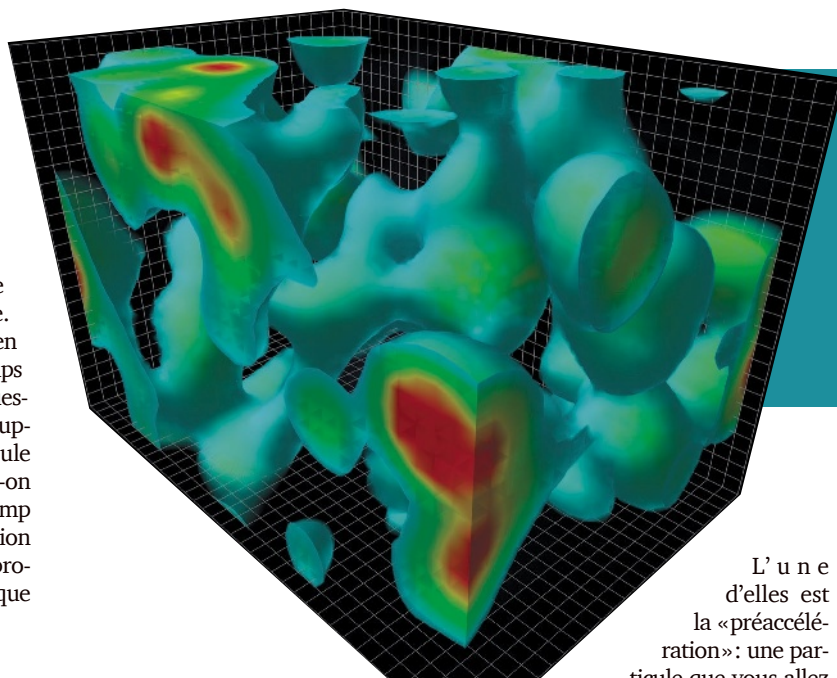


une brève note. On peut imaginer qu'il s'agit là de décrire une physique de corps durs et solides, de tailles et formes diverses, entrant en collision et rebondissant entre eux. Cependant, quand deux particules chargées (comme les électrons) interagissent par une attraction ou une répulsion électrique, elles ne se touchent pas vraiment. Chacune ne fait que réagir au champ électromagnétique de l'autre. Les tailles et formes des particules sont sans lien avec l'interaction, sauf si elles modifient les champs entourant les particules. Faraday pose donc la question : « Quelle véritable raison y a-t-il, alors, de supposer qu'il existe un tel noyau dans une particule de matière ? » Autrement dit, pourquoi devrait-on penser qu'il y a un cœur solide au centre du champ électromagnétique d'une particule ? L'interprétation moderne est que Faraday a tout simplement proposé d'éliminer les particules en ne conservant que les champs électromagnétiques.

DES CAS MODERNES

En 2019, au Congrès international de logique, méthodologie et philosophie des sciences et de la technologie, à Prague, j'ai rejoint quatre autres philosophes de la physique pour un débat – laconiquement intitulé « Particules, champs ou les deux ? ». Mathias Frisch, de l'université Gottfried-Wilhelm-Leibniz de Hanovre, a ouvert notre session avec une présentation du débat entre Einstein et Ritz. Puis, les trois autres intervenants ont défendu des opinions opposées – des versions mises à jour des positions d'Einstein, de Ritz et de Faraday.

Le second orateur, Mario Hubert, de l'institut de technologie de Californie, cherchait à délivrer de leur problème d'auto-interaction les particules et champs de la taille d'un point imaginés par Einstein. L'une de ses idées venait de Paul Dirac. Dans un papier de 1938, ce sorcier des mathématiques s'est écarté de la physique quantique pour étudier le problème d'auto-interaction en électrodynamique classique. Il suggérait une modification des lois de l'électrodynamique, qui changerait la façon dont les champs exercent des forces sur les particules. Pour une particule de la taille d'un point, sa nouvelle équation élimine toute interaction avec son propre champ électromagnétique, et inclut un nouveau terme pour imiter le genre d'auto-interaction que nous observons effectivement – le genre qui cause une perte d'énergie chez la particule lorsqu'elle produit des ondes. Toutefois, l'équation que propose Paul Dirac possède d'étranges caractéristiques.



L'une d'elles est la « préaccélération » : une particule que vous allez frapper avec une force

peut se mettre à bouger avant que vous la touchiez.

Dans les années 1930 et 1940, une stratégie différente a été suivie par quatre physiciens célèbres : Max Born, Leopold Infeld, Fritz Bopp et Boris Podolsky. Ces physiciens proposaient des moyens de changer les lois spécifiant comment les particules produisent des champs électromagnétiques, de sorte que ceux créés par des particules de la taille d'un point ne deviennent jamais infiniment forts.

Quand vous touchez à ces lois, vous changez beaucoup de choses. Comme Mario Hubert l'expliquait dans sa présentation, nous ne comprenons pas totalement les conséquences de ces changements. En particulier, nous ne savons pas avec certitude si les propositions de Born-Infeld et de Bopp-Podolsky seront capables de résoudre le problème d'auto-interaction et de prédire précisément les mouvements des particules.

Vous pourriez penser que toute cette discussion de physique classique nous a bien écartés du sujet. Ne sommes-nous pas supposés tenter de comprendre ce que le modèle standard de physique quantique nous dit à propos de la composition de toute chose ?

La partie du modèle standard qui décrit les électrons et le champ électromagnétique est l'électrodynamique quantique, puisque c'est la version quantique de l'électrodynamique classique. Les fondements des deux sujets sont étroitement liés.

← 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