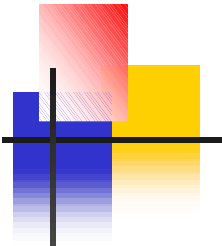


L 'optique appliquée à la Photographie

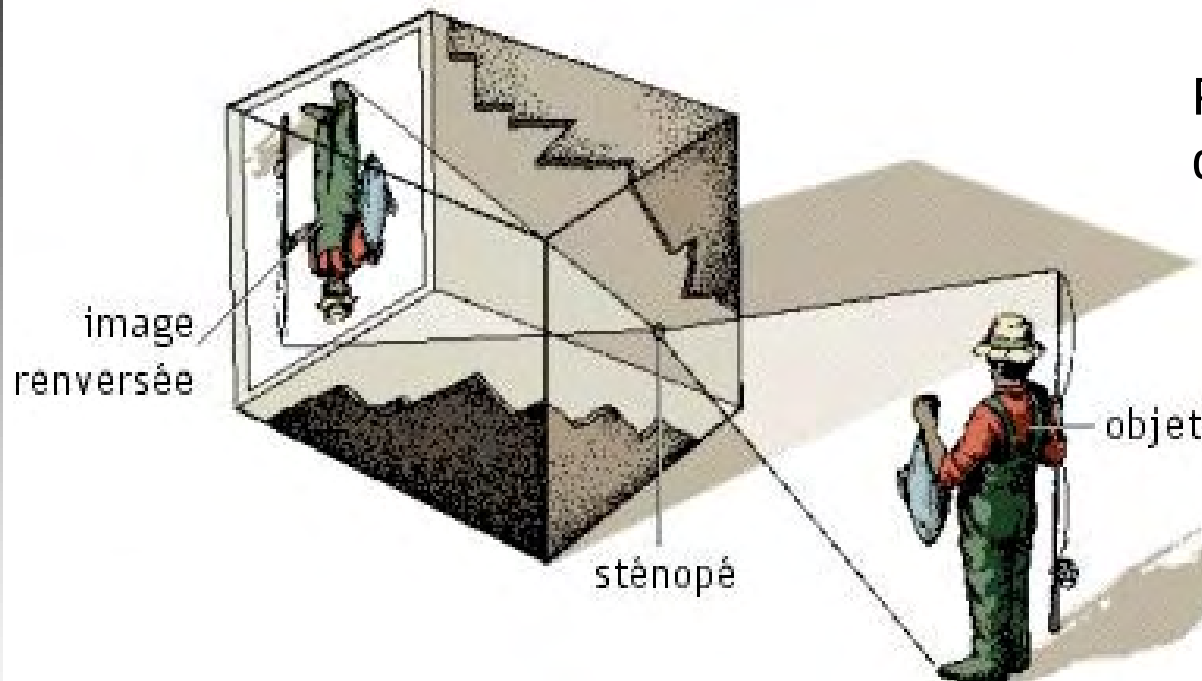
J. Bernier - 2008

Sommaire

- 
- Notions de base en optique
 - Comment fonctionne une optique
 - Exemples d 'optiques pour la photographie
 - Les aberrations
 - Qualité et performances d 'une optique
 - Comment sont conçues les optiques
 - La profondeur de champ (à venir)
 - La polarisation de la lumière (à venir)
 - La photométrie et la colorimétrie (à venir)

L 'optique la plus simple !

Le sténopé : invention chinoise datant de 500 ans avant notre ère.



Intérêt

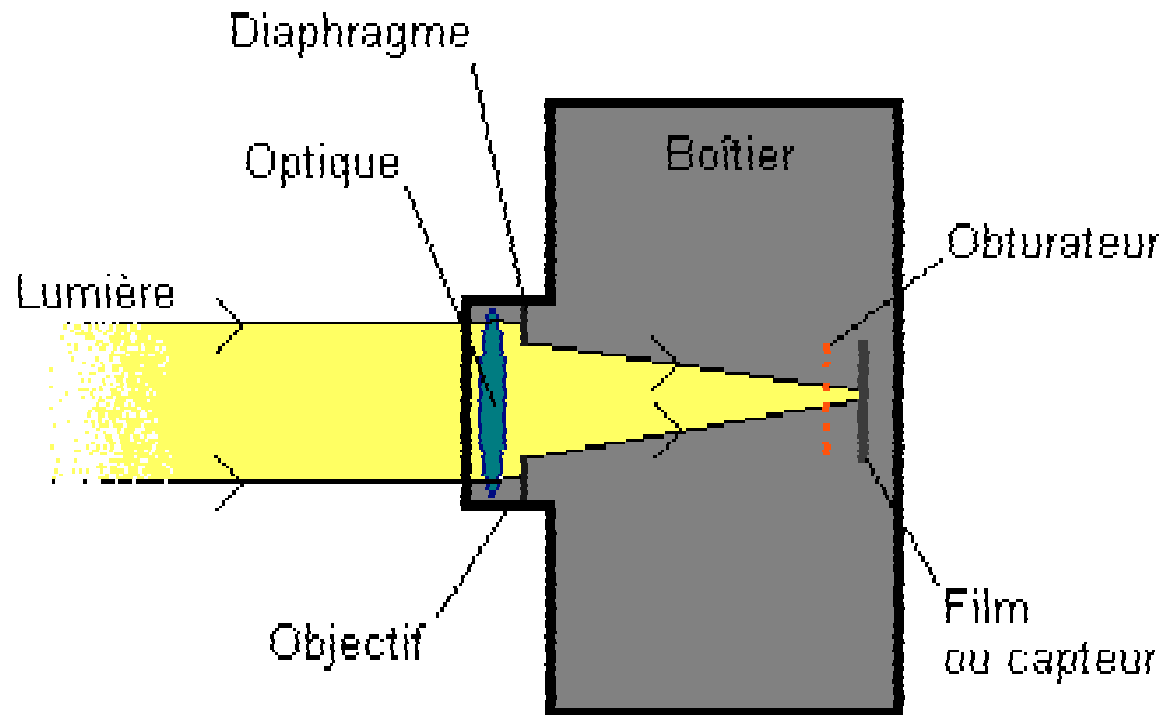
Produire à frais réduits des négatifs de grands voire de très grands formats directement utilisables.

Limitations

Résolution image et luminosité.

Chambre noire : Camera Obscura

Schéma d 'un appareil photo



Les notions de base de l'optique

• Définitions relatives à une optique

- Au premier ordre, une optique photographique est définie par :
 - Sa focale (ou gamme de focale si il s 'agit d 'un zoom)
 - Son nombre d 'ouverture, ou ouverture numérique maximale. Plus le chiffre est faible, plus l 'objectif est lumineux.

