Introduction au monde quantique

I. Dualité onde - Corpuscule

1. Un corpuscule associé à l'onde lumineuse

La propagation de la lumière a pu être interprétée comme un phénomène ondulatoire grâce aux phénomènes d'interférences observées par Young. La modélisation a été finalisée par Maxwell.

Cependant cette approche purement ondulatoire ne permet pas d'expliquer des phénomènes comme l'effet photoélectrique.

Relation de Planck-Einstein

On associe à une onde électromagnétique de pulsation ω et de vecteur d'onde $\overrightarrow{k} = k.\overrightarrow{u}$ des photons d'énergie E et de quantité de mouvement (ou impulsion) $\overrightarrow{p}$ tels que

$E = h.\nu$ et $\overrightarrow{p} = \hbar\overrightarrow{k}$

Constante réduite de Planck : $\hbar = \dfrac{h}{2.\pi} \equiv 10^{-34}\ J.s$

Ce phénomène d'interférence a pu également être observé pour des faisceaux d'électron pour lesquels ont associait un modèle purement corpusculaire.

Remarque: Pour un quanton non relativiste, $p = m.v$

2. Une onde associée à un corpuscule

relation de de Broglie

On associe à un corps matériel d'énergie E et de quantité de mouvement $\overrightarrow{p}$ une onde de de Broglie (ou onde de matière) de fréquence ν_{DB} et de longueur d'onde λ_{DB} tels que

$E = h.\nu_{DB}$ et $\lambda_{DB} = \dfrac{h}{p}$

Remarque: Attention $\nu_{DB} \neq \dfrac{c}{\lambda_{DB}}$...

3. Une dualité onde-corpuscule

Fonction d'onde

L'état physique d'une particule quantique (quanton) est parfaitement défini par une fonction d'onde complexe Ψ qui représente **l'amplitude de probabilité** de l'état considéré.
Pour l'approche unidimensionnelle de ce cours, $\Psi(x,t)$

Remarque: On écrira cette fonction d'onde **complexe** $\Psi(x,t)$ et non $\underline{\Psi(x,t)}$

II. Interprétation probabiliste

1. Analogies

	Optique ondulatoire	Mécanique quantique
Concept : Fonction d'onde	$\underline{E}(x,t)$	$\Psi(x,t)$
Concrétisation phyqique	$I(x) = \langle\Pi\rangle = \alpha\,\lvert\underline{E}\rvert^2$	$\mathcal{P}_L(x)$

2. Densité linéïque de probabilité de présence d'un quanton

densité linéïque de probabilité

$|\Psi(x,t)|^2$ représente la densité linéïque de probabilité d'existence de l'état physique du quanton.

$\mathcal{P}_L(x) = \dfrac{d\mathcal{P}}{dx} = |\Psi(x,t)|^2$

III. Inégalité d'Heisenberg spatiale

Indétermination ΔX

A une variable X est associée une indétermination ΔX pour sa mesure telle que $\Delta X = \sqrt{\langle X^2 \rangle - \langle X \rangle^2}$

Principe d'indétermination d'Heisenberg

La mesure à un instant donné de la position x et de l'impulsion p_x d'un quanton présentent des indéterminations Δx et Δp_x vérifiant l'inégalité

$\Delta x . \Delta p_x \geqslant \dfrac{\hbar}{2}$