# TD5 Objectif de Gauss

L'objectif de Gauss est un objectif symétrique constitué de deux lentilles minces convergentes identiques $L_1$ et $L_2$ de centre respectif $O_1$ et $O_2$, placées symétriquement par rapport au diaphragme d'ouverture $D$. Cet objectif est utilisé avec un capteur constitué de 512×512 pixels carrés de 20 $\mu m$ de côté et travaille pour un objet placé à l'infini. Les lentilles $L_1$ et $L_2$ sont séparées de 40 $mm$ et leurs focales identiques valent $f'_1 = f'_2 = 60\ mm$. Le diamètre du diaphragme D est de $11{,}25\ mm$. La longueur d'onde de travail est $\lambda = 500\ nm$.

1. Faire un schéma de principe et écrire les conjugaisons.
2. Montrer que $\overline{O_2F'} = -\overline{O_1F} = 15\ mm$.
3. Déterminer la distance focale *f'* de l'objectif et déterminer la position des points cardinaux *H, H', F, F'*.
4. Quelle est la taille de l'image d'un objet vu sous un diamètre angulaire de 1°.
5. Calculer les positions et les diamètres des pupilles d'entrée et de sortie de l'objectif.
6. Sur l'annexe (échelle longitudinale ×2 et échelle transversale ×6), vérifier par une construction vos calculs de pupilles. Positionner les foyers, et les plans principaux.
7. Tracer deux rayons, pour un point objet à l'infini sur l'axe, qui s'appuient sur les deux bords de la pupille d'entrée et qui traversent l'ensemble de l'objectif.

On impose que le diamètre de champ de pleine lumière soit égal à la diagonale du capteur.

8. En déduire le rayon de champ du champ de pleine lumière dans l'espace image.
9. Calculer le rayon du champ de pleine lumière dans l'espace intermédiaire et le rayon angulaire dans l'espace objet.
10. Tracer deux rayons qui s'appuient sur les deux bords de la pupille d'entrée pour un point objet à l'infini sur l'un des bords du champ de pleine lumière et qui traversent l'ensemble de l'objectif. En déduire par une mesure à la règle les diamètres minima des lentilles pour obtenir ce champ.
11. Déterminer les résolutions transversales dans l'espace objet compte tenu de la diffraction et de l'échantillonnage dû aux pixels. Commentez vos résultats.
12. Déterminer la distance hyperfocale de l'objectif (la distance hyperfocale est la distance minimale d'approche par rapport à l'objectif pour que l'image reste aussi nette qu'à l'infini).

CORRECTION

---

1. Les conjugaisons à travers l'objectif sont $\infty \xrightarrow{L1} F'_1 \xrightarrow{L2} F'$ .
2. On écrit la conjugaison par la 2ème lentille soit $\overline{O_2F'} = 15mm$ et par symétrie $\overline{O_1F} = -15mm$
3. formule de Gullstrand : $f' = \overline{H'F'} = -\overline{HF} = 45mm$
4. image en F' de taille = $f' \times 1° \frac{\pi}{180} \sim 0{,}8\ mm$
5. DO = diaphragme donc par conjugaison avec L1 et L2 (symétrique) on trouve
   $\overline{O_2P_S} = -30mm = -\overline{O_1P_E}$ $\quad \phi_{PE} = \phi_{PS} = 16{,}9\ mm$
6. schéma tracé sur l'axe
7. schéma tracé pupille
8. $r_{CPL-image} = \frac{\sqrt{2}}{2} N_{pixel} \times y_{pixel} = 7{,}2\ mm$
9. $\theta_{CPL-objet} = \frac{r_{CPL-image}}{f'} = 0{,}16\ rad = 9{,}2°$

   $r_{CPL-intermédiaire} = \theta_{CPL-objet} \times f'_1 = r_{CPL-image} \times \frac{f'_1}{f'} = 9{,}7\ mm$
10. schéma tracé en bord de champ de pleine lumière

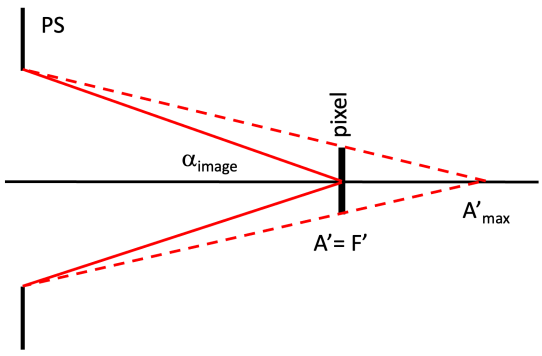
    graphiquement on obtient $\phi_{L1} \sim 26mm\ et\ \phi_{L2} \sim 15mm$
11. $N = \frac{f'}{\phi_{PE}} = 2{,}67 \quad \rightarrow \quad ON_{image} = \frac{1}{2N} = 0{,}187 \quad \rightarrow \quad \phi_{airy} = 2{,}44\lambda N = 3{,}3\ \mu m$

