QCM révisions optique :

I-

Une lentille mince L de centre optique O, de distances focales objet f_o et image f_i respectivement, plongée dans l'air (indice de réfraction ≈ 1), forme d'un objet ponctuel A_o une image ponctuelle conjuguée A_i. On donne les formules de conjugaison de Descartes et de Newton, ainsi que les grandissements transversaux G_t associés. Dans ces relations, F_o et F_i désignent respectivement les foyers principaux objet et image de la lentille.

Formules de Descartes : $\dfrac{1}{\overline{OA_i}} - \dfrac{1}{\overline{OA_o}} = \dfrac{1}{f_i}$ $\qquad G_t = \dfrac{\overline{OA_i}}{\overline{OA_o}}$

Formules de Newton : $\overline{F_iA_i}\,\overline{F_oA_o} = f_i f_o$ $\qquad G_t = -\dfrac{\overline{F_iA_i}}{f_i} = -\dfrac{f_o}{\overline{F_oA_o}}$

Dans tout l'exercice, on admet que les conditions de Gauss sont satisfaites.

1-

Pour que les conditions de Gauss soient satisfaites en optique géométrique :

A) Il suffit que les rayons lumineux soient proches de l'axe optique.

B) Il suffit que les rayons lumineux soient peu inclinés par rapport à l'axe optique.

C)Les rayons lumineux doivent être proches de l'axe optique et peu inclinés par rapport à ce dernier.

D) Les rayons lumineux doivent être proches de l'axe optique et très inclinés par rapport à ce dernier.

2-

La lentille L, de vergence $V = -2{,}5\,\delta$, donne d'un objet une image réelle située à $40\,\text{cm}$ du centre optique O. Quelles sont la position et la nature, réelle ou virtuelle, de l'objet ?

A) L'objet est réel, situé à $60\,\text{cm}$ de O.

B) L'objet est virtuel, situé à $60\,\text{cm}$ de O.

C) L'objet est virtuel, situé à $20\,\text{cm}$ de O.

D) L'objet est réel, situé à $20\,\text{cm}$ de O.

3-

Que vaut le grandissement transversal G_t ?

A) $G_t = -3$ B) $G_t = -2$ C) $G_t = 2$ D) $G_t = 3$

4-

On remplace la lentille L par une lentille L' convergente. On souhaite former d'un objet une image réelle située à $40\,\text{cm}$ après le foyer image de la lentille convergente, avec un grandissement transversal négatif mais identique en valeur absolue à celui trouvé pour la lentille L précédente. Quelle vergence V' faut-il choisir ?

A) $V' = 2{,}5\,\delta$ B) $V' = -5\,\delta$ C) $V' = -2{,}5\,\delta$ D) $V' = 5\,\delta$

5-

Déterminer la nature, réelle ou virtuelle, de l'objet correspondant, ainsi que sa position par rapport au centre optique O de la lentille.

A)L'objet est réel, situé à $30\,\text{cm}$ de O.

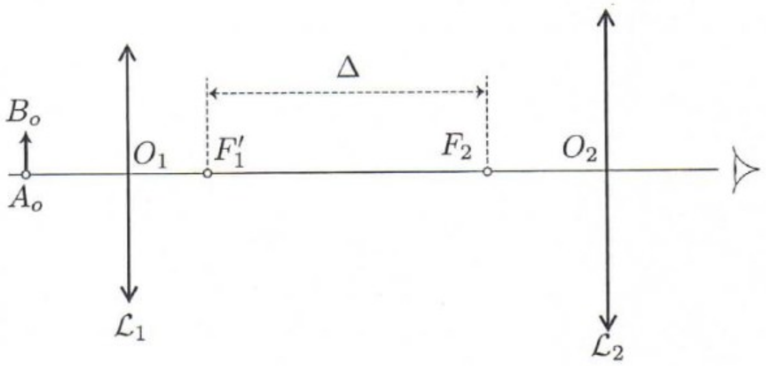
B) L'objet est virtuel, situé à $10\,\text{cm}$ de O.

