

1.4.1 Michelson en lame d'air-Exercice 3

Certains papillons exotiques ont des couleurs iridescentes, c'est-à-dire changeant avec l'angle sous lequel on les éclaire. Ceci est souvent dû à un phénomène d'interférences se produisant sur une couche mince à la surface de leurs ailes. Ces interférences font que la réflexion de la lumière n'est importante que pour certaines longueurs d'onde particulières dans le spectre de la lumière visible.

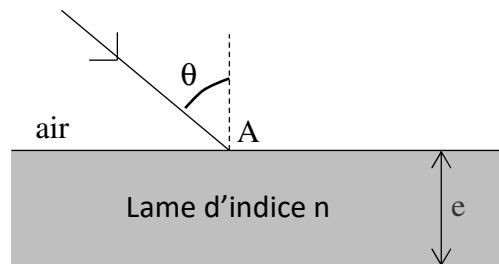
Ainsi les ailes du papillon indonésien *PapilioUlysses* passent du bleu-violet quand il est éclairé en incidence rasante à une couleur verte quand il est éclairé en incidence normale.

Le but de l'exercice est de proposer une modélisation simple de ce phénomène.

a-Tracer le trajet d'un rayon lumineux arrivant au point A sous incidence θ sur une lame d'indice n et d'épaisseur constante e , entourée d'air, en tenant compte du phénomène de réfraction à l'intérieur de la lame.

On notera θ_r l'angle de réfraction, qu'on reliera à l'angle d'incidence θ .

Montrer qu'une division d'amplitude sur la face avant, suivie d'une réflexion sur la face arrière, produit deux rayons réfléchis par la lame, parallèles entre eux.



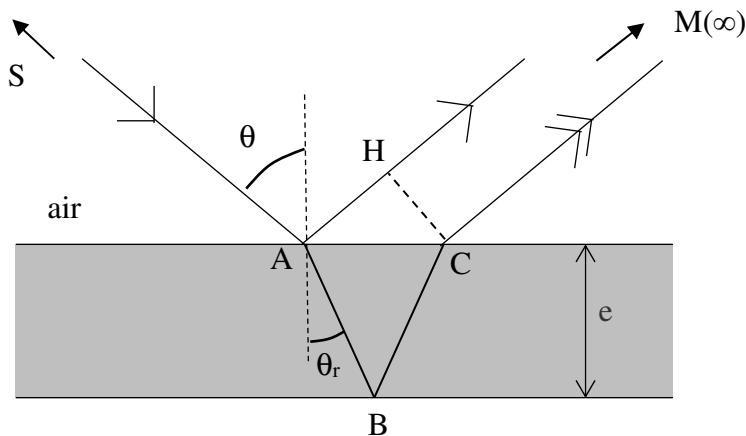
b-Démontrer que la différence de marche à l'infini entre ces rayons s'écrit : $\delta = 2ne\cos\theta_r$
(On ne tient pas compte d'éventuels déphasages dus à la réflexion sur la surface de la lame).

c-Expliquer comment les interférences entre ces deux ondes peuvent donner une couleur iridescente.
Vérifier qualitativement que ce modèle est compatible avec le changement de couleur observé pour le *PapilioUlysses*.

d-Le *casside* est un coléoptère de couleur verte quand il est éclairé en incidence normale et qui peut devenir rouge lorsqu'il est effrayé : un fluide pénètre à l'intérieur d'une couche mince à la surface de sa carapace et augmente son épaisseur optique. Vérifier qualitativement que ce changement de couleur peut aussi s'interpréter par le modèle de la lame mince.

1.4.1 Michelson en lame d'air-Exercice 3

a-



b-Loi de Descartes de la réfraction : $\sin\theta = n\sin\theta_r$

Différence de marche entre les rayons 2 et 1 : $\delta = (SM)_2 - (SM)_1 = 2nAB - AH$

On a : $AB = \frac{e}{\cos\theta_r}$ et $AH = AC\sin\theta = 2e\tan\theta_r \sin\theta = 2e\tan\theta_r n\sin\theta_r$

Donc : $\delta = \frac{2ne}{\cos\theta_r} - \frac{2ne\sin^2\theta_r}{\cos\theta_r}$ D'où : $\boxed{\delta = 2nec\cos\theta_r}$

c-Pour chaque longueur d'onde λ de la lumière visible : $I = 2I_0 \left[1 + \cos \frac{2\pi\delta}{\lambda} \right]$

Pour certaines valeurs de θ , donc de θ_r : $\delta = k\lambda$ (k entier) $\Rightarrow$ maximum d'intensité pour la couleur λ

Pour d'autres θ , donc d'autres θ_r : $\delta = (k+1/2)\lambda$ (k entier) $\Rightarrow$ la couleur λ est éteinte

$\Rightarrow$ La couleur dépend de l'angle (iridescence)

Cas du papillon :

$\theta = 0$ (incidence normale) : $\delta = 2ne = k\lambda_{\text{vert}} = (k+1/2)\lambda_{\text{violet}} \Rightarrow$ vert intense et violet éteint

θ croît $\Rightarrow \theta_r$ croît $\Rightarrow \delta$ diminue $\Rightarrow \delta = 2nec\cos\theta_r = (k-1/2)\lambda_{\text{vert}} = k\lambda_{\text{violet}} \Rightarrow$ vert éteint et violet intense

d-Cas du casside :

Pas peur : $\delta_1 = 2ne_1 = k\lambda_{\text{vert}} = (k-1/2)\lambda_{\text{rouge}} \Rightarrow$ vert intense et rouge éteint

Peur : $e_2 > e_1 \Rightarrow \delta$ augmente $\Rightarrow \delta_2 = 2ne_2 = (k+1/2)\lambda_{\text{vert}} = k\lambda_{\text{rouge}} \Rightarrow$ vert éteint et rouge intense