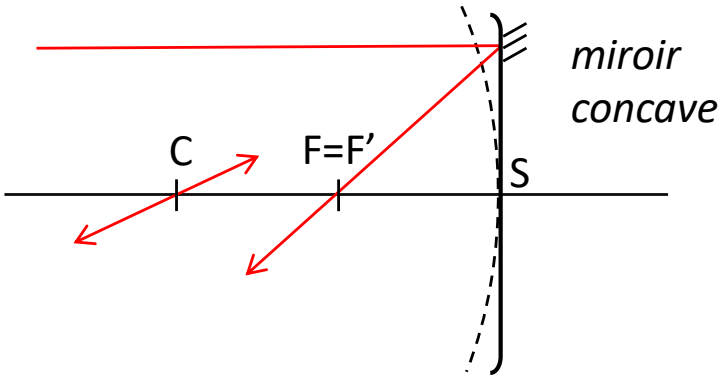
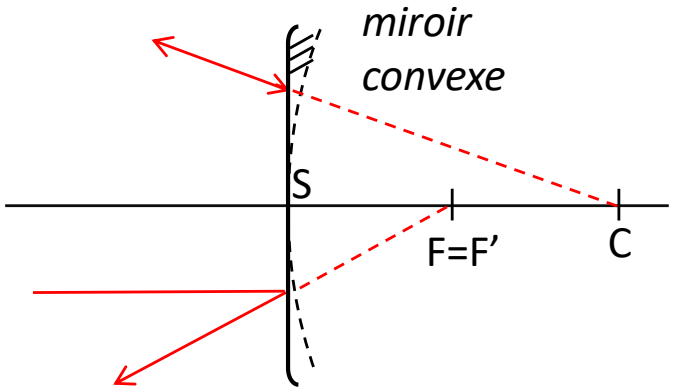
MIROIR(S)

Les systèmes optiques à miroirs

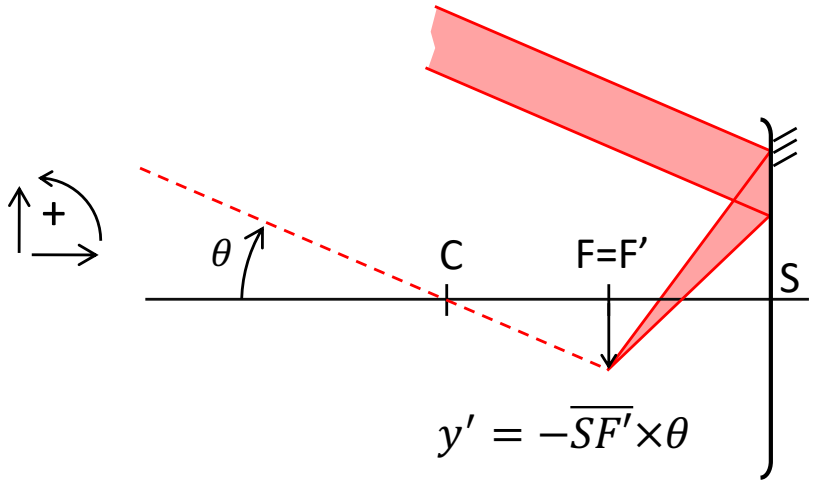




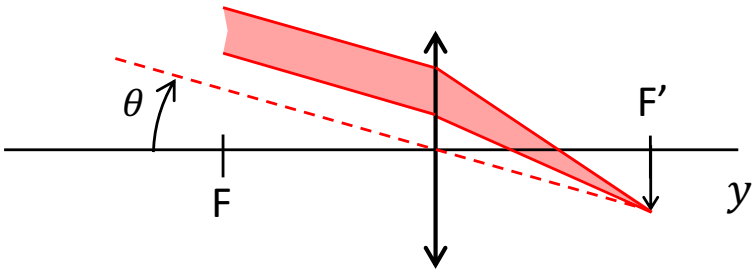
A l'usage, on ne mentionne pas le signe du rayon de courbure mais on spécifie sa concavité (concave ou convexe). Le signe est important dans les logiciels de conception ou lorsqu'on utilise les formules de conjugaison. Les plans principaux sont localisés sur la surface.

$$f' = \overline{SF'} = \overline{SF} = \frac{Rayon\ de\ courbure}{2} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

