

Couleurs interférentielles des paons

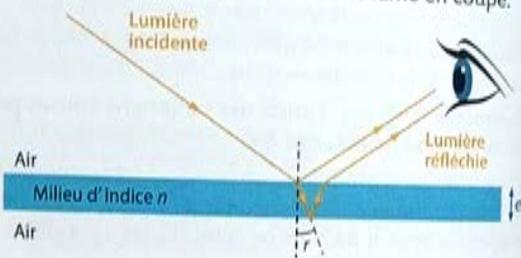
25 Couleurs interférentielles des paons

| Effectuer des calculs ; argumenter.

Les couleurs des animaux sont pour la plupart dues à des pigments. Mais, chez certains insectes et certains oiseaux, la production de couleurs provient d'interférences lumineuses. C'est le cas du plumage des paons.

Leurs plumes sont constituées d'un empilement de petites lames transparentes qui réfléchissent la lumière.

Pour comprendre le phénomène, une lame de plume sera modélisée par un parallélépipède transparent d'épaisseur e et d'indice de réfraction n , placé dans l'air. Le schéma ci-après représente cette lame en coupe.



Les deux rayons réfléchis par la lame à faces parallèles se superposent sur la rétine de l'observateur et y interfèrent. Pour un angle de réfraction r donné, la différence de chemin optique des rayons, notée ΔL , dépend de l'épaisseur e de la lame et de son indice de réfraction n . Elle est donnée par :

$$\Delta L = 2n \times e \times \cos r + \frac{\lambda_0}{2}$$

L'indice n dépend de la longueur d'onde de la radiation.

1. Quelle condition la différence de chemin optique doit-elle vérifier pour que les interférences soient constructives ? destructives ?

2. Un observateur regarde un paon. L'angle de réfraction est $r = 20^\circ$.

a. Déterminer si les interférences de deux rayons sont constructives ou destructives pour :

- une radiation de longueur d'onde dans l'air λ_R (rouge) ;
- une radiation de longueur d'onde dans l'air λ_V (violet).

b. Laquelle des deux couleurs sera principalement perçue par l'observateur ?

3. La couleur observée serait-elle la même si on changeait l'angle d'observation ?

4. Quelle méthode expérimentale permettrait de distinguer la nature d'une couleur (pigmentaire ou interférentielle) de plumes d'oiseaux ?

Données

- Longueur d'onde : $\lambda_R = 750 \text{ nm}$ (rouge) ; $\lambda_V = 380 \text{ nm}$ (violet) ;
- Indice de réfraction d'une lame : $n_R = 1,33$ (rouge) ; $n_V = 1,34$ (violet).
- Épaisseur du milieu : $e = 0,15 \mu\text{m}$.

Q1. Les interférences sont **constructive** ssi la différence de marche est de la forme :

$$\Delta L = p \times \lambda$$

Où p est un entier relatif.

Les interférences sont **destructives** si la différence de marche est de la forme :

$$\Delta L = \left(p + \frac{1}{2}\right) \times \lambda$$

Q2) a.

$$\Delta L_R = 2 \times n_R \times e \times \cos(r) + \frac{\lambda_R}{2}$$

$$\Delta L_R = 2 \times 1,33 \times 0,15 \times 10^{-6} \times \cos(20) + \frac{750 \times 10^{-9}}{2}$$

$$\Delta L_R = 7,499 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Donc avec 2 chiffres significatifs,

$$\Delta L_R = 750 \text{ nm} = \lambda_R$$

donc interférences constructives

$$\Delta L_V = 2 \times n_V \times e \times \cos(r) + \frac{\lambda_V}{2}$$

$$\Delta L_V = 2 \times 1,34 \times 0,15 \times 10^{-6} \times \cos(20) + \frac{380 \times 10^{-9}}{2}$$

$$\Delta L_V = 5,678 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Donc avec 2 chiffres significatifs,

$$\Delta L_V = 570 \text{ nm} = \left(1 + \frac{1}{2}\right) \times \lambda_V$$

donc interférences destructives

Q2) b. L'observateur percevra le rouge car pour le rouge les interférences sont constructives.

Q3) Si on change l'angle d'observation, on modifie ΔL . Par conséquent, les conditions d'interférences constructives ou destructives n'auront plus lieu pour les mêmes radiations. Les couleurs perçues seront alors changeantes.

Q4)

Pour une couleur pigmentaire, la couleur ne change pas avec l'angle d'incidence.

Pour une couleur interférentielle, la couleur change avec l'angle d'incidence.