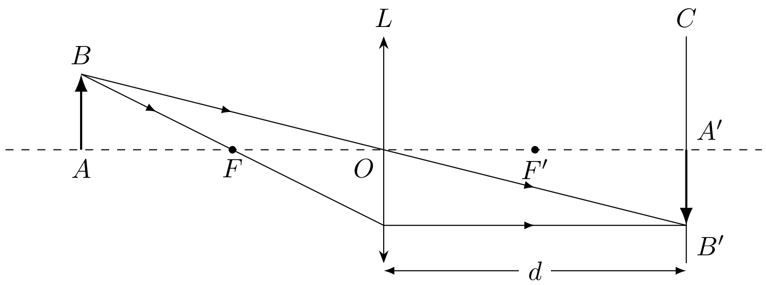
DM2 : Optique et Électricité – corrigé

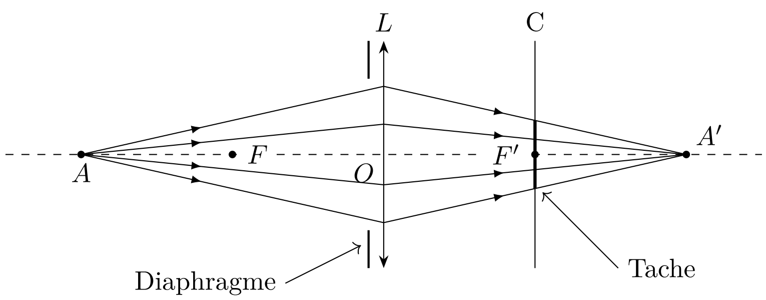
Le travail en groupe est fortement encouragé, vous rendrez une copie par groupe de 3. Attention, tous les membres du groupe doivent avoir fait tout le DM ! Il ne s'agit pas de partager le travail.

Exercice 1 : L'appareil photo numérique

1. L'objectif de l'appareil forme l'image de l'objet photographié sur le capteur de l'appareil dont chacun des pixels enregistre la couleur et l'intensité de la lumière qu'il reçoit.



2. L'image d'un objet situé à l'infini se trouve dans le plan focal image de la lentille. Il faut donc placer le capteur en F' à une distance $\boxed{d = 55\,\text{mm}}$ de l'objectif.
3. On a $\overline{OA} = -1{,}20\,\text{m}$ et $d = \overline{OA'}$ grâce à la formule de conjugaison on trouve $\boxed{d = 57{,}6\,\text{mm}}$.
4. Pour faire la mise au point de l'appareil photo il faut faire $\boxed{\text{varier la distance entre l'objectif et le capteur}}$.
5. Dans ces conditions, on a $\overline{OA} = -100\,\text{m}$ et la formule de conjugaison donne $\overline{OA'} = 55{,}03\,\text{mm} \simeq 55\,\text{mm} = f'$(comme la distance à l'objet est grande, son image se trouve dans le plan focal image de l'objectif). Le théorème de Thalès donne $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ donc $\overline{A'B'} = \overline{AB}\dfrac{f'}{\overline{OA}}$. D'où finalement $\boxed{\overline{A'B'} = -2{,}75\,\text{cm}}$. La taille algébrique de l'objet est négative car l'image est inversée sur le capteur.
6. En utilisant la même méthode dans l'autre sens, on trouve que l'objet a une hauteur maximale de $\boxed{43{,}6\,\text{m}}$.
7. Le diaphragme ne fait que $\boxed{\text{limiter la quantité de lumière qui entre dans l'appareil photo}}$, lorsqu'on le ferme, l'image est plus sombre et lorsqu'on l'ouvre elle est plus lumineuse.
8. Pour que l'image enregistrée par le capteur reste nette, il faut que la dimension de la tache soit inférieure à celle d'un pixel.