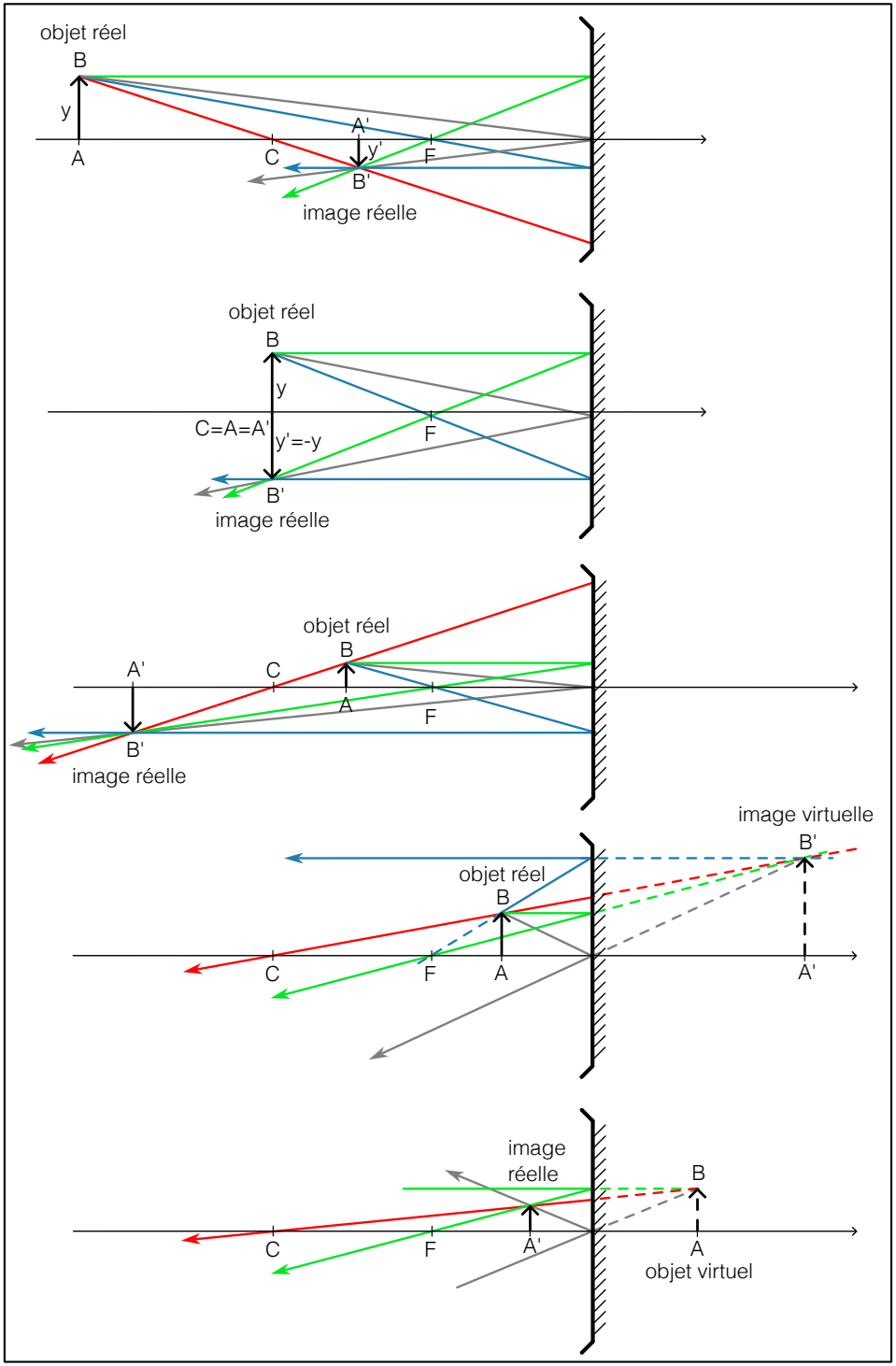
$$A \xrightarrow{miroir} A' \quad \begin{cases} \dfrac{1}{\overline{SA}} + \dfrac{1}{\overline{SA'}} = \dfrac{2}{\overline{SC}} \qquad \dfrac{1}{\overline{CA}} + \dfrac{1}{\overline{CA'}} = \dfrac{2}{\overline{CS}} \\ g_y = -\dfrac{\overline{SF}}{\overline{FA}} = -\dfrac{\overline{FA'}}{\overline{SF}} = -\dfrac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} = +\dfrac{\overline{CA'}}{\overline{CA}} \end{cases}$$