C) L'objet est virtuel, situé à $30\,\text{cm}$ de O.

D) L'objet est réel, situé à $10\,\text{cm}$ de O.

II-

Un microscope est constitué d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente $\mathcal{L}_1$ de centre O_1, de distance focale $f_1' = 50\,\text{mm}$, de foyer principal image F_1', associé à un oculaire également assimilé à une lentille mince convergente $\mathcal{L}_2$ de centre O_2, de distance focale $f_2' = 5\,\text{mm}$ et de foyer principal objet F_2 (Fig. ci-après, où l'échelle n'est pas respectée). La distance $\Delta = \overline{F_1'F_2}$ est fixée par construction à $16\,\text{cm}$. L'instrument forme, d'un objet A_oB_o, une image intermédiaire par l'objectif A_1B_1, reprise par l'oculaire qui en donne une image A_2B_2.



On donne la relation de conjugaison de Descartes, de Newton et le grandissement transversal G_t pour une lentille mince de distance focale image f_i :

$$-\frac{1}{p_o} + \frac{1}{p_i} = \frac{1}{f_i} \qquad \sigma_o\sigma_i = -f_i^2 \qquad G_t = \frac{p_i}{p_o} = -\frac{\sigma_i}{f_i}$$

où p_o et p_i sont les distances algébriques de l'objet et de l'image au centre de la lentille et σ_o et σ_i sont les distances algébriques respectives de l'objet au foyer principal objet et de l'image au foyer principal image.

1-

Quelle est l'ordre de grandeur de la limite de résolution angulaire θ_l de l'œil et de la distante minimale d_m d'accommodation d'un œil normal?

A) $\theta_l \approx 1'$ B) $\theta_l \approx 1°$ C) $d_m \approx 7\,\text{cm}$ D) $d_m \approx 25\,\text{cm}$

2-

On définit le grossissement G du microscope par le rapport positif de l'angle sous lequel on voit l'objet à travers l'instrument (en supposant A_2B_2 rejeté à l'infini) sur l'angle sous lequel on voit l'objet en l'observant au punctum proximum de l'œil. Exprimer G.

A) $G = \dfrac{d_m A_1B_1}{f_2' A_oB_o}$ B) $G = \dfrac{d_m A_1B_1}{f_1' A_oB_o}$ C) $G = \dfrac{f_2' A_1B_1}{d_m A_oB_o}$ D) $G = \dfrac{d_m A_oB_o}{f_2' A_1B_1}$

3-

Quelle est la valeur numérique de G ?

A) $G = 25$ B) $G = 100$ C) $G = 160$ D) $G = 500$

4-

À quelle distance d_2 de O_2 trouve-t-on l'image de la monture de l'objectif par l'oculaire?

A) $d_2 \approx 25\,\text{cm}$ B) $d_2 \approx 5\,\text{mm}$ C) d_2 est infini D) $d_2 \approx 2\,\text{m}$

5-

L'œil se situe désormais dans le plan focal image de l'oculaire. À quelle distance d_1 positive en avant de l'objectif doit se trouver A_oB_o afin que l'image à travers le microscope soit au punctum proximun de l'œil?

A) $d_1 = f_1' + \dfrac{f_1'f_2'}{\Delta + f_2'^2/d_m}$ C) $d_1 = f_1' + \dfrac{f_1'^2}{\Delta + f_2'^2/d_m}$

B) $d_1 = f_1' - \dfrac{f_2'^2}{\Delta - f_2'^2/d_m}$ D) $d_1 = f_1' - \dfrac{f_1'f_2'}{\Delta - f_2'^2/d_m}$

