

*THE STANDARD MODEL OF QUANTUM PHYSICS
IN CLIFFORD ALGEBRA*

NOTE DE LECTURE

The Standard Model of Quantum Physics in Clifford Algebra –
CLAUDE DAVIAU, JACQUES BERTRAND, World Scientific, Singapore, 2015 –
228 pages, ISBN: 978-981-4719-86-5.

Proposer un résumé de “The Standard Model of Quantum Physics in Clifford Algebra” ne serait au mieux qu’un plagia, car cet ouvrage, à la différence de la majorité des autres monographies de même ampleur, contient ses propres résumés, introductions, et conclusions reprenant les résultats obtenus, en les mettant en perspectives avec les questions philosophiques plus générales. Nous nous en abstenons donc, en invitant le lecteur à découvrir lui-même dans le texte le projet des auteurs.

Cette version 2016 de l’œuvre de Claude Daviau et de son collègue Jacques Bertrand a atteint sa maturité, et dégage toute sa puissance : l’éditeur qui a bien voulu publier l’ouvrage, la rédaction en anglais, le titre clair et précis sur le projet réalisé, témoignent à la fois de l’ambition et de la précision de ce vaste projet. Ce livre était attendu et nécessaire, depuis que dès les années 20, les algèbres de Clifford ont été identifiées comme l’outil de choix pour comprendre la mécanique quantique et expliquer la nature des particules élémentaires. Il aura donc fallu près de 90 ans pour que cette synthèse théorique se dégage, ou au moins 50 ans, si l’on considère que cette reformulation n’était possible qu’après que le modèle standard ait été achevé.

En effet, la physique quantique s’est construite dans l’euphorie des résultats expérimentaux qu’elle prédit (sans vraiment les expliquer), mais il lui manquait l’approfondissement de son background mathématique, qui n’existait que de manière parcellaire dans la littérature sur les algèbres de Clifford appliquées à la physique. Les auteurs ont compris que les mathématiques n’apportent leur puissance explicative à la physique, que si elles sont elles-mêmes approfondies. Les mathématiques ne sont pas qu’un langage ou un outil, elles sont l’essence même de l’objet physique, qui est écrit en langage mathématique. Comme

Einstein, les auteurs ont approfondi la connaissance des mathématiques utiles au domaine traité. Einstein a eu besoin des connaissances de Grossmann avec qui il a travaillé pendant 10 ans à la relativité, puis aux apports de mathématiciens comme Cartan et Von Neumann. Les auteurs montrent de manière magistrale que sans compréhension intime et précise des espaces de Clifford, des divers isomorphismes canoniques ou accidentels, comme celui qui n'existe pas entre SU_2 et SO_3 , ainsi que du rapport entre algèbres et groupes de Lie, les forces entre particules et les théories de jauge ne pouvaient pas être bien comprises, en particulier dans leur capacité à capter la notion de spin et le signe de l'énergie, qui restait très mal expliqué dans l'équation de Dirac classique.

Par ailleurs, l'ouvrage est conforme à la vraie méthode scientifique de la quête de la théorie du tout, par essais/erreurs, et "mise en isomorphisme" des structures mathématiques avec leur sens physique. Einstein a réduit les notions de gravité, espace et temps à la géométrie courbe ; ici les auteurs proposent un pas considérable dans le sens de la compréhension de la chiralité des ondes que constituent les particules élémentaires par une compréhension intime des propriétés algébriques des diverses représentations des vecteurs des espaces de Clifford. Ces diverses représentations et leurs liens sont clarifiés. Les calculs que cette clarification suppose sont menés explicitement, et entièrement (ce qui est rare), ce qui en soi constitue un travail remarquable et considérable. Le lecteur n'a pas d'autre choix que de suivre et comprendre les calculs intenses qui émaillent l'ouvrage, dont le parti pris est d'ancrer sa démonstration dans la force du calcul algébrique.

L'ouvrage est totalement autoportant et ne nécessite pas d'autre bagage mathématique que la connaissance élémentaire des espaces vectoriels des équations différentielles aux dérivées partielles.

Un cours de mathématiques sur les algèbres de Clifford est donné au premier chapitre de l'ouvrage, et cette option est saine : il n'est pas possible de faire de la bonne physique sans utiliser de bonnes mathématiques. Comme les espaces de Clifford ne sont jamais enseignés, ce chapitre était nécessaire. Il est par ailleurs très agréable à lire, clair et pédagogique. La voie du formalisme mathématique est "médiane" : rigoureuse sur le plan mathématique, mais pas trop axiomatique, ce qui nuirait à la compréhension intuitive et risquerait de "parachuter" les concepts. C'est ainsi que les espaces de Clifford ne sont pas présentés comme de simples règles algébriques sur des symboles, ni par des approches compliquées de construction avec injections canoniques et quotientations.

