre de chocs.

## VII COMMUTER LES LIGNES DE TEMPS DU MULTIVERS

Nous avons calculé la loi de croissance du nombre de branches du multivers d'un billard et nous avons constaté qu'elle est indépendante de la précision des calculs. Nous pouvons travailler à une précision jusqu'à l'échelle de Planck et même en dessous, nous n'empêchons jamais le multivers d'exister car nous avons toujours exactement la même augmentation du nombre de bifurcations après un certain délai.

Cela signifie, en faisant un raccourci, que la physique classique ressemble beaucoup plus à la physique quantique que nous le pensons habituellement. Il y aurait suffisamment de similitudes



entre les mécaniques classique et quantique pour remettre en question leur différence ontologique, qui reposerait sur le fait que si la mécanique classique révèle elle aussi de multiples réalités (ou potentialités), c'est seulement après un certain délai dans le futur que nous n'atteignons jamais. Ce délai à partir du moment présent dépend du système considéré. Si nous considérons une planète, il sera très grand, mais si nous considérons un système vivant, il peut durer seulement quelques secondes.

Que devient alors le processus de décohérence en l'absence d'observateurs (dans le futur) susceptibles d'informer leur environnement? Nous savons que pour un système non isolé, le mécanisme de décohérence empêche notre réalité de devenir quantique. Cependant, même en présence d'observateurs, le processus de décohérence n'empêche pas le multivers de s'installer car il ne détermine pas les choix nécessaires. De plus, il ne nous informe pas de l'avenir que nous devons vivre. Les choix qui sont faits demeurent mystérieux, car même si nous considérons que tous les choix possibles existent dans des univers distincts, le problème demeure que nous avons toujours besoin d'informations extra-dimensionnelles pour nous informer sur l'univers dans lequel nous vivons.

Nous allons maintenant examiner des conséquences plus spéculatives mais importantes de notre article (Guillemant et al. 2018) sur notre vie quotidienne. En fin de compte, dans un billard mais aussi dans tout système dynamique suffisamment complexe, toutes les conditions finales possibles compatibles avec l'énergie initiale sont systématiquement atteintes après un certain temps. Si en outre nous attendons assez longtemps, nous pouvons même nous permettre le luxe de trouver une multitude de chemins qui relient des conditions initiales et finales fixes. Comme ceci est valable pour tous types d'interactions, nous pourrions l'étendre à notre échelle humaine. Prenons un exemple : ce soir, nous prévoyons de rentrer chez nous. Le chemin que nous allons suivre est d'ores et déjà parfaitement défini selon la théorie de l'univers-bloc. Cependant, dans une heure, ce déplacement aura peut-être changé de chemin parce que nous aurons peut-être rencontré l'après-midi quelqu'un qui nous fera suivre une autre voie. Est-ce compatible avec la physique ? Oui, parce qu'il est possible de garder exactement le même futur demain tout en changeant le chemin, sans changer la structure de l'univers. Nous avons juste la liberté de choisir le chemin qui nous permettra de rentrer chez nous ce soir. Même dans le cas où nous rencontrons une personne qui aura une grande influence sur notre vie, cela ne crée pas de problème à la dynamique de l'espace-temps, parce que si vraiment dans notre futur nous faisons quelque chose avec cette personne, l'espace-temps pourra nous envoyer une autre opportunité de la rencontrer. Selon ce point de vue, il y a assez de fluidité grâce au multivers de possibilités ajustables à partir des conditions finales, pour nous apporter un véritable libre arbitre dans notre vie quotidienne.

## VIII DISCUSSION

### 8.1 Comment modéliser un futur instable?

La possibilité pour notre espace-temps d'être flexible, comme l'illustre la figure 1, repose sur deux points clés :

D'abord, nous avons supposé que nous pourrions commuter les lignes de temps, c'est-à-dire changer le programme : c'est une proposition spéculative, mais c'est une question fondamentale qui doit être sérieusement examinée.

Deuxièmement, l'information extra-dimensionnelle joue nécessairement un rôle et détermine les chemins, les commutations et les changements de chemins que nous allons prendre : A ce stade, c'est encore de la physique.



