

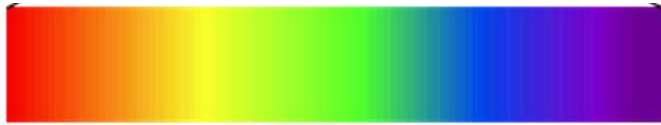
Propriétés optiques

- Les processus optiques
- Les coefficients optiques
- Index de réfraction complexe
- Réflectivité d'une plasma
- Lien entre propriétés optique et électrique dans les métaux

Exemple: La diffusion de Reyleigh

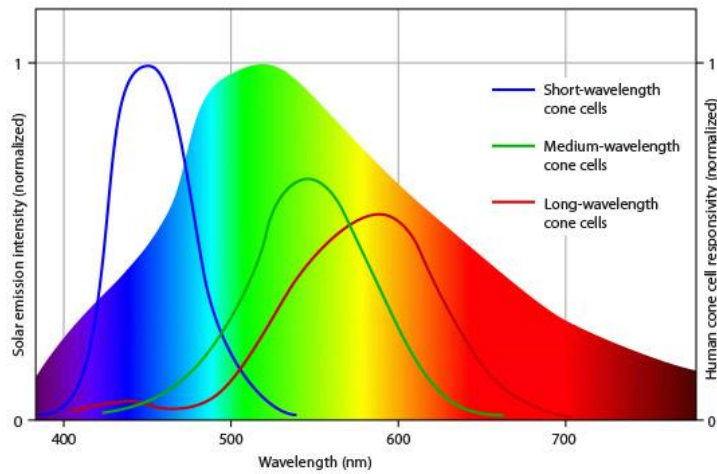


$$\sigma_s = \frac{1}{\lambda^4}$$



$\lambda = 700 \text{ nm}$

$\lambda = 400 \text{ nm}$



La diffusion de Rayleigh est due aux molécules gazeuses présentes dans l'atmosphère (O_2 , N_2 , CO_2 , vapeur d'eau, etc.) ou aux fines particules de poussière. Par conséquent, c'est un phénomène sélectif qui se produit surtout pour les longueurs d'onde les plus courtes du spectre (violet, bleu).

Index de réfraction complexe

Il est possible de regrouper les phénomènes de réfraction et d'absorption dans un même coefficient afin de décrire de façon complète la propagation de la lumière dans un milieu. Ceci est fait à travers de l'utilisation d'un **index de réfraction complexe** de la forme :

$$\check{n} = n + i\kappa$$

Index de refraction

Coefficient d'extinction

En considérant la dépendance spatio-temporelle de l'amplitude du champ électrique:

$$\mathbf{E}(\mathbf{z}, t) = E_0 \exp i(kz - \omega t)$$

On peut déterminer l'amplitude du champ électrique avec les modifications suivants.

Dans un milieu **non-absorbant**:

$$c = \frac{\omega n}{k} \rightarrow k = n \frac{\omega}{c}$$

Dans un milieu **absorbant**:

$$c = \frac{\omega \check{n}}{\check{k}} \rightarrow \check{k} = (n + i\kappa) \frac{\omega}{c}$$

Index de réfraction complexe

La propagation du champ électrique dans un milieu **absorbant**:

$$E(z, t) = E_0 \exp i(kz - \omega t)$$

$$E(z, t) = E_0 \exp i \left[\left(\frac{nc}{\omega} z + i \frac{\kappa c}{\omega} z - \omega t \right) \right]$$

$$E(z, t) = E_0 \exp \left[-\frac{\kappa c}{\omega} z \right] \exp i(kz - \omega t)$$

En considérant que l'intensité de la lumière est

$$I(z) = |E(z, t)|^2$$

$$I(z) = E_0^2 * \exp \left(-\frac{2\kappa c}{\omega} z \right)$$

$$I(z) = E_0^2 * \exp(-\alpha z)$$

ou $\alpha = \frac{2\kappa c}{\omega}$ est le coefficient d'absorption

Exercice (5 minutes)

Déduire la relation avec la constante diélectrique d'un matériau (pas magnétique) et son index de réfraction à partir de la définition de la vitesse de la lumière

$$c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} \quad \text{dans le vide}$$

$$v^2 = \left(\frac{c}{n} \right)^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r} \quad \text{dans un matériau}$$

Si $\mu_r = 1$:

