

Mardi 14 janvier 2025

Communication de notre confrère GUY CHANFRAY

« Richard Feynman et la physique quantique en action »

Le concept d'énergie est, avec le principe de relativité décrivant les propriétés de l'espace et du temps, le plus fondamental de la physique. Toute évolution d'un système physique se ramène en effet à un transfert d'énergie entre l'énergie d'interaction puisée dans la nature (énergie nucléaire, chimique, gravitationnelle, solaire, éolienne,...) et *in fine* une énergie de mouvement, caractérisée par l'énergie cinétique. Le but des lois physiques est ainsi de décrire comment s'opèrent dans l'espace et dans le temps ces échanges entre l'énergie potentielle fournie aux particules par ses interactions gravitationnelle, électromagnétique ou nucléaire et l'énergie cinétique et c'est l'objet du principe de moindre action. Ce principe, formulé dès le XVIII^e siècle et formalisé mathématiquement en 1756 par Joseph-Louis Lagrange, stipule que la trajectoire effectivement suivie par un corps pour aller d'un point donné à un instant donné à un autre point à un autre instant donné est celle qui minimise l'*action* ou *intégrale d'action*, c'est-à-dire l'échange d'énergie cumulée durant le mouvement entre énergie cinétique et énergie potentielle. Ce principe permet de retrouver la deuxième loi Newton et apparaîtra de façon plus générale comme un principe premier gouvernant l'ensemble de la physique classique.

C'est Richard Feynman (1918-1988), l'un des plus grands physiciens du XX^e siècle, prix Nobel en 1965, qui proposera, durant les années quarante, l'idée selon laquelle des trajectoires dont la valeur de l'action diffère de l'action classique par un petit nombre de quantum d'action, $\hbar = 1.055 \cdot 10^{-34}$ j.s, deviennent aussi possibles mais avec une probabilité moindre que la trajectoire classique. Celle-ci est alors remplacée dans la vision quantique par une superposition ou faisceau de trajectoires constituant une onde de probabilité, ces *fluctuations quantiques* disparaissant à l'échelle macroscopique étant donné la valeur infinitésimale du quantum d'action exprimée en unités anthropiques. Richard Feynman en donnera une formulation mathématique précise, connue sous le nom d'intégrale de chemin, dans laquelle la fonction d'onde caractérisant la probabilité de présence de la particule en un point particulier, est obtenue en superposant toutes les trajectoires possibles issues de son état antérieur. Ceci lui permettra de retrouver la fameuse équation de Schrödinger de la mécanique quantique, permettant d'obtenir l'évolution de la fonction d'onde et de calculer et modéliser la structure des noyaux, atomes, molécules, semi-conducteurs, étoiles à neutrons,... Presque simultanément, Richard Feynman étendra son approche au cas de théorie quantique relativiste des électrons en interaction électromagnétique initiée par Paul Dirac et incluant la présence d'antimatière (les positrons) ; et ceci, tel que formulé par le comité Nobel en 1965 : « *Following the establishment of the theory of relativity and quantum mechanics, an initial relativistic theory was formulated for the interaction between charged particles and electromagnetic fields. This needed to be reformulated, however. In 1948 in particular, Richard Feynman contributed to creating a new quantum electrodynamics by introducing Feynman diagrams : graphic representations of various interactions between different particles. These diagrams facilitate the calculation of interaction probabilities* ».

