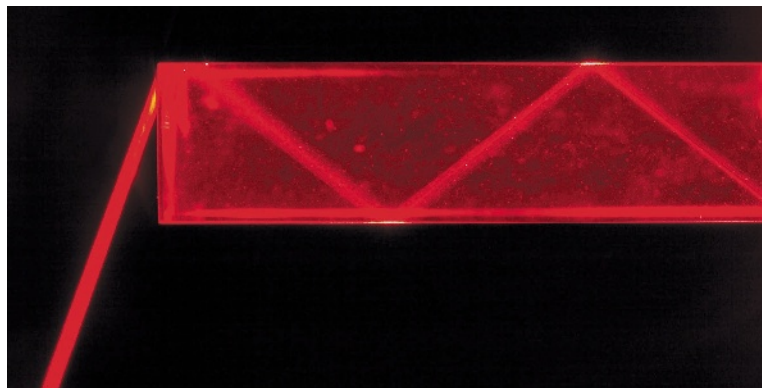


D'abord, Dustin Lazarovici a conscience que l'électrodynamique quantique souffre de problèmes de mesure quantique, et il pense que nous devrions adopter la solution de David Bohm, qui postule l'existence de particules de la taille d'un point distinctes de la fonction d'onde quantique. Ensuite, il veut 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'écartant 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 ».

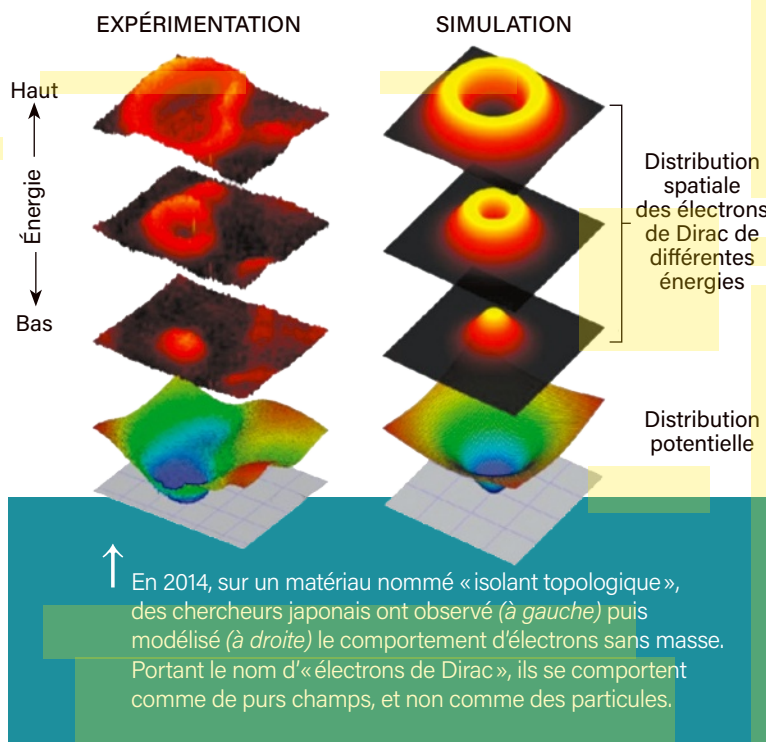
Dans ma contribution au débat, j'ai défendu un point de vue différent sur l'électrodynamique quantique. Marchant dans les pas de Faraday, j'ai soutenu que nous devrions nous débarrasser des particules, et ne garder que les champs. Toutefois, je ne pense pas que le champ électromagnétique seul soit suffisant. 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



← Le laser qui frappe ce bloc d'acrylique est composé de photons. Dans le cadre de l'électrodynamique quantique, il n'existe aucun mécanisme pour traiter le photon comme une particule. Il convient donc soit de les éliminer, soit de les considérer comme des champs.

Je n'ai pas été conduit à cette image du «tout champ» en étudiant le problème d'auto-interaction, mais par le biais de deux autres considérations. D'abord, j'ai trouvé cette image utile pour comprendre une propriété de l'électron nommée «spin». La physique quantique standard stipule que l'électron se comporte à maints égards comme un corps en rotation, alors qu'il ne tourne pas vraiment. Son spin n'a donc rien d'une rotation.

Si l'électron a la taille d'un point, il n'y a aucun sens à penser qu'il tourne vraiment. S'il est plutôt pensé comme une très petite bille, on s'inquiète de ce qu'il devrait tourner plus vite que la vitesse de la lumière pour avoir les caractéristiques qui nous ont conduits à utiliser le mot «spin». Cette inquiétude à propos de la rotation au-delà de la vitesse de la lumière a amené les physiciens découvreurs du spin dans les années 1920 à publier leurs résultats avec une certaine gêne.

Si l'électron est une quantité suffisamment éparpillée d'énergie et de charge dans le champ de Dirac, nul mouvement plus rapide que la lumière n'est nécessaire. Nous pouvons étudier si l'énergie et la charge s'écoulent de façon circulaire autour d'un axe central – en somme, constater si l'électron tourne. C'est bien le cas.

La deuxième considération qui m'a conduit à cette image du «tout champ» fut la prise de conscience que, en électrodynamique quantique, nous n'avons pas le moyen de traiter le photon comme une particule. Paul Dirac a inventé une équation qui décrit le comportement quantique d'un seul électron. Mais nous n'avons rien de tel pour le photon.

Si vous considérez les électrons comme des particules, vous devrez considérer les photons

différemment – soit en les éliminant (la version de Lazarovici), soit en les traitant comme un champ (la version de Hubert). D'un autre côté, si vous voyez les électrons comme un champ, alors vous pouvez considérer les photons de la même manière. Je perçois cette cohérence comme une vertu de l'approche «tout champ».

À l'heure actuelle, le problème à trois faces entre Einstein, Ritz et Faraday demeure irrésolu. Nous avons certainement progressé, mais nous n'avons pas de réponse définitive. Ce que l'électrodynamique classique et son équivalent quantique nous apprennent de la réalité n'est pas encore clair. De quoi sont faites toutes choses ? De particule, de champs ou des deux ?

Cette question n'est pas au centre de la recherche en physique contemporaine. Les physiciens théoriciens pensent généralement que nous avons une assez bonne compréhension de l'électrodynamique quantique pour continuer, travailler au développement de nouvelles théories et trouver des moyens de les tester par le biais d'expériences et d'observations.

Telle pourrait être la voie qui s'ouvre devant nous. Toutefois, le progrès en physique nécessite parfois de rebrousser chemin pour réexaminer, réinterpréter et réviser les théories que nous avons déjà en stock. Pour mener ce genre de recherche, nous avons besoin de savants qui mélangent les rôles de physiciens et de philosophes, comme c'était le cas, il y a quelques milliers d'années, dans la Grèce de Platon.

— L'auteur —

> **Charles T. Sebens**
est professeur assistant de philosophie à l'institut de technologie de Californie, à Pasadena.

Cet article a paru en anglais sous le titre «What's everything made of?» dans *American Scientist* (janvier-février 2020).

— À lire —

> **C. T. Sebens**, How electrons spin, *Studies in History and Philosophy of Science, Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 68, pp. 40-50, 2019.

> **D. Lazarovici**, Against fields, *European Journal for Philosophy of Science*, vol. 8, pp. 145-170, 2018.

> **R. P. Feynman**, The development of the space-time view of quantum electrodynamics, *Discours de réception aux prix Nobel*, 1965. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1965/feynman/lecture/>