

Les Réalités de l'Univers ¹

Les Réalités de l'Information

Mais qu'est-ce que la réalité ?

La réalité (de *res* en latin, la chose c'est-à-dire un objet concret) est l'ensemble des phénomènes considérés comme existant effectivement. Ce concept désigne donc ce qui est physique, concret, par opposition à ce qui est imaginé, illusoire, rêvé ou fictif...

Pour Platon, il faut dépasser l'apparence sensible, fugace et changeante des choses, pour accéder au monde des idées qui fonde tout ce qui existe dans le monde sensible et en permet la connaissance. L'apparence sensible est donc une forme d'illusion, en tout cas d'imperfection de l'archétype parfait.

Kant en revanche considère que la réalité pour l'être humain n'est rien d'autre que celle qui lui apparaît, sa manifestation sensible ; elle est donc d'ordre phénoménal, la chose en soi étant inconnaissable. Du fait de cette dissociation, la réalité n'est pas conçue comme identique ou équivalente à la vérité.

I La réalité de l'information.

Dans l'Univers, Tout est information : matière, antimatière, lumière, vide...

L'atome lui-même, base de la matière (et de l'antimatière) est un centre d'échanges d'informations entre les électrons et le noyau, le vide qui sépare les électrons du noyau est riche de potentiel quantique. Les atomes constitutifs de la matière inanimée et de la matière animée échangent en permanence des informations physiques (électromagnétiques, vibratoires, chimiques...) et sont parcourus de champs physiques.

Dès le Big Bang, l'univers nouveau-né a créé un alphabet d'une richesse inouïe, capable d'écrire, avec comme lettres « les atomes », l'histoire du futur de la matière et de permettre d'évoluer vers toujours plus de complexité. L'entéléchie

¹ Philippe Jean Coulomb, 'Les Réalités de l'Univers, Les nouveaux paradigmes », Éditions Sydney Laurent.

conduit à une évolution dirigée dont l'une des étapes fut l'apparition de la conscience et l'avènement du cerveau humain.

Sans les champs d'informations, rien n'aurait été possible.

Aucun organisme mono et pluricellulaire ne pourrait survivre sans un système informationnel élaboré et complexe qui informe et régule, permettant la cohérence des structures et des fonctions par l'intermédiaire de messagers biochimiques et hormonaux et cela parce qu'il baigne dans un champ informationnel quasi permanent.

Pour Annie Tranvouëz, ² « ...l'information , cette chose de nature immatérielle capable de circuler aussi bien au sein du champ lui-même que parmi les entités éphémères créées par le champ lorsque l'information qui excite le champ se manifeste à nous par le biais de ce que l'on appelle l'énergie...information et énergie sont deux choses bien distinctes, puisque la première peut s'exprimer hors de la matière, de l'espace et du temps, tandis que la deuxième a besoin de matière, d'espace et de temps pour s'exprimer ».

La mémoire, cet outil de l'esprit qui stocke l'information et permet à l'homme d'appréhender le futur, est « partout et nulle part en particulier » !

Le neurophysiologiste Karl Pribram, du Stanford Research Institute, fut intrigué par l'absence de localisation de la mémoire, car les recherches semblaient indiquer qu'elle ne résidait dans aucune partie du cerveau, tout en étant distribuée dans son ensemble.

Pour lui, l'hologramme, découvert en 1947 par Dennis Gabor, pouvait expliquer ce phénomène. En effet, dans un hologramme, l'ensemble des informations concernant l'objet est enregistré en chacun de ses points : non seulement la partie est dans le Tout, mais le Tout est dans chaque partie et chaque partie a accès au Tout. Pour Pribram, l'hologramme serait un modèle de la façon dont le cerveau pourrait emmagasiner la mémoire.

La théorie holographique postule que le cerveau construit une réalité concrète en interprétant les fréquences venant d'une dimension transcendant l'espace et le temps. Le cerveau serait ainsi un hologramme interprétant un Univers holographique. Nous aurions donc accès à la totalité de ce qui existe en nous et autour de nous.

² Annie Tranvouez, « Psychogénéalogie et physique quantique », Éditions Dervy.

Notre pensée serait capable d'entrer en contact avec la conscience de l'Univers. Le passé, le présent et le futur se juxtaposent et coexistent dans le présent. Le corps devient une Manifestation de la Conscience : il est matière, la matière est énergie et l'énergie c'est la conscience !

L'Univers n'est pas géré par les lois du hasard, en fait, il est cohérent.

Information et résonance morphique

Si les théories mécanistes ont échoué à localiser la mémoire, c'est qu'elle dépendrait d'une « résonance morphique » à rapprocher de la théorie de l'inconscient collectif de Jung.