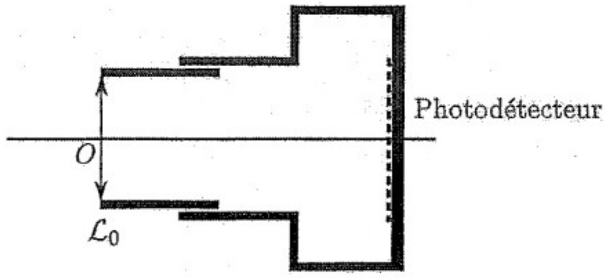
6-

Depuis la position précédente de l'objet, de quelle distance ϵ faut-il déplacer le système rigide $\{\mathcal{L}_1\mathcal{L}_2\}$ pour que l'image se trouve à nouveau rejetée à l'infini ? On tiendra compte de l'ordre de grandeur suivant : $f_2' \ll (\Delta d_m)^{1/2}$.

A) $\epsilon \approx \dfrac{f_1' f_2'^2}{\Delta d_m}$ B) $\epsilon \approx \dfrac{f_1'^2 f_2'}{\Delta d_m}$ C) $\epsilon \approx \dfrac{f_1'^2 f_2'^2}{\Delta^2 d_m}$ D) $\epsilon \approx \dfrac{f_1' f_2'}{d_m}$

III-

Un appareil photographique est constitué d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente $\mathcal{L}_o$ de centre O et de distance focale $f_1' = 50\,\text{mm}$, mobile par rapport à un photodétecteur CCD fixé sur le boîtier de l'appareil (Fig. ci-après).



On donne la relation de conjugaison de Descartes, de Newton et le grandissement transversal G_t pour une lentille mince de distance focale image f_i :

$$-\frac{1}{p_o} + \frac{1}{p_i} = \frac{1}{f_i} \qquad \sigma_o \sigma_i = -f_i^2 \qquad G_t = \frac{p_i}{p_o} = -\frac{\sigma_i}{f_i}$$

où p_o et p_i sont les distances algébriques de l'objet et de l'image au centre de la lentille et σ_o et σ_i les distances algébriques de l'objet et de l'image respectivement au foyer principal objet et image de la lentille.

1-

Calculer l'amplitude Δ de déplacement de $\mathcal{L}_o$ sachant que l'appareil est aussi bien capable de faire la mise au point sur un paysage (à l'infini) que sur un objet situé à une distance de $55\,\text{cm}$ de $\mathcal{L}_o$.

A) $\Delta = 1\,\text{mm}$ B) $\Delta = 5\,\text{mm}$ C) $\Delta = 1\,\text{cm}$ D) $\Delta = 5\,\text{cm}$

2-

Quelle est la taille a, sur le photodétecteur, de l'image d'un objet transversal de $1{,}5\,\text{cm}$ de longueur situé à $55\,\text{cm}$ de $\mathcal{L}_o$?

A) $a = 0{,}3\,\text{mm}$ B) $a = 1{,}5\,\text{mm}$ C) $a = 3\,\text{mm}$ D) $a = 1\,\text{cm}$

3-

À l'aide d'une bague extérieure, on ajoute sur l'objectif (en avant de $\mathcal{L}_o$), une deuxième lentille convergente $\mathcal{L}_b$ de centre O_b et de distance focale $f_2' = 30\,\text{cm}$. La distance entre $\mathcal{L}_o$ et $\mathcal{L}_b$ est fixe, de valeur $O_bO = 5\,\text{cm}$. À quelle distance minimale d_1 de $\mathcal{L}_b$ peut-on photographier un objet (l'objectif est alors éloigné du photodétecteur à sa distance maximale) ?

A) $d_1 \approx 6\,\text{cm}$ B) $d_1 \approx 11\,\text{cm}$ C) $d_1 \approx 19\,\text{cm}$ D) $d_1 \approx 38\,\text{cm}$

4-

Quelle est alors, sur le photodétecteur, la taille a_1 de l'image d'un objet transversal de $1{,}5\,\text{cm}$ de longueur ?