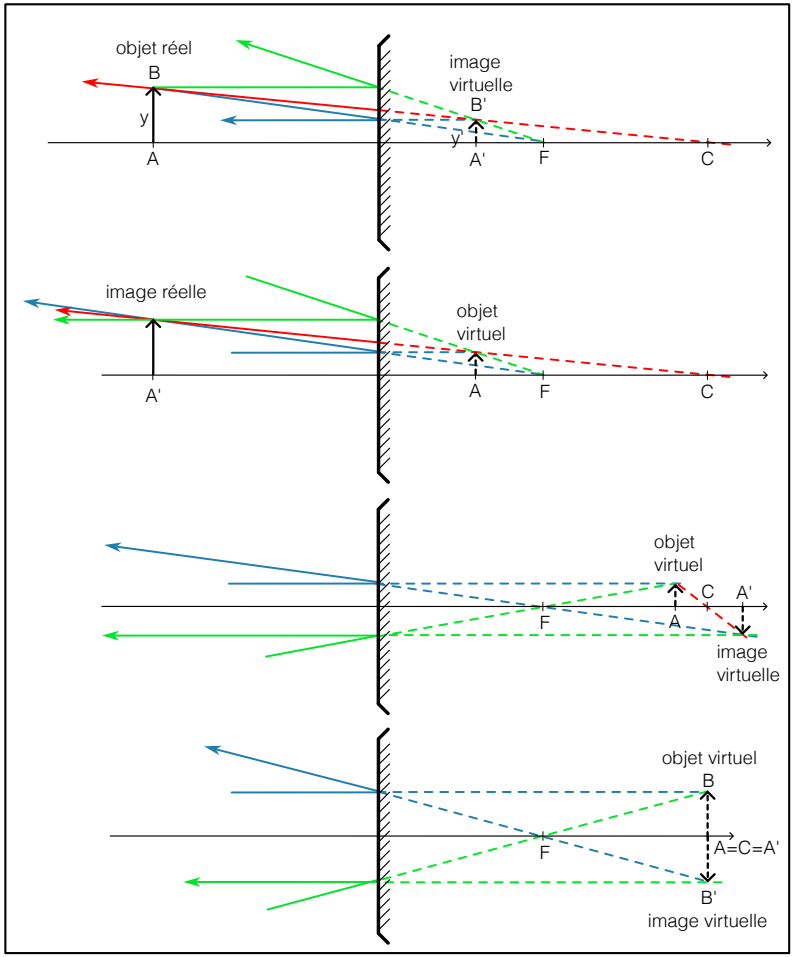


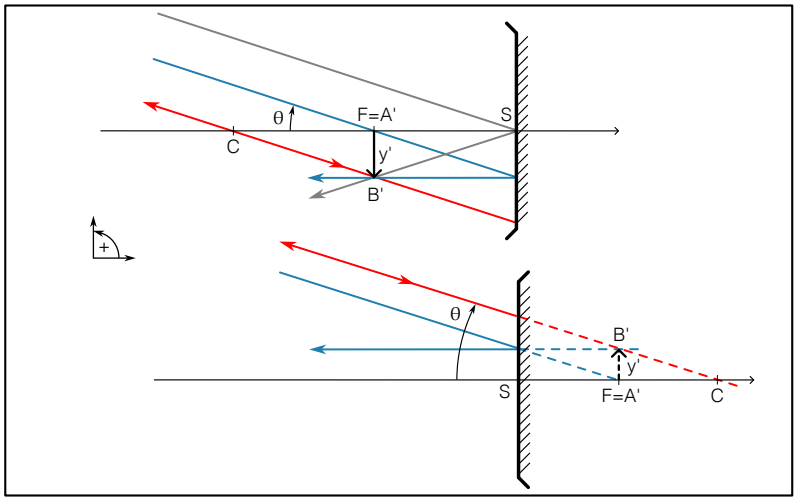
$$y' = -\overline{SF'} \times \theta$$



$$y' = f' \times \theta$$

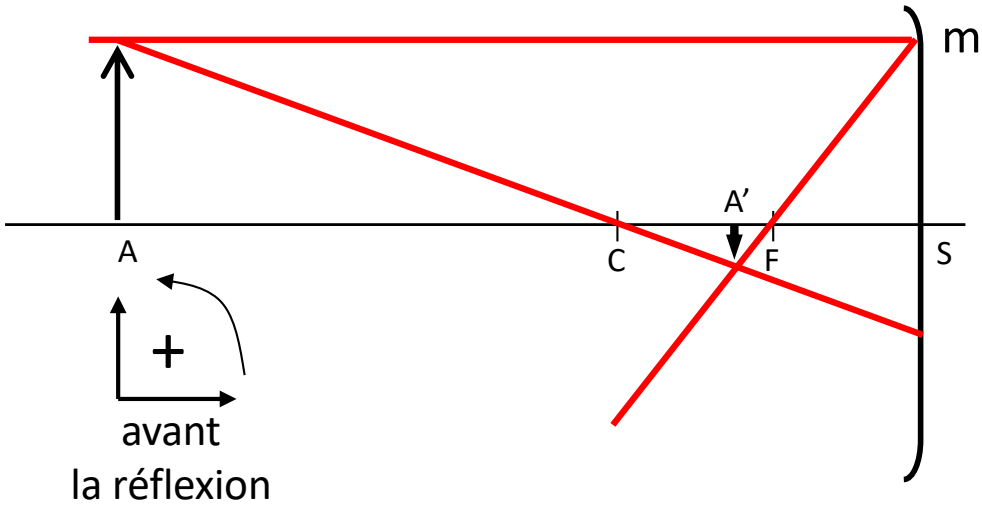

objet réel
B
y
A
C
A'
y'
F
B'
image réelle
objet réel
B
y
C=A=A'
y'=-y
F
B'
image réelle
objet réel
B
A'
C
A
F
B'
image réelle
image virtuelle
B'
objet réel
B
C
F
A
A'
image
réelle
B
C
F
A'
A
objet virtuel

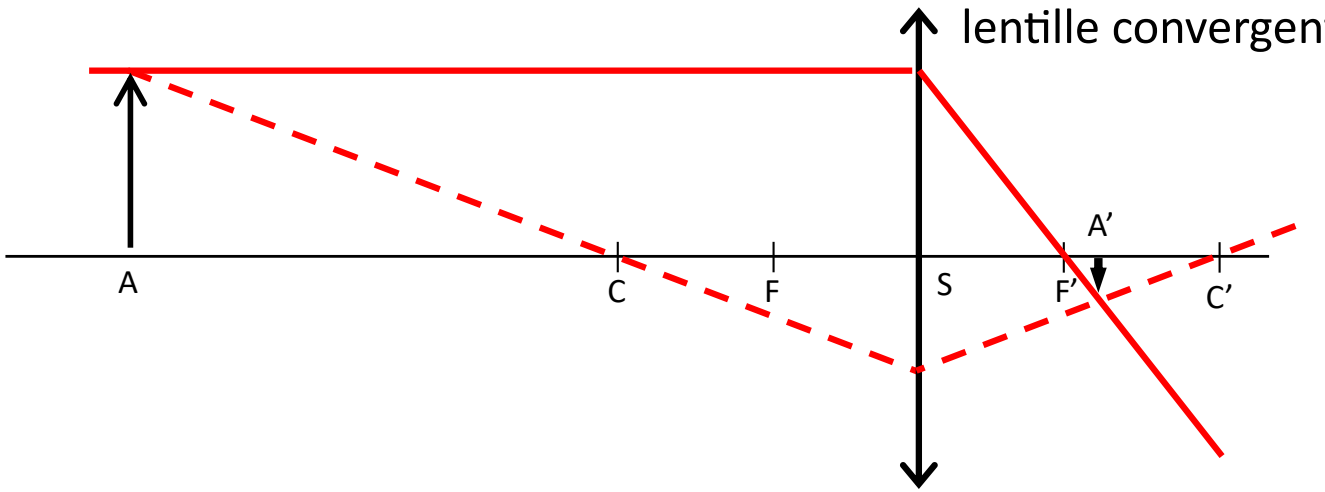

objet réel
B
y
A
image
virtuelle
B'
y'
A'
F
C
image réelle
A'
objet
virtuel
A
F
C
objet
virtuel
C
A'
A
F
image
virtuelle
objet virtuel
B
F
A=C=A'
B'
image virtuelle


