

← Fondée sur la chromodynamique quantique sur réseau, cette simulation représente les interactions fortes entre quarks et gluons. En physique, la description de l'interaction entre particules est une étape essentielle pour pouvoir prétendre à décrire le réel.

Voici comment Richard Feynman, dans un chapitre de ses célèbres conférences à l'institut de technologie de Californie, justifie sa discussion des modifications de l'électrodynamique classique introduites par Dirac, Born, Infeld, Bopp et Podolsky : « Il y a des difficultés associées aux idées de la théorie de Maxwell, qui ne sont pas résolues par, ni directement associées à la mécanique quantique. Vous pourriez dire : peut-être est-ce futile de s'inquiéter de ces difficultés. Puisque la mécanique quantique va changer les lois de l'électrodynamique, nous devrions attendre de voir quelles difficultés demeurent après les modifications. Cependant, quand l'électromagnétisme se joint à la mécanique quantique, les difficultés demeurent. Ce ne sera donc pas une perte de temps de déterminer quelles sont ces difficultés. »

LE FUTUR INFLUENCE LE PASSÉ

En vérité, Feynman pensait que ces problèmes étaient d'une importance majeure. Dans son discours de réception du prix Nobel en 1965 (pour son travail sur l'électrodynamique quantique), il a longuement parlé d'électrodynamique classique. En collaboration avec son directeur de thèse John Wheeler, Feynman a proposé de réimaginer radicalement l'électrodynamique classique.

Tout comme Ritz, John Wheeler et Richard Feynman se débarrassent du champ électromagnétique et ne conservent que les particules. Comme mentionné plus tôt, la théorie sans champs de Ritz voit les particules interagir à travers des vides dans l'espace et le temps de sorte que chaque particule répond aux états passés des autres. Dans la théorie de Wheeler-Feynman, les particules répondent

à la fois aux comportements passés et futurs des unes et des autres. Comme dans un film sur les voyages dans le temps, le futur peut influencer le passé. C'est une idée folle, mais qui semble fonctionner. Dans les circonstances appropriées, cette révision conduit à des prédictions correctes à propos des mouvements des particules sans aucune véritable auto-interaction.

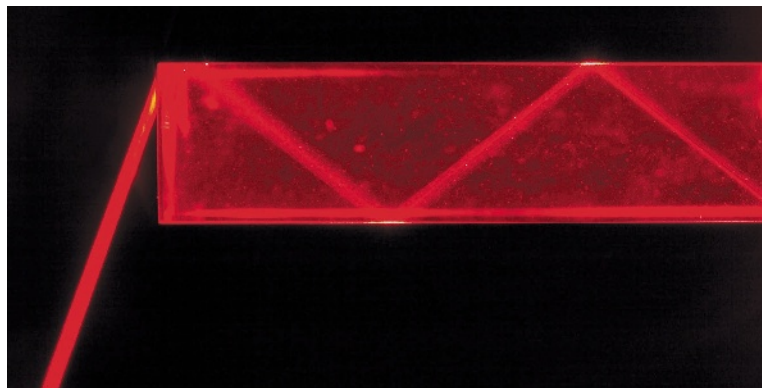
Dans une discussion intitulée « Why field theories are not theories of fields » (que l'on peut traduire à peu près comme « les théories sur le champ ne sont pas des théories des champs »), le troisième intervenant de notre débat, Dustin Lazarovici, de l'université de Lausanne, a pris le parti de Ritz, Wheeler et Feynman. Dans les théories de l'action à distance mises en avant par ces physiciens, il est impossible de dire ce qu'une particule fera à un moment particulier simplement en regardant ce que font les autres au même instant. Vous avez aussi besoin de jeter un œil à ce qu'elles faisaient dans le passé (et peut-être à ce qu'elles feront dans le futur). Dustin Lazarovici a soutenu que le champ électromagnétique n'est qu'un simple outil de comptabilité mathématique, certes utile, qui encode cette information à propos du passé et du futur, et non une chose tangible du monde réel.

Il est ensuite passé de l'électrodynamique classique à son équivalent quantique. Comme beaucoup d'autres philosophes de la physique, il pense que les formulations standards de l'électrodynamique quantique sont insatisfaisantes – en partie parce qu'elles ne donnent pas une image claire de ce qui se produit dans la nature. Son programme de recherche pour corriger cette théorie inclut nombre d'éléments non standards.

Ritz et Einstein incarnent deux faces d'un problème qui en a en réalité trois : peut-être n'y a-t-il pas de particules

D'abord, Dustin Lazarovici a conscience que l'électrodynamique quantique souffre de problèmes de mesure quantique, et il pense que nous devrions adopter la solution de David Bohm, qui postule l'existence de particules de la taille d'un point distinctes de la fonction d'onde quantique. Ensuite, il veut bâtir une électrodynamique quantique à partir d'une version de l'électrodynamique classique dépourvue de champs, dans laquelle les particules interagissent directement entre elles (comme celle de Wheeler et Feynman). Enfin, il adopte l'idée controversée de Paul Dirac selon laquelle l'espace est rempli d'une vaste « mer » d'électrons à énergie négative. Cette mer de Dirac était au cœur des recherches précoces en électrodynamique quantique, mais elle a perdu les faveurs de la plupart des présentations contemporaines de la théorie.

Ces idées s'assemblent bien, et Dustin Lazarovici espère qu'elles nous permettront d'éviter certaines infinités dérangeantes qui apparaissent en électrodynamique quantique. Favorable à des recherches s'écarter du courant dominant, Richard Feynman disait, à la fin de son



discours de réception du Nobel, que les progrès en physique viendront peut-être de quelqu'un qui s'enseigne à lui-même « l'électrodynamique quantique à partir d'un point de vue inhabituel et particulier, qu'il aurait à inventer pour lui-même ».

Dans ma contribution au débat, j'ai défendu un point de vue différent sur l'électrodynamique quantique. Marchant dans les pas de Faraday, j'ai soutenu que nous devrions nous débarrasser des particules, et ne garder que les champs. Toutefois, je ne pense pas que le champ électromagnétique seul soit suffisant. Nous avons aussi besoin d'un autre champ : celui de Dirac. C'est lui qui représente l'électron, et aussi son antiparticule, le positron.

DISPERSER LA CHARGE

En électrodynamique classique, cette approche remplace l'électron en forme de particule de la taille d'un point par une quantité éparpillée d'énergie et de charge dans le champ de Dirac. Parce que cette charge est dispersée, le champ électromagnétique qui est produit par elle ne deviendra infiniment fort en aucun point dans l'espace. Cela rend le problème de l'auto-interaction moins grave. Mais il n'est pas résolu. Si la charge de l'électron est subdivisée, pourquoi les différentes parties de l'électron ne se repoussent-elles pas les unes les autres de sorte que l'électron explose ? C'est ce que je cherche à comprendre.

Nous avons vu précédemment ce même problème surgir en supposant que l'électron est une bille. Cependant, la différence est que l'objectif, ici, n'est pas d'inventer un modèle de l'électron, mais plutôt d'en trouver un dans les équations existantes d'électrodynamique quantique.

24