N.O. = Focale / Diamètre de pupille d 'entrée de l 'objectif

- Le champ image couvert par l 'objectif (24x36, Format APS-C 16x24...).
- Autres caractéristiques importantes :
 - Distorsion image, qualité image (aberrations chromatiques ...), Vignettage, Transmission, Stabilisation image...
- Exemples :
 - F28/2.8 -> objectif de 28 mm de focale ouvrant à F/2.8 à pleine ouverture, c 'est à dire avec une pupille d 'entrée de 10 mm
 - F16-85/3.5-5.6 -> Objectif à focale variable (Zoom) allant de 16 à 85 mm, ouvrant à F/3.5 en courte focale et à F/5.6 en grande focale.

Les notions de base de l'optique

- **Le diaphragme permet de régler le nombre d'ouverture :**

- Variation en suivant une progression géométrique de raison " Racine de 2 " -> La quantité de lumière double à chaque cran du diaphragme
- Exemple pour un objectif de 50 mm de focale

N.O.	1,4	2	2,4	4	5,6	8	11	16
D (mm)	36	25	18	12,5	9	6,25	4,5	3,12

- L'éclairement du film (ou du capteur) est inversement proportionnel au carré du nombre d'ouverture

$$Eclairement = cste. \frac{1}{n^2}$$

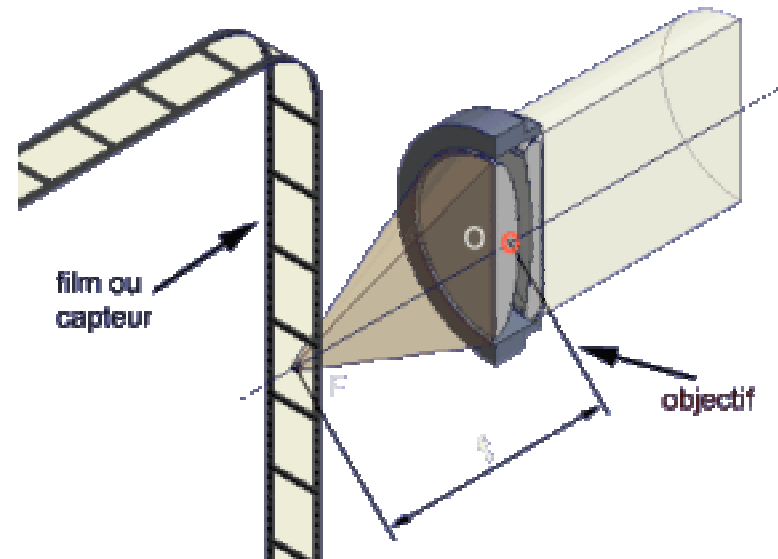
- Pour conserver une exposition constante, le temps d'exposition doit être doublé lorsque l'on ferme le diaphragme d'un cran.

Les notions de base de l'optique

- **Distance focale :**

- Distance focale est la distance séparant le plan de la pellicule ou du capteur du centre optique de l'objectif, réglé sur l'infini

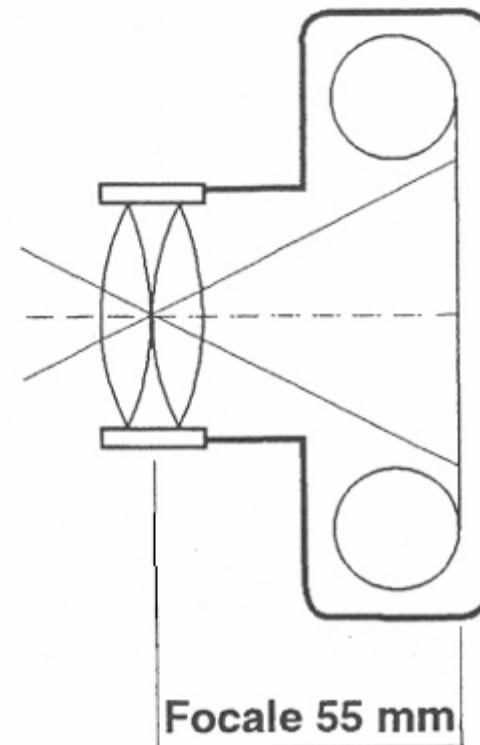
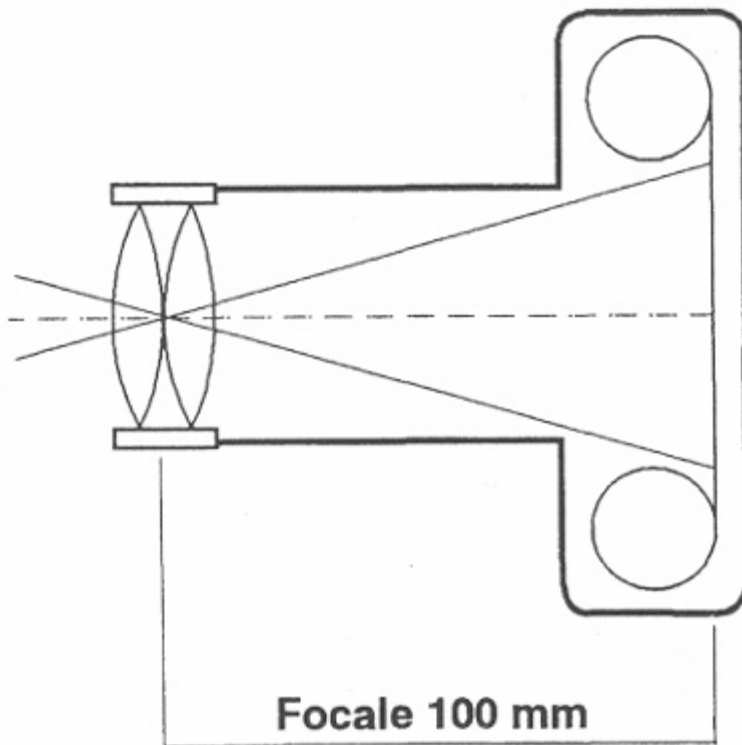
- La distance focale est exprimée en mm
- Détermine le grossissement observé au travers de l'objectif