Néanmoins, d'où vient cette information? Nous traversons maintenant les frontières de la physique si nous considérons que le libre arbitre est impliqué. En d'autres termes, notre système conscience-cerveau pourrait-il être un système de navigation?

Selon notre concept « d'épaisseur de temps » de la conscience, nous devons faire une différence entre le cerveau et la conscience. Le cerveau, comme la décohérence, ne semble pas être en mesure de faire les choix aux bifurcations. Seule la conscience semble pouvoir apporter les informations extra-dimensionnelles qui nous font vivre une seule réalité. C'est un point de vue classique, mais il est similaire au rôle bien connu de l'observateur en mécanique quantique.

Nous devons encore résoudre un problème avant de considérer que les commutations aux bifurcations sont possibles : comment rendre les différentes commutations compatibles entre elles? Si nous changeons le cours des événements, nous changerons la vie de quelqu'un qui sera sur notre nouveau cours, etc. La physique peut-elle le permettre? Y aurait-il un risque d'effondrement de l'espace-temps ? Nous pouvons répondre négativement si nous considérons, grâce au principe de l'intrication macroscopique, que tous les commutateurs peuvent devenir compatibles les uns avec les autres.

Aujourd'hui cette généralisation de l'intrication au niveau macroscopique est de plus en plus acceptée par les grands physiciens. Thibault Damour par exemple dans Damour (2015) propose qu'en cosmologie quantique, une généralisation de la mécanique quantique à l'échelle macroscopique est possible.

## 8.2 Réseaux de neurones et intrication quantique

Récemment, l'intrication quantique a été simulée à l'aide de réseaux neuronaux (Dong-Ling et al., 2017), ce qui signifie que les réseaux de neurones peuvent permettre le codage de divers états quantiques. Comme la réduction des états intriqués nécessite des informations en dehors de l'espace-temps (hasard quantique), cela nous permet de mieux comprendre pourquoi l'espace-temps pourrait être coordonné par des « cerveaux », dans son évolution future atemporelle.

Mais si la possibilité de changer l'avenir de manière macroscopique se réalise grâce à des lignes temporelles enchevêtrées, il reste à comprendre comment ce processus pourrait être stabilisé, parce que l'impact d'un changement de ligne temporelle sur d'autres lignes pourrait faire écho à l'infini. Une solution à ce problème consiste simplement à interdire ce processus lorsqu'il est incompatible avec le futur, ce qui exige l'acceptation de la rétrocausalité. Aujourd'hui des physiciens très célèbres comme Yakir Aharonov vont dans cette direction. Ce dernier a démontré qu'il est possible d'accommoder la mécanique quantique avec notre libre arbitre à condition d'accepter la rétrocausalité (Aharonov et al. 2016). En d'autres termes, il est possible d'accommoder l'indéterminisme de notre réalité avec la possibilité de faire des choix, déplaçant ainsi nos lignes temporelles, mais à condition d'accepter la rétrocausalité.

Cette rétroactivité ne devrait pas être perçue comme choquante. Elle n'est choquante que si nous croyons qu'elle agit via un signal. Au début, quand Costa de Beauregard a proposé ce concept dans les années 50 (Costa de Beauregard 1953), il a été mal perçu parce que les gens ont cru qu'un signal était envoyé depuis le futur. Ce n'est pas une bonne interprétation parce qu'il s'agit d'une intrication temporelle, à comprendre dans le même sens qu'une intrication spatiale qui implique une corrélation sans aucun signal transmis. Ce n'est pas un problème dans un univers où le futur est déjà là et où le passé est toujours là. Il suffit de raisonner avec les événements ou lignes de temps au lieu de raisonner avec des points de matière qui se déplacent dans le temps.

Aujourd'hui, la physique nous enseigne qu'il faut arrêter de raisonner avec une matière qui bouge dans le temps. De plus, nous devons réaliser que la matière n'existe pas, dans le sens où il n'existe que des densités spatio-temporelles de probabilité de présence, etc.