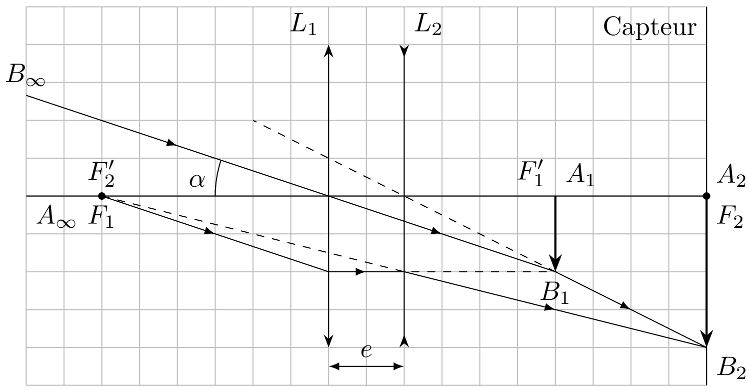
9. La taille de la tache sur l'écran est au maximum égale à celle d'un pixel, soit δ. Le théorème de Thalès donne directement :
$$\frac{\delta}{D} = \frac{A_0'F'}{A_0'O} = 1 - \frac{f'}{A_0'O}$$
(A_0' est l'image du point A_0 par l'objectif). En utilisant la formule de conjugaison, on trouve finalement $\dfrac{\delta}{D} = \dfrac{f'}{A_0O}$ soit $\boxed{A_0O = \dfrac{Df'}{\delta}}$.
   — Pour $D = 20\,\text{mm}$ on trouve $\boxed{A_0O = 110\,\text{m}}$

— Pour $D = 5\,\text{mm}$ on trouve $\boxed{A_0O = 27{,}5\,\text{m}}$

10. Plus le diaphragme est fermé plus la profondeur de champ est importante. On voit très clairement sur la figure que lorsque le diaphragme est fermé, la dimension de la tache sur l'écran est réduite.
11. Le diaphragme est le plus ouvert pour la photo en haut à gauche (faible profondeur de champ) puis il est de plus en plus fermé jusqu'à la photo en bas à droite (grande profondeur de champ).

Exercice 2 : Le téléobjectif

1.
2. Schéma :



3. Pour trouver d il faut déterminer la position de A_2B_2. A_2B_2 est l'image de F_1' par L_2, on peut donc utiliser la relation de conjugaison de Newton :

$$\boxed{\overline{F_2'A_2}\,\overline{F_2F_1'} = -{f_2'}^2 \Leftrightarrow \overline{F_2'A_2} = -\frac{{f_2'}^2}{\overline{F_2F_1'}}} \tag{1}$$

avec $f_2' = -8\,\text{cm}$ et $\overline{F_2F_1'} = -4\,\text{cm}$, on trouve $\overline{F_2'A_2} = 16\,\text{cm}$ et le point A_2 est superposé avec F_2. Il faudra donc prendre $\boxed{d = 10\,\text{cm}}$.

4. Sur la figure, on voit directement que $\boxed{A_1B_1 = f_1'\tan(\alpha)}$.
5. En utilisant la formule de conjugaison on trouve

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = -\frac{1}{f_2} \tag{2}$$

En multipliant tout par $\overline{O_2A_1}$ On obtient $\dfrac{\overline{O_2A_1}}{\overline{O_2A_2}} = 1 - \dfrac{\overline{O_2A_1}}{f_2} = 1 - \dfrac{f_1' - e}{f_2}$. Or le théorème de Thalès nous donne $\dfrac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} = \dfrac{\overline{O_2A_2}}{\overline{O_2A_1}}$ et donc finalement :

