Op2 – Corrigé des exercices 1, 2 et 3

¤ Exercice 1

a) Le faisceau incident est divisé en deux par une lame semi-transparente (réflexion et transmission) : c'est une division d'amplitude.
b) Deux rayons arrivant en un même point du détecteur ont suivi exactement le même chemin optique : même longueur parcourue, avec pour chacun une réflexion sur un miroir, une réflexion sur une lame et une transmission par une lame. La différence de marche est donc nulle, donc l'ordre d'interférences est nul également.
c) Le chemin optique du haut est rallongé de $(N-1)e$ car on remplace une longueur e dans l'air par la même longueur dans la lame.

La différence de marche est donc $\delta = (N-1)e$, et l'ordre d'interférence est $\boxed{p = \dfrac{\delta}{\lambda_0} = (N-1)\dfrac{e}{\lambda_0}}$. L'intensité détectée est

$I = 2I_0(1+\cos\varphi) = 2I_0\left(1+\cos(2\pi p)\right)$ soit $\boxed{I = 2I_0\left(1+\cos\dfrac{2\pi(N-1)e}{\lambda_0}\right)}$.

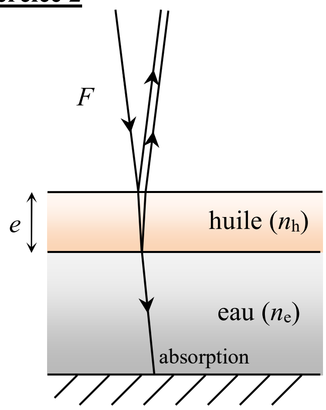
d) AN $\boxed{p = 100}$ avec trois chiffres significatifs. À première vue, il s'agit d'un ordre entier, donnant une intensité maximale. Mais en fait la précision des données ne permet pas de savoir si c'est réellement un entier, puisqu'on ne connaît pas du tout le premier chiffre après la virgule : il faudrait connaître au moins quatre chiffres significatifs pour savoir si p est entier (ou au moins proche d'un entier). De plus, même dans le cas où on mesure une intensité maximale (la même que sans la lame), on sait que p est entier, mais on ne sait pas de quel entier il s'agit : ce système n'est donc pas du tout adapté à la mesure d'une épaisseur aussi grande.

e) Le détecteur peut faire la distinction entre $I_{max} = 4I_0$ (épaisseur e nulle) et $I < 0{,}99 \times 4I_0$, correspondant à $\cos\dfrac{2\pi(N-1)e}{\lambda_0} < 0{,}98$

soit $\boxed{e > \dfrac{\lambda_0}{2\pi(N-1)}\arccos(0{,}98) = e_{min}}$ (la fonction cosinus étant décroissante entre 0 et π). AN $\boxed{e_{min} = 0{,}032\ \mu\text{m}}$.

¤ Exercice 2

a)



On a représenté les rayons avec une légère incidence pour la lisibilité, mais on supposera cet angle d'incidence nul dans la suite. Les deux rayons qui interfèrent sont le rayon réfléchi à l'interface air/huile et le rayon réfléchi à l'interface huile/eau.
b) Le rayon passant dans l'huile et se réfléchissant à l'interface huile/eau a parcouru en plus de l'autre un aller-retour sur l'épaisseur e dans l'huile d'indice n_h, d'où une différence de marche $\delta = 2n_h e$.
De plus, la réflexion à l'interface air/huile s'accompagne d'un déphasage de π (car $n_h > n_a$), mais ce n'est pas le cas pour la réflexion à l'interface huile/eau (car $n_e < n_h$).

Le déphasage entre les deux rayons est donc $\varphi = \dfrac{2\pi}{\lambda_0}\delta + \pi = \dfrac{2\pi}{\lambda_0}2n_h e + \pi$.

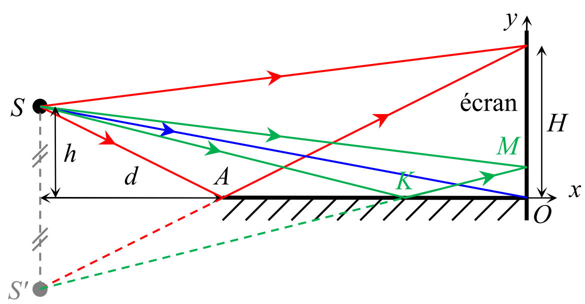
Les interférences sont destructives si $\varphi = (2m+1)\pi$ soit $\boxed{2n_h e = m\lambda_0}$ avec m entier.