A) $a_1 \approx 4\,\text{mm}$ B) $a_1 \approx 10\,\text{mm}$ C) $a_1 \approx 19\,\text{mm}$ D) $a_1 \approx 35\,\text{mm}$

5-

À quelle distance maximale d_2 de $\mathcal{L}_b$ peut-on photographier un objet (l'objectif est alors à sa distance minimale du photodétecteur) ?

A) $d_2 \approx 20\,\text{cm}$ B) $d_2 \approx 30\,\text{cm}$ C) $d_2 \approx 38\,\text{cm}$ D) $d_2 \approx 55\,\text{cm}$

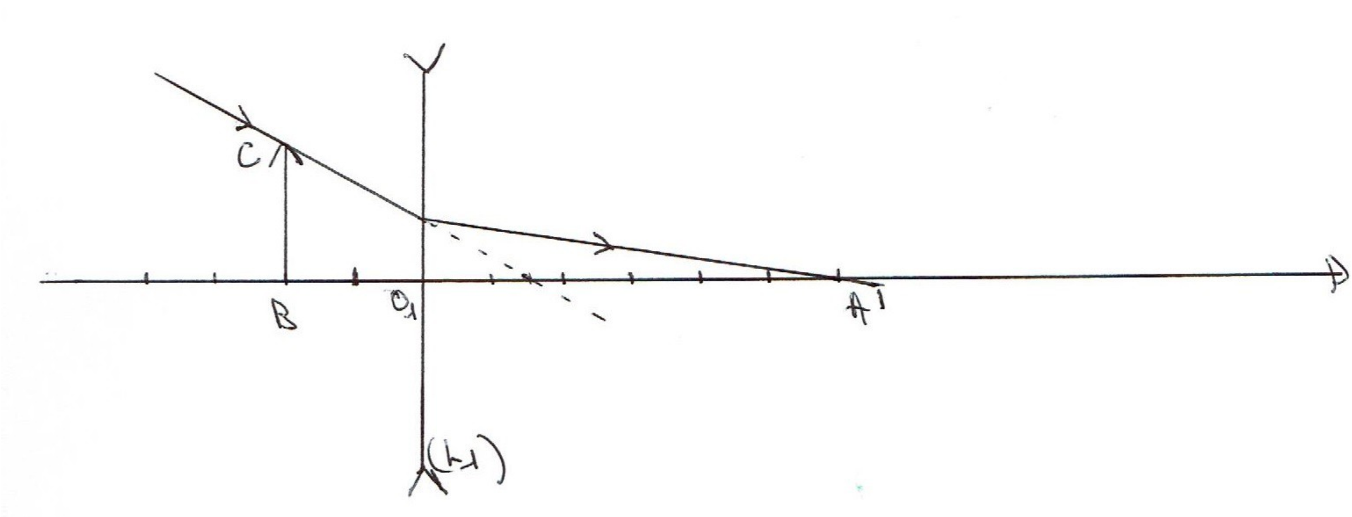
6-

Quelle est alors, sur le photodétecteur, la taille a_2 de l'image d'un objet transversal de 1,5 cm de longueur ?

A) $a_2 \approx 0{,}05\,\mathrm{mm}$ B) $a_2 \approx 0{,}10\,\mathrm{mm}$ C) $a_2 \approx 0{,}15\,\mathrm{mm}$ D) $a_2 \approx 2{,}5\,\mathrm{mm}$

IV -

La lentille mince L_1 représentée ci-dessous de centre optique O_1 et de distance focale image f_1' est utilisée pour faire l'image d'un objet réel BC de taille 15 cm. Sur la figure ci-après, on a représenté un rayon lumineux incident passant par le point C. Chaque graduation le long de l'axe optique correspond à une distance de 5 cm.



1-

En s'appuyant sur la construction graphique du rayon émergent croisant l'axe optique en A', déterminer f_1'.

A) $f_1' = 7{,}5\,\mathrm{cm}$ B) $f_1' = -10\,\mathrm{cm}$ C) $f_1' = 30\,\mathrm{cm}$ D) $f_1' = -30\,\mathrm{cm}$

2-

Déterminer la position d'un point objet A donnant une image en A'.