Après avoir compris la pertinence de remplacer les points en mouvement par des lignes de temps, nous pensons que la rétrocausalité est le prochain point clé pour vraiment comprendre le temps... et la conscience.

### 8.3 Le grand mystère du temps

On pourrait enfin résoudre le grand mystère du temps si l'on prend au sérieux tout ce que la physique nous suggère. Le plus gros problème pour les physiciens en ce moment est de résister aux dogmes : causalité stricte, déterminisme, irréversibilité, conscience créée par le cerveau, etc. Lorsque nous relativisons ces dogmes et prenons au sérieux tous les résultats des expériences de physique et des modèles théoriques, nous concluons que la réalité n'est pas créée dans le temps mais d'une autre manière, comme suggéré par Carlo Rovelli (2012). Le temps n'existe pas dans le sens d'un front déjà créé : le passé existe toujours et l'avenir est déjà là, mais nous ajoutons dans ce papier le fait qu'il est simplement flexible : il peut changer. Alors le point clé qui en émerge est que l'avenir pourrait influencer le présent.

Notre point de vue cybernétique, grâce à une longue expérience en ingénierie informatique, nous dit qu'il est possible de créer un modèle réduit d'espace-temps. Par exemple, si nous demandons à un ingénieur : "vous devez calculer l'avenir selon les informations que nous vous donnons sur le moment présent", il ne sera pas en mesure de le faire, car comme il devrait apporter des informations extérieures arbitraires, il subira un risque élevé d'introduire un bug dans le système. Mais si nous lui demandons : "nous vous définissons tel avenir et vous calculez la suite du présent en changeant cet avenir de proche en proche", alors il n'aura pas de problème. Si vous lui demandez de vous expliquer comment il s'y prend, il vous répondra : « J'utilise simplement un système de commutation pour introduire de l'information dans mon système. Mais je ne le fais que lorsque je peux le faire. C'est comme un GPS : vous vous déplacez dans une voiture, vous avez un trajet parfaitement précis et à tout moment le GPS vous dit de tourner à gauche ou à droite, etc. Eh bien, vous avez la possibilité de ne pas suivre ce que dit le GPS. Vous gardez votre libre arbitre. Et que fera le GPS? Il recalculera votre parcours. Pendant un certain temps, il vous dira de faire demi-tour, jusqu'à ce qu'il comprenne qu'en fait vous vouliez faire autre chose. Comme sa destination est toujours prévue, il trouve une nouvelle route pour vous emmener à votre destination. » Notez que dans ce processus, à aucun moment le GPS n'a perdu le fil de l'histoire. Si nous sommes en mesure de concevoir que maintenant, grâce à la technologie, un système un tant soit peu compliqué et intelligent puisse gérer la commutation des lignes de temps de beaucoup de gens pour les emmener en toute sécurité au travail en évitant les embouteillages, comment pouvons-nous encore croire que l'univers est incapable de le faire?

Essayons maintenant de faire un lien entre la physique et la conscience. Il est tout à fait concevable que l'information introduite pour réaliser ces commutations s'exprime par gravité quantique. Bien que nous n'ayons pas l'intention de développer ici le concept de gravité quantique, citons simplement le physicien Roger Penrose qui a proposé de connecter la conscience à l'information quantique dans le cerveau, via le modèle Orch'OR (Penrose et Hameroff 2011) qui implique une réduction orchestrée des états quantiques dans les microtubules du cerveau.

### 8.4 Un modèle cybernétique multicouche

Selon ce qui précède, il est possible de modéliser de manière très simplifiée le processus de coordination de l'espace-temps par de l'information quantique - découlant de la gravité quantique ou de la conscience cérébrale - en utilisant le modèle réduit de Perceptron à trois couches d'un réseau neuronal. Considérant aussi le modèle réduit de l'espace-temps que constitue un billard, la première couche est constituée par des neurones qui identifient les lignes de temps commutables, par exemple la trajectoire A d'une balle donnée qui peut être remplacée par une autre. Les neurones de la deuxième couche identifient toutes les autres trajectoires de la balle qui doivent



