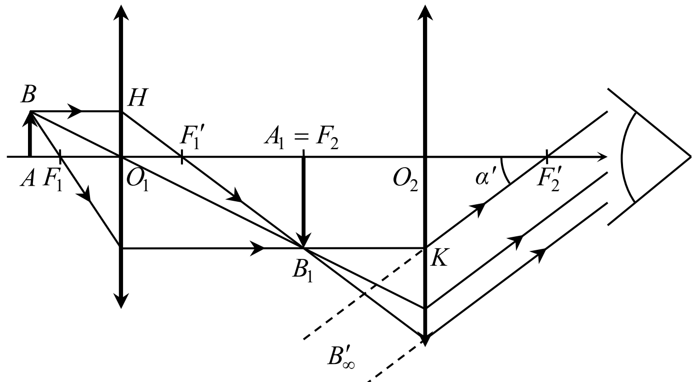
Corrigé du devoir test de physique nº 4

¤ **Problème A** (CCINP TPC 2023)

Q1. L'image finale doit être située à l'infini (ce qui permet de la voir sans accommoder), donc l'image intermédiaire doit se trouver dans le plan focal objet de l'oculaire L_2.

Q2.



Le rayon le plus facile à tracer est en fait celui passant par F_1 : il sert de rayon auxiliaire pour les deux autres.

Q3. Théorème de Thalès dans les triangles $F_1'A_1B_1$ et $F_1'O_1H$ (ou formule de grandissement de Newton) : $\dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{O_1H}} = \dfrac{\overline{F_1'F_2}}{\overline{F_1'O_1}}$ avec $\overline{O_1H} = \overline{AB}$, soit $\boxed{\gamma_1 = \dfrac{\Delta}{-f_1'}}$.

Q4. $\tan\alpha' = \dfrac{O_2K}{f_2'} = \dfrac{A_1B_1}{f_2'}$ (angle non orienté). Or $\alpha' \ll 1$ (conditions de Gauss) donc $\tan\alpha' \approx \alpha'$, et $A_1B_1 = |\gamma_1|\,AB = \dfrac{\Delta}{f_1'}h$. Donc $\boxed{\alpha' = \dfrac{h\Delta}{f_1'f_2'}}$.

Q5. Le point à la distance d_m est le *punctum proximum*, celui à d_M est le *punctum remotum*. Valeurs conventionnelles pour un œil emmétrope : $\boxed{d_\mathrm{m} = 25\ \mathrm{cm}}$ et $\boxed{d_\mathrm{M} = \infty}$.

Q6. $\tan\alpha = \dfrac{AB}{d_\mathrm{m}}$, avec toujours $\alpha \ll 1$ donc $\tan\alpha \approx \alpha$, soit $\boxed{\alpha = \dfrac{h}{d_\mathrm{m}}}$.

Q7. $G_\mathrm{c} = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ équivaut à $\boxed{G_\mathrm{c} = \dfrac{d_\mathrm{m}\Delta}{f_1'f_2'}}$. AN $\boxed{G_\mathrm{c} = 170}$.

Q8. Deux points sont distingués si $\alpha' > \varepsilon$, donc si $\boxed{\alpha > \dfrac{\varepsilon}{G_\mathrm{c}} = \alpha_\mathrm{m}}$. AN $\boxed{\alpha_\mathrm{m} = 0{,}4'' = 2\cdot 10^{-6}\ \mathrm{rad}}$.

Q9. On distingue quelques crochets au bout des barbules, distants d'environ 1 µm.

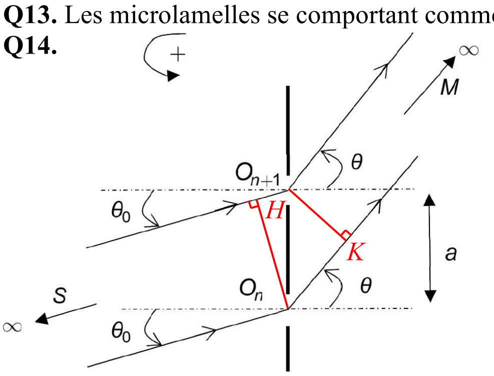
Q10. À l'œil nu, à la distance minimale, l'angle entre ces crochets serait $\alpha = \dfrac{h}{d_\mathrm{m}} = 4\cdot 10^{-6}\ \mathrm{rad} = 0{,}8''$: $\alpha < \varepsilon$ donc ils ne peuvent pas être distingués à l'œil nu, mais $\alpha > \alpha_\mathrm{m}$ donc ils peuvent être distingués avec le microscope précédent.