Les notions de base de l'optique

- **Distance focale**

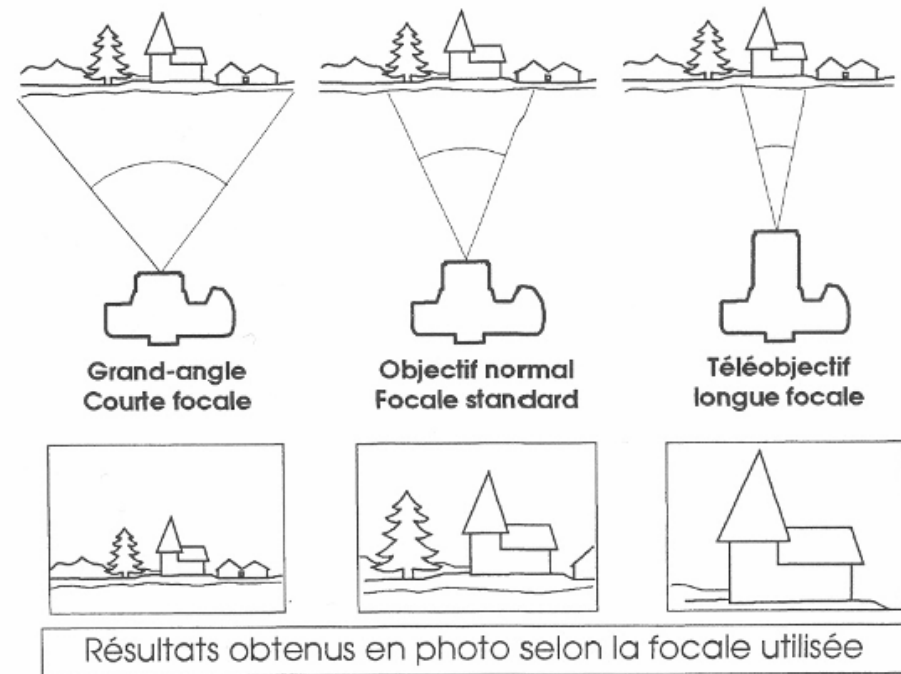
Champ image = Focale $\times$ (2 $\times$ Tangente de l'angle de demi champ)



Les notions de base de l'optique

- **Pour un format 24x36 on considère :**

- Une optique de f 24mm comme un grand angle
- Une optique de f 40 à 55 mm un objectif normal (angle de vision de l'œil)
- Une optique de f 200mm comme un téléobjectif



Les notions de base de l'optique

- Distance focale



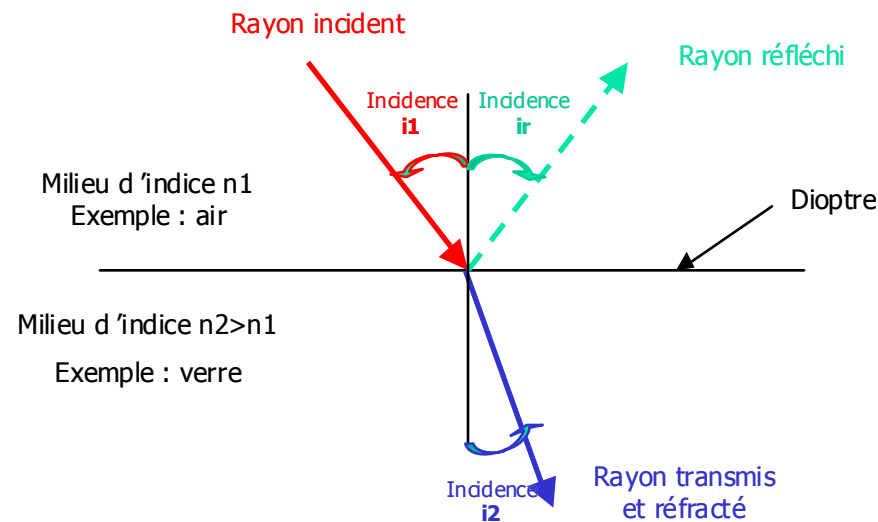
Les notions de base de l'optique

- Distance focale



Comment fonctionne une optique ?

- **Les optiques dioptriques (à lentilles) utilisent le principe de la réfraction optique :**

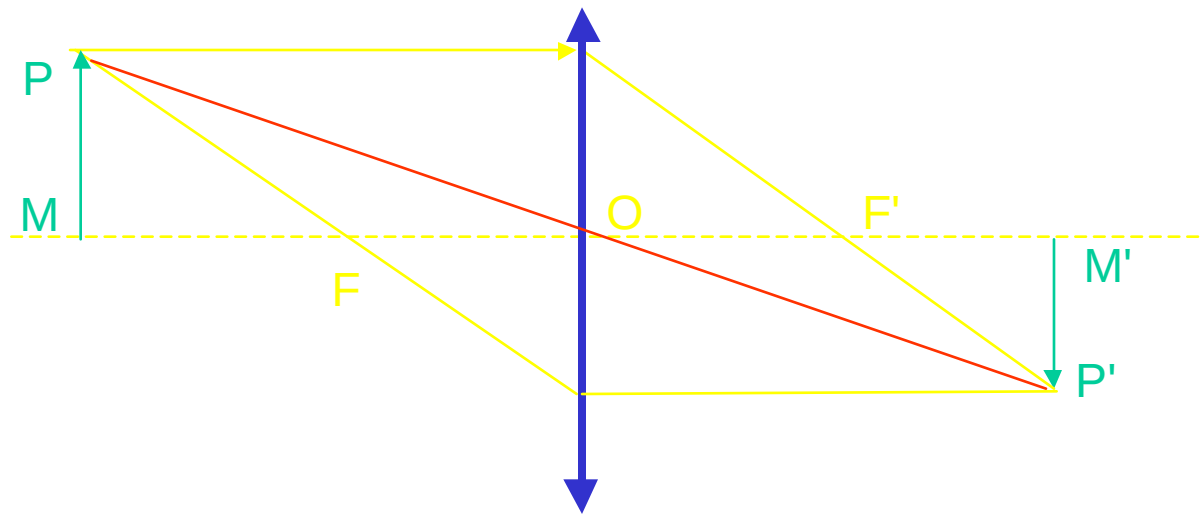


- Lois de Descartes : $n1.\sin i1 = n2.\sin i2$

Comment fonctionne une optique ?

- **Formation de l'image :**

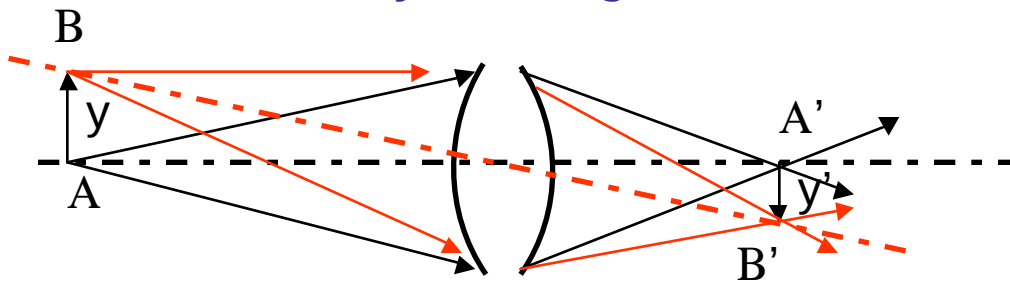
- Un objet lumineux peut être décomposé en points-sources
- De chaque point-source part un faisceau de rayons dans toutes les directions de l'espace
- Sous certaines conditions, tous les rayons issus d'un point-source se rejoignent à la sortie du système optique, en un point qu'on appelle le point-image
- L'ensemble des points-images constitue l'image de l'objet initial



Comment fonctionne une optique ?

