

Courte interview préalable d'Alain Connes dans le cadre de la conférence World Tech à venir à Milan fin juin 2026.

LA JOURNALISTE : *Bienvenue au Digital Innovation Channel, le canal officiel de la conférence World Tech qui aura lieu à Milan cet été, au mois de juin. Nous avons aujourd'hui l'honneur d'avoir avec nous en visioconférence, depuis le studio de Micromegas à Rome, en collaboration avec Adnkronos, Alain Connes, l'un des plus grands mathématiciens de notre temps, lauréat de la médaille Fields en 1982. Comme tout le monde le sait, c'est une distinction que l'on présente souvent comme l'équivalent d'un prix Nobel pour les mathématiques.*

Professeur Connes, merci et bienvenue. On commence tout de suite avec votre découverte de cette nouvelle géométrie qui est inspirée, il me semble, par les lois de la mécanique quantique, qui, en particulier, naît suite à un coup de foudre, si vous permettez l'expression, intellectuel, de vous, encore étudiant, pour les matrices de Heisenberg. Est-ce qu'il y a ce fort lien entre vos théories géométriques avancées et les lois de la physique fondamentale de la nature, les lois quantiques, et comment y a-t-il une influence de l'une sur l'autre ?

ALAIN CONNES : Si vous voulez ce qu'il faut arriver à bien expliquer, j'espère que je réussirai, c'est en quel sens nous vivons dans un monde d'apparence classique.

Et ce que la mécanique quantique a découvert, en particulier grâce à Heisenberg, c'est qu'en fait la réalité est de nature quantique. Et nous l'apercevons de manière classique par ce qu'on appelle la décohérence, qui fait que la subtilité du quantique va se manifester au niveau microscopique, mais va en apparence disparaître au niveau macroscopique.

Dans mes travaux, ce qui s'est produit, c'est que j'ai suivi Heisenberg, j'ai suivi le message de la grande découverte de Heisenberg, qui essentiellement a montré que les idées de Descartes, les idées de la géométrie classique, qui consiste à faire des manipulations qu'on appelle commutatives, ne correspondent pas à la réalité, c'est-à-dire ne correspondent pas au quantique.

Mais ce qu'il faut expliquer de manière très simple, je pense que c'est possible, c'est la nuance qu'il y a, justement, entre la géométrie classique et la géométrie non commutative, qui prend en compte cette subtilité. Cette nuance est très simple à expliquer grâce au langage, au jeu de Scrabble. On voit bien que lorsqu'on écrit un mot, ce mot est formé de lettres, mais l'ensemble des lettres du mot ne suffit pas à le reconstituer, puisque le jeu de Scrabble consiste précisément à partir d'un paquet de lettres et à essayer de reconstituer un mot. Mais cette reconstitution n'est pas forcément unique. La nuance qui existe entre la vision classique de la réalité, et la réalité elle-même qui est quantique, c'est exactement la nuance qu'il y a entre le paquet de lettres d'un mot et le mot lui-même. Et il est bien évident dans le cas du langage qu'il y a une perte considérable de sens en oubliant le mot et en le remplaçant par le paquet de lettres.

Donc ce que j'ai fait dans mon existence, c'est d'essayer justement de mettre la géométrie au niveau qu'elle doit avoir par rapport à la réalité qui nous entoure. Et la principale nouveauté dans ce travail, dans cette nouvelle géométrie, c'est que le temps en émerge naturellement. C'est-à-dire qu'au lieu d'inclure le temps comme un paramètre auxiliaire, la non-commutativité va générer le

temps.

Et d'une certaine manière c'est assez facile à comprendre puisque quand on lit un mot, on le lit dans le temps. Et c'est précisément ce passage du temps qui est encodé par le fait qu'on ne peut pas remplacer le mot par le paquet de lettres qui le représente.

LA JOURNALISTE : *C'était assez simple à comprendre. Merci beaucoup, vraiment. Merci. Merci pour cet effort. Et maintenant, vos découvertes, votre géométrie commutative, est-ce qu'elle a guidé...*

ALAIN CONNES : **Non** commutative...

LA JOURNALISTE : **Non** commutative. **Non** commutative, exactement. C'est important. Le **non**, c'est le mot le plus important cette fois-ci. La géométrie **non** commutative, est-ce qu'elle a guidé d'une certaine manière la révolution des technologies quantiques que nous vivons en ce moment ?

ALAIN CONNES : **Non**, je ne pense pas. Je pense que ce serait une erreur de croire ça.

Si vous voulez, en fait, le monde réel et le monde mathématique sont immenses. Et ce qui se produit, c'est que la géométrie **non** commutative s'aperçoit du fait que l'espace de Hilbert et les opérateurs dans l'espace de Hilbert sont une bien meilleure et infiniment plus subtile scène, comme une scène de théâtre, si vous voulez, qui permet de développer les mathématiques et qui permet de comprendre aussi la physique. Donc c'est une scène beaucoup plus intéressante que la scène classique.

