

- 1) Thermodynamique de l'oxydoréduction + révisions d'oxydoréduction de MPSI, notamment les diagrammes potentiel-pH.
- 2) Courbes intensités-potential en cours et en exercices.
- 3) Révisions d'optique géométrie MPSI.
- 4) Lois générales de l'optique physique en cours et en exercices.
- 5) Interférences à deux ondes. Exemple des trous d'Young en cours et en exercices proches du cours.

LOIS GÉNÉRALES DE L'OPTIQUE PHYSIQUE

I. Marche des rayons lumineux

- Milieu THI. Principe de propagation rectiligne. Rayon lumineux.
- Notion de source ponctuelle.
- Indice optique. Rappel des lois de Snell-Descartes. Angle de réfraction limite.
- Principe du retour inverse

II. La vibration lumineuse (signal lumineux)

- Approximation scalaire de l'optique : vibration lumineuse $a(M, t)$. Principe de superposition.
- Origine physique de l'émission lumineuse. Modèle monochromatique $a(t) = A_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Fréquence, longueur d'onde dans le vide.
- Composante monochromatique associée à un signal lumineux $a(t)$ quelconque émis par une source ponctuelle S .
- Chemin optique Surfaces d'onde. Théorème de Malus. Exemples. Théorème objet image "Pour tout instrument optique stigmatique, le chemin optique (AA') entre un point objet et son image ne dépend pas du rayon reliant A et A' ."

- Propagation de l'onde lumineuse. Coefficients de réflexion et de transmission sur une interface entre deux milieux THI. Cas d'un miroir.

III. Intensité lumineuse. Temps et longueur de cohérence

- Définition de l'intensité lumineuse I_S (ou éclairement) émis par une source ponctuelle S . Durée de détection T_d d'un capteur optique. Ordres de grandeur. Cas d'un signal stationnaire en intensité.
- Cas d'un signal lumineux sinusoïdal de pulsation ω_0 . Calcul de I_S en fonction de l'amplitude A_m du signal.
- Fonction d'autocorrélation $g(\tau)$ de la lumière émise par une source ponctuelle S . Définition du temps de cohérence τ_c . Exemples d'un signal monochromatique $a(t) = A_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ et du modèle des trains d'onde sinusoïdaux.
- Signal lumineux réel : densité spectrale $J_S(\omega)$.

$$g(\tau) = \int_0^{+\infty} J_S(\omega) \cos(\omega\tau) d\omega \quad \text{et} \quad I_S = \int_0^{+\infty} J_S(\omega) d\omega$$

- Application à la classification des ondes lumineuses en fonction de leur spectre : lumière quasi-monochromatique (profil d'une raie spectrale), lumière possédant un spectre formé de plusieurs raies, lumière à spectre continu. Relation :

$$\Delta\omega_{1/2} \times \tau_c \approx \pi$$

INTERFÉRENCES LUMINEUSES ENTRE DEUX ONDES. EXEMPLE DES TROUS D'YOUNG

I. Le problème général des interférences à deux ondes

- Terme d'interférence. Champ d'interférences.

- Impossibilité d'obtenir des interférences entre deux ondes issues de deux sources ponctuelles S_1 et S_2 différentes (discussion très rapide) : *incohérence spatiale*.
- Obtention des interférences avec une seule source ponctuelle S : montages à division de front d'onde et montages à division d'amplitude.

II. Étude des interférences produites par une source ponctuelle S

- Décalage temporel τ et différence de marche δ .
- Cas d'un signal sinusoïdal de pulsation ω_0 : $a(S, t) = A_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Calcul direct de l'intensité en M : formule de Fresnel. Déphasage, ordre d'interférence, contraste.
- Longueur de cohérence ℓ_c . Zones de cohérence, de cohérence partielle et d'incohérence. Cas particulier d'une lumière composée d'une seule raie quasi-monochromatique : condition d'application de la formule de Fresnel.
- Cas d'une lumière émise par une source ponctuelle caractérisée par sa densité spectrale $J_S(\omega)$:

$$I(M) = 2\kappa^2 \int_0^{+\infty} J_S(\omega) [1 \pm \cos(\omega\tau)] d\omega$$

III. Exemple du montage des trous d'Young

- Description du montage : rôle de la diffraction.
- Montage de base avec source ponctuelle S équidistante des deux trous T_1 et T_2 et observation en un point M placé sur un écran à une distance D du plan des trous. Calcul de la différence de marche $\delta(M)$ par développement limité.
- Utilisation des lentilles dans le montage : observation dans le plan focal image d'une lentille mince convergente, source ponctuelle dans le plan focal objet d'une lentille CV.

- Cas où la lumière émise par S est quasi-monochromatique et que $|\delta(M)| \ll \ell_c$. Intensité lumineuse en M . Allure des franges. Calcul de l'interfrange i .

IV. Interférences avec une source étendue

- Règle générale : chaque point source $S \in D$ crée ses propres interférences. L'intensité en M est la somme des intensités produites par chaque source ponctuelle $S \in D$.
- Cas où la source émet une lumière quasimonochromatique et que le point d'observation est dans la zone de cohérence. Critère semi-qualitatif d'observation de la figure d'interférence :

$$\Delta p(M) \ll \frac{1}{2}$$

Application à une fente source de direction orthogonale à $T_1 T_2$ ou bien parallèle à $T_1 T_2$.

QUESTIONS DE COURS

1. Énoncer les trois lois de Snell-Descartes. Discuter de l'existence du rayon réfracté (angle limite).
2. Définir une surface d'onde (SO). Énoncer le théorème de Malus. L'illustrer sur quelques exemples.
3. Définir l'intensité lumineuse I_S (ou éclairement) émis par une source S . Donner des ordres de grandeur des temps de détection T_d pour les détecteurs courants de lumière. Cas particulier d'une intensité stationnaire. Calculer l'intensité I_S d'une onde monochromatique de pulsation ω_0 .
4. Déterminer les relations entre les largeurs à mi-hauteur d'une raie en pulsation $\Delta\omega_{1/2}$, en fréquence $\Delta\nu_{1/2}$ et en longueur d'onde $\Delta\lambda_{1/2}$. Donner la relation entre le temps de cohérence τ_c et la largeur à mi-hauteur $\Delta\omega_{1/2}$.

5. Établir la formule de Fresnel pour une source ponctuelle S émettant un signal sinusoïdal de pulsation ω_0 . Les méthodes par calcul direct avec valeurs moyennes et par utilisation des grandeurs complexes doivent être connues (dans ce dernier cas, on énoncera le théorème utilisé). Définir le déphasage $\Delta\varphi(M)$ et l'ordre d'interférence $p(M)$.
6. Montage de base des trous d'Young : S sur l'axe de symétrie, observation sur un écran à une distance D du plan des trous. Calculer la différence de marche. Donner l'intensité lumineuse sur l'écran dans le cas d'une lumière formée d'une seule raie de pulsation centrale ω_0 et dans la zone de cohérence. Allure des franges observées. Définir et calculer l'interfrange i .
7. Montage des trous d'Young avec observation dans le plan focal image d'une lentille mince convergente ou bien source placée dans le plan focal objet d'une lentille CV (au choix du colleur) : calculer la différence de marche en utilisant le théorème de Malus et le principe du retour inverse.
8. Interférences avec une source étendue : donner la règle permettant d'obtenir l'intensité. Expliquer sans calculs quelle est son origine. Dans le cas d'une lumière quasi-monochromatique et avec $|\delta(M)| \ll \ell_c$, donner le critère semi-qualitatif de visibilité des interférences et expliquer son origine.