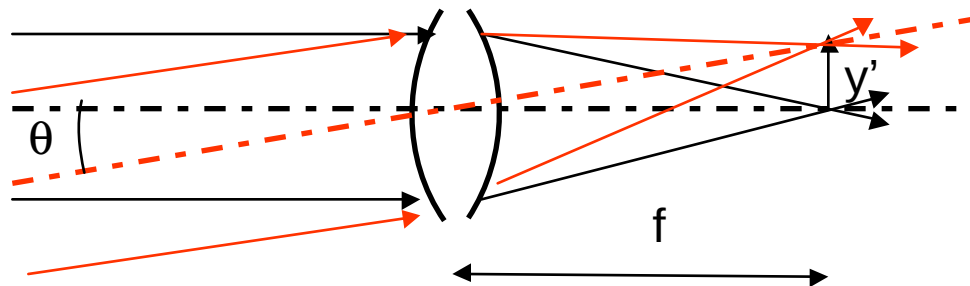
- **Deux exemples d'utilisation en photographie :**

- Objet et image à distances finies (Cas en macrophotographie)



Grandissement transversal
= rapport entre dimensions
Image et objet
 $gy = y'/y$

- Objet à l'infini, image au plan focal (prise de vue de paysage)

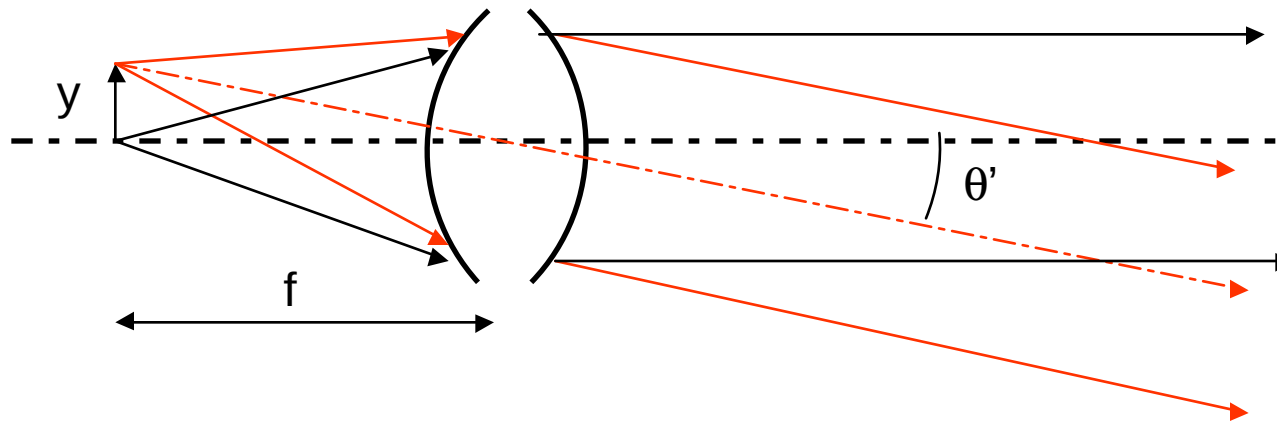


Dimension de l'image
 $y' = f \operatorname{tg} \theta$
f = distance focale
de l'objectif

Comment fonctionne une optique ?

- **Autre application : oculaires et collimateurs**

- Objet à distance finie, image à l'infini



$$y = f \operatorname{tg} \theta'$$

Comment fonctionne une optique ?