La thèse proposée dans cet ouvrage (car il s'agit exactement d'une thèse, non d'un cours qui répète à l'envie par copie approximative d'autres cours des connaissances tenues pour acquises, parfois à tort, à la fois dans l'ampleur et l'originalité du propos, mais également de son état de validation et de puis-

sance explicative par rapport aux théories classiques), est encore inachevée et en pleine effervescence. Les auteurs en ont conscience et replacent leur contribution dans l'ensemble de la quête du savoir de manière juste et circonspecte. Il se peut donc encore que l'ensemble de cette thèse soit fausse, et les auteurs, bien qu'assez affirmatifs dans ses résumés et conclusions, "provoquent" le lecteur et donc la réflexion et la remise en chantier de questions que l'on croyait réglées. Cette thèse vise en particulier à faire un pas dans la réduction des hypothèses et des paramètres libres du modèle standard, et conclut sur une appréciation originale de la place du modèle standard dans la théorie du tout. Si les avancées de cette formulation s'avèrent vraies après validation par la communauté scientifique (ce qui reste assez largement à faire), elles constitueront un apport qui fera date dans l'histoire de la physique.

Les points marquants de la remise à leur place de l'importance des concepts, avec une certaine audace, sont les suivants :

- affirmation qu'il n'y a aucune nécessité métaphysique à ce que les équations les plus fondamentales dérivent d'un unique lagrangien, comme le modèle standard classique le postule encore sans justification;
- "destitution" tout aussi importante du statut quasi idéologique de la place des densités de probabilités en mécanique quantique, et retour à l'approche ondulatoire de de Broglie et Schrödinger, en montrant que l'interprétation d'une densité de probabilité comme "probabilité de présence de LA particule" n'avait en fait pas de sens, hormis des cas d'école comme l'expérience des fentes d'Young, où la "présence" de la particule est une observation sur un écran où l'électron ou le photon est venu exciter localement celui-ci, les particules n'étant très probablement "que" ces ondes ;
- élargissement du groupe d'invariance de Lorentz, ouvrant la voie à une compréhension enrichie de la relativité ;
- discussion sur les relations entre équations linéaires et non linéaires et rappel du fait que le modèle standard n'est qu'une théorie linéarisée, qui a donc ses limites ; tentative vers une équation non linéaire de Dirac, en montrant qu'il n'y a que peu de guides pour trouver une telle équation, et en rappelant qu'une équation dans laquelle le champ source est extérieur ne peut en aucun cas rendre compte complètement d'une interaction ;
- mise en lumière de couplages inattendus dans les interactions, et approfondissement de l'invariance CPT ;
- "destitution" de la "brisure spontanée de symétrie", et explication alternative a priori plus convaincante de non symétries ; discussion riche sur les degrés de liberté que les divers espaces de Clifford embarquent ;
- remise à l'honneur des monopoles magnétiques, qui ont été "oubliés" sans véritable raison théorique ;

- tentative de lien entre le principe d'équivalence de la relativité générale et la normalisation, et "destitution" des normalisations arbitraires ;
- démonstration magistrale que les "i" de la mécanique quantiques sont multiples, et que l'écriture complexe des équations n'est qu'un cas particulier et simplifié de l'écriture en l'algèbre de Dirac, montrant par là-même l'ampleur des approximations et flous coupables dans les présentations habituelles ;
- et tant d'autres critiques fécondes et profondes.

Einstein, comme Freud, qui ont tous deux fondé une immense et nouvelle théorie sur la base des signaux faibles des connaissances de leur temps, ont tous deux procédé par recherche de LA vérité, par la plus stricte application de la méthode scientifique, et dans le plus strict esprit des lumières, qui tient pour acquis que la vérité existe et est unique, le travail des chercheurs étant de la découvrir, et non de l'inventer, la postuler, ou de bricoler. Comme Poincaré le préconise dans "La science et l'Hypothèse", le présent ouvrage teste des hypothèses et les apprécie tant par leur cohérence interne, que leur simplicité, leur pouvoir unifiant, leur esthétique, leur nécessité intrinsèque, que leurs conséquences. Tous deux avaient parfaitement situé leurs travaux : tous deux ont opéré "une levée d'un coin du grand voile" comme Einstein le dira à propos de la thèse de De Broglie, qui appelle leurs successeurs à aller plus avant dans la grande aventure de la quête du savoir et de la vérité.

Les présents auteurs en sont de très dignes successeurs et cet ouvrage ne laisse pas le lecteur indifférent, au moins parce que ses certitudes injustifiées ne peuvent que tomber...

D. Girardot

Dr. de l'Ecole Polytechnique