Dans son premier ouvrage, « *Une Nouvelle Science de la Vie* », Sheldrake³ propose l'idée suivante : les phénomènes sont d'autant plus probables qu'ils se produisent souvent et de ce fait la croissance et le comportement biologiques s'inscrivent dans des schémas établis par d'autres évènements similaires qui les précèdent.

S'appuyant sur les travaux du philosophe français Henri Bergson, le Britannique Sheldrake a formulé l'hypothèse selon laquelle la mémoire serait inhérente à toutes structures ou systèmes organiques.

Bergson avait déjà contesté le fait que la mémoire personnelle et les habitudes se trouvaient dans le cerveau, mais Sheldrake va plus loin et avance que les formes corporelles et les instincts, bien qu'exprimés à travers les gènes, n'y trouvent pas leurs origines.

La biologie mécaniste a échoué en particulier à comprendre la croissance et le développement des organismes, leur morphogénèse. Les substances chimiques seules ne déterminent pas la forme. Il est clair qu'une influence formative autre que l'ADN doit contribuer à façonner les bras et les jambes. Tous les biologistes du développement admettent ce fait. Mais à ce stade, leurs explications mécanistes se perdent dans des affirmations vagues, où il est question d'« interactions physico-chimiques encore mal comprises. »

Sheldrake propose au contraire l'hypothèse selon laquelle les organismes se développent sous l'influence d'organismes similaires grâce à un mécanisme qu'il nomme la « **résonance morphique** ». Le processus par lequel le passé devient présent au sein de champs morphiques est nommé résonance morphique.

³ Rupert Sheldrake, « Une nouvelle science de la vie, Editions du Rocher.

L'influence du passé sur le présent, au-delà de l'espace et du temps, semble n'être possible que par une « résonance morphique » qui n'implique pas un transfert d'énergie, mais de l'information. C'est par ce transfert d'information que l'on peut expliquer qu'une même découverte (comme la cristallisation d'un corps chimique ou l'acquisition d'un nouveau comportement animal) se fasse simultanément à différents endroits du monde. La résonance morphique explique aussi pourquoi des comportements instinctifs complexes peuvent se transmettre chez les animaux : les instincts dépendraient d'une mémoire inconsciente collective, elle serait une transmission non locale ⁴ d'information d'un point à l'autre de l'espace-temps.

Quand un système organisé particulier cesse d'exister – lorsqu'un atome est désintégré ou qu'un animal ou un végétal meurent – leur champ organisateur disparaît du lieu spécifique où existait le système, mais les champs morphiques ne disparaissent pas ce sont des organisateurs potentiels, susceptibles de se manifester à nouveau, en d'autres temps, en d'autres lieux, partout où et à chaque fois que les conditions physiques seront appropriées.

Pour Sheldrake, il doit donc y avoir un « *principe formateur transcendant le flux énergétique – un principe qui organise ce flux en accord avec ses finalités propres... Si nous ne voulons pas vivre sur deux plans distincts, déchirés entre une réalité « objective », impersonnelle, mécaniste et le monde « subjectif » de l'expérience personnelle, nous devons trouver un moyen de tendre un pont entre ces deux domaines. »*

Il existerait, selon lui, d'autres planètes identiques à la nôtre, voilà qui soulève « L'éventualité sidérante que notre planète soit en résonance morphique avec des planètes similaires en d'autres régions de l'Univers ».

Des spécialistes en physique quantique, les prix Nobel Brian D. Josephson et Luc Montagnier ont soutenu l'hypothèse de Sheldrake. David Bohm estima que sa proposition était en accord avec sa propre théorie de l'ordre implicite et explicite.

Synchronicité et Information.

Synchronicité : une réalité informative de phénomènes paranormaux.

⁴ Instantanée.

Dans l'antiquité, les évènements synchrones étaient interprétés comme un signe divin.

Pour la philosophie taoïste la synchronicité est un concept d'interconnexion qui imprégnerait tout l'Univers.

De nos jours, de nombreux chercheurs de haut niveau s'intéressent à des manifestations inexplicables et incompréhensibles que le monde scientifique avait classées dans le domaine du pur imaginaire pour ne pas dire de la charlatanerie.

Cependant, l'absence dans les modèles scientifiques de ce l'on pourrait appeler une « âme » ou « l'esprit » de l'Univers devait forcément être comblée. En fait, il existe bel et bien une communication synchrone instantanée entre le psychisme et le monde de la matière.

Sans dimension psychique l'univers de matière n'existerait pas ! Dans l'univers particulaire le plus infime, nous constatons que les éléments fondamentaux de la matière n'interagissent pas au hasard entre eux : une intelligence synchronique intervient de façon permanente.

À la base de l'architecture de l'univers différencié existerait, selon Massimo Theodorani ⁵un potentiel quantique qui serait un « *champ de forme* ».