- **Formation de l'image :**

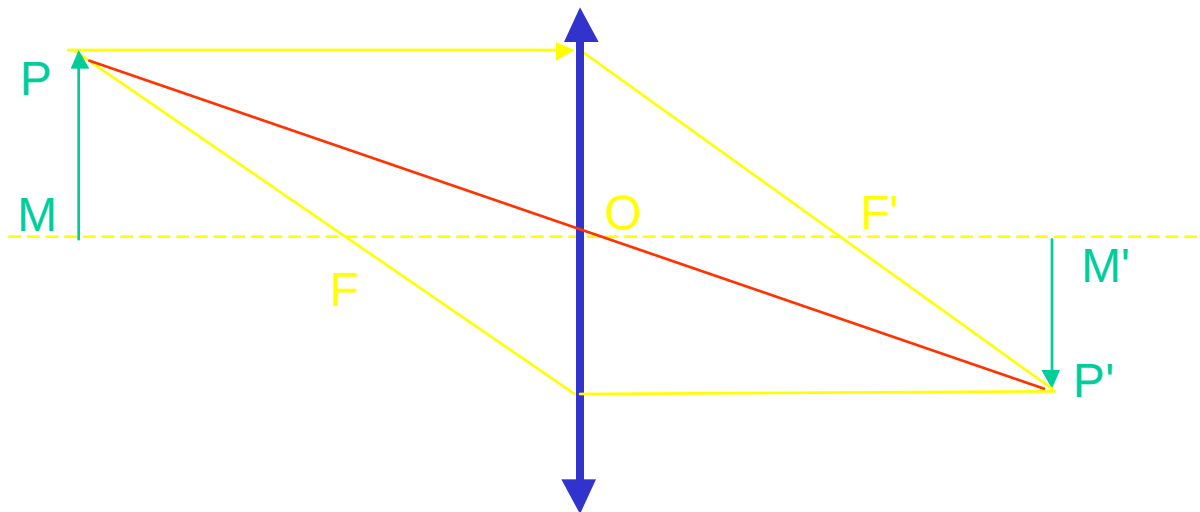
- Quelques formules de base

$$\frac{1}{OM} + \frac{1}{OM'} = \frac{1}{OF} = \frac{1}{OF'}$$

$$G_y = \frac{MP'}{MP} = \frac{OM}{OM'} \quad G_x = G_y * G_y$$

- Quelques points remarquables

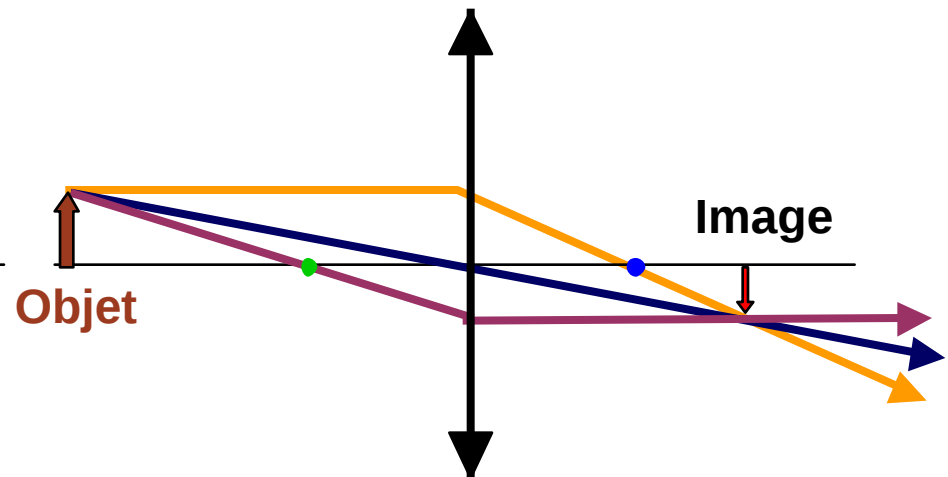
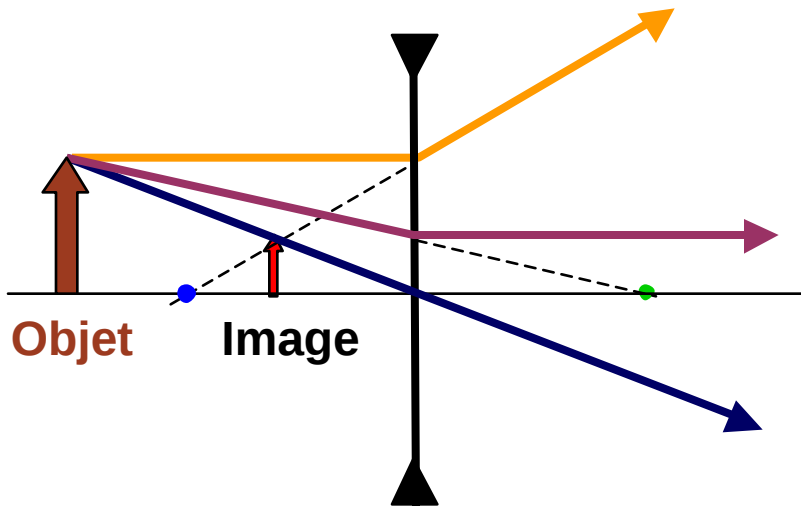
- Foyers principaux
- Points où $G_y = -1$



Comment fonctionne une optique ?

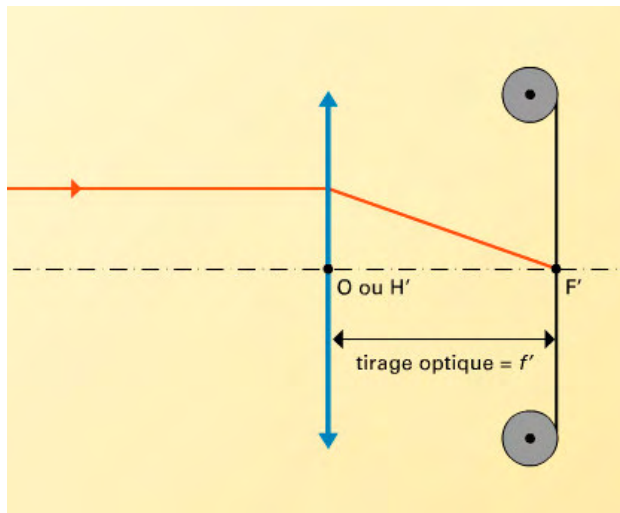
- **Rayons principaux (approximation paraxiale)**

- Rayon passant par le centre de la lentille n'est pas dévié
- Rayon parallèle à l'axe optique ressort en passant par le foyer image F'
- Rayon passant par le foyer F ressort parallèle à l'axe optique

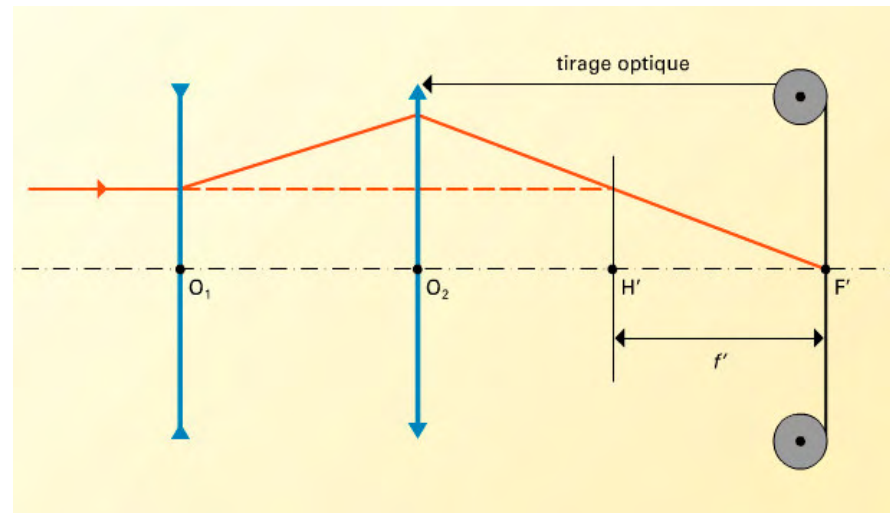


Exemples d 'optiques pour la Photo

- Grand angle ou " Retrofocus " :
 - Problème posé par les boîtier reflex : comment avoir un tirage optique supérieur à la focale pour laisser la place au miroir de renvoi ?



