

**Le vide est-il vraiment vide ?**  
**La physique quantique exotique de l'espace.**  
**L'évolution historique des idées.**

J'ai l'intention de vous parler du néant. Je pense qu'il ne faut pas parler de rien pendant les vacances. J'espère que vous aurez plaisir à suivre les arguments permettant de dire si le vide est rien ou quelque chose. A première vue il semble ridicule de discuter la question de savoir si le vide est vraiment vide ou pas. Si l'on pompe complètement les molécules contenues dans un récipient, on dira que le récipient est vide. Mais on admettra que l'on ne peut pas produire un vide total pour des raisons techniques. Dans les laboratoires on utilise des pompes qui permettent d'atteindre des pressions résiduelles de un millionième ou même un milliardième de la pression atmosphérique. Mais il est impossible d'enlever toutes les molécules. Dans la nature il existe un vide encore plus poussé, c'est celui qui existe dans l'espace intergalactique. Il est de l'ordre d'un atome par centimètre cube.

On pourrait imaginer que l'espace serait vraiment vide si l'on parvenait à retirer tous les atomes résiduels. Mais nous verrons que le vide de la physique moderne n'est pas vraiment vide même si l'on retire tous les atomes. A chaque époque de l'histoire des sciences on a dû remplir le vide à l'aide d'une sorte de matière.

Au début le vide n'existait pas pour l'homme. Il fallut l'inventer. A l'époque des Grecs on expliquait la diversité des substances à partir de 4 "éléments" : la terre, l'eau, l'air, et le feu. Chaque substance existante résultait d'une mixture de ces 4 "éléments".

Lors de ces débats la matière était conçue d'une manière continue. Seul Démocrite (-5<sup>es</sup> aJC) proposait une structure discontinue formée d'atomes. Ces atomes peuvent entrer dans des combinaisons. Quand ils changent de combinaisons ils se séparent pour se réunir dans un autre arrangement. Pour cela ils doivent se mouvoir dans l'espace et cet espace n'est pas constitué de matière. Le vide résulte donc de l'hypothèse atomique. Platon proposait des combinaisons de structures géométriques à symétrie parfaite : le tétraèdre, l'hexaèdre, l'octaèdre, le dodécaèdre et l'isocaèdre. De plus pour répondre à des considérations astronomiques il inventa la "quintessence" appelée plus tard l'"éther".

Pour Aristote (-4<sup>es</sup> aJC) la Terre se trouve naturellement au centre du monde. La sphère de la Terre est entourée par l'eau de l'océan. La surface de cette sphère est entourée par l'air de l'atmosphère. Au dessus de l'atmosphère se trouve la sphère du feu. La Terre a une place déterminée dans l'ordre des éléments, elle ne peut donc pas se mouvoir.

Sur Terre les mouvements naturels sont verticaux : une pierre lâchée sans impulsion tombe verticalement vers le bas. Des bulles d'air dans l'eau montent verticalement. Les planètes et les étoiles n'ont pas les mêmes caractéristiques que les éléments terrestres. Leur mouvement naturel est circulaire et éternel. Dans les sphères célestes séparées par l'éther, il n'existe pas de mouvements verticaux.

Pour Aristote il n'y a pas de place pour le vide. De plus le vide, c'est le néant, et le néant ne peut pas exister. Et si une particule se trouvait dans le vide elle ne serait pas reliée au monde, elle ne saurait pas comment se rendre à son lieu spécifique. Aristote en déduisait logiquement que les atomes n'existaient pas.

L'oeuvre d'Aristote domina la pensée humaine durant 2000 ans.

Au XVI<sup>ème</sup> siècle, Copernic mit le soleil au centre du Monde en conservant l'éther char-

gé de porter les planètes. Pour Kepler, l'éther n'existait pas, les planètes se déplaçaient sur leur orbite dans le vide grâce à une "émanation" provenant du soleil.

Une autre interprétation fut donnée par le philosophe René Descartes. Celui-ci remarqua que lorsque l'on met des feuilles de thé dans une tasse contenant de l'eau, celles-ci tombent au fond mais que si l'on brasse circulairement le liquide les feuilles sont attirées vers le centre. Il fut ainsi conduit à proposer un modèle de tourbillon de l'éther qui attire les planètes vers le soleil.

Blaise Pascal avait observé que la pression de l'air diminue avec l'altitude. Il en déduisit que si l'on s'élevait suffisamment la pression deviendrait nulle. "Nous vivons au fond de l'océan de l'atmosphère" disait-il.

La notion de vide devint une réalité pour tous après la célèbre expérience des hémisphères de Magdebourg. Pour les séparer il fallut employer 16 chevaux.

Trois années plus tard, Newton inventait la théorie de la gravitation. Les forces de gravitation agissent entre les corps célestes dans l'espace vide. Newton établit aussi un modèle corpusculaire de la lumière.

A la même époque Augustin Fresnel proposait un modèle ondulatoire de la lumière, qui seul permettait d'expliquer les phénomènes d'interférences lumineuses. Mais les ondes pensait-il ont besoin d'un milieu pour se propager, voilà que de nouveau l'espace n'est plus vide. L'éther n'est pas mort.

Cependant cette substance a des propriétés étranges, elle devrait être plus rigide que l'acier pour permettre le déplacement très rapide de la lumière mais permettre aux astres de se déplacer librement.

La notion d'éther disparaît enfin au début du XX<sup>ème</sup> siècle après les expériences interférométriques de Michelson et Morey. L'espace redevient vide.

Quelque temps après, Albert Einstein découvre l'invariance de la célérité de la lumière puis la relation entre masse et énergie que traduit la relation  $E = mc^2$ . La lumière possède de l'énergie. Cette énergie est équivalente à une masse donc l'espace n'est pas vide.

Pour obtenir vraiment le vide il faudrait dans l'espace supprimer la lumière en prenant une boîte noire dont la température serait celle du zéro absolu.

Ici se termine l'histoire du vide classique maintenant commence l'histoire du vide dans la physique moderne. En mécanique quantique l'état de plus basse énergie n'est pas zéro mais  $E_0 = \hbar/2$ . Il n'est pas possible de supprimer cette énergie résiduelle, elle résulte de la relation d'incertitude de Heisenberg ; il y a des fluctuations perpétuelles qui ne peuvent être éliminées. Ces fluctuations existent même si toutes les particules et toutes les radiations sont supprimées de la boîte noire.

On doit renouveler la définition du vide. Le vide contient encore un demi quantum d'action. Le vide est l'état de plus basse énergie possible. Mais comment obtenir l'évidence de l'existence de ce vide?

(à suivre...) Roland Szostak

---

**Note de la Rédaction** : Nous remercions notre ami Roland d'avoir rédigé à l'intention des lecteurs des Cahiers (et qui plus est en Français !) le texte de la conférence qui avait enthousiasmée les heureux participants de l'Université d'été. Merci aussi à Christian Larcher pour sa relecture soigneuse.