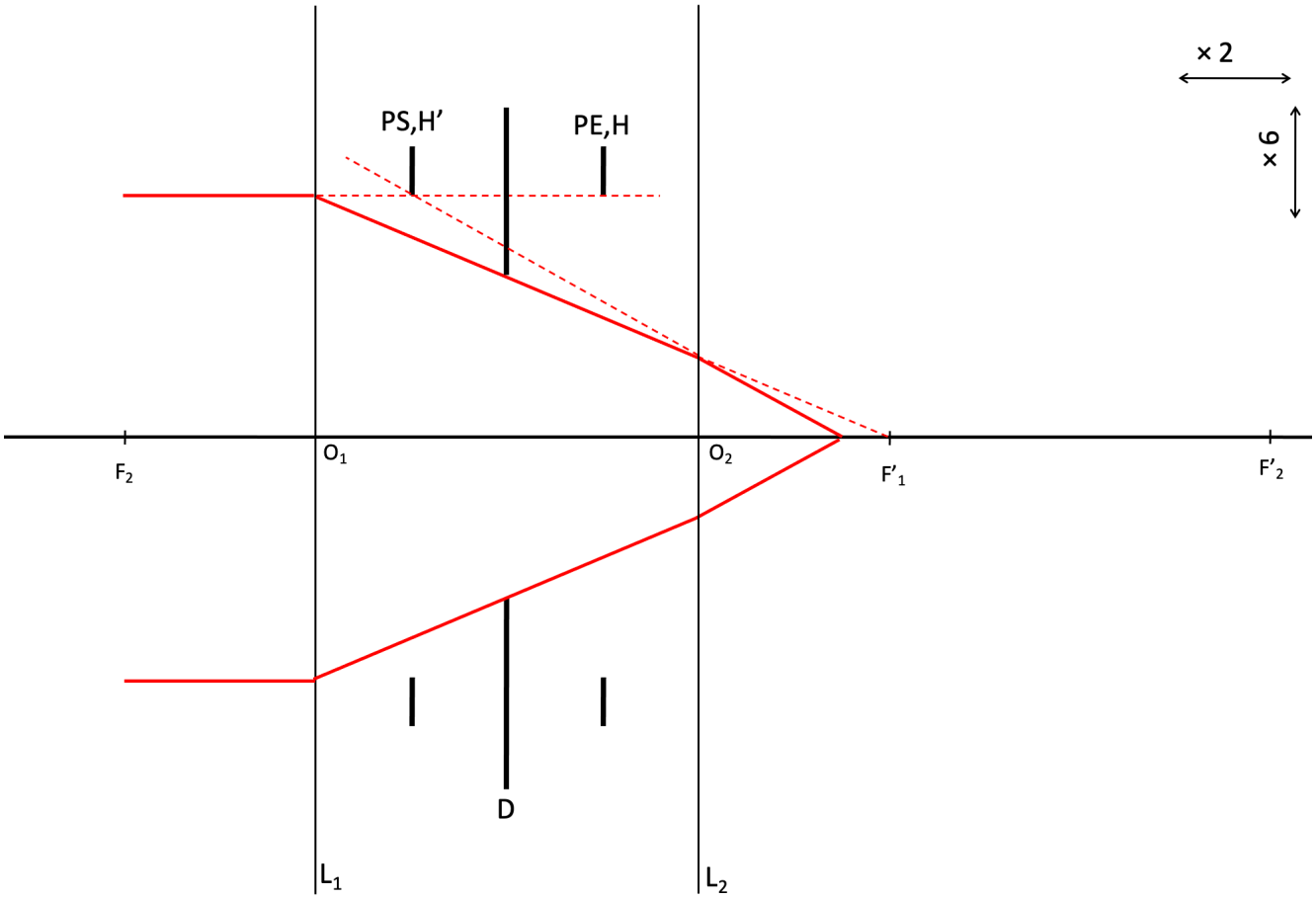
    Résolution image limité par le pixel (taille supérieure à la tache de diffraction)