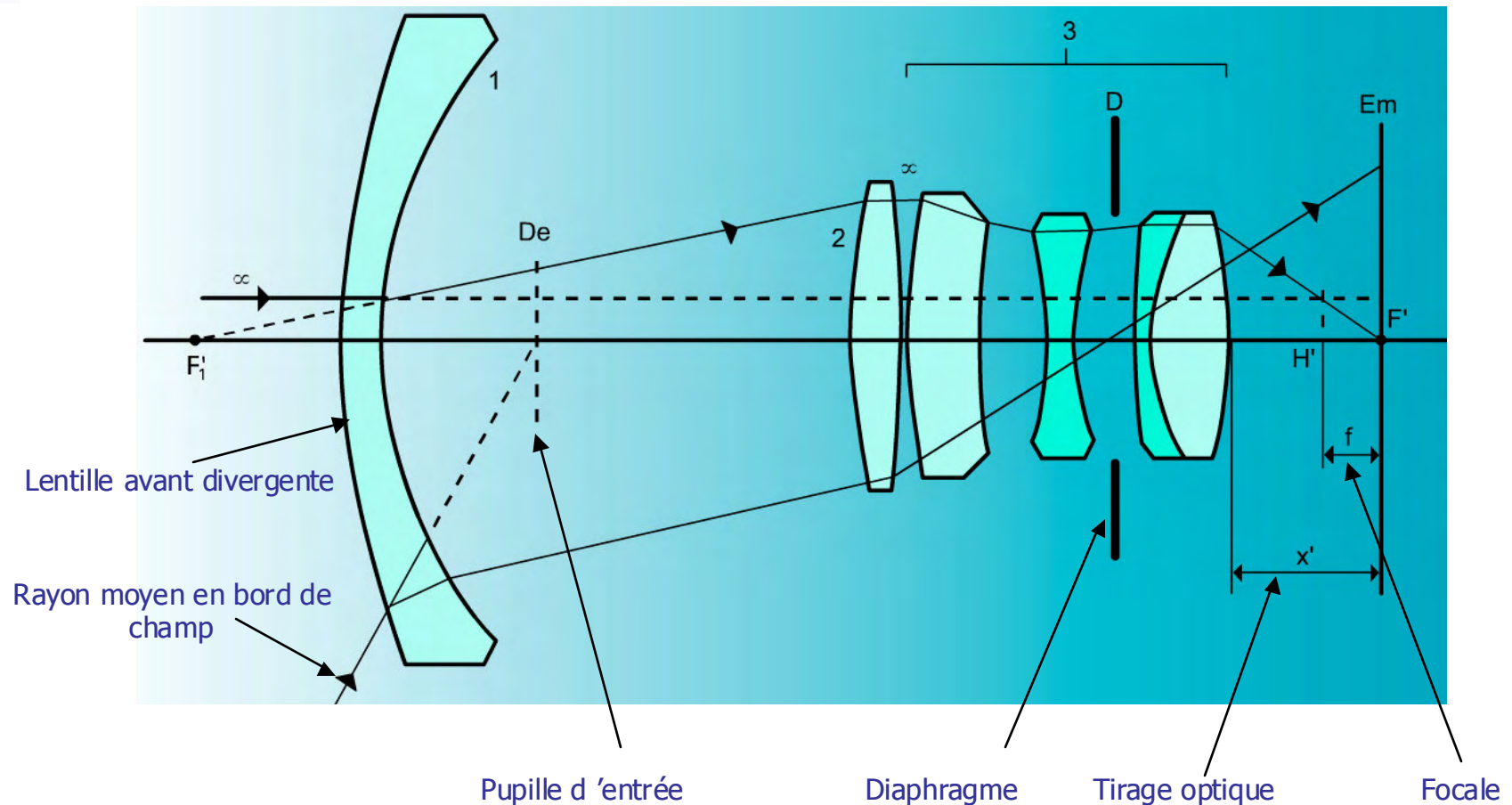
Optique standard type 50 mm



Objectif type Retrofocus avec une lentille divergente en entrée

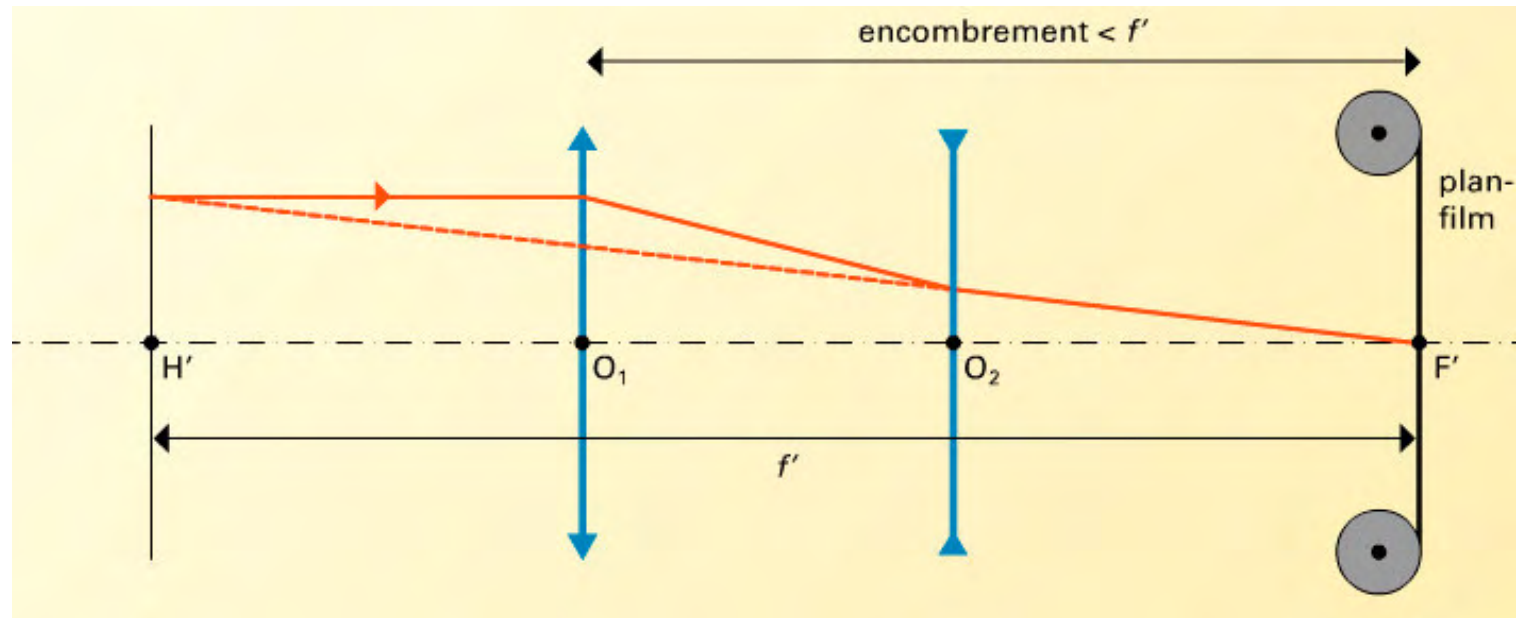
Exemples d 'optiques pour la Photo

- Retrofocus : exemple de formule optique



Exemples d 'optiques pour la Photo