également commuter si A change, afin de gérer leur intrication. La troisième couche est alors constituée de neurones qui identifient des conditions finales données. Si nous considérons maintenant des dimensions supplémentaires et un réseau neuronal plus réaliste qui générerait la flexibilité de l'espace-temps, il serait constitué de 3 couches de 3 dimensions spatiales qui seraient programmées avec des informations pour déterminer le chemin et la destination. Il pourrait alors progressivement changer l'espace-temps dans toutes ses possibilités de réalisation dans le multivers. Cela impliquerait l'introduction de modèles susceptibles d'imiter les propriétés de la conscience telles que l'intention et l'attention, mais nous n'aborderons pas ces questions, qui concernent plutôt la psychologie.

Rappelons que cette modélisation nécessite l'acceptation d'une double causalité, c'est-à-dire d'une influence du futur sur notre présent. À la question « la double causalité est-elle une théorie falsifiable? » nous répondons positivement en précisant que nous avons essayé, dans le cadre d'un contrat de recherche entre le CNRS et une société de Webmarketing (Guillemant 2016-2018), de falsifier cette théorie au cours des quatre dernières années. La façon dont nous avons exploré cette question était l'introduction de choix aléatoires dans la publicité ou les robots du web, afin de mettre en évidence par une analyse statistique un effet possible de sérendipité, c'est-à-dire la tendance (des utilisateurs d'Internet) à trouver accidentellement un produit qui renvoie un service souhaité. Le principe de cette recherche était de constituer deux groupes d'utilisateurs du web recevant des annonces à des moments choisis au hasard, en utilisant un générateur de nombres aléatoires quantiques. Pour le premier groupe, chaque tirage au sort a été renouvelé pour chaque individu, tandis que pour le second, il était identique pour tout le groupe, mais tous les tirages différaient encore au moyen d'identifiants individuels. Les résultats obtenus au début de 2018 ont été positifs en faveur de l'existence d'un tel effet de sérendipité, avec une probabilité qu'il soit dû au hasard égale à 1/56.

## IX CONCLUSION

Nous pouvons conclure de l'analyse ci-dessus qu'il est possible de réconcilier les vues de Bergson et de Nietzsche sur le temps, grâce à une conception cybernétique d'un espace-temps flexible, bien que forcé simultanément par des conditions initiales et finales. Cette double contrainte a le mérite de résoudre les paradoxes de l'espace-temps par une double causalité, qui prend en compte sa flexibilité au moyen d'un contrôle neuronal impliquant des informations extérieures contenues dans des dimensions supplémentaires... ou de conscience.

Cela implique de relativiser la portée ontologique des équations, car les équations sont des outils et leurs prémisses (déterminisme et continuité) ne sont pas compatibles avec la réalité observée. Il s'agit également de trouver les modèles cybernétiques appropriés, qui pourraient être fractals, multi-échelles ou neuronaux, pour relier l'intrication, indispensable pour les commutations, et les différentes couches ou dimensions, puis d'accepter l'idée d'une configuration acausale en physique. Notez que la nécessité d'informer sur les conditions finales existe déjà, comme par exemple en mécanique des fluides dans certains modèles dynamiques. En sciences humaines, cela signifie éviter la confusion entre le cerveau et la conscience, qui joue le rôle de fournir des informations supplémentaires, et d'accepter la recherche de protocoles expérimentaux pour falsifier ou mettre en évidence l'influence du futur sur le présent.

En ce qui concerne la validation de cette vision de l'espace-temps, nous pensons que les technologies d'Internet et du bigdata offrent des chemins prometteurs dans cette direction. Entre autres, le plus grand frein à notre compréhension demeure le paradigme de notre système de pensée mécaniste actuel, qui empêche les chercheurs de briser les dogmes et de s'aventurer au-delà des frontières de leur discipline.



