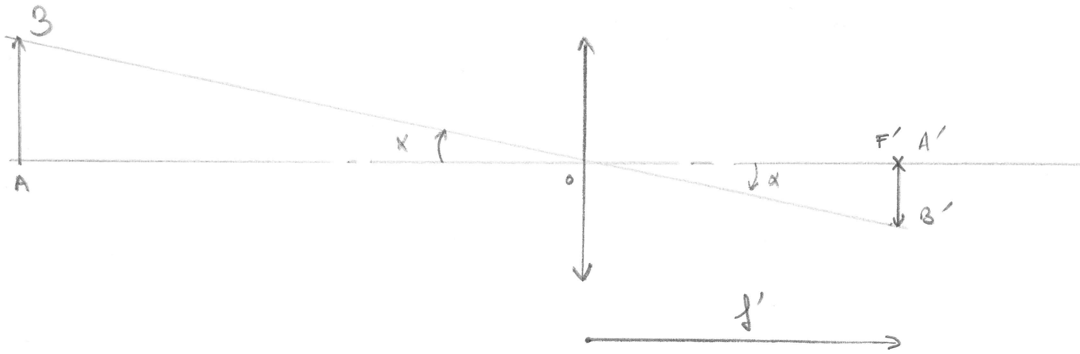
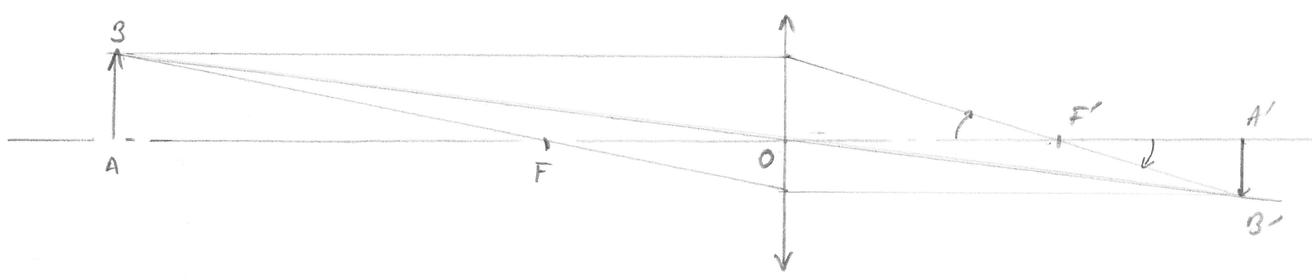
A. Téléobjectif pour appareil photographique

1.a



L'objet se trouvant à grande distance (pratiquement l'infini), $A'B'$ est dans le plan focal image (A' confondu avec F')
Dans les conditions de Gauss, on a $\alpha = \frac{\overline{A'B'}}{f'}$.
La puissance optique s'écrit alors :
$$P = \frac{\overline{A'B'}}{\alpha} = f'.$$

1.b. Pour AB à une distance finie.

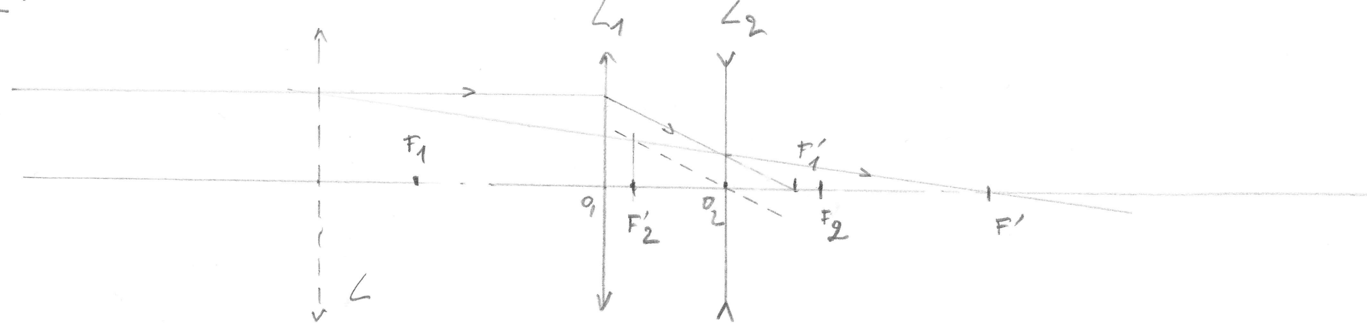


Par définition : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

Par conservation de l'angle, on sait que $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{F'A'}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{F'O}}$

Donc $\gamma = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$

2.a



2.b objet à l'infini $\xrightarrow{L_1}$ image en F_1'
objet en F_1' $\xrightarrow{L_2}$ image en F'
où F' est le foyer image du système optique constitué de L_1 et L_2 (image au foyer image si objet à l'infini).
F' est donc le conjugué (image) de F_1' par L_2.

