

Examen de Matériaux et Composants Photoniques
2^{ème} année Master : Physique Appliquée, 2025/2026

Durée : 1 heure 30 mn

Questions de Cours: (06 points)

- Quelle est la gamme de longueur d'onde de la lumière dans le visible? En déduire son domaine de fréquence?
- Donner la définition des Unités photométriques suivants :
Flux lumineux ; Intensité lumineuse ; Eclairement ; Luminance ; efficacité lumineuse ?
- Décrire brièvement le comportement d'un flux lumineux à l'interface air/semiconducteur ?
- Quelle est la signification physique de ces indications :

150W/lm	2800 lux	300 °K	66.5 Cd	0.8 A/W	836 lm

Exercice 1 : (05 points)

La formule de Cauchy simplifiée, donnant l'indice d'un verre pour une radiation monochromatique de longueur d'onde λ est : $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$, où A et B sont des constantes.

- Quelles sont les dimensions et unités légales de A et B.
- Des mesures effectuées avec un même verre ont donné :
 - $n_r = 1,618$ pour une radiation rouge de longueur d'onde dans le vide $\lambda_r = 768 \text{ nm}$;
 - $n_v = 1,652$ pour une radiation violette de longueur d'onde dans le vide $\lambda_v = 434 \text{ nm}$.
- Calculer les valeurs de A et B.
- Déterminer la valeur de l'indice n_j pour une radiation jaune de longueur d'onde dans le vide $\lambda_j = 589 \text{ nm}$.

Exercice 2 : (04 points)

Montrer que l'énergie E d'un photon et sa longueur d'onde λ vérifient la relation:

$$E(eV) = \frac{1240}{\lambda(nm)}$$

Calculer la fréquence et la longueur d'onde dans le vide de l'onde associée à un photon γ d'énergie 140 keV. (Données : constante de Planck $h=6.62.10^{-34} \text{ J.s}$, $C=3.10^8 \text{ m/s}$ et $1 \text{ eV}=1.6.10^{-19}$).

Exercice 3: (05 points)

Compléter le tableau ci-dessous par les valeurs de α , relevées des graphes de la figure 1, pour des radiations monochromatiques de couleur rouge ($\lambda \approx 600 \text{ nm}$) et des radiations infrarouges ($\lambda \approx 1000 \text{ nm}$ et $\lambda \approx 1300 \text{ nm}$) pour quelques matériaux. Discuter le résultat.

Matériau	$\alpha(\text{cm}^{-1})$ $\lambda \approx 600 \text{ nm}$	$\alpha(\text{cm}^{-1})$ $\lambda \approx 1000 \text{ nm}$	$\alpha(\text{cm}^{-1})$ $\lambda \approx 1300 \text{ nm}$
Si			
GaAs			
Ge			

Bon Courage

Corrigé type d'Examen de Rattrapage de Matériaux et Composants Photoniques

2^{ème} année Master : Physique Appliquée, 2023/2024

Questions de Cours : (05 points)

a) la gamme de longueur d'onde de la lumière dans le visible :

- Les longueurs d'onde dans le visible : $\lambda_m = 400 \text{ nm}$; $\lambda_m = 800 \text{ nm}$
- La relation entre la fréquence et la longueur d'onde : $\nu = \frac{c}{\lambda}$; avec $c = 10^8 \text{ m/s}$.

on a donc, son domaine de fréquence compris :

$$\nu_m = \frac{c}{\lambda_m} = 3,75 \cdot 10^{14} \text{ Hz} ; \text{ et } \nu_m = \frac{c}{\lambda_m} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz} ;$$

b) Unités photométriques

- 1) **Flux lumineux** : C'est la quantité de lumière émise par une source placée au sommet d'un cône de 1 stéradian. Unité : lumen (lm) ; Formule : $F = I \cdot \Omega$
- 2) **Intensité lumineuse** : Le candela est la mesure de la lumière émise dans une direction précise, et correspond à l'intensité lumineuse de la flamme d'une bougie pour un observateur situé à une distance de 1m ; Unité : candela (cd)
- 3) **Eclairement** : C'est le flux lumineux reçu en un point d'une surface.

Unité : Lux (lx) ; Formule: $E = F/S$

- 4) **Luminance** : Cette grandeur détermine l'aspect lumineux d'une surface éclairée ou d'une source, dans une direction donnée et dont dépend la sensation visuelle de luminosité.

Pour une même intensité lumineuse, le filament d'une lampe à incandescence éblouira alors qu'un tube fluorescent n'éblouira pas. Formule : $L = I/S$, Unité : candela/m² (Cd/m²)

La luminance est une valeur permettant de caractériser la qualité de perception visuelle d'un observateur.