Ce champ de forme « pour pouvoir être effectif doit obligatoirement informer l'univers au niveau quantique. Et c'est ce qu'il fait de manière instantanée dans une synchronicité sans fin. Il s'agit là de l'ordre impliqué de Bohm, alors que l'univers du temps, de l'espace et de la matière-énergie dans lequel sont immergés nos corps n'est que le déploiement d'un ordre expliqué de ce qui est vraiment une espèce de projet divin...c'est justement en entrant dans le royaume des particules que nous prenons connaissance d'une danse synchrone ».

L'opinion du prix Nobel de physique Brian Josephson est que la mécanique quantique pourrait bien enfin lever le voile sur ces évènements énigmatiques que l'on attribue au psychisme.

David Bohm ⁶, Carl Jung, Wolfgang Pauli et Basil Hiley, en étudiant des manifestations de ce qu'on appelle le « paranormal » estimèrent que l'esprit serait une sorte de transmetteur non local en mesure de déterminer des

⁵ Massimo Theodorani ; « Synchronicité », Macro Éditions.

⁶ Massimo Theodorani ; « David Bohm », Macro Éditions.

Massimo Theodorani ; « Enlacement , L'intrication quantique des particules à la conscience », Macro Editions.

phénomènes comme la télépathie, la prémonition, la vision à distance, la télékinésie et la synchronicité jungienne.

Il existerait un modèle de fonctionnement synchrone de l'Univers qui irait bien au-delà de la simple intrication quantique de particules.

La mécanique quantique ne serait dans ce cadre qu'un corollaire d'une théorie physique plus vaste, encore inconnue, mais dont nous pouvons entrevoir les effets. L'intrication mentale ne se limiterait pas à organiser les microtubules au sein d'un seul et même cerveau pour générer un flux de conscience chez un individu donné, mais serait également en mesure de déterminer le lien à distance entre deux ou plusieurs esprits.

Le terme de synchronicité fut inventé en 1920 par le psychologue suisse Carl Gustav Jung à une époque où se côtoyaient les plus grands esprits qui révolutionnèrent nos connaissances de l'Univers. C'est ainsi que Jung entretint une correspondance suivie avec Einstein, Bohr, Heisenberg et Pauli.

En effet, c'est à cette époque-là que, pour la première fois, un psychologue analyste, Jung, et l'un des plus grands physiciens de la mécanique quantique, Wolfgang Pauli, prix Nobel, entreprirent de démontrer scientifiquement l'existence d'un principe qui permet d'unir le psychisme et la matière en un seul et même cadre physique ; démonstration reprise donc plus récemment par le physicien quantique David Bohm avec sa découverte de l'ordre impliqué.

Jung donna de la synchronicité la définition suivante :

« La synchronicité survient comme une coïncidence d'évènements dans l'espace et le temps, comme quelque chose qui va bien au-delà du pur hasard ; il s'agit d'une interdépendance particulière entre des évènements objectifs, ou entre des évènements objectifs synchrones et l'état subjectif de la conscience ».

Définition complétée par Wolfgang Pauli :

« Mon opinion personnelle est que la réalité, dans la science du futur, ne sera ni psychique ni physique mais un peu et aucune des deux...Quelle satisfaction si la physique et le psychisme pouvaient être considérés comme des aspects complémentaires d'une même réalité ».

Ces deux grands chercheurs, l'un psychologue analytique et l'autre physicien quantique, en conjuguant leur savoir, furent convaincus que la synchronicité est non seulement un phénomène qui unit le psychisme et la matière, mais qui

révèle que l'univers , dans sa dualité, n'est pas le résultat du hasard, mais qu'il est conçu pour la vie et la conscience.

Selon Pauli, une nouvelle science, **la psychophysique**, a pour but d'unir l'homme au cosmos. Le psychisme n'est pas une force qui se manifeste selon le principe de causalité mais bien comme un processus d'information instantanée. Pour lui, tous les phénomènes synchrones qui se manifestent, aux niveaux humain et quantique, ont une matrice commune capable d'unir de façon synchrone le monde du psychisme avec celui de la matière.

La synchronicité met en jeu « l'inconscient collectif » qui est une réalité psychique objective qui réunit tous les êtres de l'Univers inanimé et animé. Elle est située dans une dimension hors de l'espace-temps et peut être considérée comme le témoignage d'un Esprit Universel qui œuvre et communique avec toutes les créatures, partout, à chaque instant et simultanément.

Des scientifiques ont mis au point une machine à générer le hasard : LE REG (Random Event Generator) qui est en fait un générateur de nombres aléatoires. Cet appareil utilise des photons, des séparateurs et des détecteurs de photons, pour produire des corrélations non locales qui garantissent que les résultats sont bien dus au hasard, mais le vrai hasard !

Une analyse mathématique statistique précise est ensuite réalisée et permet d'affirmer si l'intention humaine est capable de produire des déviations du hasard, c'est-à-dire mettre de l'ordre dans le désordre.