θ
F=A'
S
C
y'
B'
+
θ
B'
y'
S
F=A'
C

Les systèmes optiques à miroirs

Dépliement d'un miroir concave





entre C et C' → gy = -1
conjugaison 2f-2f

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

action de dépliement

$$\overline{SA'}_{plié} \rightarrow -\overline{SA'}_{déplié}$$

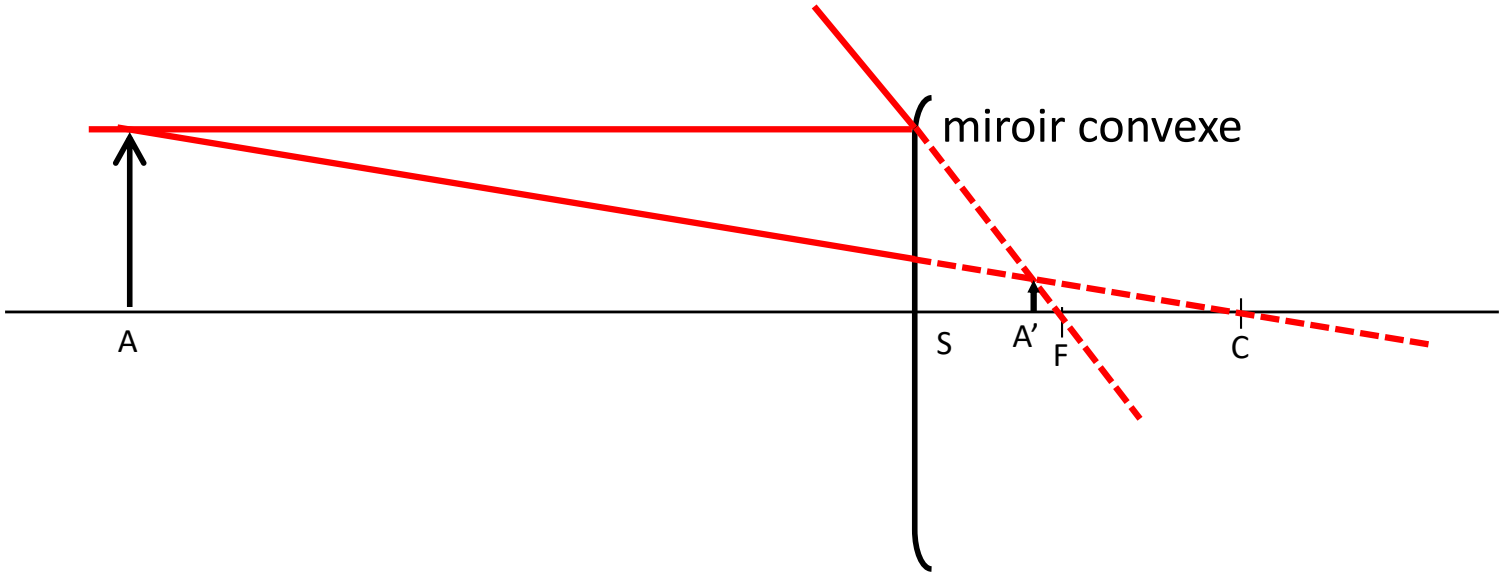
$$\overline{SC} \rightarrow -\overline{SC} \rightarrow \overline{SC'}$$

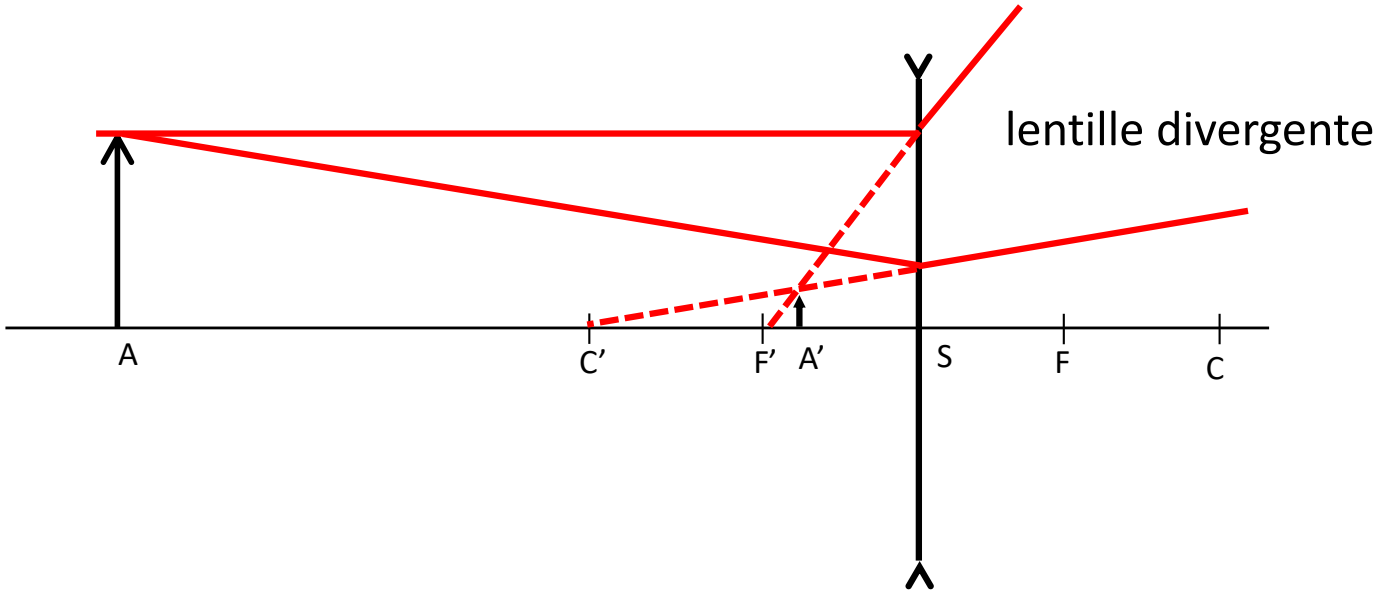
$$\frac{1}{\overline{SA}} - \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC'}} = \frac{1}{f'}$$