A) $\overline{O_1A} = 7{,}5\,\mathrm{cm}$ B) $\overline{O_1A} = -10\,\mathrm{cm}$ C) $\overline{O_1A} = -\infty$ D) $\overline{O_1A} = 10\,\mathrm{cm}$

3-

Déterminer la position B', image de B par la lentille L_1.

A) $\overline{O_1B'} = \infty$ B) $\overline{O_1B'} = -5\,\mathrm{cm}$ C) $\overline{O_1B'} = 40\,\mathrm{cm}$ D) $\overline{O_1B'} = -25\,\mathrm{cm}$

4-

Quelle est la taille de $B'C'$ image de BC par L_1 ?

A) $|B'C'| = 15{,}0\,\mathrm{cm}$ B) $|B'C'| = 3{,}75\,\mathrm{cm}$ C) $|B'C'| = 1{,}0\,\mathrm{cm}$ D) $|B'C'| = 7{,}5\,\mathrm{cm}$

5-

Une deuxième lentille L_2 convergente, de distance focale image $f_2' = 7{,}5\,\mathrm{cm}$ et de centre optique O_2 est placée après la lentille L_1 à une distance $\overline{O_1O_2}$ telle que l'image B'' de B par l'ensemble L_1 et L_2 soit au point A'.
Déterminer les deux distances $\overline{O_1O_2}$ réalisant cette conjugaison optique :

A) $\overline{O_1O_2} = -5{,}9\,\mathrm{cm}$ B) $\overline{O_1O_2} = 19{,}1\,\mathrm{cm}$ C) $\overline{O_1O_2} = 5{,}9\,\mathrm{cm}$ D) $\overline{O_1O_2} = 7{,}5\,\mathrm{cm}$

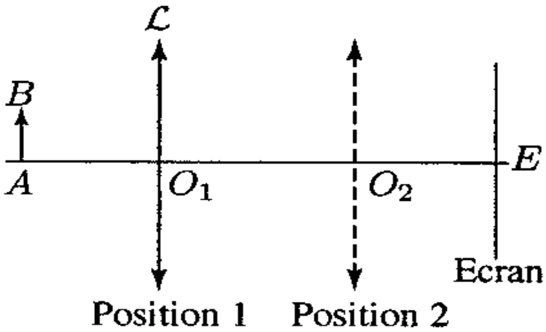
6-

Quelles sont alors les tailles des images $B''C''$ de BC par l'ensemble L_1 et L_2 pour les deux positions précédentes de L_2 ?

A) $|B''C''| = 12{,}5\,\text{cm}$ B) $|B''C''| = 33{,}2\,\text{cm}$ C) $|B''C''| = 3{,}4\,\text{cm}$ D) $|B''C''| = 16{,}6\,\text{cm}$

V-

On utilise une lentille mince *convergente C* de distance focale image f', pour former l'image d'un objet *AB* sur un écran situé à une distance $\overline{AE} = D = 1m$ de l'objet.



1- Montrer que si *D* est supérieure à une valeur D_0 que l'on exprimera, il existe deux positions O_1 et O_2 de la lentille pour lesquelles on obtient une image nette sur l'écran (cf. figure ci-contre).

A) $D_0 = 3f'$ B) $D_0 = 2f'$ C) $D_0 = f'$ D) $D_0 = 4f'$

2- Ces deux positions sont séparées par une distance $d = \left|\overline{O_1O_2}\right|$ qui vaut d=529 mm. Calculer la distance focale f' de la lentille.

A) $f' = 180mm$ B) $f' = 150mm$ C) $f' = 100mm$ D) $f' = 250mm$

3- Calculer les grandissements transversaux G_1 et G_2 de *L* correspondant à ces deux positions.