- 5) **Efficacité lumineuse** : C'est le flux lumineux émis pour une puissance donnée. Unité : lumen/watt (lm/W). Formule : $\eta = F/P$

c) l'interface air-semi-conducteur qui constitue la face d'entrée d'un flux de lumière monochromatique de fréquence ν , le flux $\Phi_i(\nu)$, exprimé en Watts ($\phi \text{ (Watts)} = h\nu \cdot \phi \text{ (photons/s)}$), va subir une perte due à la discontinuité des indices de réfraction :

- Une partie du flux va être réfléchi : $\Phi_r(\nu) = R \cdot \Phi_i(\nu)$
- l'autre partie du flux va être transmise : $\Phi_t(\nu, x=0) = T \cdot \Phi_i(\nu) = \Phi_0(\nu)$

$$\text{Avec : } \Phi_i(\nu) = \Phi_r(\nu) + \Phi_t(\nu, x=0)$$

d) La signification physique de ces indications :

150 lm/W	2800 lux	300 °K	66.5 Cd	0.8 A/W	836 lm
Efficacité lumineuse	éclairage	température	Intensité lumineuse	Sensibilité spectrale	Flux lumineux

Corrigé d'exercice N°1:

1. L'indice de réfraction est une grandeur sans dimension :

$$[n] = 1 = [A] + \frac{[B]}{[\lambda^2]} = [A] + \frac{[B]}{L^2}$$

Pour que la relation de Cauchy soit homogène, il faut donc que $[A] = 1$ et $[B] = L^2$: A sans dimension (ni unité) et B homogène à une longueur carrée (ie une surface dont l'unité légale est le m^2).

2. Calcul de A , B et n_j :

(a) Les données nous permettent de dresser un système de deux équations à deux inconnues (A et B) :

$$\begin{cases} n_r = A + \frac{B}{\lambda_r^2} & (1) \\ n_v = A + \frac{B}{\lambda_v^2} & (2) \end{cases} \Rightarrow n_r - n_v = A - A + B \left[\frac{1}{\lambda_r^2} - \frac{1}{\lambda_v^2} \right] = \frac{B(\lambda_v^2 - \lambda_r^2)}{\lambda_r^2 \lambda_v^2} \Rightarrow B = \frac{\lambda_r^2 \lambda_v^2 (n_r - n_v)}{\lambda_v^2 - \lambda_r^2}$$

et (1) $\Rightarrow A = n_r - \frac{B}{\lambda_r^2} = n_r - \frac{\lambda_v^2 (n_r - n_v)}{\lambda_v^2 - \lambda_r^2}$ ce qui conduit, après vérification de l'homogénéité et application numérique à $B \simeq 9,41 \cdot 10^{-15} m^2$ et $A \simeq 1,602$.

(b) Il s'agit maintenant d'une simple application numérique : $n_j = A + \frac{B}{\lambda_j^2} \simeq 1,63$ (résultat cohérent car $n_r < n_j < n_v$).

Corrigé d'exercice N°2:

On démontre la relation : $E(e^-) \simeq \frac{1}{\lambda(n^-)}$; (c'est la loi de Duane et Hunt),

$$\text{On sait que : } E(j) = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \times 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}}{\lambda(m)} = \frac{1.9 \cdot 10^{-25} \text{ J.m}}{\lambda(m)}$$

sachant que : $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

$$E(e^-) = \frac{1.986 \cdot 10^{-25} \text{ J.m}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \lambda(m)} \approx \frac{1.241 \cdot 10^{-6}}{\lambda(m)}$$

Pour convertir la longueur d'onde en nm, on doit multiplier et diviser l'équation par 10^9 , Alors:

$$E(e^-) = \frac{1.241 \cdot 10^{-6} \cdot 10^9}{10^9 \cdot \lambda(m)} = \frac{1241}{\lambda(nm)}$$

$$\text{On a : } E(e^-) = \frac{1}{\lambda(n^-)},$$

$$\text{d'où } \lambda(n^-) = \frac{1}{E(e^-)} = \frac{1}{1.10^3 \text{ eV}} = 8.86 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$\text{donc : } \nu(s^{-1}) = \frac{c}{\lambda(m)} = \frac{3.10^8 \text{ m.s}^{-1}}{8.8 \cdot 10^{-1} \text{ m}} = 0.34 \cdot 10^2 s^{-1} = 340 \cdot 10^1 \text{ Hz}$$

Corrigé d'exercice N°3:

Compléter le tableau ci-dessous par les valeurs de α , relevées des graphes de la figure 1, pour des radiations monochromatiques de couleur rouge ($\lambda \approx 600 \text{ nm}$) et des radiations infrarouges ($\lambda \approx 1000 \text{ nm}$ et $\lambda \approx 1300 \text{ nm}$) pour quelques matériaux.

Matériau	$\alpha(cm^{-1})$ $\lambda \approx 600 \text{ nm}$	$\alpha(cm^{-1})$ $\lambda \approx 1000 \text{ nm}$	$\alpha(cm^{-1})$ $\lambda \approx 1300 \text{ nm}$
Si	$4 \cdot 10^3$	100	/
GaAs	$2 \cdot 10^4$	/	/
Ge	$> 10^5$	$1,8 \cdot 10^4$	10^4