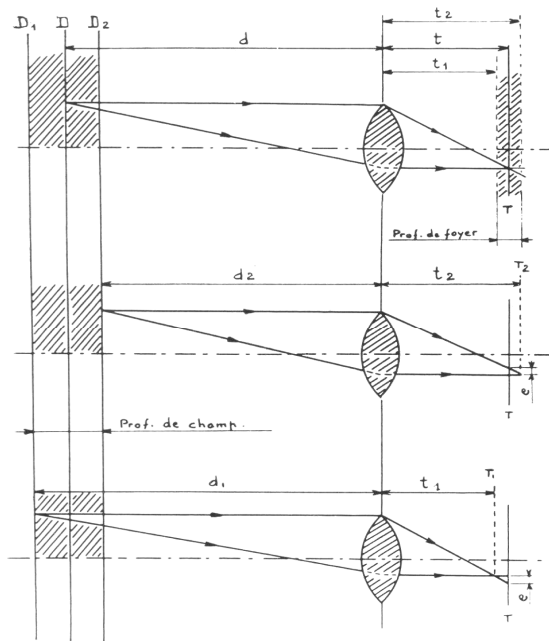


La profondeur de champ et de foyer

Détermination de la profondeur de champ et de foyer

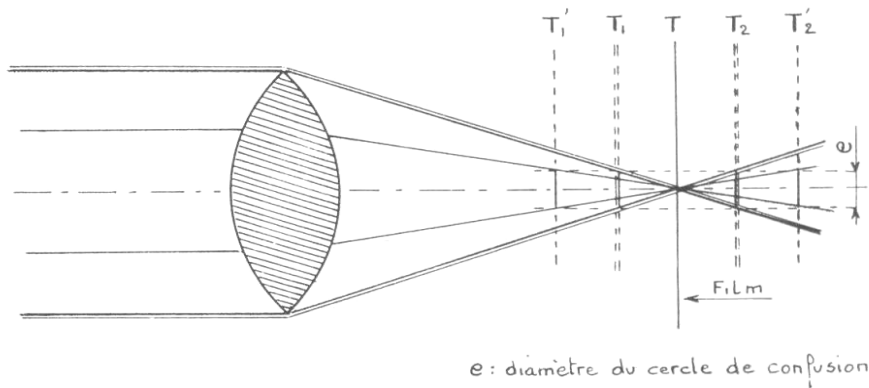
Un point sujet peut se déplacer d'une certaine quantité entre deux plans d_1 et d_2 par rapport à l'objectif, tout en donnant une image assimilable à un point. **Cette différence de distance $d_1 - d_2$ se nomme la profondeur de champ et son conjugué dans l'espace image $t_2 - t_1$ s'appelle la profondeur de foyer.**



Un point sujet situé dans le plan d_1 donne un point image dans le plan t_1 ; de même un point du plan d_2 donne un point dans le plan t_2 . Les droites qui forment ces faisceaux concourent respectivement dans les plans t_1 et t_2 et ces faisceaux ont un certain diamètre dans le plan t où se trouve le film. Le plan t est le plan conjugué du plan de mise au point d . **On considère que les points sujets situés dans ces deux plans extrêmes d_1 et d_2 donnent encore des images nettes si le diamètre des faisceaux, dans le plan du film t , est au plus égal au diamètre du cercle de confusion. C'est ce cercle de confusion (c ou e) qui sert à déterminer les limites de la profondeur de champ, c'est-à-dire la portion d'espace $d_1 - d_2$ dont on obtient une image suffisamment nette.**

Comme on le constate sur le schéma ci-dessous, la profondeur de champ dépend de l'angle du faisceau lumineux traversant l'objectif, c'est-à-dire de l'ouverture. **La profondeur de champ est inversement proportionnelle à l'ouverture.** La

fermeture du diaphragme, diminuant cet angle, augmente la profondeur de champ (la zone de netteté).



Pour calculer les valeurs postérieure (d_1) et antérieure (d_2) de la profondeur de champ on applique les deux formules :

$$d_1 = \frac{(R + 1) f^2}{f - (n \cdot R \cdot e)}$$

$$d_2 = \frac{(R + 1) f^2}{f + (n \cdot R \cdot e)}$$

La profondeur de champ et de foyer

Dans ces formules **R** est le rapport de réduction : $R = \frac{1}{G}$

Exemple : $R = 0,5$; $f = 50 \text{ mm}$; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$d_1 = \frac{(0,5 + 1) 50^2}{50 - (16 \cdot 0,5 \cdot 0,03)} = \frac{3750}{49,76} = 75,36 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{(0,5 + 1) 50^2}{50 + (16 \cdot 0,5 \cdot 0,03)} = \frac{3750}{50,24} = 74,64 \text{ mm}$$