2.c La relation de Newton nous permet d'écrire :

$$\overline{F_2'F'} \cdot \overline{F_2F_1'} = -f_2^2$$

soit
$$\overline{F_2'F'} = \frac{-f_2^2}{\overline{F_2F_1'}} = \frac{-f_2^2}{\overline{F_2O_2} + \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F_1'}} = \frac{-f_2^2}{f_2' - e + f_1'}$$

car $\overline{F_2O_2} = -f_2 = f_2'$

Or $\overline{F_2'F'} = \overline{F_2'O_2} + \overline{O_2F'}$ et $\overline{O_2F'} = \overline{F_2'F'} - \overline{F_2'O_2} = \overline{F_2'F'} + f_2'$

D'où
$$\overline{O_2F'} = \frac{-f_2^2}{f_2' + f_1' - e} + \frac{f_2'(f_2' + f_1' - e)}{f_2' + f_1' - e} = \frac{f_2'(f_1' - e)}{f_2' + f_1' - e}$$

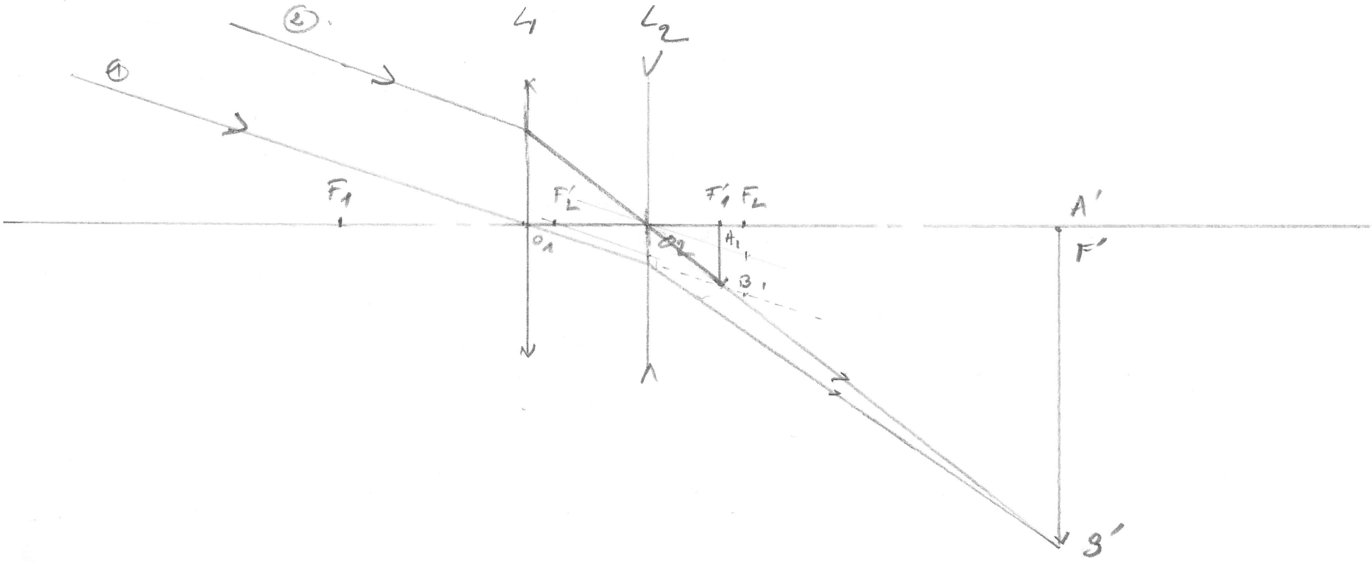
A.N. $\overline{F_2'F'} = 89{,}3$ mm et $\overline{O_2F'} = 64{,}3$ mm

2.d Voir figure 2a.
Un rayon parallèle à l'axe optique est réfracté par L_1 en direction de F_1'. La direction du faisceau réfracté par L_2 passe par le point d'impact sur L_2 du rayon réfracté par L_1 et le point d'intersection du plan foyer image de L_2 et la droite parallèle au rayon réfracté par L_1 et passant par O_2. Le rayon étant initialement parallèle à l'axe optique, il coupe celui ci au foyer image F' de la lentille équivalente au système L_1L_2. Celle-ci est située à l'intersection du rayon d'origine

3) Calcul de f'

Si l'objet AB est situé à l'infini alors non seulement A_1 sera en F'_1 (foyer de L_1) mais A' sera également en F' (foyer du système constitué de L_1 et L_2).

3.a



Le rayon① non réfracté par L_1 permet de déterminer B_1

Le rayon 2 non réfracté par L_2 (passant par O_2) et passant par B_1 permet de déterminer B' (situé dans le plan de F').