on retrouve la formule des lentilles

Les systèmes optiques à miroirs

Dépliement d'un miroir convexe



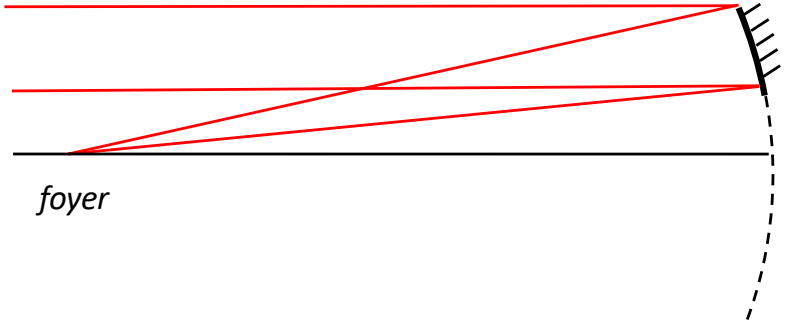


Les systèmes optiques à miroirs

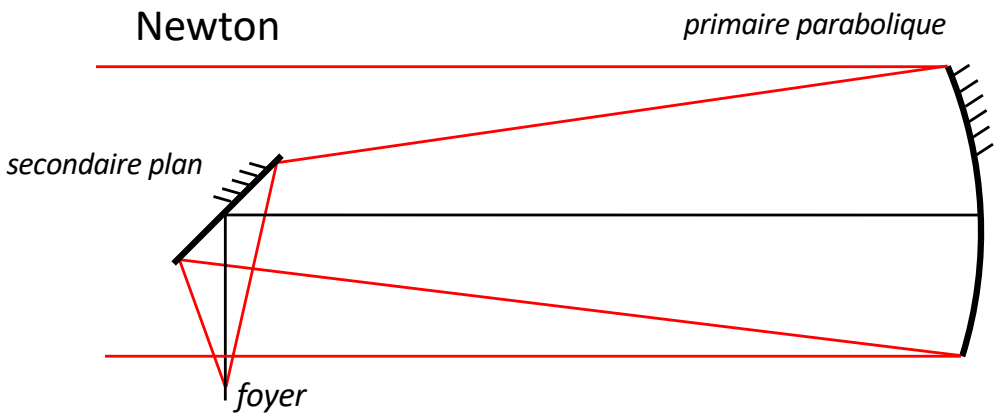
Quelques objectifs à miroir(s)

L'infini est amené au foyer d'un miroir. Dans un télescope, un miroir secondaire conjugue l'image intermédiaire à son foyer principal où se situera un capteur ou le foyer objet d'un oculaire.

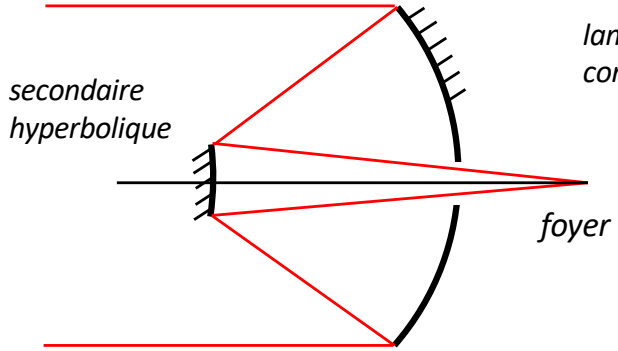
parabole hors axe



Newton

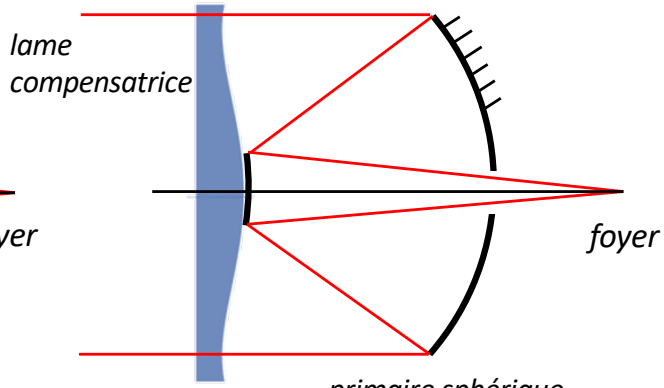


Cassegrain



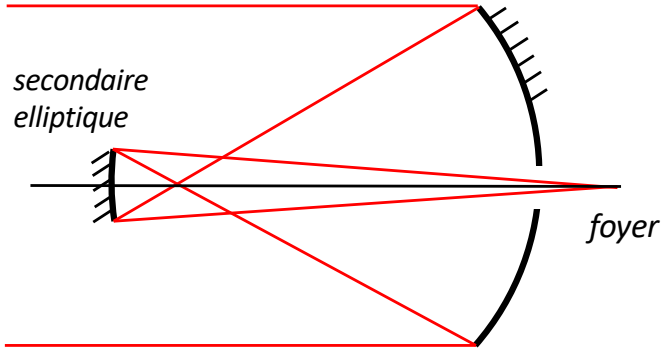
primaire parabolique
Primaire hyperbolique (Ritchey-Chretien)