Dans le cas de l'attentat du 11 septembre contre les tours jumelles, Dean Radin et Roger Nelson ont démontré qu'avant l'évènement, la population mondiale eut le pressentiment que quelque chose allait se passer (les animaux pressentent un tremblement de terre ou une catastrophe imminente...l'humain aussi !).

Le pic de la courbe REG n'a pas eu lieu au moment de l'impact de l'avion sur les deux tours du World Trade Center , mais 2 heures avant l'évènement et la même courbe fut obtenue sur tous les REG de la planète, simultanément et de la même façon !!!

Il existerait donc un réseau non local, c'est-à-dire de communication instantanée, de cerveaux/esprits se comportant comme un véritable esprit collectif : c'est une manifestation globale de la synchronicité.

Jung estima que l'inconscient collectif n'est pas une réalité subjective, mais une réalité psychique objective qui réunit tous les êtres de l'univers : elle est située

hors de l'espace et du temps, elle est l'âme de l'univers. Cette conception rejoint celle du monde implicite de David Bohm.

Les événements synchrones formeraient des champs d'énergie psychique qui poussent la vie consciente vers un pur qualitatif, alors que le principe de causalité, inévitablement, conduit à la fin de l'Univers.

Shäfer considère « ...*la philosophie éternelle comme une forme spéciale de synchronicité : c'est l'apparition indépendante, sans aucune connexion visible, de pensées identiques dans différents esprits, à différentes époques et dans différentes parties du monde...les esprits humains ont depuis toujours été connectés à un champ cosmique. La connexion est possible car la conscience est une propriété cosmique ...* ».

Pour le prix Nobel Brian Josephson, les organismes complexes évolués en mesure de formuler une intention peuvent produire des effets non localement liés, c'est-à-dire instantanés, avec cette intention. Si, en plus de l'intention, on ajoute l'attention, un processus de cohérence est alors créé et engendre un ordre manifesté. Seules, l'attention et l'intention permettent la connexion mentale non locale, car c'est le seul moyen de transformer le chaos en ordre. Ce mécanisme coïncide avec une diminution de l'entropie et une augmentation de la néguentropie.

La non-localité : l'information instantanée ?

La localité est définie par une physique précise impliquant l'espace, le temps et la vitesse de la lumière en tant que limite.

Or, la mécanique quantique avance que, au niveau du microcosme, le phénomène d'intrication entre deux particules suggère l'existence d'une physique de non-localité.

Albert Einstein, qui fut l'un des pionniers de la théorie quantique en interprétant l'effet photoélectrique en termes de photons, n'accepta jamais le caractère non déterministe de celle-ci, prônée par l'école de Copenhague. Il ne pouvait admettre que connaissant l'état initial d'un système, on ne puisse pas prédire avec certitude les résultats d'une mesure mais seulement calculer les probabilités de les obtenir. « *Dieu ne joue pas aux dés !* » s'était-il écrié.

En effet, le concept de non-localité paraît difficile à accepter dans le cas d'une logique normale.

Pour Einstein, deux particules qui se séparent, fussent-elles à quelques mètres et *a fortiori* à des milliards de kilomètres, conservent chacune leur propre identité et aucune information instantanée (c'est-à-dire allant plus vite que la vitesse de la lumière) ne peut aller de l'une à l'autre.

Utilisant une nouvelle technologie de pointe, qui n'existait pas à l'époque d'Einstein, le français **Alain Aspect**, et ses collaborateurs Philippe Grangier et Gérard Roger, à l'Institut d'Optique d'Orsay mirent fin à cette controverse.

Grâce à une technique d'excitation à l'aide de deux photons lasers, ils démontrèrent que deux photons, même séparés par des milliers ou des milliards de kilomètres, restent en contact permanent, ils n'ont pas besoin d'échanger d'information à l'aide d'un moyen classique limité par la vitesse de la lumière ($C = 300\,000$ km/sec). Lorsque l'un est détecté, l'autre le sait instantanément. Ils peuvent apparaître dans des directions opposées sans se consulter car ils forment un Tout inséparable, c'est le principe de non-localité.

Cette expérience suggère qu'à l'origine, toutes les particules dans l'histoire du cosmos ont interagi entre elles.

Autrement dit, tout dans notre environnement physique immédiat est fait de quanta qui ont interagi avec d'autres quanta, du big-bang à aujourd'hui.

Si la non-séparabilité ou non localité est une caractéristique générale de l'Univers, l'Univers est donc un système holistique. Toutes les parties matérielles, y compris les atomes constitutifs de notre corps sont faites de particules quantiques qui ont interagi, dès le Big-Bang, les unes avec les autres et ont formé des états non séparables.

Il en découle qu'un être est entièrement ou fortement déterminé par le Tout dont il fait partie. Une onde quantique est donc une onde de probabilité se déplaçant plus vite que la lumière et connectant nos esprits au monde physique.