3.b $$\frac{\overline{A'B'}}{\alpha} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \cdot \frac{\overline{A_1B_1}}{\alpha} = \gamma_2 \cdot f'_1$$

De plus $\gamma_2 = -\frac{\overline{F'_2F'}}{f'_2}$ d'après 1.b sachant que F' est la position de l'image finale.

soit $$\frac{\overline{A'B'}}{\alpha} = -f'_1 \cdot \frac{\overline{F'_2F'}}{f'_2}$$ AN: $\frac{\overline{A'B'}}{\alpha} = +\frac{50}{25} \times 89,3 = 178,6\,mm$

3.c La lentille fictive située en O donnerait donc la même image A'B' dans son plan focal d'un objet situé à l'infini si sa distance focale image a pour valeur : $f' = 178,6$ mm.
Le téléobjectif a donc une distance focale de 178,6 mm, alors que O_1F' ne vaut que 96,3 mm. Pour une même distance focale, l'encombrement sera moindre.

B Zoom.

1). On sait que : (d'après l'exo sur le téléobjectif)

$$\overline{O_2F'} = \frac{f_1' - e}{f_1' + f_2' - e} \cdot f_2'$$

Pour $e = e_A = 30{,}9$ mm on a $\overline{O_2F_A'} = 80{,}9$ mm
Pour $e = e_B = 33{,}3$ mm on a $\overline{O_2F_B'} = 50{,}3$ mm

On sait également que la distance focale image du système est donnée par :

$$f' = -f_1' \frac{\overline{F_2'F'}}{f_2'} \quad \text{avec} \quad \overline{F_2'F'} = \frac{-f_2'^2}{f_1' + f_2' - e}$$

soit $$f' = \frac{f_1' f_2'}{f_1' + f_2' - e}$$

Pour $e = e_A = 30{,}9$ mm on a $f_A' = 211{,}8$ mm
Pour $e = e_B = 33{,}3$ mm on a $f_B' = 150{,}6$ mm

2a) C'est la valeur de e qui permet de modifier f' (f_1' et f_2' étant fixe).
La mise au point se fait par déplacement de l'ensemble L_1 et L_2 (sans modifier e).

2.b) Pour un objet à l'infini P est en F'.
D'où $\overline{O_2P} = 80{,}9$ mm pour $e = e_A$ et $\overline{O_2P} = 50{,}3$ mm pour $e = e_B$
Dans ce cas $f' = \dfrac{\overline{A'B'}}{\alpha}$

D'autre part $\alpha = \dfrac{\overline{AB}}{\overline{OA}}$ donc $\overline{A'B'} = \alpha f' = \dfrac{\overline{AB} \cdot f'}{\overline{OA}}$

Pour $e = e_A$ on a $\overline{A'B'} = 10{,}6$ mm
Pour $e = e_B$ on a $\overline{A'B'} = 7{,}5$ mm

2.c) Objet à distance finie :

$$AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A'B'.$$

En appliquant la formule de conjugaison pour L_1 :

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1} \quad \text{d'où} \quad \overline{O_1A_1} = \frac{f'\,\overline{O_1A}}{f' + \overline{O_1A}} = 50{,}31 \text{ mm}$$

avec $\overline{O_1A} = -8$ m

$$\overline{O_2A_1} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1A_1} = -e + \overline{O_1A_1}$$

pour $e = e_A = 30{,}9$ mm $\quad \overline{O_2A_1} = 19{,}4$ mm

pour $e = e_B = 33{,}3$ mm $\quad \overline{O_2A_1} = 17$ mm

En appliquant la formule de conjugaison pour L_2 :

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{f'_2} \quad \text{(on rappelle que } A' \text{ en } P)$$

d'où $$\overline{O_2A'} = \frac{f'_2\,\overline{O_2A_1}}{f'_2 + \overline{O_2A_1}}$$

pour $e = e_A = 30{,}9$ mm on a $\overline{O_2A'} = 86{,}6$ mm

pour $e = e_B = 33{,}3$ mm on a $\overline{O_2A'} = 53{,}1$ mm

Le grandissement total γ : $\gamma = \gamma_1 . \gamma_2$

où γ_1 et γ_2 sont les grandissements dus à L_1 et L_2

or $$\gamma_2 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A_1}} \quad \text{et} \quad \gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

d'où pour $e = e_A = 30{,}9$ mm $\quad \gamma_A = -0{,}0280$

pour $e = e_B = 33{,}3$ mm $\quad \gamma_B = -0{,}0196$

2.d) On sait que $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ et que $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{FO}} = \dfrac{\overline{AB}}{\overline{AF}}$.

donc $$\gamma = \frac{\overline{FO}}{\overline{AF}} = \frac{-f}{\overline{FA}} = \frac{f'}{\overline{FA}} \quad \text{(voir figure 1.3)}$$

En faisant l'hypothèse que $\overline{FA}$ ne change pas quand on modifie e (c'est à dire f').

$$\frac{\gamma_A}{\gamma_B} \simeq \frac{f'_A}{f'_B} \qquad \text{vérification : } \frac{\gamma_A}{\gamma_B} = 1{,}43$$

$$\frac{f'_A}{f'_B} = 1{,}41.$$