Schmidt-Cassegrain



primaire sphérique

Gregory



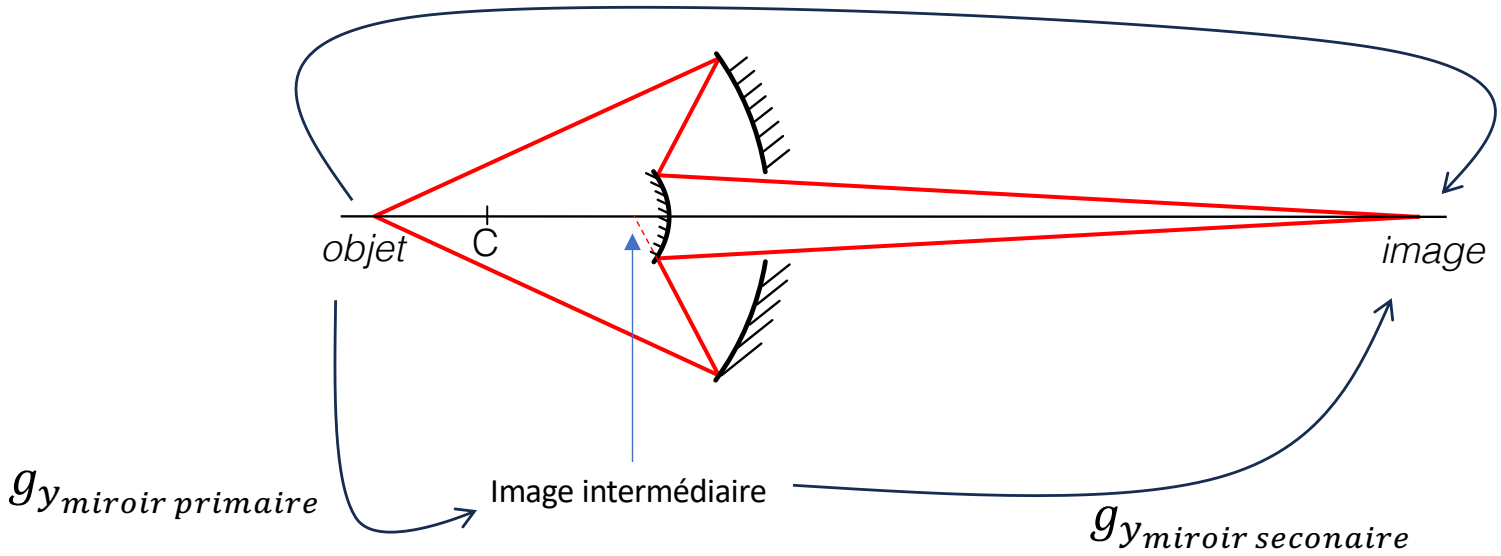
primaire parabolique

Quelques objectifs à miroir(s)

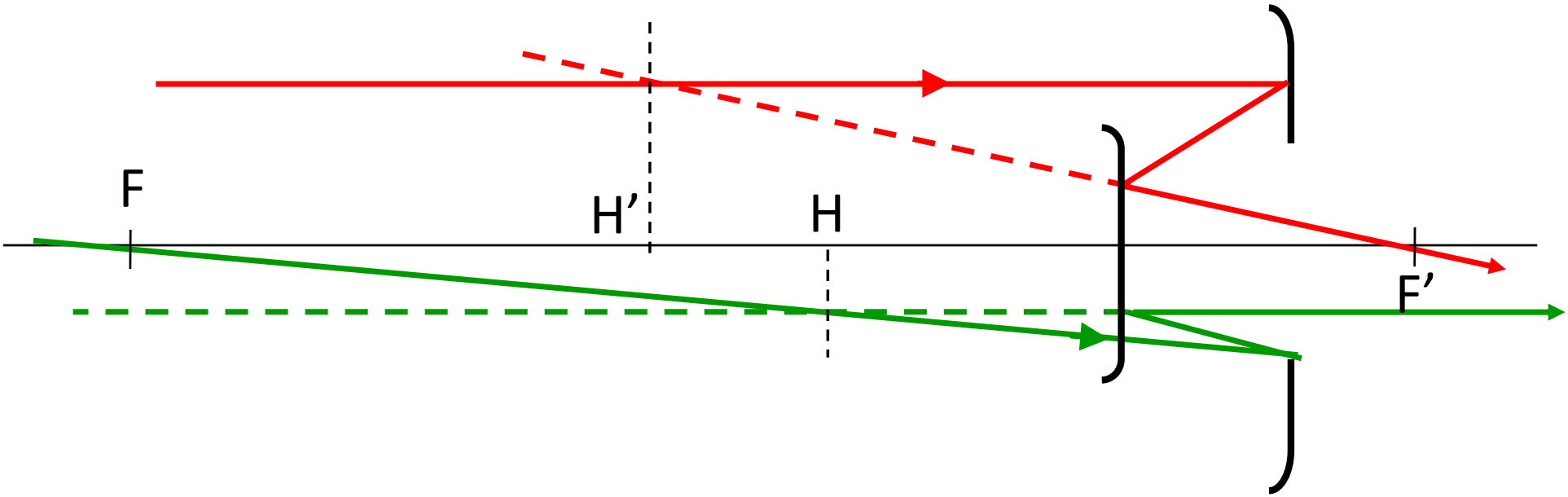
Si l'objet est à distance finie, les deux miroirs travaillent en conjugaison finie-finie et possèdent un grandissement bien défini par les positions des objets/images. Le grandissement total est le produit des grandissements de chaque miroir.

La combinaison de deux miroirs sphériques concentriques s'appelle un objectif de Schwarzschild.