Curieusement, *l'intrication quantique*⁷ viole le sacro-saint principe de causalité fondement de la physique classique.

La Relativité apparaît comme le top de la raison humaine, alors que la théorie quantique fait appel à l'irrationnel.

⁷ L'intrication est un phénomène quantique dans lequel deux particules au moins partagent les mêmes propriétés. Quand on mesure l'état de l'une d'entre elles, les autres particules intriquées prennent instantanément la même valeur, indépendamment de la distance entre elles.

En fait, l'apparition synchrone de ces deux découvertes nous conduit à réconcilier ces deux théories qui paraissent opposées alors qu'elles constituent un ensemble holistique interdépendant : matière (Relativité) – esprit (théorie quantique).

Cette expérience de non-localité est l'une des plus grandes découvertes de la conscience humaine !

Carlo Rovelli ⁸ estime que la structure formelle de la mécanique quantique peut être déduite de deux postulats simples :

- * Compte tenu du fait que le monde est granulaire, et donc fini, l'information, dans tout système physique, est finie.
- * Compte tenu de l'indétermination quantique, on peut toujours obtenir une nouvelle information sur un système physique.

La théorie de l'information.

Conscient de baigner dans un océan d'informations sans lesquelles le monde n'existerait pas, l'homme a conçu une théorie de l'information qui lui permet de quantifier et qualifier la notion de contenu en information présent dans un ensemble de données.

Pour le mathématicien Claude Shannon, lorsque l'on reçoit l'information correspondant à l'occurrence d'un événement ayant 1 chance sur 2 de se produire, on reçoit un **bit** d'information. Le mot « bit » est la contraction des mots anglais binary digit, qui signifient « chiffre binaire ». Un bit ne peut prendre que deux valeurs : 0 et 1, c'est l'unité de mesure utilisée en informatique.

L'exécution de programmes informatiques est réalisée par des machines : ordinateurs, robots, automates...

En informatique quantique, un **qbit** est l'état quantique qui représente la plus petite unité de stockage d'information quantique. C'est l'analogue quantique du bit.

Curieusement, le fonctionnement des calculateurs quantiques est déterministe alors que la mécanique quantique est probabiliste.

L'ordinateur quantique.

⁸ Carlo Rovelli, « L'ordre du temps », Flammarion.

Carlo Rovelli, « Par-delà le visible, La réalité du monde physique et la gravité quantique », Odile Jacob.

La puissance d'un ordinateur quantique est colossale : Google travaille sur une machine 100 millions de fois plus rapide qu'un ordinateur classique, elle calculera en une seconde ce qu'un ordinateur conventionnel ferait en 10 000 ans !!!!!

Mais le calcul quantique exige du système qui le porte deux contraintes fortes pour être utilisable :

- il doit être totalement isolé du monde extérieur pendant la phase calcul, toute observation ou tout effacement de données perturbant le processus. On ne le laisse communiquer avec l'extérieur qu'avant l'introduction des données et après la lecture du résultat.
- il doit se faire sans la moindre perte d'information.

Compte tenu de l'extrême difficulté technique, la réalisation d'ordinateurs quantiques à grand nombre de qbits ne sera pas réalisée avant quelques dizaines d'années.

Les applications relèvent de la science-fiction.

La rapidité des calculs permettrait de modéliser un voyage spatial en 1 seconde, de gérer un système complexe de satellites, de faire progresser l'intelligence artificielle à pas de géant, la cryptographie quantique permettra de distribuer une clé de chiffrement secrète entre deux interlocuteurs distants, tout en assurant la sécurité de la transmission grâce aux lois de la physique quantique et de la théorie de l'information...

Ainsi viendra le jour où l'homme sera totalement dépassé par ses inventions, simple intermédiaire dans les maillons de la chaîne de l'Evolution universelle, il donnera naissance, grâce aux ordinateurs quantiques, à des robots à base de silicium, autosuffisants, autoreproducteurs, résistants aux pathogènes, aux rayonnements cosmiques, au froid galactique, dépourvus d'états d'âme et de tube digestif, ils entreprendront la conquête de l'Univers de matière...projet qui était en gestation dès son origine.

II Information et Trous Noirs ⁹

Depuis quelques années, Stephen Hawking et ses collègues Andrew Strominger et Malcom Perry étaient sur la piste de la résolution du fameux paradoxe de l'information découvert par Hawking et impliqué par l'évaporation quantique

⁹ Futura Sciences

des trous noirs associée à son nom. Un article posthume sur le sujet est maintenant en ligne, montrant que quelques progrès vers cette résolution semblent bien avoir été accomplis.

Presque en même temps que la publication du dernier livre de Stephen Hawking, « *Brèves réponses aux grandes questions* », des collègues du physicien décédé ont mis en ligne sur arXiv¹⁰ le dernier article qu'ils avaient rédigé ensemble, dans une ultime tentative, pour percer le mystère du paradoxe de l'information. Hawking avait révélé ce paradoxe, il y a presque 40 ans, avec sa découverte de l'évaporation des trous noirs.

