

Examen d'optique - 2L30PCM (seconde session)
durée 2h00

Calculatrice de poche autorisée – documents interdits

1. Questions de cours

- 1.1. Donner la définition de l'indice optique n d'un milieu transparent. Que vaut l'indice du vide ? Quelle est la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide, dans l'eau ($n = 4/3$) ?
- 1.2. Comment se propage la lumière dans un milieu homogène et isotrope? Justifier d'après le principe de Fermat et donner la définition du chemin optique.
- 1.3. Quelle est la gamme de longueurs d'ondes correspondant au domaine visible ?
- 1.4. Définir ce qu'est le phénomène de diffraction de la lumière.
- 1.5. Calculer l'amplitude de l'onde résultant de la superposition de N ondes cohérentes d'amplitude A et déphasées l'une par rapport à l'autre de φ . On prendra l'onde n°0 comme référence. Par rapport à cette référence, la suivante est déphasée de φ , la deuxième de 2φ , et ainsi de suite. En déduire que l'intensité s'écrit : $I(\varphi) = A^2 \left[\frac{\sin(N\varphi/2)}{\sin(\varphi/2)} \right]^2$. Montrer qu'un maximum principal d'intensité est obtenu pour $\varphi = 0$? En invoquant les propriétés de la fonction sinus, donner les valeurs de φ correspondant aux maxima principaux.

2. Réfraction et réflexion totale sur un dioptre plan

- 2.1. Enoncer la loi de la réfraction de Snell-Descartes.
- 2.2. Définir ce qu'est le stigmatisme d'un élément optique.
- 2.3. En utilisant la loi de la réfraction, calculer la position $\overline{HA_2}$ du point A_2 en fonction de celle de A_1 ($\overline{HA_1}$) et de l'angle i_1 (cf. figure 1). En déduire que le dioptre plan n'est pas stigmatique pour un couple de points (A_1, A_2) quelconque.

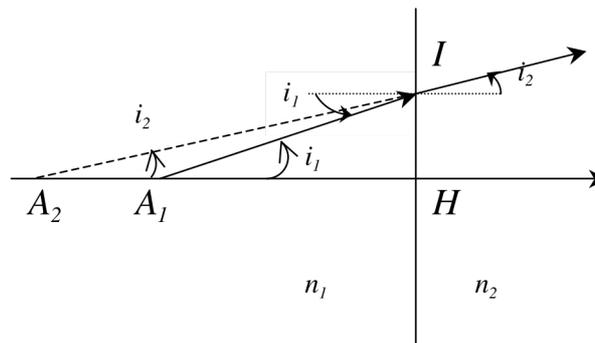


Figure 1

- 2.4. Sous quelle condition peut-on obtenir le stigmatisme approché ? En déduire la relation de conjugaison pour le dioptre plan.
- 2.5. Application : un enfant joue dans l'eau et observe ses pieds. Sachant qu'il a de l'eau jusqu'aux hanches, ses jambes lui semblent-elles raccourcies ou allongées. De combien de cm ? On prendra $L = 80$ cm pour la longueur des jambes. L'indice de l'air vaut 1 et celui de l'eau 1,33
- 2.6. En utilisant la construction de Descartes, tracer précisément les rayons incidents et réfractés à travers un dioptre plan séparant l'air (milieu d'incidence) de l'eau. On prendra $i_1 = 30^\circ$ et $i_2 = 60^\circ$ comme angles d'incidences. Mesurer les angles avec la normale des rayons réfractés. Vérifier ces valeurs par le calcul.

2.7. On considère maintenant le cas où le milieu d'incidence est l'eau. Montrer qu'il existe un angle limite i_{lim} graphiquement (construction de Descartes) et par le calcul. Donner la valeur numérique de i_{lim} . Que se passe-t-il pour un rayon dont l'angle d'incidence est supérieur à i_{lim} ?

2.8. Application : un spot lumineux (assimilé à une source ponctuelle émettant la lumière dans toutes les directions) est placé au fond d'un bassin rempli d'eau de profondeur $h = 1$ m. Montrer, grâce à un schéma illustrant le phénomène, qu'une personne au bord du bassin voit un disque lumineux à la surface de l'eau. Calculer le diamètre du disque lumineux.

3. Diffraction et interférences

On considère le montage optique schématisé sur la figure 2 ci-dessous ; il comprend :

- deux lentilles minces convergentes (L_1) et (L_2) d'axe optique commun ($z'z$), de centres O_1 et O_2 , de distances focales f_1' et f_2' respectivement ;

- une source ponctuelle S_0 de longueur d'onde λ , placée au foyer principal objet F_{O1} de la lentille (L_1) ;
On place entre les deux lentilles un diaphragme (D) de centre O, situé sur ($z'z$), comportant deux fines fentes disposées de part et d'autre de O (Figure 3).