c) En un point donné de la flaque, d'épaisseur e donnée inférieure au micromètre, une seule longueur d'onde visible vérifie la relation ci-dessus, avec $m = 1$: elle est donc éliminée dans la lumière perçue par l'œil, et les longueurs d'onde voisines sont fortement atténuées, ainsi la couleur manquante dans le spectre entraîne une perception de couleur complémentaire. Si l'épaisseur était nettement plus grande, il y aurait plusieurs longueurs d'onde visibles éliminées (pour m = 1, 2, 3…), couvrant tout le spectre, donc la lumière apparaîtrait toujours blanchâtre.
On observe des couleurs différentes selon les endroits parce que l'épaisseur de la flaque n'est pas uniforme.

d) Si on suppose la flaque assez mince pour avoir $m = 1$, alors $\boxed{e = \dfrac{\lambda_0}{2n_h}}$. AN $\boxed{e \sim 0{,}2\ \mu\text{m}}$.

¤ Exercice 3

a) En certains points de l'écran peuvent arriver deux rayons : l'un provenant directement du point source, et l'autre s'étant réfléchi sur le miroir (rayons tracés en vert par exemple). Ces rayons sont cohérents et ont suivi des chemins optiques différents, donc ils vont produire des interférences.
Le champ d'interférences est délimité par les deux rayons (bleu et rouge) tombant sur les extrémités du miroir. On obtient avec le théorème de Thalès : $\boxed{H = h\dfrac{AO}{d}}$. AN $\boxed{H = 0{,}5\ \text{mm}}$.



b) En O, les deux rayons qui interfèrent sont pratiquement confondus, donc leurs chemins optiques (géométriques) sont les mêmes. Cependant la réflexion sur le métal introduit un déphasage supplémentaire de π : ainsi les deux rayons interférant en O sont en opposition de phase, ils donnent donc une frange sombre.
c) Différence de marche en un point M de l'écran, de coordonnées $(0, y, z)$: $\delta = (SKM) - (SM)_{direct} = SK + KM - SM = S'M - SM$ avec S' l'image (symétrique) de S par le miroir, de coordonnées $(-d-AO, -h, 0)$.

Donc $\delta = \sqrt{(d+AO)^2 + (y+h)^2 + z^2} - \sqrt{(d+AO)^2 + (y-h)^2 + z^2}$. Les distances selon ($Oy$) et ($Oz$) étant faibles devant celles selon (Ox), on peut faire des développements limités au premier ordre :

$$\delta = (d+AO)\sqrt{1+\left(\frac{y+h}{d+AO}\right)^2+\left(\frac{z}{d+AO}\right)^2} - (d+AO)\sqrt{1+\left(\frac{y-h}{d+AO}\right)^2+\left(\frac{z}{d+AO}\right)^2}$$

$$\approx (d+AO)\left[1+\frac{1}{2}\left(\frac{y+h}{d+AO}\right)^2+\frac{1}{2}\left(\frac{z}{d+AO}\right)^2\right]-(d+AO)\left[1+\frac{1}{2}\left(\frac{y-h}{d+AO}\right)^2+\frac{1}{2}\left(\frac{z}{d+AO}\right)^2\right]=\frac{(y+h)^2}{2(d+AO)}-\frac{(y-h)^2}{2(d+AO)}$$

et finalement $\boxed{\delta = \frac{2hy}{d+AO}}$. Le déphasage est alors $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta + \pi = \frac{4\pi h y}{\lambda(d+AO)} + \pi$, et l'ordre d'interférences $p = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{2hy}{\lambda(d+AO)} + \frac{1}{2}$.

Les franges brillantes sont des ensembles de points d'équation $p = \text{cte} = m$ entier, soit $\frac{2hy}{\lambda(d+AO)} = m - \frac{1}{2}$ et finalement

$\boxed{y_m = (2m-1)\frac{\lambda(d+AO)}{4h}}$: ce sont des segments de droites parallèles à l'axe (Oz).

d) Entre une frange brillante et la suivante, l'ordre m augmente de 1 : l'interfrange est donc $i = y_{m+1} - y_m$, c'est-à-dire $i = (2m+2+1)\frac{\lambda(d+AO)}{4h} - (2m+1)\frac{\lambda(d+AO)}{4h}$ soit $\boxed{i = \frac{\lambda(d+AO)}{2h}}$. AN $\boxed{i = 82\ \mu\text{m}}$.