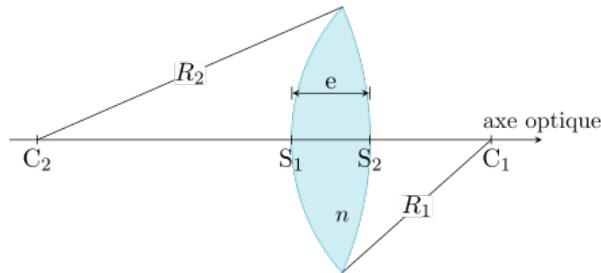


I Caractéristiques et propriétés des lentilles

1 Lentille mince

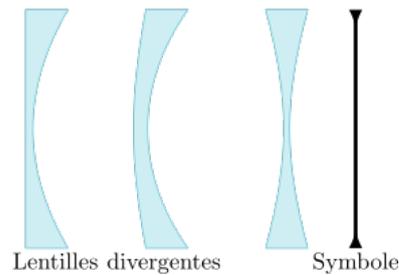
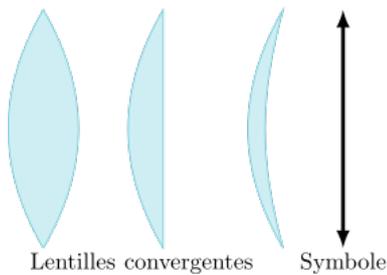
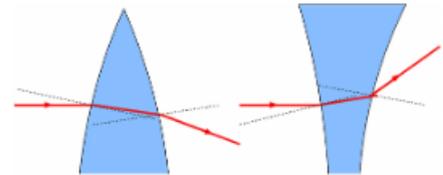


Une lentille est une portion de milieu homogène transparent isotrope limitée par 2 dioptries sphériques. Il s'agit d'un système optique centré, c'est-à-dire possédant un axe de révolution appelé axe optique. Une lentille est dite mince si les rayons de courbures des 2 dioptries sont très grands devant l'épaisseur de la lentille : $R_1, R_2 \gg e$.

2 Types de lentilles

On distingue 2 types de lentilles :

- les **lentilles convergentes**, à bords fins
- les **lentilles divergentes**, à bords épais



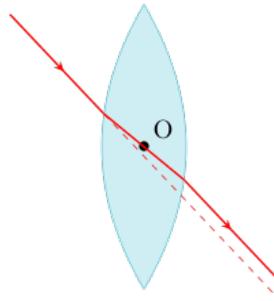
3 Stigmatisme et aplanétisme approchés

L'**approximation de Gauss** est l'approximation des petits angles. Elle n'est valable que pour des rayons paraxiaux, c'est-à-dire proches de l'axe optique et peu inclinés par rapport à l'axe. Dans les conditions de l'approximation de Gauss, une lentille est :

- **stigmatique** : l'image d'un point est un point
- **aplanétique** : l'image d'un objet perpendiculaire à l'axe optique est perpendiculaire à l'axe optique

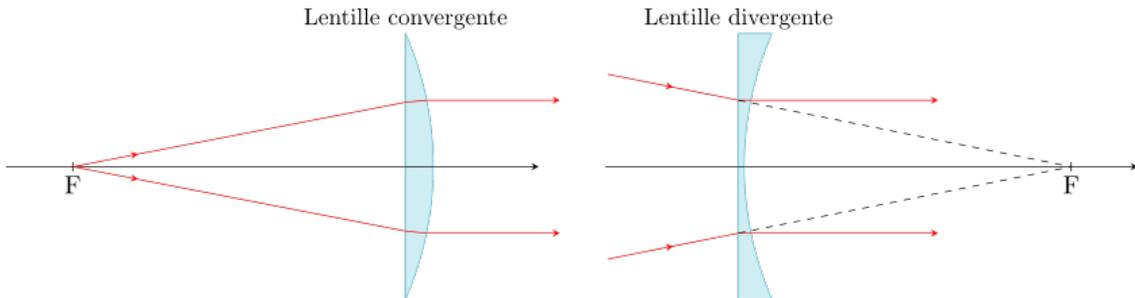
4 Centre optique

Le **centre optique** est le point O tel qu'un rayon incident passant par O émerge parallèle à lui-même. Pour une lentille mince, tout rayon passant par O n'est pas dévié.