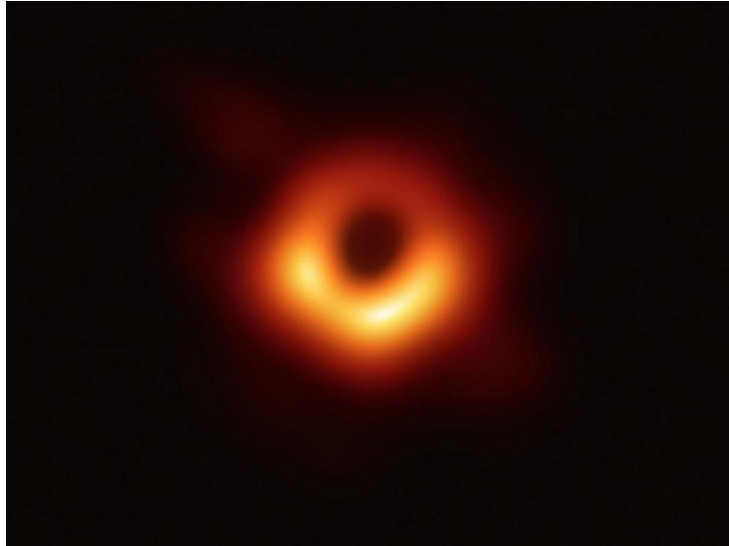
Tout tourne autour du fait qu'un trou noir à l'équilibre non perturbé par une collision avec un autre objet - ce qui le conduirait à vibrer en émettant des ondes gravitationnelles pour retrouver cet état d'équilibre - est exactement décrit par les équations d'Einstein de la relativité générale. Équations avec une solution qui ne dépend que de quatre paramètres : la masse, le moment cinétique dans les cas les plus plausibles et, éventuellement et transitoirement, des charges électriques et magnétiques.

La mystérieuse entropie des trous noirs

Lancer un livre dans un trou noir reviendrait en quelque sorte à le faire brûler. Il ne laisserait plus comme information que sa masse, le reste étant irrémédiablement détruit. Cela se traduirait par l'apparition d'un brusque manque d'information dans l'univers, ce qui pour un physicien équivaut à l'apparition d'une quantité appelée entropie. Jakob Bekenstein d'abord, puis Hawking ensuite ont montré que la surface de l'horizon des évènements d'un trou noir était effectivement une mesure de l'entropie associée à la perte d'information, résultant de la formation et de la croissance d'un trou noir avalant aussi bien de la matière que de la lumière.

¹⁰ arXiv (le X se pronce « ch » dans « archive) est une archive de prépublications électroniques d'articles scientifiques dans les domaines de la physique, des mathématiques, de l'informatique, des sciences non linéaires et de la biologie quantitative, et qui est accessible gratuitement par Internet.

L'archive arXiv a été originellement développée par Paul Ginsparg en 1991 comme une archive pour les prépublications de physique.



Première image d'un trou noir supermassif¹¹

Toutefois, de l'entropie apparaît aussi en plaçant simplement un livre dans un coffre-fort, puisque de l'information manque à un observateur extérieur, nous dit la physique. La découverte de l'évaporation d'un trou noir avait conduit à un paradoxe dans le sens où les lois de la mécanique quantique impliquant cette évaporation et une destruction réelle de l'information - en les combinant partiellement avec celle de la relativité générale - conduisaient à leur propre effondrement, si on les prenait jusqu'au bout au sérieux. Car ces lois quantiques, seules, exigent la conservation de l'information même si celle-ci est cachée sous une forme ou sous une autre temporairement.

Ce paradoxe de l'information a été vu sous une nouvelle lumière au cours des années 1990, lorsque les physiciens Cumrun Vafa et Andrew Strominger ont montré que l'on pouvait expliquer la formule de Hawking-Bekenstein pour l'entropie de certains trous noirs, bien particuliers, dans le cadre de la théorie des cordes¹². Ces trous noirs étaient décrits par d'autres quantités conservées que sont la masse, le moment cinétique et la charge électrique. Ces quantités pouvaient coder un grand nombre d'informations. Les trous noirs super

¹¹ Trou noir supermassif au cœur de la galaxie M87, situé à 55 millions d'années-lumière de la Terre dont la masse équivaut à 6,5 milliards de masses solaires.

