

Intrication quantique et structure de l'espace-temps

Laurie LETERTRE

Résumé : Le phénomène d'intrication quantique, un élément central de toute théorie quantique, possède d'importantes implications philosophiques. D'un point de vue métaphysique, il remet en question la notion d'identité intrinsèque des objets physiques, ainsi que l'idée selon laquelle les relations entre objets sont déterminées par les propriétés intrinsèques de ces derniers. Du point de vue de l'explication scientifique, une explication en termes causaux de certaines corrélations quantiques intriquées est rendue difficile à cause de leur caractère nonlocal. Pour ces différentes raisons, il est important de comprendre le phénomène d'intrication quantique au sein de l'espace et du temps afin d'obtenir une conception métaphysique de la réalité compatible avec nos théories physiques les plus avancées.

Dans ce contexte général, ce projet de recherche est composé de plusieurs étapes. Tout d'abord, la nature de l'intrication quantique sera étudiée à travers diverses interprétations réalistes de la mécanique quantique, de façon à identifier d'éventuelles caractéristiques et propriétés communes. Ces analyses s'appuieront sur le structuralisme ontique, une approche philosophique selon laquelle les structures ont une importance particulière au sein de l'ensemble des constituants fondamentaux du monde. Dans un second temps, l'intrication sera analysée d'un point de vue théorique, au sein d'un formalisme opérationnel pour l'expression des théories physiques. De façon similaire à l'étape précédente, les structures correspondantes décrivant l'intrication quantique seront interprétées de manière réaliste en adoptant l'approche du structuralisme ontique. La portée philosophique de cette analyse sera discutée, notamment au moyen de comparaisons avec les résultats obtenus au cours de la première étape du projet. Dans un troisième temps, les structures communes aux deux phases précédentes seront confrontées à l'hypothèse d'un espace-temps émergent de structures quantiques plus fondamentales. Enfin, l'ensemble de ces réflexions serviront de cas d'étude pour une approche scientifique de la métaphysique, c'est-à-dire une approche considérant la métaphysique comme étant contrainte par nos connaissances scientifiques.

Abstract: The phenomenon of quantum entanglement, a central feature in all quantum theories, has important philosophical implications. From a metaphysical point of view, it puts into question the notion of intrinsic identity for physical objects and the idea that relations among objects supervene on their intrinsic properties. From the perspective of scientific explanation, a causal account is made difficult for some quantum correlations due to their nonlocal behaviour resulting from entanglement. For these reasons, making sense of quantum entanglement within spacetime is key to obtain a metaphysical conception of reality consistent with our current best physical theories.

In that general context, this research project articulates several stages. First, the nature of quantum entanglement will be investigated across various realist interpretations of quantum mechanics, in order to identify possible common features and properties. All these various analyses will rely on ontic structuralism, a philosophical view emphasizing the importance of structures upon considering the

most fundamental constituents in the world. In a second phase, entanglement will be analyzed from a theoretical point of view, within an operational framework for physical theories. Consistently with the previous stage, the corresponding structures describing entanglement will be ensured a realist interpretation using the ontic structuralist approach. The philosophical significance of this analysis will be discussed, namely by means of a comparison with the results obtained in the first stage of the project. In the third phase, the common structures resulting from the two first stages will be confronted to the hypothesis of a spacetime structure being emergent from more fundamental quantum ones. Finally, all these investigations will serve as a concrete study case in support of a scientific approach to metaphysics, i.e. an approach considering that metaphysics is constrained by scientific knowledge.