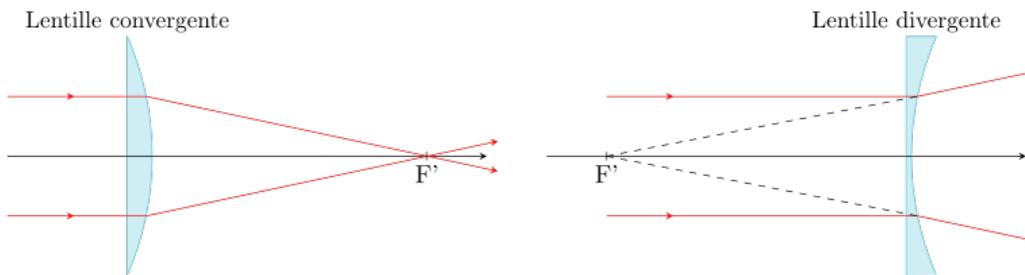


5 Foyers principaux

Le **foyer objet** est le point F dont l'image se situe à l'infini sur l'axe optique : tout rayon incident passant par F émerge parallèle à l'axe.



Le **foyer image** est l'image F' d'un point situé à l'infini sur l'axe optique : tout rayon incident parallèle à l'axe émerge en passant par F' .



On appelle $f' = \overline{OF'}$ la distance focale et $f = \overline{OF}$ la distance focale objet.

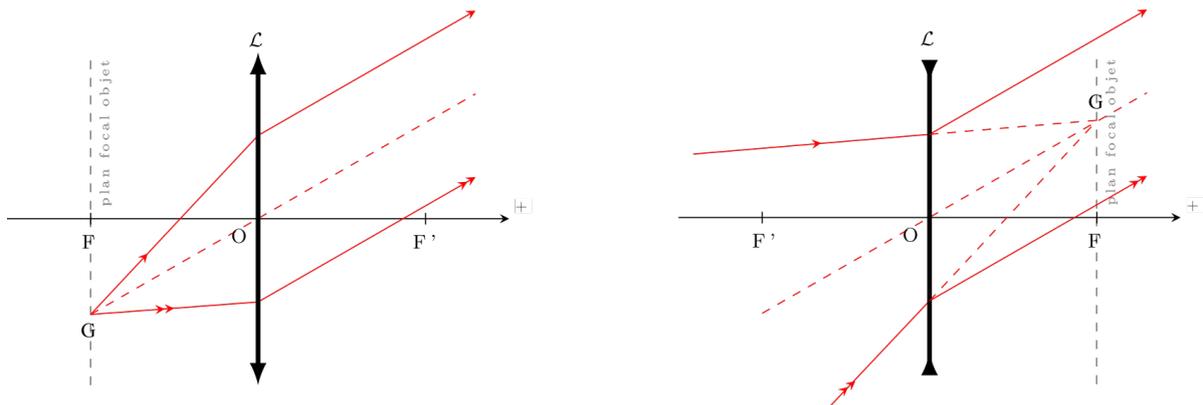
D'après le principe du retour inverse de la lumière, $f = -f'$.

On appelle $V = \frac{1}{f'}$ la vergence. La vergence s'exprime en dioptries : $\delta = \text{m}^{-1}$.