Mais ce serait faux de dire que les travaux que j'ai faits, et que de nombreuses personnes ont faits autour de moi, ont eu une influence. Non, on va revenir au problème de l'ordinateur quantique, on va en discuter. Ce qui se produit, c'est que l'ordinateur quantique va utiliser la même scène, c'est-à-dire l'espace de Hilbert et les opérateurs dans l'espace de Hilbert.

C'est une scène qui a été mise au point dans les années 30 par von Neumann essentiellement, c'est-à-dire qu'après la découverte de Heisenberg, autour de Hilbert, à Göttingen, etc., von Neumann était présent et c'est von Neumann qui a compris le bon formalisme qui permettait de rendre mathématique la découverte de Heisenberg. Or, c'est ce formalisme-là qui va être central dans le développement de l'ordinateur quantique. Pourquoi va-t-il être central ? Il va être central parce que, en gros, pour prendre une métaphore, on peut dire qu'un ordinateur classique est un petit peu comme quelqu'un qui est dans une pièce fermée et qui va seulement se heurter au coin de la pièce.

Alors que l'ordinateur quantique, lui, va permettre d'avoir une vision d'ensemble. Et, en fait, toute la difficulté, c'est la suivante, c'est que pour pouvoir utiliser ce monde merveilleux qui est le monde quantique, qui va nous permettre d'aller bien au-delà, bien sûr, des calculs classiques, pour pouvoir l'utiliser ce monde-là, il faut pouvoir entrer dedans. Pour pouvoir entrer dedans, alors c'est très facile en théorie mathématique, c'est-à-dire qu'en théorie mathématique, on peut expliquer plus ou moins simplement, on peut expliquer en quel sens on va pouvoir, avec un ordinateur quantique, faire des opérations qui sont impossibles à réaliser, parce qu'il faudrait, je ne sais pas, des milliards de fois l'âge de l'univers pour les réaliser classiquement.

Et toute la difficulté va être d'essayer de réaliser concrètement ce fait mathématique, parce que c'est un fait mathématique que l'on peut préparer un état quantique, qui va être préparable avec un petit nombre d'opérations, tout à fait raisonnable comme 2000 opérations, mais qui va en lui-même contenir une information qui, si on voulait la dérouler classiquement dans un ordinateur classique, serait absolument impossible à dérouler, parce que ça prendrait des milliards de fois l'âge de l'univers. Et ensuite, dans le quantique, c'est-à-dire dans ce domaine merveilleux de l'espace de Hilbert et des opérateurs, on peut travailler sur cet état quantique pour en extraire ce qu'on appelle une période, c'est-à-dire une qualité qui serait impossible à extraire dans le domaine classique. Alors toute la difficulté qu'on a maintenant, ce n'est pas ça, ce n'est pas une difficulté théorique, ce n'est pas la difficulté de savoir comment on va faire de manière théorique pour arriver à cette supériorité, non.

Toute la difficulté, c'est que dans la réalité dans laquelle nous vivons, il y a une obstruction terrible à essayer de voir dans ce domaine merveilleux du quantique. Et cette difficulté, c'est ce qu'on appelle la décohérence. C'est-à-dire que dès que l'on essaie et que l'on peut créer un état quantique d'intrication, avec un phénomène d'intrication, c'est-à-dire un état quantique qui n'est pas trivial, qui va relier entre des choses de manière très subtile, dès qu'on essaie de le faire, il disparaît.

Et il disparaît en un laps de temps qui est vraiment infime, infinitésimal. Donc la difficulté n'est pas une difficulté théorique. En fait, au niveau théorique, ce serait merveilleux si on pouvait contacter, si on pouvait voir ce monde quantique. Ce serait vraiment la merveille absolue. Pas seulement pour certains buts un peu auxiliaires, comme on dit de factoriser des grands nombres, etc. Non, le véritable but, c'est de pénétrer dans la vraie réalité.

Et la vraie réalité, elle est quantique, elle n'est pas classique. Et l'ordinateur quantique, c'est une petite fenêtre, toute petite, qu'on est en train d'essayer d'ouvrir vers ce monde merveilleux.

LA JOURNALISTE : *Donc l'effort vaut la peine.*

ALAIN CONNES : L'effort vaut infiniment la peine. Il ne faut pas se tromper. C'est-à-dire que si vous voulez, on lit toutes sortes de choses, on dit on va factoriser les grands nombres, les banques vont s'effondrer, tout ça, c'est ridicule.

Non, la vraie raison qui est derrière, c'est pour ça que c'est infiniment intéressant, c'est que ça va nous permettre de voir la vraie réalité. Et ça, c'est merveilleux, ça, c'est merveilleux. Mais pour le moment, c'est encore très très très très difficile, parce qu'il faut préparer un état intriqué, quantique.

Pour le moment, la nature nous dit “Non, non, ce n'est pas ça”. Et hop, ça disparaît. Donc ça reste un petit peu quelque chose de difficile à atteindre, mais bien sûr le but est merveilleux. Il n'y a aucun doute là-dessus, parce que c'est la vraie réalité.