Les deux fentes sont identiques, de largeur a selon Ox, et espacées de d . On considère que leur longueur selon Oy est très grande devant e (on néglige la diffraction selon Oy). On donne $e = 0,5$ mm, $d = 2,5$ mm, $f_2' = 25$ cm et $\lambda = 546$ nm.

3.1. Définir la transmittance $t(x)$ du diaphragme (D).

3.2. Donner l'expression $\Psi(X)$ de l'amplitude diffractée au point P(X) dans le plan focal image de (L_2). On se limite ici à l'étude de la diffraction aux petits angles, soit $\theta \ll 1$ (P au voisinage du foyer image F_{i2} de L_2).

3.3. Calculer la répartition de l'intensité lumineuse $I(X)$ au point P(X). Ecrire le résultat sous la forme du produit de deux facteurs : l'un correspondant à la diffraction caractéristique de chaque fente, l'autre aux interférences à deux ondes issues de chaque fente. Identifier ces deux facteurs dans l'expression de l'intensité obtenue.

3.4. Exprimer l'interfrange i associée au terme d'interférence et écrire $I(X)$ en fonction de i .

3.5. Application numérique : calculer i . Les franges peuvent-elles être observées à l'œil nu ? Quel système optique doit-on utiliser pour visualiser ces franges et effectuer les mesures ?

3.6. Représenter graphiquement $I(X)$. Pour l'axe des abscisses, on demande de respecter les proportions et de faire figurer 15 franges d'interférences.

3.7. Exprimer l'intensité $I(P)$ en fonction de la différence de chemin optique ΔL entre les trajets F_2 -P et F_1 -P, correspondant à des ondes émises dans la direction définie par θ . Tracer $I(P)$ de la même manière qu'à la question 3.3 en fonction de l'ordre d'interférence p pour chacun des maxima. On rappelle que $p = \Delta L/\lambda$.

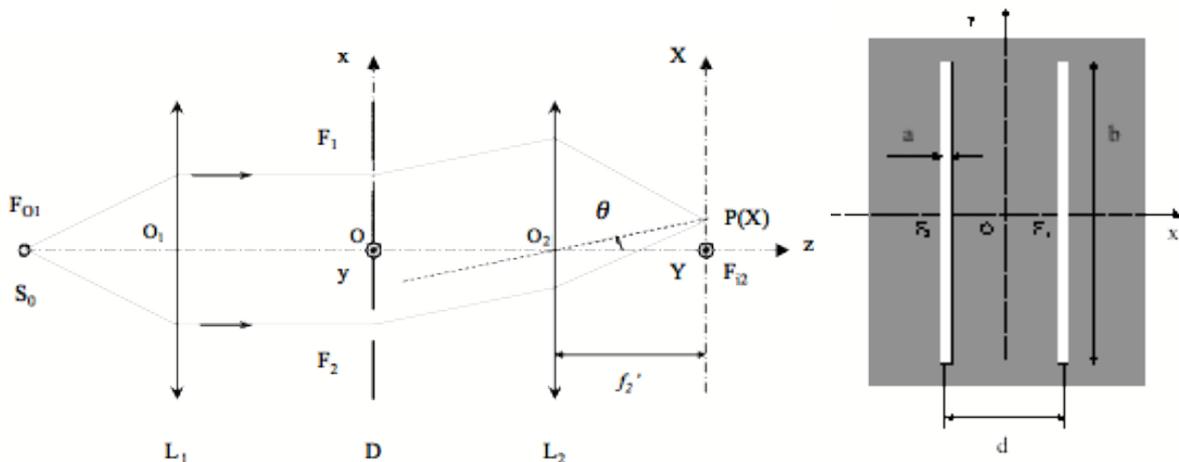


Figure 2

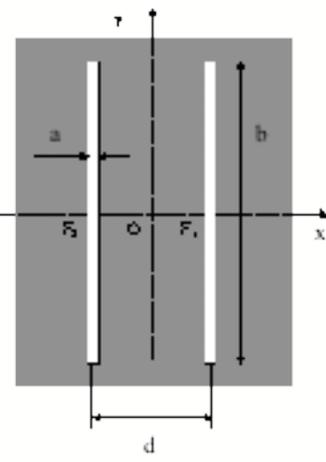


Figure 3