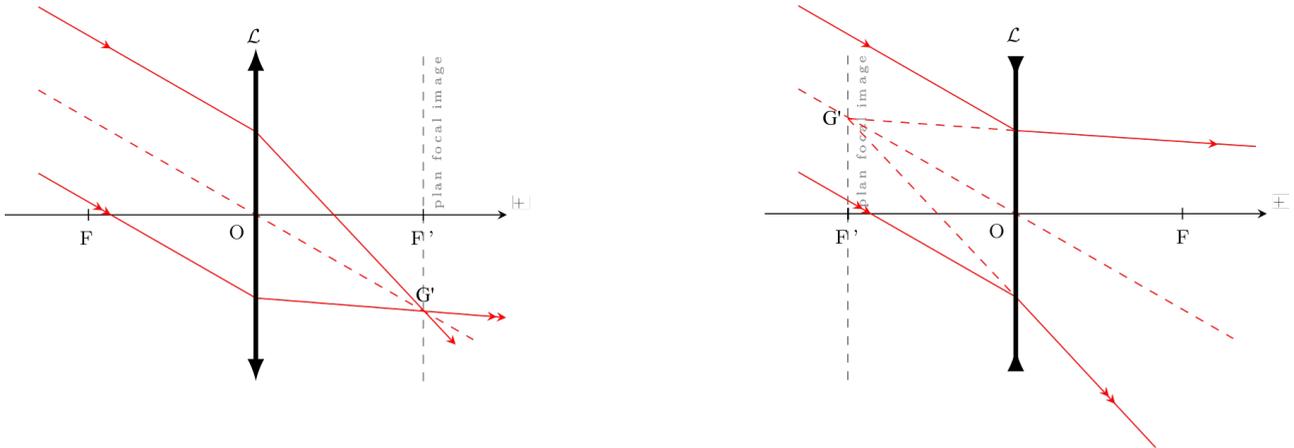
- Pour une lentille convergente : $f' > 0$, $f < 0$ et $V > 0$
- Pour une lentille divergente : $f' < 0$, $f > 0$ et $V < 0$

6 Foyers secondaires

Un foyer secondaire objet est un point G dont l'image se situe à l'infini hors de l'axe optique : les rayons incidents passant par G ressortent parallèles entre eux. Les foyers secondaires objets se situent dans le plan de F orthogonal à l'axe optique : le **plan focal objet**.



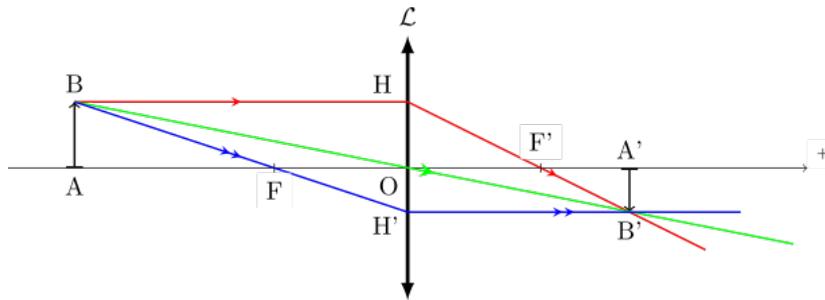
L'image d'un point situé à l'infini hors de l'axe est un foyer secondaire image G' : des rayons incidents arrivant parallèles entre eux émergent en passant par un même foyer secondaire image G' . Les foyers secondaires images se situent dans le plan de F' orthogonal à l'axe optique : le **plan focal image**.



II Relations de grandissement et de conjugaison

1 Grandissement transversal

Le grandissement transversal est défini par $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$.



En appliquant le théorème de Thalès, on obtient : $\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = \frac{F'A'}{F'O} = \frac{FO}{FA}$

d'où les relations de grandissement, $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = -\frac{F'A'}{f'} = -\frac{f}{FA}$

2 Relation de conjugaison de Newton (origines aux foyers)

Des relations de grandissement, on déduit la relation de conjugaison $\overline{F'A'} \overline{FA} = ff'$.

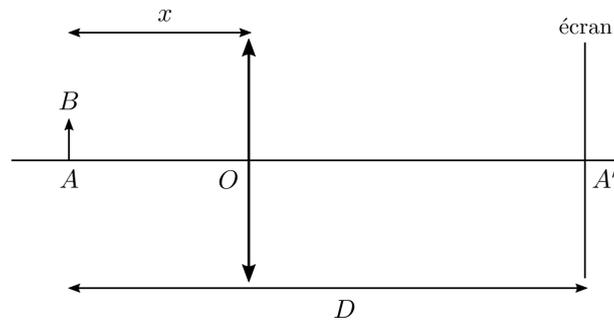
3 Relation de conjugaison de Descartes (origine aux centre)

D'après la relation de conjugaison de Newton, $(\overline{F'O} + \overline{OA'}) (\overline{FO} + \overline{OA}) = -f'^2$,
donc $-f'\overline{OA} + \overline{OA'}f' + \overline{OA'}\overline{OA} = 0$.