A) $G_1 = -7{,}33$ et $G_2 = 0{,}14$ B) $G_1 = -3{,}25$ et $G_2 = 0{,}31$

C) $G_1 = -1{,}47$ et $G_2 = -0{,}68$ D) $G_1 = -4{,}75$ et $G_2 = 0{,}21$

4- On fait varier la distance *D* de l'objet à l'écran tout en réglant la position de la lentille jusqu'à ce que $G_1 = G_2 = -1$. Calculer la valeur d_0 de *d* qui sépare les deux positions de la lentille.

A) $d_0 = 180mm$ B) $d_0 = 90mm$ C) $d_0 = 0mm$ D) $d_0 = 720mm$

5- Calculer la valeur D_0 de *D* qui correspond à cette situation.

A) D_0 = 640 mm B) D_0 = 720 mm C) D_0 = 180 mm D) Do = 90 mm

6- On remplace la lentille *C.* par une lentille mince *divergente £'* de distance focale image $f'_1 = -100mm$. On replace l'écran à une distance *D* = 1 m de l'objet. Calculer la distance *d* qui sépare les deux positions pour lesquelles l'image sur l'écran est nette.

A) II n'existe aucune position de la lentille *£'* pour laquelle l'image sur l'écran est nette

B) d_1 = 190 mm C) d_1 = 720 mm D) d_1 = 820 mm

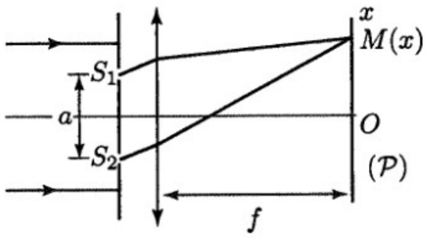
7- Une lentille mince *convergente* $£_o$ de centre optique *0* et de distance focale image f'_0 connue donne d'un objet $\overline{AB}$ situé à l'infini une image $\overline{A'B'}$ située à une distance $\overline{OA'} = \Delta$ de *0.* On place une lentille mince L*'* de centre optique *0'* et de distance focale image f'_i inconnue *en avant* de la lentille L_0 à une distance $\overline{O'O} = \Delta$ de *0.* On constate un déplacement de l'image *A'* en *A''*. Exprimer f'_i en fonction du déplacement $\delta = \overline{A'A''}$ de l'image et de f'_0 :

A) $f'_i = -\dfrac{\delta^2}{f'_0}$ B) $f'_i = -\dfrac{f'^2_0}{2\delta}$ C) $f'_i = \dfrac{2\delta^2}{f'_0}$ D) $f'_i = -\dfrac{f'^2_0}{\delta}$

VI -

1-

Une onde monochromatique plane, d'amplitude ψ_0, de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 0,6\ \mu$m, éclaire, sous incidence normale, un écran opaque percé de deux trous infiniment fins, distants de $a = 6$ mm. On observe les interférences produites par ces deux sources ponctuelles S_1 et S_2 dans le plan focal d'une lentille mince convergente de distance focale image $f = 1$ m (cf. figure ci-contre).



On désigne par M, tout point de l'axe Ox de l'écran d'observation, d'abscisse x et voisin de O. Exprimer l'éclairement $\mathcal{E}_1(x)$ en M.

A) $\mathcal{E}_1(x) = 4\psi_0^2 \cos^2 \dfrac{\pi a x}{\lambda f}$

B) $\mathcal{E}_1(x) = 2\psi_0^2 \sin^2 \dfrac{\pi a x}{\lambda f}$

C) $\mathcal{E}_1(x) = 2\psi_0^2 \cos^2 \dfrac{2\pi a x}{\lambda f}$

D) $\mathcal{E}_1(x) = 4\psi_0^2 \sin^2 \dfrac{2\pi a x}{\lambda f}$

2-

Calculer numériquement la valeur i_0 de l'interfrange :

A) $i_0 = 0,30$ mm

B) $i = 0,10$ mm

C) $i_0 = 0,50$ mm

D) $i_0 = 0,20$ mm

3-

L'onde plane arrive maintenant sous l'incidence $\theta_0 = 50$ secondes d'arc. Exprimer le décalage d des franges correspondant à cette variation de l'angle d'incidence.

