

# Les cerveaux de Boltzmann

**« Tout ce que l'homme a pensé, pense ou pensera, a existé, existe ou existera ! »**

**Daniel Testard « Physicien théoricien »**

## Boltzmann : un scientifique d'exception !

Né le 20 février 1844 à Vienne (Autriche) et mort le 5 septembre 1906 à Duino, Boltzmann est un physicien et philosophe autrichien. Il est considéré comme le père de la physique statistique et un fervent défenseur de l'existence des atomes. Validant l'hypothèse de Démocrite selon laquelle « *la matière peut être considérée comme un ensemble d'entités indivisibles* », Boltzmann, à l'aide de son équation cinétique dite « de Boltzmann », a théorisé de nombreuses équations sur la mécanique des fluides et la théorie cinétique des gaz.

## La naissance de l'univers.

À la fin des années 1870, le physicien Ludwig Boltzmann, d'après les différentes observations faites sur notre univers, réfléchit à ce qui semble être un paradoxe : **pourquoi notre Univers ne suit-il pas la seconde loi de la thermodynamique ?**

En d'autres termes, depuis 13.7 milliards d'années, l'entropie de l'Univers aurait dû progressivement augmenter jusqu'à ce qu'aujourd'hui règne un grand désordre en son sein. Or, ce n'est pas ce que nous constatons. Un certain ordre, un équilibre, semble régner et se maintenir.

Pour résoudre ce problème, Boltzmann a émis l'hypothèse que l'univers structuré tel que nous le connaissons, c'est-à-dire un univers doté d'un haut degré d'organisation, serait né d'une fluctuation entropique d'un univers plus grand et en désordre complet. Ainsi, dans un univers où l'entropie serait élevée suivant de manière correcte la thermodynamique, des fluctuations aléatoires apparaîtraient, et de ces fluctuations naîtraient des structures plus ou moins organisées selon l'intensité de la fluctuation.

Pour une petite fluctuation, une structure primitive et archaïque serait créée, alors que plus une fluctuation sera intense, plus la structure sera organisée jusqu'à atteindre celle d'un univers par exemple. Cependant, plus l'intensité d'une fluctuation augmente, plus sa probabilité d'apparaître est faible. Ainsi, la création d'un univers entier suite à une fluctuation, frôle l'impossibilité. C'est pourquoi nous n'observons pas d'autres structures plus organisées dans notre univers, car leur probabilité d'apparaître, couplée à sa taille gigantesque, est quasiment nulle.



**Ludwig Boltzmann**

L'on a vu que la probabilité que des structures extrêmement élaborées apparaissent est très faible : des niveaux d'organisation moins élevés ont donc plus de chances d'apparaître aléatoirement. Ainsi, des entités moins complexes peuvent naître de ces fluctuations et se comporter comme des **observateurs** conscients de l'univers, à l'instar de l'Homme : l'hypothèse des **cerveaux de Boltzmann** est née.

Il ne faut pas comparer ces cerveaux à des cerveaux humains, mais à des structures un minimum organisées qui, de fait, ont une influence sur l'Univers par leur rôle d'observateurs.

## Un univers basé sur une relation observateur-observé

Avec l'avènement de la physique quantique, nous avons appris que tant qu'une particule n'est pas mesurée, elle demeure en superposition, c'est-à-dire dans plusieurs états différents simultanés. Ce n'est qu'en opérant une mesure que la fonction d'onde est réduite et que la particule se stabilise. ainsi, notre univers ne serait que le résultat de notre propre observation vis-à-vis de lui.

Donc l'univers observable serait construit par la relation observateur-observé et caractérisé par ce que nos instruments nous en apprennent. Ceci est appelé **hypothèse constructiviste** et est accepté par certains physiciens théoriciens. Considérant cela, si des structures conscientes, c'est-à-dire suffisamment organisées, apparaissent aléatoirement dans l'Univers, alors elles s'imposent en observateurs concurrents de l'Homme. Actuellement, on estime qu'étant donné la jeunesse de notre univers et la très faible probabilité d'apparition de telles entités, aucun cerveau de Boltzmann n'est encore apparu.

La dynamique de l'Univers et son organisation demeurent actuellement une énigme pour les cosmologistes. Notamment, la propension de l'Univers à maintenir un certain équilibre structural contre l'entropie thermodynamique reste un paradoxe sans solution.

Ludwig Boltzmann a proposé que cette organisation ait pour origine une fluctuation quantique aléatoire d'une très haute complexité. De telles fluctuations, de moindre intensité, pourraient alors donner naissance à des structures complexes jouant le rôle d'observateurs et appelées « cerveaux de Boltzmann ».

## Des observateurs concurrents

Avec l'avènement de la physique quantique, nous avons appris que tant qu'une particule n'est pas mesurée, elle demeure en superposition, c'est-à-dire dans plusieurs états différents simultanés. Ce n'est qu'en opérant une mesure que la fonction d'onde est réduite et que la particule se stabilise.

En partant de cela, notre univers ne serait que le résultat de notre propre observation vis-à-vis de lui.

## Les cerveaux de Boltzmann observateurs

Des structures complexes et organisées peuvent émerger des fluctuations quantiques du vide et s'imposer comme des observateurs concurrents à l'Homme et aux autres potentiels observateurs.

Toutefois, avec le temps, ces structures pourront apparaître par millions voire par milliards. La conséquence ? Eh bien, si des milliards d'entités se mettent à observer l'Univers, l'influence de leurs observations surpassera la nôtre, et ce seront elles qui construiront l'image de l'Univers.