En divisant par $f'\overline{OA}'\overline{OA}$, on obtient la relation de conjugaison : $\frac{1}{\overline{OA}'} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

4 Condition pour former une image réelle d'un objet réel

Il n'est pas possible d'obtenir une image réelle ($\overline{OA'} > 0$) d'un objet réel ($\overline{OA} < 0$) avec une lentille divergente ($f' < 0$). On considère donc une lentille convergente.



On note D la distance objet-écran et x la distance objet-lentille, d'où $\overline{OA} = -x$ et $\overline{OA'} = D - x$. La relation de conjugaison devient :

$$\frac{1}{D-x} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f'}$$

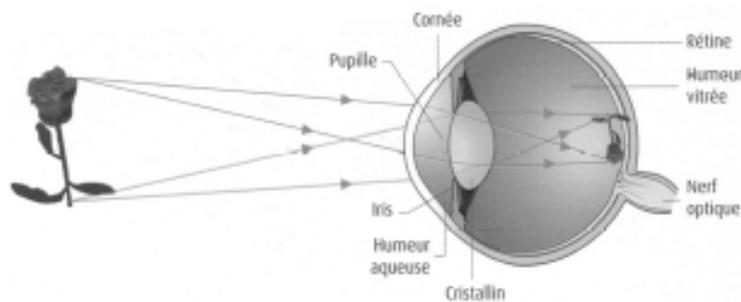
c'est-à-dire $x^2 - Dx + Df' = 0$

On calcule le discriminant $\Delta = D(D - 4f')$.

Ainsi, il existe une position de la lentille qui donne une image nette à l'écran, si $\Delta \geq 0$, c'est-à-dire si $D \geq 4f'$.¹

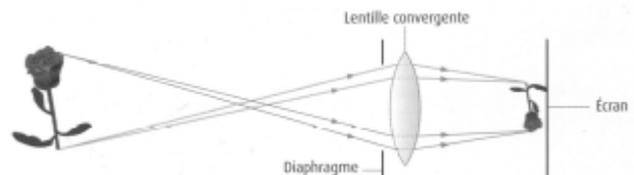
III Modèles de quelques dispositifs optiques

1 L'œil



On peut réduire le modèle de l'œil à :

- l'iris modélisé par un diaphragme
- le **cristallin** modélisé par une lentille convergente de focale variable
- la **rétine** modélisée par un écran.



La distance entre le cristallin et la rétine est de l'ordre de 2 cm.

a Plage d'accomodation

Au repos, le plan focal image du cristallin d'un œil emmétrope (sans défauts) se situe sur la rétine : on voit net les objets situés à l'infini. Pour un œil emmétrope, le punctum remotum, c'est-à-dire le point le plus éloigné que l'on peut voir net, se situe donc à l'infini.²

La contraction des muscles ciliaires permet de diminuer la focale du cristallin pour voir nets des objets proches. C'est le phénomène d'**accommodation**. Le punctum proximum, c'est-à-dire le point le plus proche que l'on peut voir net se situe à environ 20 cm de l'œil.³

b Pouvoir de résolution

Le pouvoir de résolution de l'œil, c'est-à-dire le plus petit angle que l'on peut distinguer, est d'environ 1 minute d'arc : $1' = \frac{1^\circ}{60} = \frac{\pi}{60 \times 180}$ rad.

1. On peut remarquer que les solutions vérifient $x_1 + x_2 = D$, ce qui est cohérent avec le principe du retour inverse de la lumière. En effet, si x est solution, en échangeant l'objet et l'écran, $D - x$ doit également être solution.

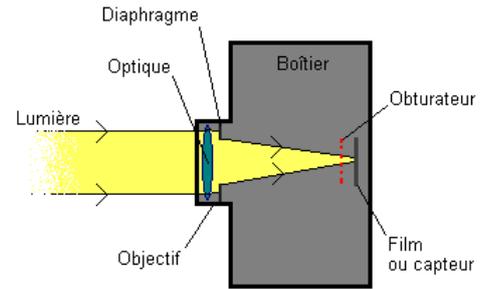
2. Pour un œil myope, le cristallin au repos est trop convergent. Dans ce cas, le punctum remotum se situe à distance finie : on voit flous les objets trop éloignés. Pour un œil hypermétrope, le cristallin au repos n'est pas assez convergent. Il faut alors constamment accommoder, même pour observer à l'infini, ce qui engendre une fatigue visuelle.