En effectuant la différence entre les deux distances **d1** et **d2**, on obtient la profondeur de champ totale :

$$d_1 - d_2$$

Exemple : $d_1 = 75,36 \text{ mm}$; $d_2 = 74,64 \text{ mm}$;

$$d_1 - d_2 = 75,36 - 74,64 = 0,72 \text{ mm}$$

en remplaçant **R** par $\frac{1}{G}$, la formule devient :

$$d_1 - d_2 = 2 \cdot n \cdot e \left(\frac{G + 1}{G^2} \right) \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{n \cdot e}{G \cdot f}\right) \left(1 + \frac{n \cdot e}{G \cdot f}\right)}$$

Exemple : $G = 2X$; $f = 50 \text{ mm}$; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$d_1 - d_2 = 2 \cdot 16 \cdot 0,03 \left(\frac{2 + 1}{2^2} \right) \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{16 \cdot 0,03}{2 \cdot 50}\right) \left(1 + \frac{16 \cdot 0,03}{2 \cdot 50}\right)} = 0,72 \text{ mm}$$

Avec les rapports de grandissement utilisés en photomicrographie, (entre 0,1X et 10X), le 2^{ème} terme de la formule ci-dessus : $\frac{1}{\left(1 - \frac{n \cdot e}{G \cdot f}\right) \left(1 + \frac{n \cdot e}{G \cdot f}\right)}$ est très voisin de 1. On peut donc le négliger dans le calcul sans faire d'erreurs supérieures à quelques %.

La formule simplifiée devient :

$$d_1 - d_2 = \frac{2 \cdot n \cdot e (G + 1)}{G^2}$$

Exemple : $G = 2X$; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$d_1 - d_2 = \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,03 (2 + 1)}{2^2} = 0,72 \text{ mm}$$

La profondeur de champ et de foyer

La profondeur de foyer conjuguée à la profondeur de champ est donnée par la formule :

$$t_2 - t_1 = 2 \cdot n \cdot e (G + 1)$$

Exemple : $G = 2X$; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$t_2 - t_1 = 2 \cdot 16 \cdot 0,03 (2 + 1) = 2,88 \text{ mm}$$

Les formules précédentes ne sont valables que pour les objectifs de formule normale qui ont leurs plans principaux très proches l'un de l'autre et situés sensiblement au milieu du groupe optique. De plus, les diamètres des pupilles d'entrée et de sortie de ces objectif sont égaux (**grossissement pupillaire = 1**).

Avec les objectifs de formule rétrofocus (= téléobjectif inversé) et de formule téléobjectif (= rétrofocus inversé), les plans principaux sont assez éloignés l'un de l'autre, avec l'un d'eux situé en dehors du groupe optique. Les diamètres des pupilles d'entrée et de sortie de ces objectifs sont différents (**grossissement pupillaire téléobjectifs < 1 ; rétrofocus > 1**).

Rappel : Le rapport entre le diamètre de la pupille de sortie et le diamètre de la pupille d'entrée s'appelle le grossissement pupillaire (**P**). Il intervient pour modifier la profondeur de champ et de foyer (ainsi que la distance frontale et le facteur d'exposition).

La formule de calcul de la profondeur de champ devient :

$$d_1 - d_2 = \frac{2 \cdot n \cdot e (G + P)}{P \cdot G^2}$$

Exemples :

1. $G = 2X$; $P = 0,5$ (téléobjectif) ; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$d_1 - d_2 = \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,03 (2 + 0,5)}{0,5 \cdot 2^2} = 1,2 \text{ mm}$$

2. $G = 2X$; $P = 1,6$ (rétrofocus) ; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$d_1 - d_2 = \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,03 (2 + 1,6)}{1,6 \cdot 2^2} = 0,54 \text{ mm}$$

et la profondeur de foyer :

$$t_2 - t_1 = \frac{2 \cdot n \cdot e (G + P)}{P}$$

Exemples :

1. $G = 2X$; $P = 0,5$ (téléobjectif) ; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$t_2 - t_1 = \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,03 (2 + 0,5)}{0,5} = 4,8 \text{ mm}$$

2. $G = 2X$; $P = 1,6$ (rétrofocus) ; $n = 16$; $e = 0,03 \text{ mm}$;

$$t_2 - t_1 = \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,03 (2 + 1,6)}{1,6} = 2,16 \text{ mm}$$

Quand on réalise la mise au point sur un plan sujet déterminé, l'image est encore acceptable si le point sujet n'est pas rigoureusement situé dans le plan de mise au point. Il suffit que le diamètre du point image (cercle de confusion) sur le film ou le capteur reste inférieur à une valeur maximale qui varie suivant le format de film ou de capteur (0,019 mm et 0,02 mm avec les capteurs APS-C - 0,03 mm en 24x36 mm et les capteurs Full Frame - 0,05 mm en 6x6 cm).