¹² En physique fondamentale, la théorie des cordes est un cadre théorique dans lequel les particules ponctuelles de la physique des particules sont représentées par des objets unidimensionnels appelés cordes. La théorie décrit comment ces cordes se propagent dans l'espace et interagissent les unes avec les autres. Sur des échelles de distance supérieures à l'échelle de la corde, cette dernière ressemble à une particule ordinaire, avec ses propriétés de masse, de charge et autres, déterminées par l'état vibratoire de la corde. En théorie des cordes, l'un de ces états vibratoires correspond au graviton, une particule décrite par la mécanique quantique qui véhicule l'interaction gravitationnelle. Ainsi, la théorie des cordes est une théorie de la gravité quantique.

symétriques extrêmes, comme on les appelle, avaient donc une sorte de **mémoire cachée** que l'on pouvait facilement mettre en évidence.

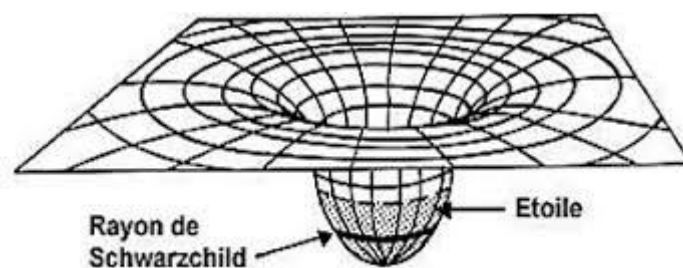
Surtout, dans le cadre des derniers développements de cette théorie au cours des années 1990, sa seconde révolution, l'évaporation complète de ces trous noirs exotiques devait, cette fois-ci, assurer la conservation quantique de l'information, selon la conjecture holographique du physicien argentin Maldacena.

Toutefois, les sceptiques n'ont pas manqué de faire remarquer que la théorie des cordes n'est toujours qu'une hypothèse de travail et que la résolution du paradoxe de l'information serait bien plus convaincante, si l'on pouvait trouver une mémoire cachée dans les solutions décrivant les trous noirs uniquement avec la relativité générale. Et si l'on pouvait montrer ensuite que l'évaporation quantique n'effaçait pas malgré tout cette mémoire, ne serait-ce que partiellement.

Bien évidemment, comme Hawking l'avait avancé initialement avant de changer d'avis suite à la seconde révolution des cordes, on pouvait aussi admettre que la mécanique quantique était en fait réfutée et qu'il fallait aller au-delà de ces équations, probablement vers une version non-linéaire de l'équation de Schrödinger. Une possibilité qui aurait sans doute été accueillie avec empressement par Einstein lui-même, puisque c'est ce qu'il prévoyait à la fin de sa vie.

Une mémoire des trous noirs cachée dans la théorie des ondes gravitationnelles ?

Or justement, il y a presque quatre ans, Andrew Strominger avait été amené à une intéressante découverte en se basant sur des résultats obtenus par deux prix Nobel, Steven Weinberg et Kip Thorne. Les fameuses solutions de Schwarzschild et de Kerr décrivant un trou noir astrophysiquement réaliste sont en fait des versions simples de solutions, dans lesquelles la formation d'un trou noir est accompagnée d'une émission d'ondes gravitationnelles rayonnées à l'infini.



Ce qui change donc les solutions précédentes quand on examine ce rayonnement à l'infini. L'espace-temps est plus complexe que prévu, sa structure à l'infini est décrite par un groupe de symétries cachées, le fameux groupe BMS (Bondi–Metzner–Sachs).

Ce groupe avec ses symétries, également en rapport avec l'horizon des évènements des trous noirs et une certaine forme d'holographie, implique alors l'existence de nouvelles quantités conservées en nombre infini qui sont naturellement des mémoires (gravitationnelles) possibles de l'information piégée par un trou noir.

Stephen Hawking en a tout de suite déduit que cela pouvait peut-être permettre de résoudre le paradoxe de l'information des trous noirs. Il l'expliquait dans un article sur arXiv, en 2015. Un premier pas en ce sens a été exposé l'année suivante, toujours sur arXiv, par Strominger, Hawking et un de ses anciens élèves, Malcom J. Perry.

Des symétries cachées des trous noirs en rotation, cousines de celles des cordes

Un second pas en avant a donc été fait par les trois hommes, juste avant le décès de Hawking, qui semble avoir travaillé jusqu'au bout sur la solution du problème qu'il avait lui-même découvert. Ceci n'est pas sans rappeler ce qu'avait fait Einstein avec sa quête d'une théorie unifiée des forces et de la matière, lui aussi peu de temps avant sa mort.

Des quantités conservées cachées sont là aussi associées à ces symétries. Strominger, Hawking et Perry montrent cette fois-ci que l'on peut bel et bien retrouver l'entropie des trous noirs et la formule de Hawking-Bekenstein à partir de ces quantités conservées, sans faire appel à la théorie des cordes.

Une explication naturelle a finalement été trouvée pour les trous noirs que l'on considère en astrophysique et qui émettent les ondes gravitationnelles détectées par Ligo et Virgo. Le paradoxe de l'information n'en est pas pour autant résolu, car il reste à prouver que l'évaporation quantique des trous noirs conserve bien l'information qui serait portée par les quantités conservées, nouvellement mises en évidence d'un point de vue théorique.