$$g_{y_{total}} = g_{y_{miroir\ primaire}} \times g_{y_{miroir\ seconaire}}$$



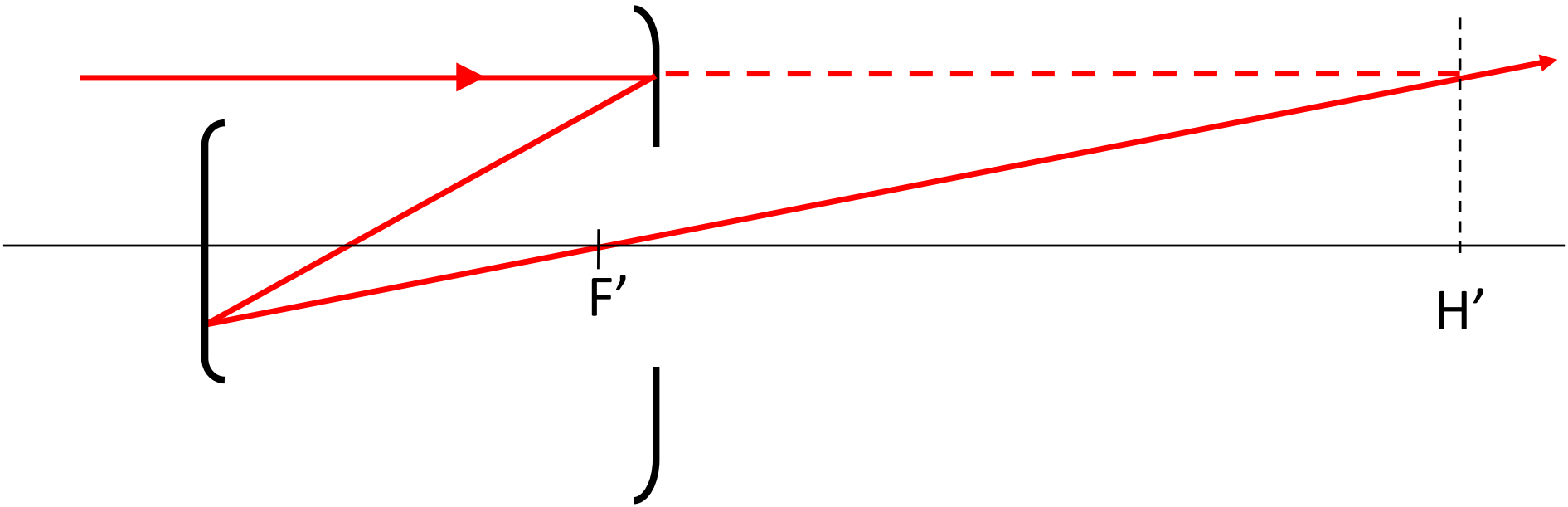
Les systèmes optiques à miroirs



$H'F' > 0$

La combinaison Cassegrain est équivalente à
un système dioptrique convergent

Les systèmes optiques à miroirs



$H'F' < 0$

La combinaison Grégory est équivalente à
un système dioptrique divergent

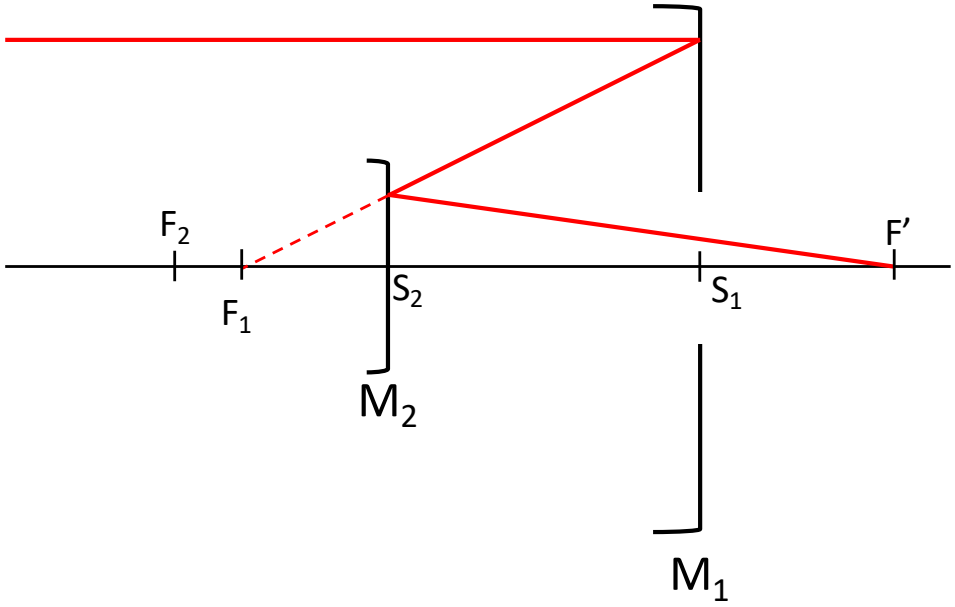
le plan focal image F’ est accessible contrairement à une lentille mince divergente

Relations de mise en place d'un système à deux miroirs

$$\infty \xrightarrow{M_1} F'_1 \xrightarrow{M_2} F'$$

$$\theta \xrightarrow{M_1} y'_1 = -\overline{S_1F_1}\times\theta \xrightarrow{M_2} y' = g_y^{M2}\times y'_1 = f'\times\theta \quad \Longrightarrow \quad g_y^{M2} = \frac{f'}{-f'_1}$$

système dioptrique équivalent



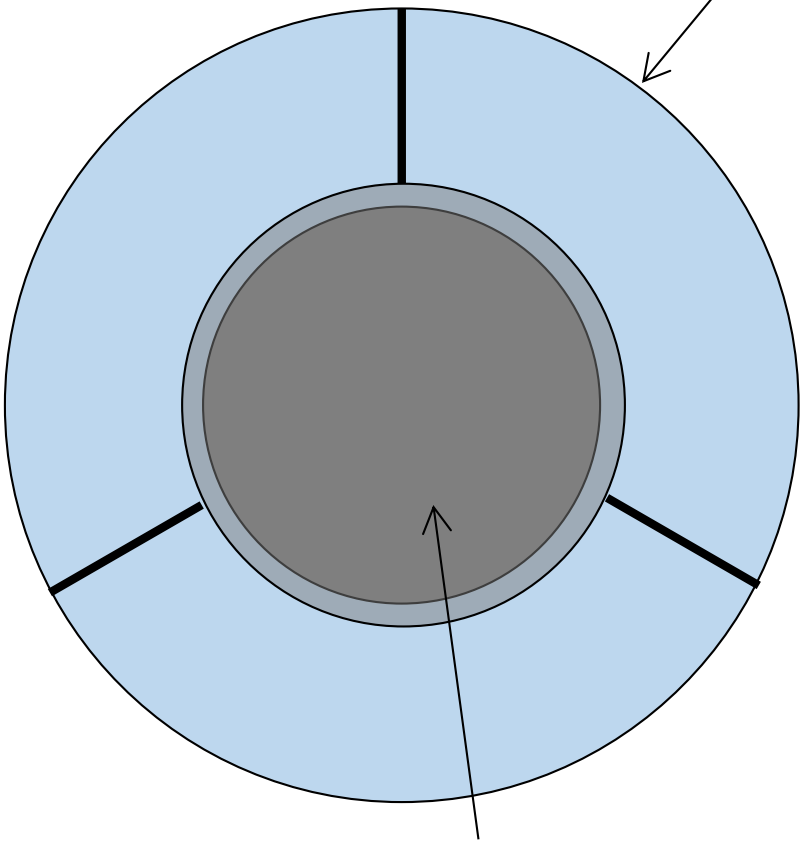
On écrit les conjugaisons à travers les deux miroirs sans se tromper de signe. On en déduit une expression du grandissement du miroir secondaire. Puis on applique les formules des grandissements dans le miroir secondaire pour déterminer la distance entre les miroirs et la position du foyer final F'.

