

# 1 Physique quantique

## 1.1 MQ1 Fonction d'onde et équation de Schrödinger

### Compétences

#### Pour la notion de fonction d'onde

- interpréter en termes de probabilité l'amplitude d'une onde associée à une particule ;
- utiliser le caractère linéaire de l'équation (principe de superposition) ;
- procéder à la séparation des variables temps et espace ;
- distinguer l'onde associée à un état stationnaire en mécanique quantique d'une onde stationnaire au sens usuel de la physique des ondes.
- relier l'énergie de la particule à l'évolution temporelle de sa fonction d'onde et faire le lien avec la relation de Planck-Einstein ; identifier le terme associé à l'énergie cinétique.

#### Pour la particule libre,

- établir les solutions de l'équation de Schrödinger, connaître et interpréter la difficulté de normalisation d'une fonction d'onde sous forme d'o.p.p.h ;
- relier l'énergie de la particule et le vecteur d'onde de l'onde plane associée ;
- expliquer, en s'appuyant sur l'inégalité d'Heisenberg spatiale, que la localisation de la particule peut s'obtenir par superposition d'ondes planes ;
- utiliser l'expression admise du courant de probabilité associé à une particule libre ; l'interpréter comme un produit densité · vitesse.

- Fonction d'onde : définition, lien avec la densité de probabilité de présence, relation de de Broglie, principe de superposition.
- Équation de Schrödinger pour une particule libre : relation de dispersion, paquet d'onde, lien entre inégalité d'Heisenberg et transformée de Fourier, vitesse de groupe, densité de courant de probabilité.
- Équation de Schrödinger dans un potentiel stationnaire
- État stationnaire :  $\Psi(x) = f(t)\varphi(x)$ ,  $dP/dx$  est indépendant du temps, expression de  $f(t)$ , les états stationnaires sont des états d'énergie constante.
- Superposition de deux états stationnaires.

## 1.2 MQ2 Puits et marche de potentiel

### Compétences

#### Pour le puits de potentiel,

- établir les solutions et les niveaux d'énergie de la particule confinée ;
- identifier des analogies avec d'autres domaines de la physique ;
- estimer l'énergie d'une particule confinée dans son état fondamental pour un puits quelconque ;
- associer l'analyse à l'inégalité d'Heisenberg.

#### Pour les marches de potentiel

- citer des exemples physiques illustrant cette problématique.
- exploiter les conditions de continuité (admisses) relatives à la fonction d'onde.
- établir la solution dans le cas d'une particule incidente sur une marche de potentiel.
- expliquer les différences de comportement par rapport à une particule classique
- déterminer les coefficients de transmission et de réflexion en utilisant les courants de probabilités.
- reconnaître l'existence d'une onde évanescente et la caractériser.
- décrire qualitativement l'influence de la hauteur ou de largeur de la barrière de potentiel sur le coefficient de transmission.
- exploiter un coefficient de transmission fourni.
- citer des applications

#### Pour les états non stationnaires

- expliquer qu'une superposition de deux états stationnaires engendre une évolution au cours du temps de l'état de la particule.
- établir l'expression de la densité de probabilité de présence de la particule dans le cas d'une superposition de deux états stationnaires ; interpréter le résultat.

- Puits de potentiel infini : états stationnaires, quantification de l'énergie, énergie de confinement.
- Puits de potentiel fini : états stationnaires, quantification de l'énergie, comparaison avec le puits infini.
- Marche de potentiel : cas classique, coefficients de réflexion et de transmission ; dans le cas où  $E < V_0$ , il existe une onde évanescente dans la zone classiquement interdite.
- Barrière de potentiel : description qualitative (l'existence d'une onde évanescente dans la zone classiquement interdite permet l'existence d'une onde transmise), description quantitative (forme de la fonction d'onde, conditions aux limites, coefficient de transmission, ordre de grandeur).
- Applications : microscope à effet Tunnel, radioactivité  $\alpha$ .