

PLAN DU COURS

I / Dualité onde–corpuscule

1. Aspect expérimental
2. Bilan
3. Classique ou quantique ?

II / Fonction d’onde et équation de Schrödinger

1. Notion de fonction d’onde
2. Équation de Schrödinger
3. Équation de Schrödinger indépendante du temps

III / Évolution d’une particule libre

1. Définition et équation de Schrödinger associée
2. États stationnaires d’une particule libre
3. Paquet d’ondes – vitesse de groupe

IV / Particule dans un puits de potentiel

1. Puits infini
2. Puits fini

V / Effet tunnel et applications

CAPACITÉS EXIGIBLES

1. Fonction d’onde, amplitude de probabilité :
 - (a) Normaliser une fonction d’onde.
 - (b) Faire le lien qualitatif avec la notion d’orbitale en chimie.
 - (c) Relier la superposition de fonctions d’ondes à la description d’une expérience d’interférences entre particules.
2. Équation de Schrödinger pour une particule libre
 - (a) Utiliser l’équation de Schrödinger fournie.
 - (b) Identifier les états stationnaires aux états d’énergie fixée.
 - (c) Établir et utiliser la relation : $\psi(x, t) = \phi(x) \exp(-iEt/\hbar)$ et l’associer à la relation de Planck-Einstein.
 - (d) Distinguer l’onde associée à un état stationnaire en mécanique quantique d’une onde stationnaire au sens usuel de la physique des ondes.
 - (e) Utiliser l’équation de Schrödinger indépendante du temps pour la partie spatiale $\phi(x)$.
 - (f) En exploitant l’expression classique de l’énergie de la particule libre, associer la relation de dispersion obtenue et la relation de de Broglie.
 - (g) Identifier vitesse de groupe et vitesse de la particule.
 - (h) Faire le lien avec l’inégalité de Heisenberg spatiale.
 - (i) Utiliser l’expression admise $\vec{J} = |\psi|^2 \frac{\hbar \vec{k}}{m}$ et l’interpréter comme produit densité \times vitesse.
3. Équation de Schrödinger dans un potentiel $V(x)$ uniforme par morceaux
 - (a) Puits infini :

- Établir les expressions des énergies des états stationnaires.
 - Faire l’analogie avec la recherche des pulsations propres d’une corde vibrante fixée en ses deux extrémités.
 - Retrouver qualitativement l’énergie minimale à partir de l’inégalité de Heisenberg spatiale.
 - Associer le confinement d’une particule quantique à une augmentation de l’énergie cinétique.
- (b) Puits fini :
- Mettre en place les éléments du modèle : forme des fonctions d’onde dans les différents domaines.
 - Utiliser les conditions aux limites admises : continuité de ϕ et $\frac{d\phi}{dx}$.
 - Associer la quantification de l’énergie au caractère lié de la particule.
 - Mener une discussion graphique.
 - Interpréter qualitativement, à partir de l’inégalité de Heisenberg spatiale, l’abaissement des niveaux d’énergie par rapport au puits de profondeur infinie.

4. Effet tunnel

- (a) Associer l’existence d’une probabilité de traverser une barrière de potentiel et l’existence de deux ondes évanescentes dans la zone classiquement interdite.
- (b) Exprimer le coefficient de transmission comme un rapport de courants de probabilités.
- (c) Approche documentaire de la radioactivité alpha :
- utiliser une expression fournie du coefficient de transmission pour analyser des documents scientifiques ;
 - expliquer le rôle de l’effet tunnel dans la radioactivité alpha.
- (d) Approche documentaire de la microscopie à effet tunnel :
- utiliser une expression fournie du coefficient de transmission pour analyser des documents scientifiques ;
 - expliquer la sensibilité à la distance de cette méthode d’observation des surfaces.