

1 Diffusion de particules.

- Densité particulaire.
- Vecteur densité de flux de particules \vec{j}_N . Flux de particules.
- Bilan de particules (avec terme de source algébrique) : démonstration à 1D en géométrie cartésienne, expression générale admise.
- Loi de Fick. Coefficient de diffusion ; ordres de grandeur (dans un gaz, dans un liquide, dans un solide).
- Équation de la diffusion. Propriétés (voir diffusion thermique).
- Résolution : nécessité de disposer de conditions initiales et aux limites.
- Cas particulier des régimes stationnaires.
- Un exemple de régime non stationnaire : particules toutes placées en $x = 0$ à $t = 0$.
- Approche microscopique du phénomène de diffusion : modèle probabiliste discret (marche au hasard 1D). Coefficient de diffusion en fonction du libre parcours moyen et de la vitesse quadratique moyenne.
- Quelques exemples où la diffusion de particules intervient :
 - dopage des semi-conducteurs (méthode ancienne de la diffusion dans le substrat de silicium solide à haute température ; méthode plus récente d'implantation ionique à froid et diffusion subséquente).
 - paliers de diffusion dans les courbes intensité/potentiel

2 Phénomènes de propagation linéaires : ondes électromagnétiques dans les plasmas et dans les métaux. Phénomènes de dispersion et d'absorption.

- Définition d'un plasma. Densité ionique, densité électronique. Pulsation plasma.
- Exemples de plasmas ; ordres de grandeur des densités électroniques.
- Réaction d'un plasma à un champ électromagnétique harmonique ; les diverses approximations effectuées. Conductivité imaginaire pure d'un plasma neutre peu dense. Absence de puissance moyenne échangée en moyenne temporelle entre le champ et les porteurs de charge.
- Conductivité complexe d'un conducteur ohmique.
- Propagation d'une onde électromagnétique plane harmonique dans un milieu neutre à conductivité complexe. Relation de dispersion. Indice complexe. Transversalité de l'onde. Relation de structure.
- Relation de dispersion complexe : phénomène d'absorption (ou d'amplification) ; distance caractéristique. Pseudo-OPPH, pseudo-longueur d'onde.
- Vitesse de phase. Phénomène de dispersion.
- Cas particulier où k est imaginaire pur : onde évanescence.
- Déformation d'une OPP non H par le phénomène de dispersion.
- Paquet d'ondes : définition. Vitesse de groupe.
- Application au plasma neutre peu dense : domaine réactif (onde évanescence, absence de propagation de l'énergie en moyenne temporelle), domaine de transparence (vitesse de phase, vitesse de groupe).
- Réflexion/Transmission d'une OPPH incidente depuis le vide sur une interface vide/plasma peu dense sous incidence normale : mise en équation, coefficients complexes de réflexion et de transmission pour l'amplitude du champ électrique, coefficients de réflexion et de transmission en puissance (la continuité du champ électromagnétique est admise). Application au comportement de l'ionosphère vis-à-vis des ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence et de la densité électronique (variations jour/nuit).
- Application à un conducteur ohmique. Domaine de l'effet de peau. Épaisseur de peau.
- Réflexion/Transmission d'une OPPH incidente depuis le vide sur une interface vide/conducteur ohmique : dans le domaine de l'effet de peau, dans le domaine visible.
- Plus généralement, réflexion/transmission d'une OPPH incidente sous incidence normale entre deux demi-espaces d'indices complexes n_1 et n_2 .
- Quelques notions sur les transmissions longue distance par "câbles" (câbles coaxiaux vs fibres optiques). Limitation du débit par la dispersion. Les amplificateurs à fibre dopée à l'erbium (l'émission stimulée a été évoquée mais n'a pas encore été étudiée). Ordres de grandeurs des débits obtenus.

3 Polarisation de la lumière.

- Polarisation des OPPH (rectiligne, circulaire, elliptique) : lien entre polarisation et expression du champ électrique.
- Polariseur rectiligne parfait. Effet sur une lumière non polarisée, sur une lumière polarisée rectilignement (loi de Malus).
- Polarisation par réflexion vitreuse sous incidence oblique. Angle de Brewster. Repérage de la direction passante d'un polariseur.
- Lames biréfringentes. Lignes neutres. Lame quart d'onde, lame demi-onde.
- Analyse d'une lumière soit totalement polarisée, soit non polarisée.
- Polarisation rotatoire. Loi de Biot.

4 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".

5 Révisions de première année : introduction au monde quantique.

Voir le programme officiel pour les détails.

- 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.