3. La distance du punctum proximum augmente avec l'âge : c'est la presbytie.

2 L'appareil-photo

Les 3 principaux éléments d'un appareil-photo sont :

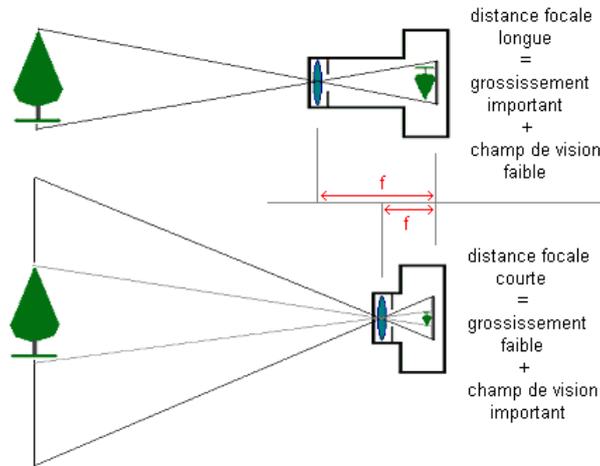
- l'objectif, modélisé par une lentille convergente mobile, de focale f'
- un diaphragme, caractérisé par son diamètre d'ouverture D ou son nombre d'ouverture $N = \frac{f'}{D}$
- un capteur constitué d'une matrice de cellules photosensibles, chaque cellule correspondant à un pixel



La mise au point sur un objet se fait par déplacement de l'objectif de sorte que l'image se forme sur le capteur.

a Champ

Le champ dépend de la focale f' : une longue focale permet d'obtenir un cadrage serré.