$$F'_1 \xrightarrow{M_2} F'$$

$g_y^{M2} = -\dfrac{\overline{S_2F_2}}{\overline{F_2F_1}} \rightarrow \overline{F_2F_1} = \cdots$ on fixe M_1 par rapport à M_2

$g_y^{M2} = -\dfrac{\overline{F_2F'}}{\overline{S_2F_2}} \rightarrow \overline{F_2F'} = \cdots$ on fixe le foyer image F' par rapport à un miroir (ici M_2)

Pupille d'entrée Pe



Surface masquée de Pe
= surface miroir secondaire
+ sa monture
(car objet à l'infini)

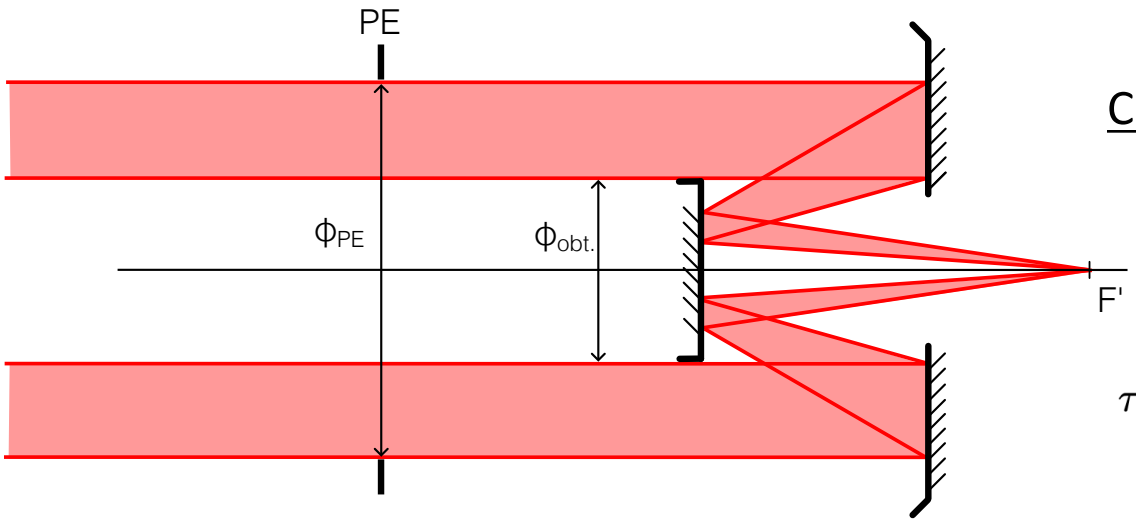
Taux d'obturation
pour le bilan photométrique

$$\tau_{obt} = \frac{surface\ masquée\ de\ PE}{surface\ PE}$$

Transmission du système à 2 miroirs

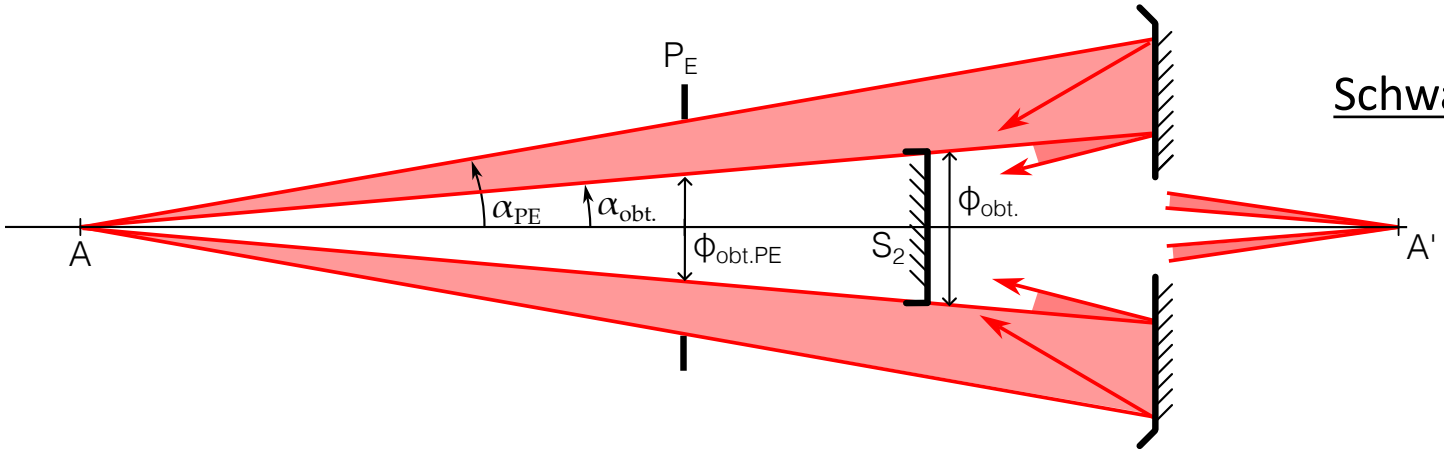
$$\tau_{SO} = \Re_{M1} \times \Re_{M2} \times (1 - \tau_{obt})$$

$\Re_{M1/2}$, coefficient de réflexion des miroirs



Cassegrain (ou Gregory)

$$\tau_{\text{obturation}} = \left(\frac{\phi_{\text{obt.}}}{\phi_{\text{PE}}}\right)^2 = \left(\frac{\phi_{\text{monture } M_2}}{\phi_{\text{PE}}}\right)^2$$



Schwarzschild

$$\tau_{\text{obturation}} = \left(\frac{\phi_{\text{obt.PE}}}{\phi_{\text{PE}}}\right)^2 = \left(\phi_{\text{obt.}} \times \frac{AP_E}{AS_2} \times \frac{1}{\phi_{\text{PE}}}\right)^2 = \left(\frac{\alpha_{\text{obt.}}}{\alpha_{\text{PE}}}\right)^2$$