

# Camera obscura

---

## Définition et principe

---

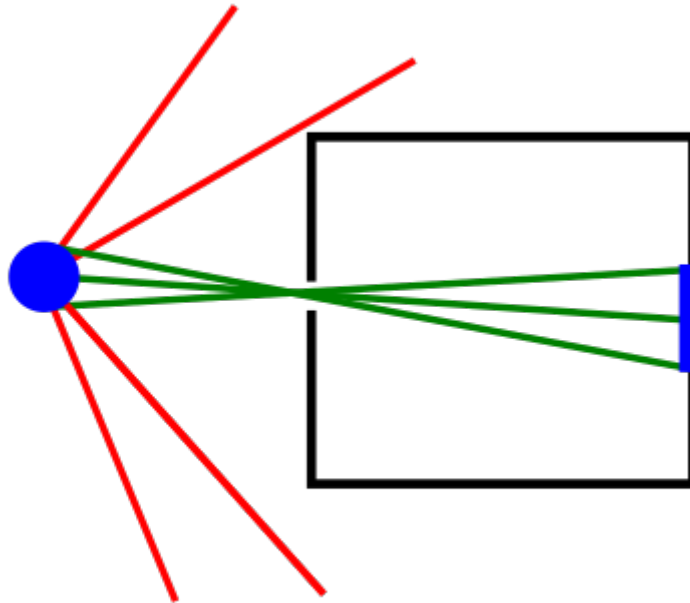
Pour les plus pressés : une [présentation](#) que j'ai faite pour un atelier dédié dans mon club photo.

La *camera obscura* signifie chambre noire en latin.

C'est à l'origine un moyen d'obtenir une image d'une scène par projection sur une surface plane. C'est le principe même d'un œil ou, plus tard, d'un appareil photo. Il adopte le même fonctionnement : la lumière passe à travers un *trou* et se projette sur une surface. Chaque objet de la scène émet ou réfléchit de la lumière. Ce sont ces rayons qui sont captés par la *camera obscura*.

Mettre simplement un écran devant une scène ne suffit pas puisque les rayons lumineux partent dans tous les sens et qu'un objet ne donne donc pas une image unique. On ne capte dans ce cas rien de bien visible, au mieux une tache lumineuse.

Si on ne conserve qu'une infime partie de ces rayons, alors on peut les projeter en une image unique : un unique rayon issu d'un point d'un objet donne un unique point sur la surface. Point par point, rayon par rayon, l'image est bien unique, et donc visible. Sur l'exemple ci-dessous, seuls les rayons schématisés en vert sont captés par la camera obscura et projeté sur son fond pour créer une image de l'objet bleu.



Il y a deux effets gênants à ce système :

- Si vous observez bien le schéma, vous constaterez que le rayon qui part du haut de l'objet est projeté en bas de l'image, et celui du bas projeté en haut (même chose pour la gauche et la droite dans un monde réel en trois dimensions). L'image est donc à l'envers, tournée de  $180^\circ$  suivant l'axe du trou (haut-bas et gauche-droite). C'est un problème si on veut par exemple peindre la scène, ce qui était la raison première de l'invention de la camera obscura.
- Plus on veut une image nette, moins il faut capter de rayons en ayant un trou le plus petit possible. Mais dans ce cas, on capte moins de lumière et l'image sera sombre.

Ces problèmes ont été résolus successivement par l'emploi de miroirs puis de lentilles : les miroirs ont la capacité de renverser les images, et les lentilles concentrent les rayons de lumière, ce qui permet de capter plus de rayons (donc plus de lumière) tout en n'ayant toujours qu'une seule image.

# Le sténopé

---

Un sténopé est l'application moderne de la camera obscura, plus proche d'un appareil photo rudimentaire. L'idée est de projeter l'image sur une surface sensible de type papier photographique (photosensible).

## Dimensionnement théorique

Tout comme un appareil photo, le sténopé est caractérisé par quelques grandeurs comme la longueur focale, l'ouverture et la sensibilité du "capteur" (ici le papier).

### Focale

Si l'ouverture est suffisamment faible, les rayons issus de points à l'infini vont se concentrer en un unique point sur le papier photographique, c'est l'exacte définition du point focal. La distance focale  $f$  est donc égale à la distance entre l'ouverture et le papier photographique.