Q11. L'extrémité violette du spectre de la lumière blanche a une pulsation environ 2 fois plus grande que l'extrémité rouge (car la longueur d'onde est 2 fois plus faible), elle est donc 16 fois plus diffusée : la lumière diffusée par le plumage est donc constituée principalement de violet et de bleu, mais comme notre œil est moins sensible au violet, on perçoit une coloration bleue. Les radiations non diffusées traversent la plume et sont absorbées par le corps de l'oiseau.

Q12. L'onde diffusée est constituée principalement des hautes fréquences (violet et bleu), l'onde transmise est donc constituée principalement des basses fréquences (rouge et orangé) : cela constitue bien un filtrage passe-bas en transmission.

Q13. Les microlamelles se comportant comme de petits miroirs, elles constituent un réseau par réflexion.

Q14.



L'onde incidente, constituée de rayons parallèles entre eux, est une onde plane d'après le théorème de Malus : on trace la surface d'onde passant par O_n, alors par définition de celle-ci, $(SO_n) = (SH)$. Après les trous les ondes sont sphériques ; mais si on imagine que c'est le point final M qui est un point source à l'infini, d'après la loi de retour inverse de la lumière, les rayons suivraient les mêmes trajets dans l'autre sens et constitueraient donc aussi une onde plane, ce qui donnerait de même $(MO_{n+1}) = (MK)$; dans le sens réel, on a donc $(O_{n+1}M) = (KM)$.

$$\delta(M) = (SO_{n+1}M) - (SO_nM) = (SH) + (HO_{n+1}) + (O_{n+1}M) - (SO_n) - (O_nK) - (KM)$$
$$= (HO_{n+1}) - (O_nK) = n_\mathrm{air}[HO_{n+1} - O_nK]$$

soit $\boxed{\delta(M) = a(\sin\theta_0 - \sin\theta)}$ en prenant $n_\mathrm{air} = 1$ (ce que semble suggérer la suite).

Q15. Les ondes interfèrent de façon constructive pour un ordre d'interférences entier, soit $\boxed{\delta(M) = k\lambda_0 \text{ avec } k \text{ entier}}$.

Q16. On raisonne de même, mais sur la figure 6b l'angle θ est maintenant négatif : alors $O_nK = a|\sin\theta| = -a\sin\theta$, donc $\delta(M) = a(\sin\theta_0 + \sin\theta)$. La condition $\delta(M) = k\lambda_0$ avec k entier donne donc $\boxed{\sin\theta_k + \sin\theta_0 = k\dfrac{\lambda_0}{a}}$.

Q17. Ici $\theta_0 = 0$ (incidence normale), donc $\sin\theta_k = k\dfrac{\lambda_0}{a}$: lorsqu'on observe sous un angle θ_k, la longueur d'onde principalement perçue est $\lambda_0 = \dfrac{a\sin\theta_k}{k}$. Pour $\theta_k = 45°$, la valeur $k = 1$ donne $\lambda_0 = 0{,}40\ \mu\mathrm{m}$, ce qui correspond à du violet, tandis que les valeurs de k supérieures à 1 donnent des longueurs d'onde invisibles (ultraviolet) : le cou du canard apparaît donc violet pour l'observateur B. Pour $\theta_k = 90°$, on obtient $\lambda_0 = 0{,}56\ \mu\mathrm{m}$: le cou du canard apparaît vert pour l'observateur A. On retrouve bien les deux couleurs visibles sur la photo 4, pour laquelle on peut supposer que la lumière vient de la gauche : on est alors à 90° du soleil, comme l'observateur A, pour le canard central (vert), et vers 45°, comme l'observateur B, pour le canard de droite (violet).