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{\epsilon_r} \rightarrow \mathbf{n^2 = \epsilon_r}$$

$$\tilde{\epsilon}_r = \tilde{n}^2$$

$$\epsilon' + i\epsilon'' = (n + i\kappa)^2$$

$$n^2 = \frac{1}{2} [(\epsilon'^2 + \epsilon''^2)^{0.5} + \epsilon']$$

$$\kappa^2 = \frac{1}{2} [(\epsilon'^2 + \epsilon''^2)^{0.5} - \epsilon']$$

Interaction lumière/plasma

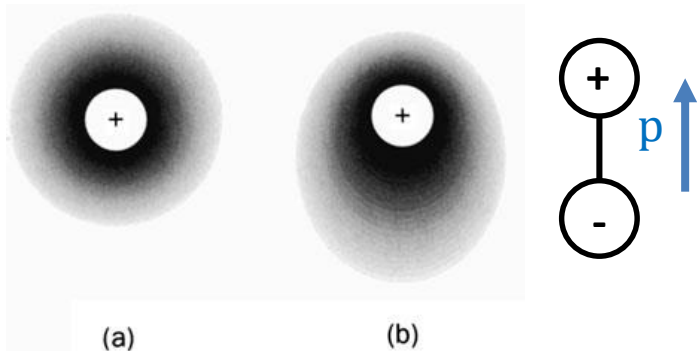
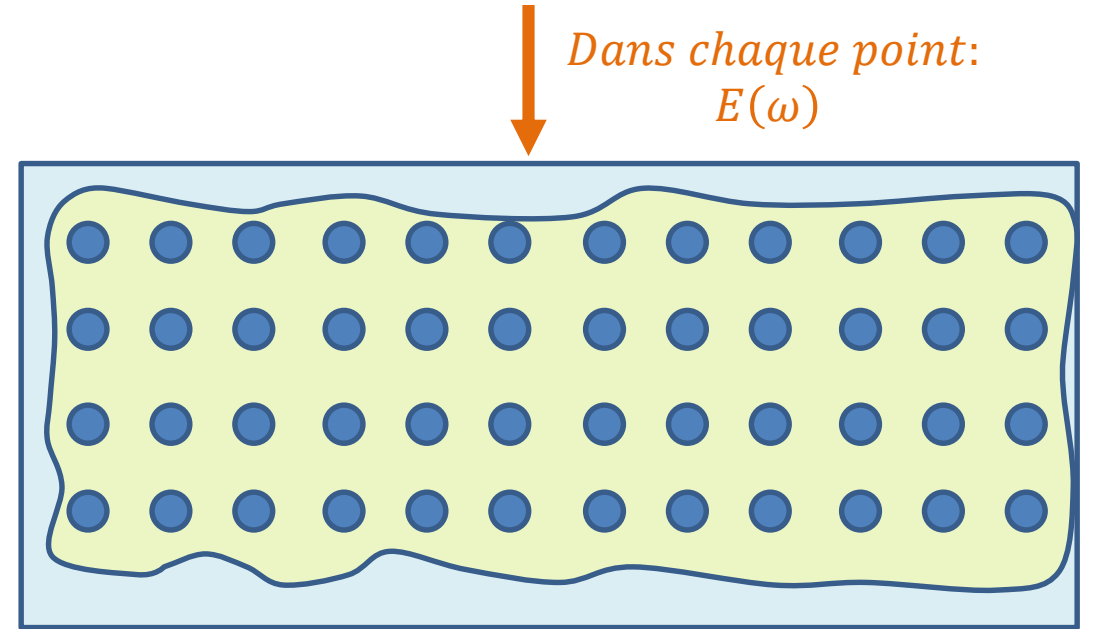
$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} + m\gamma \frac{dx}{dt} = -e * E \\ E(\omega) = E_0 \exp(-i\omega t) \end{cases}$$



$$\begin{cases} x(\omega) = x_0 \exp(-i\omega t) \\ x_0 = -\frac{eE_0}{m} * \frac{1}{\omega^2 - i\gamma\omega} \end{cases}$$

Les charges oscillent dans le temps

L'amplitude d'oscillation est liée à la fréquence angulaire et la «friction» du milieu



L'oscillation de charge est associé à la polarisation du matériau:

$$P(\omega) = N * e * \Delta x = N * e * \left(-\frac{eE(\omega)}{m} * \frac{1}{\omega^2 - i\gamma\omega} \right)$$

Réflectivité d'un plasma

$$\begin{cases} P(\omega) = N * e * \Delta x = - \frac{Ne^2 E(\omega)}{m} * \frac{1}{\omega^2 - i\gamma\omega} \\ D(\omega) = \epsilon_0 * E(\omega) + P(\omega) = \epsilon_0 * \epsilon_r * E(\omega) \end{cases}$$



$$\epsilon_r = 1 - \frac{Ne^2}{m\epsilon_0} * \frac{1}{\omega^2 - i\gamma\omega}$$

$$\epsilon_r = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 - i\gamma\omega}$$

$$\text{ou } \omega_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{m\epsilon_0}}$$

Fréquence du plasma

Exercice (10 minutes)

$$\epsilon_r = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 - i\gamma\omega} \quad \text{ou } \omega_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{m\epsilon_0}}$$

$$\tilde{\epsilon}_r = \tilde{n}^2$$

$$R = \frac{(n-1)^2 + \kappa^2}{(n+1)^2 + \kappa^2}$$

Décrire la réflectivité en fonction de ω/ω_p dans le cas d'un milieu non-absorbant ($\kappa = 0, \epsilon_r = \sqrt{n}$)