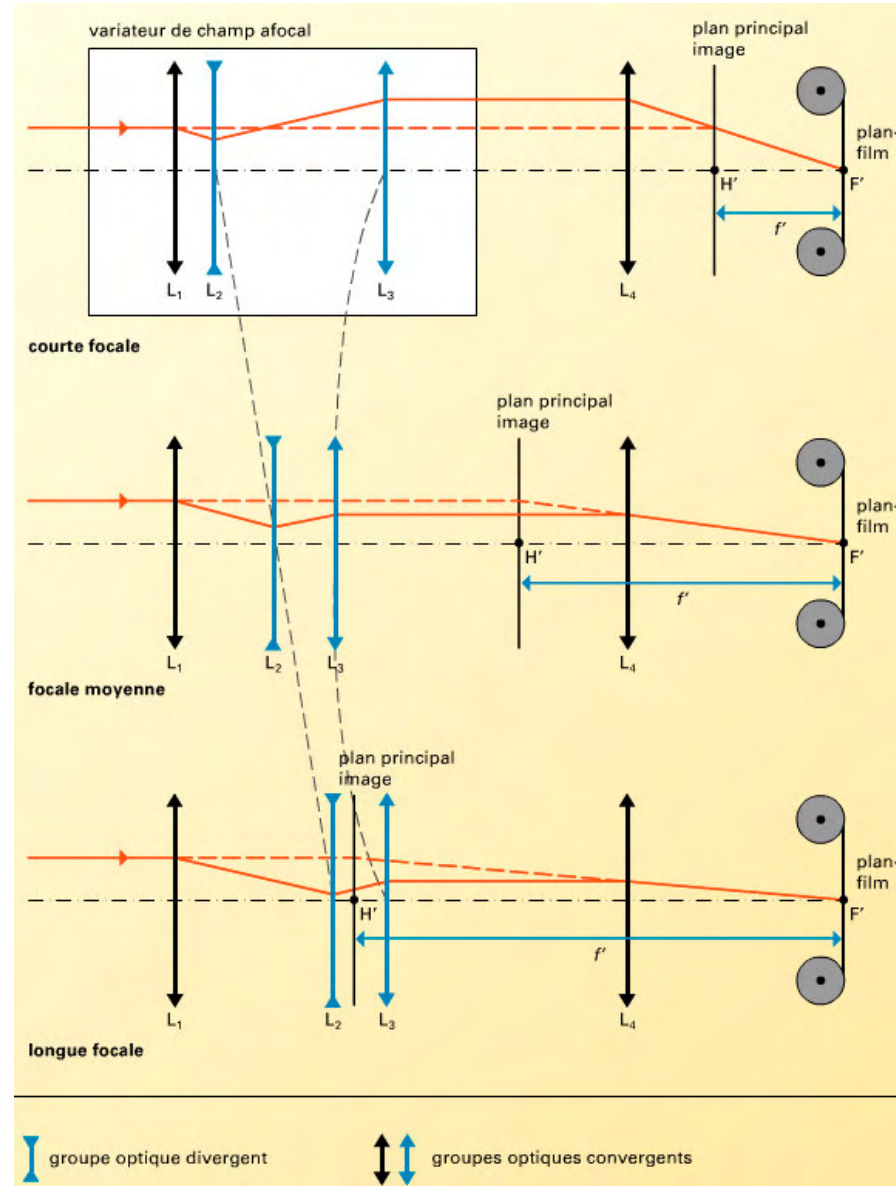
- Les grandes focales ou téléobjectif :
 - Où comment faire un objectif de grande focale et d 'encombrement réduit !



Téléobjectif associant un groupe convergent avec un groupe divergent
(principe du doubleur de focale)