### Ouverture

L'ouverture optimale pour la netteté est la plus faible possible. Mais plus une ouverture est faible, plus le phénomène de diffraction est visible : les rayons sont déviés et entrent en interférence avec d'autres rayons, créant des figures d'interférences sous forme de cercles sombres sur le papier, ce qu'on appelle la tache d'Airy. Il faut donc s'assurer que le diamètre du plus petit de ces cercles soit le même que celui du trou, c'est-à-dire à dire que l'image du trou lui-même même n'est pas modifiée.

Le développement complet est accessible sur la [page wikipédia de la tâche d'Airy](#). En résumé, le diamètre  $d$  de l'ouverture doit être le plus proche de :

$$d = 0.03679\sqrt{f}$$

Et le nombre d'ouverture  $N$  s'obtient par :

$$N = \frac{f}{d}$$

Ce nombre peut être très élevé, bien plus que pour une optique d'appareil photo classique, potentiellement de l'ordre de 200 à 400 (donc  $f/200$  à  $f/400$ ).

Exemple :

- une canette de bière en aluminium de 50 cL a un diamètre de 66 mm, c'est la distance focale  $f$
- le diamètre optimal du trou est 0,30 mm (un trou d'épingle mesure environ 0,5 à 0,6 mm)
- cela donne un nombre d'ouverture de 220 ( $f/220$ )

## Sensibilité ISO

La sensibilité est uniquement liée au papier. Elle doit être mentionnée sur la fiche technique. Elle est généralement très faible par rapport à un capteur photo classique, de l'ordre de 3 à 5.

## Durée d'exposition

Il semble que ça fonctionne *au pif*. Mais je propose une méthode basée sur la règle de l'[[exposition et règle des équivalences]].

L'idée est d'utiliser un appareil photo classique et d'obtenir une photo bien exposée de la scène. Peu importe si elle est floue, mal cadrée, etc., il faut que la luminosité captée soit correcte. On note les réglages de sensibilité, ouverture et durée, et on les convertit suivant la règle des équivalences pour obtenir le temps d'ouverture.

- la durée est proportionnelle à la sensibilité : une photo prise en ISO 100 nécessitera 20 fois moins de temps que pour un papier de sensibilité ISO 5 ( $100 / 5 = 20$ )
- la durée est proportionnelle à la surface de l'ouverture, donc au carré du nombre d'ouverture : il faut 2500 fois plus de temps pour une photo à  $f/200$  qu'à  $f/4$  ( $200 / 4 = 50$ , et  $50 * 50 = 2500$ )

Exemple :

- le sténopé a une ouverture de  $f/220$  et un papier de sensibilité ISO 5
- la photo numérique est bien exposée pour ISO 100,  $f/4$  et  $1/200$  ème de seconde
- le ratio des ISO est de 20, celui des nombres d'ouverture 55, donc le temps va être proportionnel à  $20 * 55 * 55 = 60500$
- le temps d'ouverture du sténopé pour une exposition équivalente est donc  $1/200 * 60500 = 302,5$  s (environ 5 min)

## Bonus

Pour ceux que les calculs rebutent, j'ai préparé un tableau (format OpenOffice, lisible dans tout tableur) : [Stenope.ods](#)

Dans la partie haute du tableau, vous pouvez remplir sur la gauche les caractéristiques de votre sténopé et du papier, dans les cases sur fond vert. Sur la droite, vous pouvez, pour une photo numérique donnée, remplir les caractéristiques d'ouverture, de sensibilité ISO et de durée. Cette durée est exprimée en x ème de seconde (1000 correspond à 1/1000 ème de seconde). Le résultat est le temps d'exposition équivalent pour le sténopé, au format *Heures:Minutes:Secondes*. Les valeurs sont pré-remplies avec l'exemple précédent.

Il y a ensuite 3 tableaux successifs qui correspondent à des temps pré-calculés pour 3 sensibilités ISO de votre appareil numérique (100, 200 et 400). En colonnes les durées d'exposition de votre photo numérique (toujours en x ème de seconde), et en lignes les nombres d'ouverture de l'appareil pour la photo numérique (f/x). Les résultats sont les durées d'exposition équivalentes en *Heures:Minutes:Secondes*. Imprimez ces tableaux pour les emmener avec vous en sortie sténopé !