A) $d \simeq 0,51$ mm

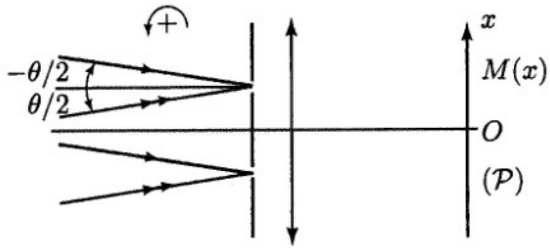
B) $d \simeq 0,24$ mm

C) $d \simeq 1,37$ mm

D) $d = 0$

4-

Le système reçoit maintenant deux ondes planes arrivant sous les incidences respectives $\theta/2$ et $-\theta/2$. Ces ondes proviennent de deux sources monochromatiques indépendantes (donc mutuellement incohérentes), de même longueur d'onde dans le vide $\lambda = 0,6\ \mu$m et de même amplitude ψ_0 (cf. figure ci-contre).



Exprimer l'éclairement $\mathcal{E}_2(x)$ en tout point $M(x)$ de l'écran d'observation.

A) $\mathcal{E}_2(x) = 2\psi_0^2(1 + \sin \dfrac{\pi a \theta}{\lambda f} \cos \dfrac{2\pi a x}{\lambda f})$

B) $\mathcal{E}_2(x) = 4\psi_0^2(1 + \sin \dfrac{2\pi a \theta}{\lambda} \cos \dfrac{\pi a x}{\lambda f})$

C) $\mathcal{E}_2(x) = 2\psi_0^2(1 + 2\cos \dfrac{\pi a \theta}{\lambda} \sin \dfrac{2\pi a x}{\lambda f})$

D) $\mathcal{E}_2(x) = 4\psi_0^2(1 + \cos \dfrac{\pi a \theta}{\lambda} \cos \dfrac{2\pi a x}{\lambda f})$

5-

Si k est un entier positif ou nul, les valeurs a_k de la distance a entre les trous qui correspondent à un brouillage complet des franges s'écrit :

A) $a_k = \dfrac{\lambda}{\theta}(2k+1)$

B) $a_k = \dfrac{\lambda}{\theta}\left(k + \dfrac{1}{2}\right)$

C) $a_k = \dfrac{2k\lambda}{\theta}$

D) $a_k = \dfrac{k\lambda}{2\theta}$

6-

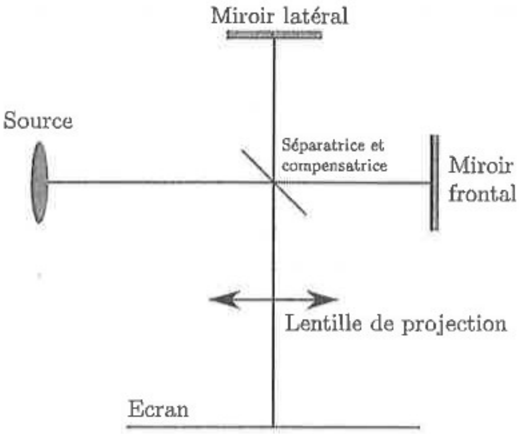
La plus petite valeur de a pour laquelle les franges disparaissent est $a_0 = 10$ mm. Quelle est, dans ce cas, la valeur de θ en secondes d'arc ?

A) $\theta = 6,2''$ **B)** $\theta = 3,4''$

C) $\theta = 12,5''$ **D)** $\theta = 27,3''$

VII -

On règle un interféromètre de Michelson en lame d'air à faces parallèles d'épaisseur e. La source, une lampe à vapeur de mercure, est étendue et possède un diamètre caractéristique d_s. On assimile l'indice de l'air à l'unité.