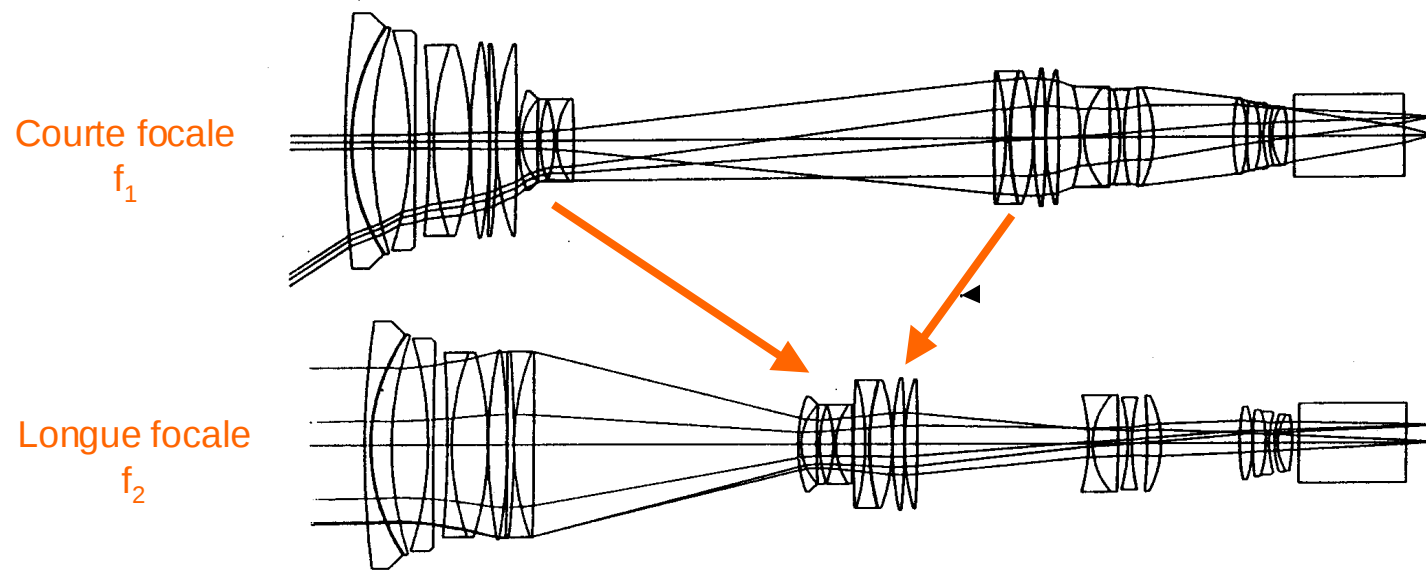
Exemples d'optiques pour la Photo

- **Zoom :**



Exemples d 'optiques pour la Photo

- **Zoom : invention de Angénieux en 1956**



Ici : $f_2 = 42 \times f_1$

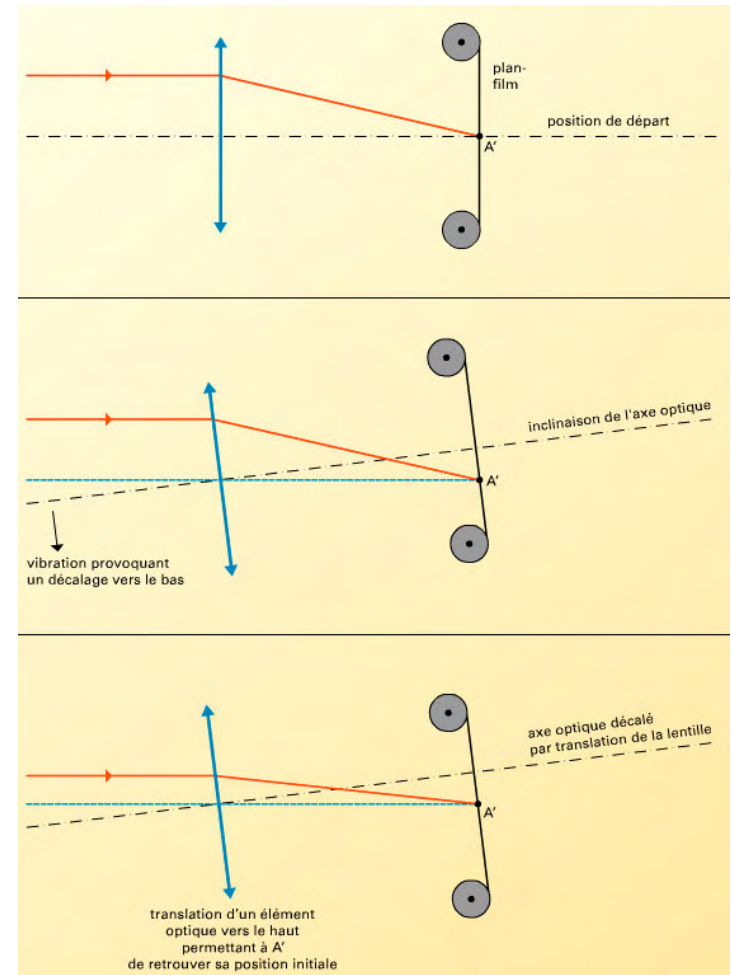
Optiques stabilisées

- 2 solutions possibles :

- **Stabilisation par déplacement transversal du capteur**
 - **Avantage** : fonction applicable à tous les objectifs
 - **Inconvénient** : pas de stabilisation de la visée
- **Stabilisation par déplacement transversal d'un groupe optique**
 - Principe décrit par le schéma ci-contre
 - **Avantage** : visée stabilisée
 - **Inconvénient** : chaque objectif doit être équipé !

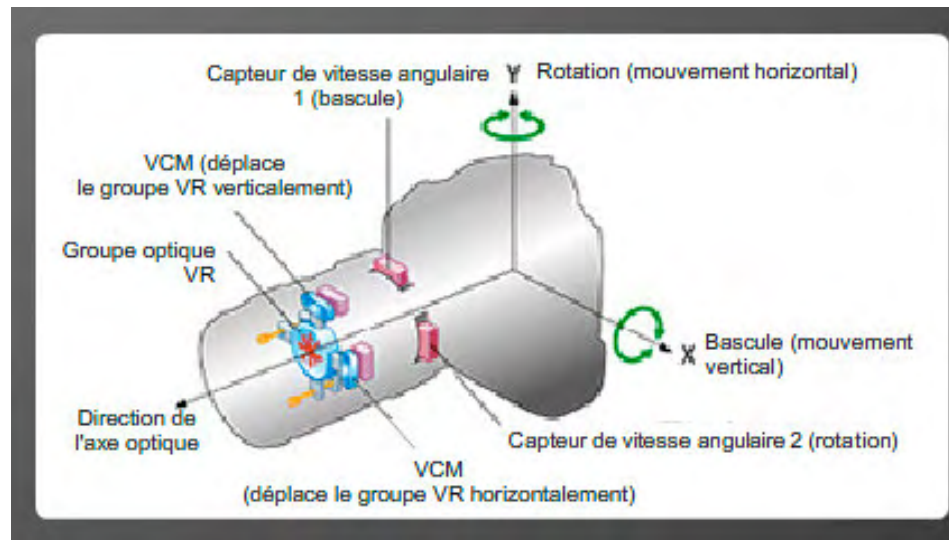
- **Intérêt :**

- Les grandes focales
- En macrophotographie
- Dans les conditions d'éclairage difficiles

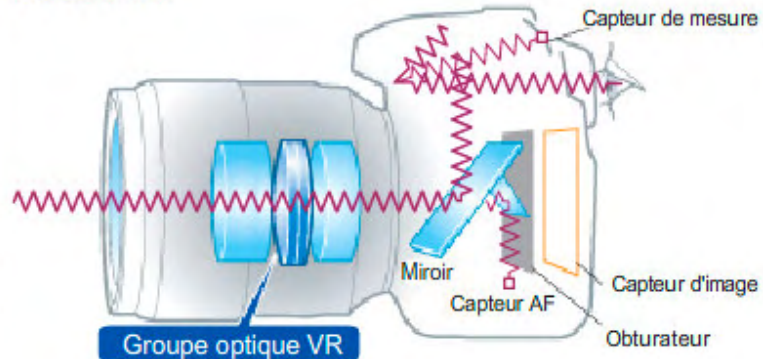


Optiques stabilisées

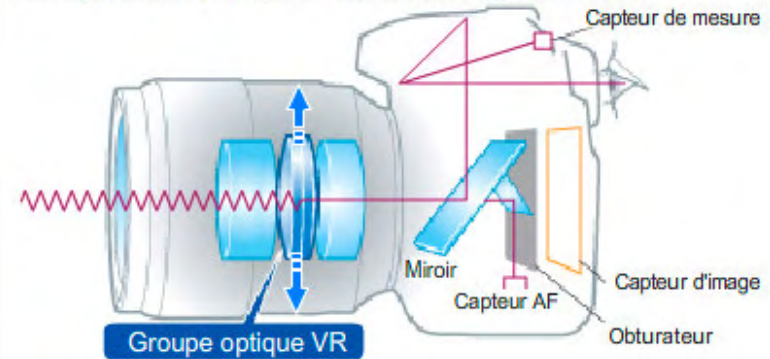
- **Solution NIKON**



VR désactivé

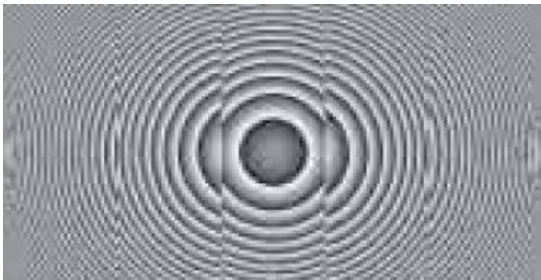


Lorsque le déclencheur est enfoncé à mi-course



L 'optique diffractive arrive

- **Nouvelle génération d 'optique utilisant des éléments diffractifs (et non réfractifs = lentille)**
 - Optiques plus compactes
 - Meilleure correction du chromatisme
- **Élément diffractif :**
 - Optique souvent plane avec des microgravures permettant de donner une fonction optique telle que la focalisation



Exemple de motif gravé