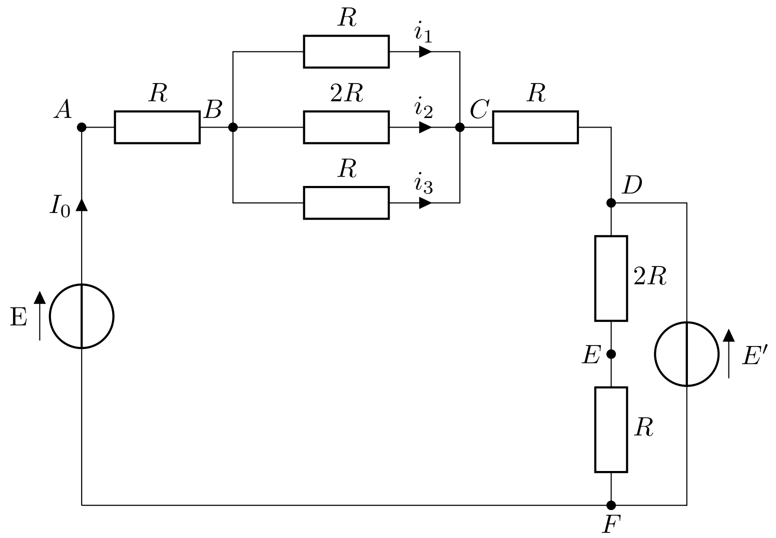
$$\boxed{\overline{A_2B_2} = \frac{f_2 f_1' \tan(\alpha)}{f_2 - f_1' + e}} \tag{3}$$

Pour $\alpha = 3 \times 10^{-4}\,\text{rad}$ on trouve $\boxed{\overline{A_2B_2} = 36\,\mu\text{m}}$

6. Pour qu'une lentille convergente simple donne une taille d'image identique il faudrait que $f'\tan(\alpha) = 36\,\mu\text{m}$ soit $f' = 12\,\text{cm}$ la distance d entre la lentille et le capteur serait $d = f' = 12\,\text{cm}$
7. Le montage de type téléobjectif permet donc d'avoir un plus faible encombrement car dans le cas du téléobjectif, la distance d n'est que de $10\,\text{cm}$

Exercice 3 : Analyse d'un circuit

On considère le circuit ci-dessous :



On prendra $E = 5\,\mathrm{V}$, $E' = 3\,\mathrm{V}$ et $R = 100\,\Omega$.

1. Les résistances EF et DE forment un pont diviseur de tension et on a directement

$$\boxed{U_{EF} = E'\frac{R}{R+2R} = \frac{E'}{3} = 1\,\mathrm{V}} \tag{1}$$

2. On commence par calculer la résistance équivalente R_{eq} entre A et D. On trouve $R_{\mathrm{eq}} = R + R + \frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{2R}+\frac{2}{R}} = 2R + \frac{2}{5}R = \frac{12}{5}R$. On applique ensuite la loi des mailles : $E - U_{AD} - E' = 0$. On $U_{AD} = R_{\mathrm{eq}}I_0$ et donc finalement

$$\boxed{I_0 = \frac{E-E'}{R_{\mathrm{eq}}} = \frac{5}{12R}(E-E') = 8{,}3\,\mathrm{mA}} \tag{2}$$

3. L'intensité qui circule entre D et F est $i_{DF} = \frac{E'}{3R}$ et l'intensité fournie par le générateur de fem E' est $i_{E'} = i_{DF} - I_0$ (loi des nœuds). Donc la puissance fournie par le générateur de fem E' est

$$\boxed{P_{E'} = E' \times i_{E'} = E'\left(\frac{E'}{3R} - \frac{5}{12R}(E-E')\right) = E'\left(\frac{9}{12R}E' - \frac{5}{12R}E\right) = 5{,}0\,\mathrm{mW}} \tag{3}$$

4. Pour déterminer les valeurs de i_1, i_2 et i_3, on remarque la présence d'un pont diviseur de courant et on a directement

$$\boxed{i_1 = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{2}{R}}I_0 = \frac{2}{5}I_0 = \frac{E-E'}{6R} = 3{,}3\,\mathrm{mA} \quad i_3 = i_1 = 3{,}3\,\mathrm{mA} \quad \text{et} \quad i_2 = \frac{i_1}{2} = 1{,}7\,\mathrm{mA}} \tag{4}$$