## Références

- Aharonov Y., Cohen E., Shushi T. (2016) Accomodating retrocausality with free will, *Quanta* **5**, 56-60.
- Aspect A., Grangier P., Roger, G. (1982) Experimental Realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A New Violation of Bell's Inequalities, *Physical Review Letters*, Volume 49(2), pp. 91-94.
- Bérut A. *et al.* (2012) Experimental verification of Landauer's principle linking information and thermodynamics, *Nature* 483, 187-190.
- Bodineau T., Gallagher T., Saint-Raymond I. (2016) The Brownian motion as the limit of a deterministic system of hard-spheres., *Invent. Math* 203, 493-553.
- Buonomano B. (2017) Your brain is a time machine: The neuroscience and physics of time, W.W. Norton & Co.
- Connes A., Rovelli C. (1994) Von Neumann Algebra Automorphisms and Time-Thermodynamics Relation in General Covariant Quantum Theories, *Class. Quantum Grav.* 11, 2899–2918.
- Conway J., Kochen K. (2006) The free will theorem, *Found. Phys.*, 36, 1441-1473.
- Costa de Beauregard O. (1953) Mécanique Quantique, *Comptes Rendus Académie des Sciences* 236, 1632.
- Damour T. (2015) Quantum cosmology: from Einstein to Everett, Dewitt...and back, A lecture at I.H.E.S. <https://indico.math.cnrs.fr/event/781/>
- DeWitt B. S. (1967) Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory, *Phys. Rev.*, Vol 160 (5), pp. 1113–1148.
- Dong-Ling D., Xiaopeng L., Das Sarma S. (2017) Quantum Entanglement in Neural Network States, *Phys. Rev. X* 7, 021021.
- Everett H. (1957) 'Relative state' formulation of quantum mechanics, *Reviews of modern physics*, 29, 454.
- Gisin N. (2012) L'impensable hasard, Odile Jacob.
- Gisin N (2016) Physics killed free will and time's flow. We need them back, *New Scientist*.
- Guillemant P. (2016-2018) Etude de faisabilité d'un traitement de l'information favorisant la sérendipité des moteurs de recherche et du big-data, Contrat de collaboration de recherche CNRS RICARG ORG, SPV 121 011.
- Guillemant P., Medale M. , Abid C. (2018) A discrete classical space-time could require 6 extra-dimensions, *Annals of Physics* 388, 428-442.
- Landauer R. (1991) Information Is Physical, *Physics Today* 44(5), 23–29.
- Leff H. S., Rex A. F. (2003) Maxwell's Demon 2: Entropy, Classical and Quantum Information, Computing, Philadelphia, Pennsylvania Institute of Physics Publishing.
- Maldacena J. (1998) The Large N limit of Superconformal Field Theories and Supergravity, *Advances in Theoretical and Mathematical Physics* 2, 231–52.
- Megidish E., Halevy A., Shacham T., Dvir T., Dovrat L., Eisenberg H.S. (2013) Entanglement Swapping between Photons that have Never Coexisted, *Phys. Rev. Lett.* 110, 210403.
- Norton J. D. (2005) Eaters of the lotus: Landauer's principle and the return of Maxwell's demon, *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics* 36, 375–411.
- Penrose R., Hameroff S. (2011) Consciousness in the Universe: Neuroscience, Quantum Space-Time Geometry and Orch OR Theory, *Journal of Cosmology* 14.
- Rovelli C. (2012) Et si le temps n'existait pas : un peu de science subversive, Dunod.
- Rovelli C. (2018) L'ordre du temps, Flammarion.
- Stefanov A., Zbinden H., Gisin N., Suarez A. (2002) Quantum correlations with spacelike separated beam splitters in motion: Experimental test of multisimultaneity, *Phys. Rev. Lett.* 88, 120404.
- Suarez A. (2013) Is science compatible with free will? Springer.
- Suarez A. (2017) All-Possible-Worlds: Unifying Many-Worlds and Copenhagen, in the Light of Quantum Contextuality, arXiv: 1702.06448 [quant-ph].
- Szilard L (1929) On the Reduction of Entropy in a Thermodynamic System by the Intervention of Intelligent Beings, *Zeit. Phys.* 53, 840-856.
- Wallace D. (2012) The emergent multiverse. Quantum theory according to the Everett interpretation, Oxford University Press.
- Xuan Thuan T. (2011) Le cosmos et le lotus, Albin Michel.