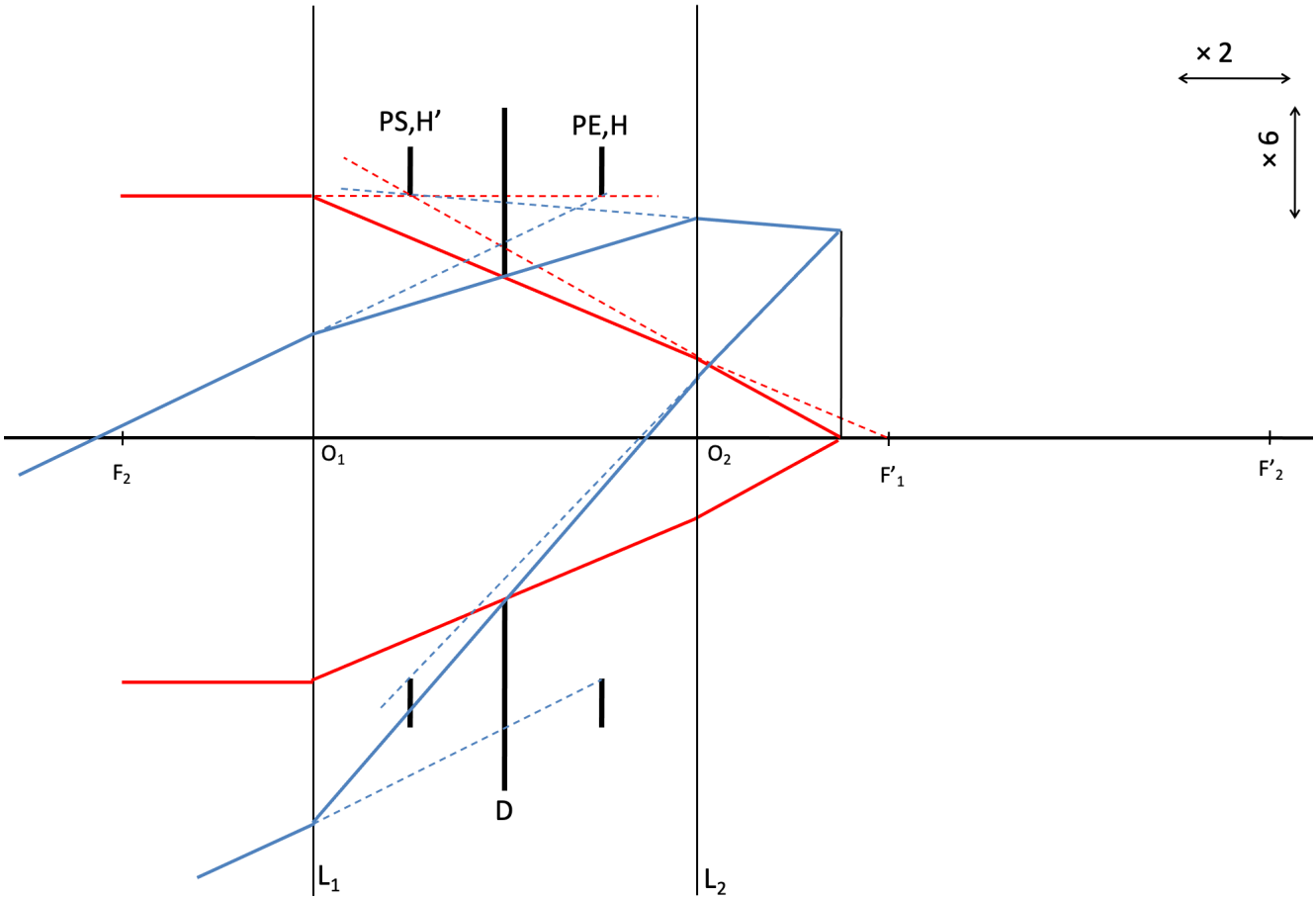
    Résolution objet (à l'infini donc un angle) : $\delta\theta = \frac{y_{pixel}}{f'} = 0{,}4\ mrad = 1{,}53'$
12. Dans l'espace image $2\alpha_{image} = \frac{1}{N} \sim \frac{Taille_{pixel}}{\overline{F'A'_{max}}}$

    La distance hyperfocale H est obtenue en passant la distance F'$A_{max}$ dans l'espace objet en utilisant la relation de conjugaison aux foyers

    $H \times \overline{F'A'_{max}} = -f'^2$ soit $H \sim \frac{f'^2}{N y_{pixel}} \sim 38m$




× 2
× 6
PS,H'
PE,H
F2
O1
O2
F'1
F'2
D
L1
L2


× 2
× 6
PS,H'
PE,H
F2
O1
O2
F'1
F'2
D
L1
L2