1-

Indiquer la ou les affirmation(s) exacte(s) :

A) Les interférences sont localisées sur les miroirs

B) Les interférences sont délocalisées

C) On observe des interférences à condition que la longueur de cohérence temporelle soit inférieure à e.

D) On observe des interférences à condition que la longueur de cohérence temporelle soit supérieure à d_s.

2-

On note i l'angle que forme un rayon incident avec la normale à la lame d'air. Exprimer, lorsque $i \ll 1$, la différence de marche δ entre les deux rayons qui émergent de la lame, lorsqu'ils interfèrent à l'infini.

A) $\delta \approx ei$ B) $\delta \approx e\left(1 + \frac{i^2}{2}\right)$ C) $\delta \approx e\left(1 - \frac{i^2}{2}\right)$ D) $\delta \approx e(1 - i)$

3-

La source est monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ_0. Sachant que le centre de la figure d'interférence correspond à un maximum d'éclairement, exprimer le rayon du p-ième anneau r_p en fonction de p :

A) $r_p = f_1'\left(\frac{p\lambda_0}{e}\right)^{1/2}$ B) $r_p = \frac{pf_1'\lambda_0}{e}$ C) $r_p = f_1'\left(\frac{pe}{\lambda_0}\right)^{1/2}$ D) $r_p = \frac{pe}{f_1'\lambda_0}$

4-

La source est un doublet de radiations de même intensité et de longueurs d'onde dans le vide λ_1 et $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$. On fait varier e et l'on observe le brouillage de la figure d'interférence pour deux valeurs successives e_1 et $e_2 = e_1 + \Delta e$ de e. Exprimer $\Delta\lambda$:

A) $\Delta\lambda = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\Delta e}$ B) $\Delta\lambda = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2\Delta e}$ C) $\Delta\lambda = \frac{\lambda_1\lambda_2}{4\Delta e}$ D) $\Delta\lambda = \frac{\lambda_1\lambda_2}{8\Delta e}$

5-

On incline le miroir latéral de manière à former un coin d'air et l'on remplace la lentille de projection précédente par une autre lentille convergente de distance focale $f_2' = 40\,\text{cm}$, que l'on dispose à $60\,\text{cm}$ du miroir latéral. À quelle distance p_2' de la lentille faut-il placer l'écran afin d'observer la figure d'interférence?

A) $p_2' = 20\,\text{cm}$ B) $p_2' = 40\,\text{cm}$ C) $p_2' = 80\,\text{cm}$ D) $p_2' = 120\,\text{cm}$

6-

On note ϵ l'angle du coin d'air. On utilise une source monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ_0. Que vaut l'interfrange i_c sur l'écran?

A) $i_c = \dfrac{\lambda_0}{\epsilon}$ B) $i_c = \dfrac{\lambda_0}{2\epsilon}$ C) $i_c = \lambda_0\epsilon$ D) $i_c = 2\lambda_0\epsilon$

7- On place dans l'un des bras une lame à faces parallèles d'indice n et d'épaisseur L . Sur l'écran on observe un déplacement d du système de franges de :

A) $d = \dfrac{4(n-1)L}{\epsilon}$ B) $d = \dfrac{(n-1)L}{\epsilon}$

C) $d = \dfrac{2(n-1)L}{\epsilon}$ D) $d = 2(n-1)L\epsilon$

VII-

On éclaire un réseau par transmission par une onde plane monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 0{,}5\,\mu m$, sous incidence normale . Ce réseau comporte n = 600 traits par mm .

1- Le nombre d'ordres observables est :

A) 7000 B) 6

C) 1 D) 7

2- On se place dans des ordres pour lesquels les angles de diffraction peuvent être considérés comme faibles . La largeur angulaire d'un maximum d'intensité vaut :

A) $\Delta\theta = 1\,rad$ B) $\Delta\theta = 5.10^{-3}\,rad$

C) $\Delta\theta = 5.10^{-4}\,rad$ D) $\Delta\theta = 2{,}5.10^{-4}\,rad$