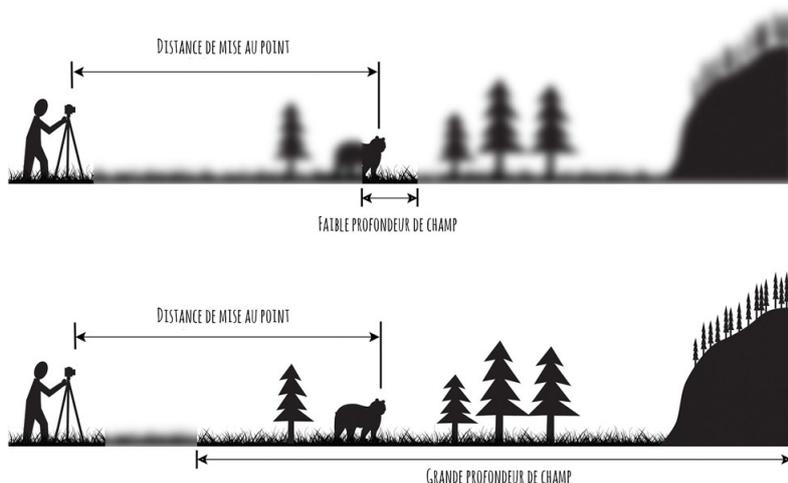


b Exposition

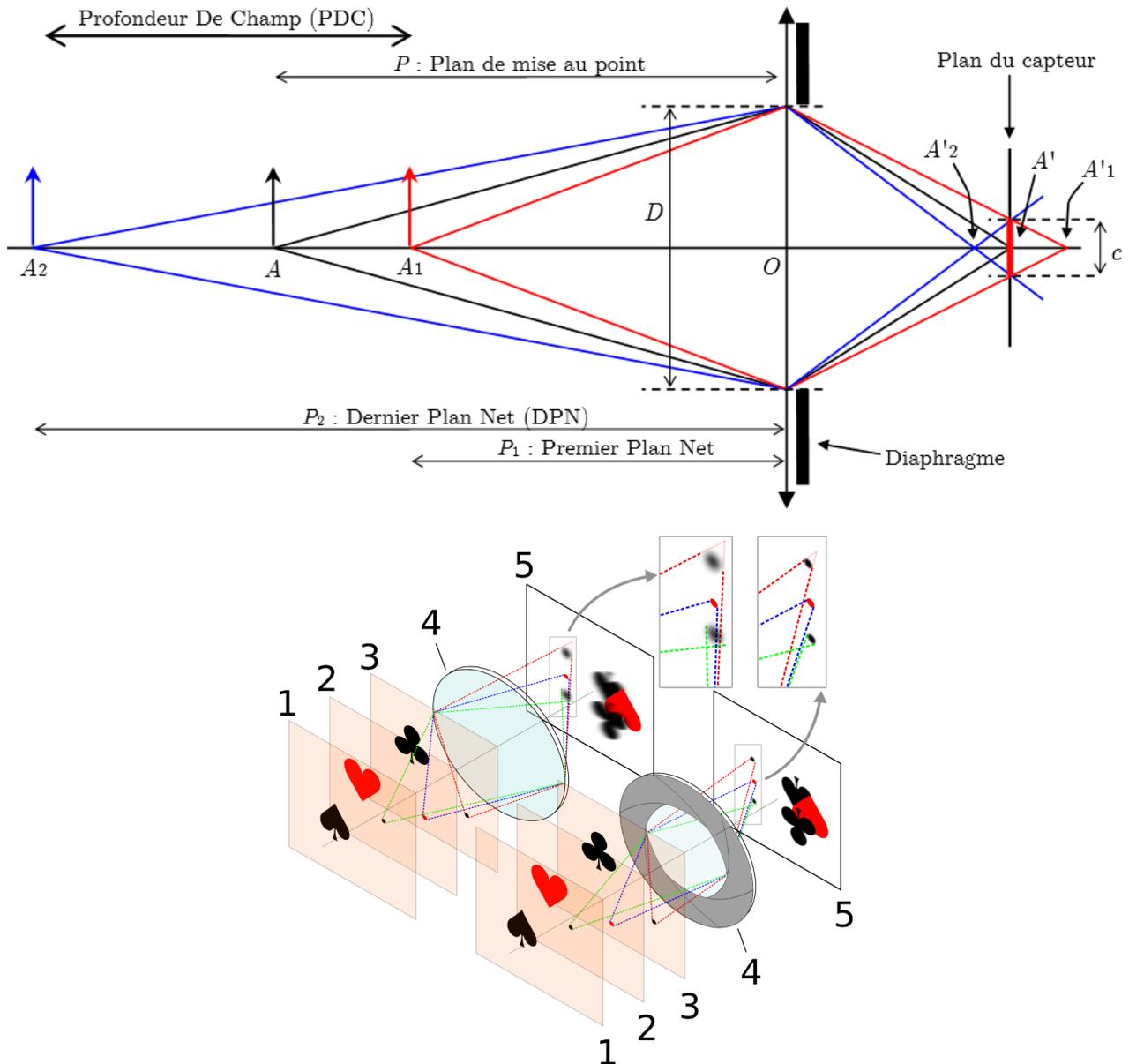
La durée d'exposition τ (ou temps de pose) est contrôlée par un obturateur qui s'ouvre au moment où la photo est prise. Plus la durée d'exposition est importante, plus la photo est lumineuse, mais plus les objets en mouvement apparaissent flous. La luminosité (ou exposition) est également contrôlée par l'ouverture du diaphragme : plus le diamètre d'ouverture est grand, plus la photo est lumineuse.

c Profondeur de champ

La profondeur de champ est la distance entre le premier et le dernier point qui apparaissent nets sur le capteur, c'est-à-dire dont la taille de l'image est inférieure à la taille c d'une cellule élémentaire du capteur.



La profondeur de champ diminue avec le diamètre d'ouverture du diaphragme D , donc augmente avec le nombre d'ouverture N .



Ainsi, il y a un compromis entre le temps d'exposition τ et l'ouverture du diaphragme D . Pour une même luminosité,

- un petit temps d'exposition et un grand diamètre d'ouverture rend nets les objets en mouvement, mais réduit la profondeur de champ
- un grand temps d'exposition et un petit diamètre d'ouverture rend flous les objets en mouvement, mais augmente la profondeur de champ.