

QUESTIONS D'ONDES ET D'EQUATIONS D'ONDE

Le succès de la "géométrisation" de la Physique Quantique me parait être lié à l'extraordinaire richesse de la Physique des Ondes .

Celles-ci sont des objets à symétries variées dans le cadre de mouvements périodiques fondamentaux dont les diverses combinaisons reproduisent toutes les manières dont l'énergie se manifeste et se propage ; aussi bien dans les particules élémentaires que dans les champs qu'elles engendrent ou auxquels elles sont soumises .

Dans les années 1860 , Maxwell a synthétisé l'ensemble des relations de l'électromagnétisme dans une équation d'onde d'écriture très simple que l'on a appliqué immédiatement à la lumière et dont la propagation devint, ainsi, celle du champ électromagnétique .

Je n'ai pas souvenir que l'on ait alors cherché si cette équation pouvait avoir d'autres solutions que celle d'une onde plane monochromatique tant celle-ci rendait bien compte des phénomènes lumineux comme les interférences et la diffraction .

En 1905, Einstein a montré que cette onde lumineuse, connue depuis longtemps, devait être constituée de corpuscules (les photons) d'énergie $E = hc / \lambda$; c'était là une première association d'une onde et d'un corpuscule ...

Dans les années 1920, Louis De Broglie a découvert, par la théorie, que toute les particule en mouvement devait être associée à une onde de longueur d'onde h/mv .

Mais de quelle équation cette onde était-elle solution ?

Il faut se rappeler que la démarche de de Broglie avait été de concilier un mécanisme périodique interne au corpuscule avec son onde, dans le respect des règles de la Relativité restreinte ...

On peut alors envisager les choses de la manière suivante :

L'équation de Maxwell s'applique aux particules massiques uniquement si on envisage ses solutions stationnaires (immobiles) et en l'absence de champ.

Si on analyse le déplacement de celles-ci ; on est, alors, conduit à l'équation de KG (Klein - Gordon) dont l'onde de de Broglie est issue, cette équation est en fait la traduction « Lagrangienne » de la relation d'Einstein qui exprime la composition quadratique de l'énergie entre l'inertie et l'impulsion .

L'onde de de Broglie exprime la progression de la phase, liée au déplacement, de l'onde .

L'équation de Schroedinger est déduite de l'équation de KG pour des vitesses très inférieures à la vitesse de la lumière .

Si la particule est un Fermion, l'équation de KG doit être transformée en une équation linéaire tensorielle (Dirac)

L'équation de Maxwell s'applique directement aux particules dont l'énergie de masse est négligeable devant l'énergie impulsionnelle (voir plus bas), elle est donc un cas particulier de l'équation de KG .

L'union de la Physique des particules et de la Relativité est ici fondamentalement exprimée par le fait que l'équation de KG traduit la relation d'Einstein . 1

Ainsi, on peut conclure de la manière suivante :

L'équation d'onde de base (KG) ne se réduit à l'équation de Maxwell que dans deux cas extrêmes :

- La masse est négligeable par rapport à l'impulsion ; la solution est alors une onde scalaire dont la vitesse est très proche de c , c'est le cas des photons et des neutrinos .
- L'impulsion est nulle (particule immobile) , où la solution est une *onde scalaire radiale* ; voir le calcul de la masse de l'électron .

Dans les autres cas où masse et impulsion ne sont plus négligeables l'une vis à vis de l'autre, l'équation doit être transformée (Dirac) si l'on veut rendre compte de toutes les propriétés .

Cette transformation, linéaire et tensorielle, montre alors l'ensemble des symétries propres à l'onde spécifique de la particule (dont le spin est une des signatures) .

Onde rotationnelle ; la phase de cette onde est représentée par un nombre complexe (le plus simple étant donné par la formule d'Euler), ce qui la rend « non propagative » (elle peut être immobilisée), si l'axe de rotation est perpendiculaire à la direction de propagation , ce cas est celui de l'Electron .

Une onde est propagative (elle ne peut être freinée, sa vitesse est c) dans deux cas :

- La phase est rotationnelle (amplitude complexe) avec l'axe de rotation dans le sens du déplacement
- La phase est vibrationnelle (amplitude réelle) ; ceci ne peut être obtenu que par addition d'un nombre pair de rotateurs inverses dont l'axe est perpendiculaire à la direction de propagation .

Ces deux cas sont représentatifs, respectivement, du Neutrino et du Photon .