Il se peut alors que l'univers observable change radicalement pour nous et que nous devions changer tous nos acquis. Cependant, les physiciens supposent que ces entités apparaîtront dans un futur extrêmement lointain, lorsque l'Univers sera devenu complètement froid et sombre, l'Homme ne sera alors certainement plus là.

## De l'entropie aux fluctuations quantiques du vide...

Les physiciens considèrent aujourd'hui que les fluctuations entropiques décrites par Boltzmann sont en fait des fluctuations quantiques du vide. L'on sait, grâce au principe d'indétermination d'Heisenberg, que le vide contient en fait une énergie résiduelle moyenne et que des fluctuations d'énergie autour de cette énergie moyenne peuvent générer des paires de particules virtuelles. Une particule virtuelle est la structure la plus archaïque qui peut apparaître d'une fluctuation, mais rien n'empêche des structures plus organisées d'apparaître de ces fluctuations si l'énergie augmente. C'est l'hypothèse que soutient le cosmologiste et physicien théoricien Andréi Linde de l'Université de Stanford. Pour lui et son équipe, bien que les probabilités soient très faibles, des cerveaux de Boltzmann peuvent apparaître. Ainsi, avec le temps, des objets complexes pourraient émerger des fluctuations quantiques.

Pour Linde, si l'Univers poursuit indéfiniment son expansion, il est très probable que des entités organisées émergent et façonnent l'Univers par l'observation qu'elles en font. Toutefois, il n'est pas à exclure que des cerveaux de Boltzmann puissent être déjà apparus dans des régions qui nous sont inaccessibles.

## Décohérence quantique et naissance de l'Univers

Comme nous l'avons vu, tant qu'un système quantique, a fortiori une particule, n'est pas observé, il demeure en superposition ; ce n'est que lors de la mesure que les états quantiques sont choisis et définitivement fixés, ce que l'on appelle

effondrement de la fonction d'onde. Cependant, pour résoudre certains problèmes, les physiciens ont introduit un nouveau mécanisme : **la décohérence quantique**.

Pour que la fonction d'onde s'effondre, il n'y a pas besoin d'une observation directe, l'interaction seule de la particule avec son environnement peut suffire à lui faire choisir ses états (cependant cela nécessite un temps globalement long). Notre Univers pourrait alors être apparu selon ce mécanisme de décohérence. D'une intense fluctuation primordiale du vide, une particule virtuelle serait passée à l'état de particule réelle et se serait stabilisée.

Puis, par son rôle d'observateur indirect, c'est-à-dire son interaction avec son environnement, elle aurait permis aux particules virtuelles de voir leur fonction d'onde réduite par décohérence quantique. Et, par une réaction en chaîne (chaque particule nouvellement fixée agissant à son tour comme un observateur), des milliards de particules virtuelles seraient devenues matérielles, puis auraient donné naissance à l'Univers primordial.

Dans ce scénario, la première particule agit comme un cerveau de Boltzmann. Toutefois, selon Don Page, il aurait très bien pu s'agir, à la place de ladite particule, d'un véritable cerveau de Boltzmann.

### **Darwinisme quantique et bulles-univers**

Les physiciens se sont alors posé la question du pourquoi les systèmes quantiques primordiaux se seraient agencés spécifiquement de manière à créer l'univers structuré que nous connaissons. De là, apparaît le principe du darwinisme quantique qui postule que, par décohérence quantique, l'environnement détermine lui-même ce qui est nécessaire à sa pérennité. L'environnement sélectionnerait alors, par son interférence, les propriétés quantiques des particules de manière à ce que son évolution soit favorable.

Ceci résout en partie le principe anthropique faible : nous pouvons observer l'Univers car il est lui-même le résultat d'interactions favorables qui lui ont donné naissance. Nous sommes des observateurs uniquement car des interactions environnementales préalables sur les systèmes quantiques primordiaux l'ont permis.

Ainsi, le cerveau de Boltzmann initial aurait interagit avec les premières particules de manière à assurer une évolution stable de l'Univers identique à la sienne.

Dans son article Spooks in Space publié dans The New Scientist en 2007, Mason Inman (physicien théoricien) postule dès lors que des bébés-univers ou des bulles-univers pourraient émerger en parallèle du nôtre. En effet, de la particule primordiale initiale, le mécanisme de décohérence aurait pu se dérouler simultanément de plusieurs manières différentes, donnant naissance à des univers qui pour nous ne sont pas réels, c'est-à-dire inaccessibles à la réalité que nous avons construite par notre relation observateur-observé.

Partisan d'une approche évolutionniste inspirée des travaux de Charles Darwin, Boltzmann considère les théories scientifiques comme autant d' « images du monde » susceptibles d'évoluer en fonction de notre cadre culturel.

Sa santé se détériore vite, début mai 1906, il a un accès de neurasthénie sévère. Il est très corpulent, pratiquement aveugle et souffre d'insuffisance rénale et d'angine de poitrine.

Le 5 septembre 1906, Boltzmann se suicide...

Il fut l'un des initiateurs de la révolution de penser du XXème siècle, qui verra l'éclosion de scientifiques tels qu'Einstein, Böhm, Bohr, Pauli, Heisenberg, Schrödinger, Feynman, Sheldrake, De Broglie, Benveniste, Montagnier, Aspect...

PhJC Août 2023