

1 Approche ondulatoire de la mécanique quantique.

- Quelques éléments historiques.
- Fonction d'onde $\psi(x, t)$ associée à une particule 1D. Densité linéique de probabilité. Normalisation de la fonction d'onde.
- Principe de superposition. Interférences.
- Équation de Schrödinger (doit être fournie). Évolution déterministe de la fonction d'onde.
- Les états stationnaires : états d'énergie parfaitement déterminée. Équation de Schrödinger pour la partie spatiale $\varphi(x)$. Propriétés mathématiques de cette partie spatiale.
- Évolution d'un état non stationnaire obtenue par décomposition sur la base des états stationnaires. Inégalité de Heisenberg temps-fréquence.
- États stationnaires d'une particule libre non confinée : les ondes de de Broglie. Énergie non quantifiée. "Problème" de l'impossibilité de normaliser une onde de de Broglie.
- Particule libre : paquet d'ondes associé. Interprétation en terme de transformée de Fourier. Inégalité de Heisenberg spatiale. Vitesse de phase, vitesse de groupe. On identifie la vitesse de groupe et la vitesse de la particule "classique".
- Courant de probabilité associé à une particule libre (sous la seule forme admise $\vec{J} = |\psi|^2 \frac{\hbar \vec{k}}{m}$).
- Puits de potentiel rectangulaire de profondeur infinie. États stationnaires. Quantification de l'énergie. Analogie avec les modes propres d'une corde vibrante fixée à ses deux extrémités. Énergie de confinement quantique.
- Puits de potentiel rectangulaire de profondeur finie. Recherche des états stationnaires liés. Quantification de l'énergie des états liés. Propriétés de ces états grâce à une discussion graphique : existence d'au minimum un état lié ; alternance d'états pairs/impairs ; nombre d'états liés en fonction de la profondeur et de la largeur du puits ; l'état fondamental est pair. Élargissement effectif du puits par les ondes évanescentes. Abaissement des niveaux d'énergie par rapport au puits de profondeur infinie.
- L'effet tunnel. Barrière de potentiel de hauteur V_0 . Recherche des états stationnaires d'énergie $< V_0$. Non quantification de l'énergie. Probabilité T de traverser la barrière de potentiel : dépendance avec $\frac{E}{V_0}$, avec la largeur a de la barrière, avec la masse m de la particule, avec V_0 . Approximation de barrière "épaisse". Ordres de grandeur.
- Radioactivité alpha : approche documentaire (utilisation d'une expression fournie du coefficient de transmission ; rôle de l'effet tunnel).
- Microscopie à effet tunnel : approche documentaire (utilisation d'une expression fournie du coefficient de transmission ; sensibilité à la distance de cette méthode d'observation des surfaces).
- Double puits symétrique (approche descriptive). Les deux premiers états stationnaires (symétrique et antisymétrique). Diagramme d'énergie ; lien avec la chimie. Évolution temporelle d'une superposition de ces deux états. Exemple de la molécule d'ammoniac. Fréquence des oscillations d'une particule initialement confinée dans un des deux puits.

2 Optique de Fourier - Diffraction.

Le filtrage optique n'est pas au programme de cette semaine. Par ailleurs, seuls les cas concernant des transmittances 1D sont explicitement au programme officiel.

- Transmittance complexe d'un objet "mince".
- Réseau unidimensionnel d'extension infinie de coefficient de transmission $t(x)$ sinusoïdal et de pas supérieur à la longueur d'onde, éclairé par une OPPM sous incidence normale. Onde transmise : superposition de trois OPPM définies par la condition aux limites sur le réseau. Observations dans le plan de Fourier.
- Le cas où le pas du réseau est inférieur à la longueur d'onde a été évoqué : les deux "OPPM" "latérales" deviennent évanescentes. Notion de champ proche.
- On généralise : à toute fréquence spatiale "contenue" dans $t(x)$ (et inférieure à la fréquence spatiale de l'onde) correspond une OPPM transmise (d'amplitude liée à la composante du spectre de Fourier), et un point dans le plan de Fourier.
- Mire unidimensionnelle d'extension latérale infinie de N traits parallèles équidistants. Décomposition de $t(x)$ en série de Fourier. Stéréospectre discret. On fait le lien avec tout ce qui a été vu plus tôt sur les réseaux (avec, alors, un raisonnement en termes de différence de marche).
- Fente rectiligne de coefficient de transmission uniforme.

- Quelques notions générales sur la diffraction à l'infini : angle caractéristique $\frac{\lambda}{a}$ (et lien avec les propriétés des transformées de Fourier) ; invariance de l'intensité dans le plan de Fourier lorsque l'on translate la pupille dans son plan (et lien avec les propriétés des transformées de Fourier).
- Quelques notions sur les pupilles 2D : rectangulaire, mais surtout circulaires (rayon angulaire de la tache d'Airy).
- Critère de Rayleigh. La diffraction est une limite fondamentale au pouvoir séparateur des instruments d'optique. Quelques exemples. Ordres de grandeur.
- Quelques notions qualitatives sur l'optique adaptative : on atteint la résolution théorique pour des instruments au sol.

3 Révisions de première année.

Voir le programme officiel pour les détails.

3.1 Introduction au monde quantique.

- Dualité onde-particule pour la lumière et la matière.
- Relations de Planck-Einstein et de Louis de Broglie.
- Interprétation probabiliste de la fonction d'onde.
- Inégalité de Heisenberg spatiale.
- Énergie minimale de l'oscillateur harmonique quantique.
- Quantification de l'énergie d'une particule libre confinée 1D.

3.2 Mécanique.

TOUT le programme de mécanique de première année est à revoir. On ne reprend ici que les titres des différents blocs.

- Oscillateur harmonique.
- Oscillateur amorti.
- Description et paramétrage du mouvement d'un point.
- Description du mouvement d'un solide dans deux cas particuliers.
- Loi de la quantité de mouvement.
- Approche énergétique du mouvement d'un point matériel.
- Loi du moment cinétique.
- Approche énergétique du mouvement d'un solide en rotation autour d'un axe fixe orienté.
- Loi de l'énergie cinétique pour un système déformable.
- Mouvements sans un champ de force centrale conservatif.