Où se cache l'information avalée par les trous noirs ?

Toutefois, la même théorie quantique, qui implique l'existence du rayonnement Hawking, affirme que l'information est indestructible. Techniquement on parle de conservation de l'unitarité. Il devrait donc exister des structures dans le trou

noir qui gardent la mémoire de cette information. On pourrait penser qu'elle est codée dans le rayonnement émis par le trou noir qui, en réponse, doit s'évaporer puisqu'il perd de la masse, du moment cinétique et de la charge sous la forme des particules émises. Mais comme ce rayonnement doit être celui d'un corps noir, le plus désordonné possible, ce ne pouvait pas être le cas.

On pourrait tenter de résoudre ce problème en remettant en cause certaines hypothèses de départ.

Le rayonnement n'est peut-être pas vraiment thermique, l'information s'échappe du trou noir dans l'univers observable ou un autre univers d'un vaste multivers¹³ grâce à des minitrous de vers... ou bien la mécanique quantique pourrait tout simplement être fautive et montrer ses limites quand l'espace-temps devient particulièrement courbé.



Un trou de ver est, en astrophysique, un objet hypothétique qui relierait deux feuilletés distincts ou deux régions distinctes de l'espace-temps et se manifesterait, d'un côté, comme un trou noir et, de l'autre côté, comme un trou blanc. Un trou de ver formerait un raccourci à travers l'espace-temps.

III Selon une nouvelle théorie, l'information serait le cinquième état de la matière !

Compte tenu des tendances actuelles d'une croissance annuelle de 50% du nombre de bits numériques produits, Melvin Vopson, physicien à l'Université de

¹³ Comment expliquer le multivers ?

Le terme de multivers est utilisé par les scientifiques pour décrire l'idée selon laquelle, au-delà de l'Univers observable, d'autres univers pourraient également exister.

Portsmouth au Royaume-Uni, a prédit que le nombre de bits égalerait le nombre d'atomes sur Terre dans environ 150 ans.

D'ici 2245, la moitié de la masse de la Terre serait convertie en masse d'informations numériques, selon une étude publiée dans la revue AIP Advances.

Selon Vopson, les physiciens ont toujours élargi leur conscience de ce qui compose l'Univers. Au fur et à mesure que les scientifiques affinaient leurs instruments de détection et leurs théories, ils ont appris que l'univers n'est pas seulement fait de matière baryonique, mais aussi de rayonnement, de matière noire et d'énergie. L'information, bien qu'apparemment plus abstraite, pourrait naturellement les rejoindre, car elle fait partie intégrante « à la fois de la matière non organique et de la vie ».

« Bien que l'information se manifeste sous de nombreux formats, y compris les informations analogiques, les informations codées par l'ADN biologique et les informations numériques, la forme la plus fondamentale est le bit numérique binaire, car il peut représenter ou dupliquer avec succès toutes les formes d'informations existantes. Ceci est également valable pour le traitement quantique des q-bits, car la sortie finale d'un ordinateur quantique est toujours au format numérique binaire ».

« Comme il y a un nombre incroyablement grand de particules élémentaires composant l'Univers, alors l'univers visible contiendrait également une énorme quantité de bits numériques associés au contenu informationnel de ces particules. Le principe de Landauer a démontré que l'information est physique.

Le principe d'équivalence masse-énergie-information a extrapolé cela et a démontré que l'information a en fait une masse.

Puisqu'il y a beaucoup d'informations associées à la masse baryonique dans l'Univers, alors ce doit être une énorme quantité de masse qui correspond à cette information ».

Pour connaître la masse de l'information numérique, il faut commencer par un dispositif de stockage de données et mesurer sa masse totale à l'aide d'un appareil très sensible. Une fois les informations enregistrées dans le dispositif, on mesure à nouveau sa masse. L'étape suivante consiste à effacer un fichier et à mesurer à nouveau. L'étape limitante est le fait qu'un tel dispositif ultra-sensible n'existe pas encore.

Dans son article publié dans la revue AIP Advances, Vopson propose que ce dispositif prenne la forme d'un interféromètre similaire à LIGO, ou d'une machine à peser comme une balance Kibble qui **mesure la quantité d'électricité requise pour faire contrepoids à une masse suspendue dans un champ magnétique.**

Dans le même article, Vopson décrit la base mathématique du mécanisme et de la physique par lesquels l'information acquiert une masse, et formule ce principe en proposant une expérience possible pour le tester.

En ce qui concerne la matière noire, Vopson affirme que son estimation du "contenu en bits d'information" de l'univers est très proche du nombre de bits d'information que l'univers visible contiendrait pour compenser toute la matière noire manquante, tel qu'estimé par M.P. Gough et publié en 2008.

PhJC (13/08/2022)