

Biblio : Duffait

Dettwiler ("Instruments d'optique")

Introduction

Divers instruments d'optique ont été inventés pour observer plus facilement des objets très petits ou très éloignés. En effet l'œil humain ne peut pas distinguer deux points dont l'écart angulaire est inférieur à $5 \cdot 10^{-4}$ radians. Parmi les instruments d'optique grossissants on peut citer la loupe, le microscope, le télescope ou la lunette astronomique.

Ces instruments doivent avoir plusieurs propriétés pour qu'on puisse observer l'objet dans les meilleures conditions possibles.

Nous allons illustrer ces propriétés grâce à l'exemple de la lunette astronomique, caractérisée par son grossissement, ses diaphragmes, son pouvoir de résolution et sa clarté.

I) Montage de la lunette

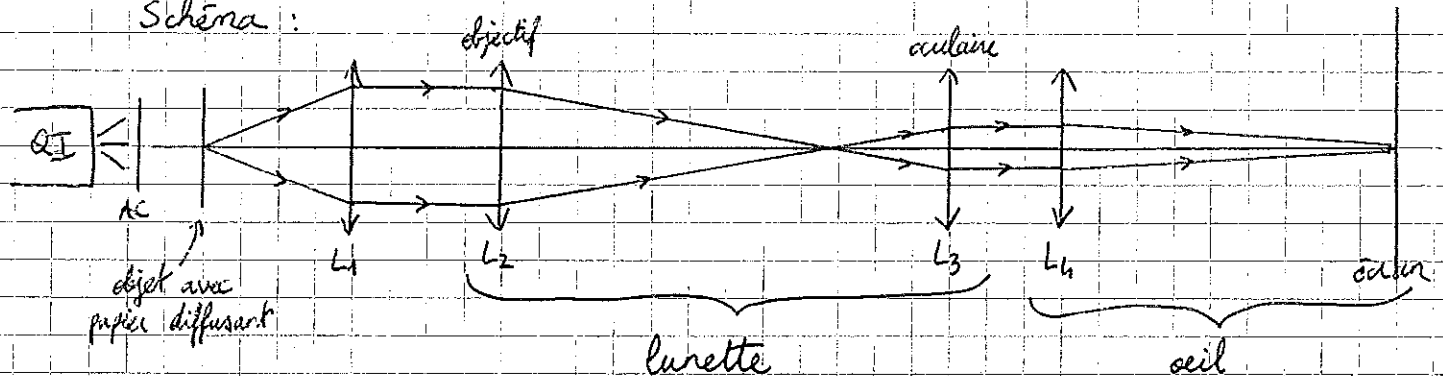
On utilise un banc d'optique

L'objet est mis à l'infini grâce à une lentille L_1

la lunette elle-même est constituée d'un objectif L_2 et d'un oculaire L_3

L'image à l'infini est observée grâce à un "œil" modélisé par une lentille L_4 et un écran dans son plan focal image (œil accommodant à l'infini)

Schéma :



L'œil est placé au cercle oculaire (on en parlera après)

On a pris des focales

$$\begin{cases} L_1 \rightarrow f'_1 = 30 \text{ cm} \\ L_2 \rightarrow f'_2 = 40 \text{ cm} \\ L_3 \rightarrow f'_3 = 12 \text{ cm} \\ L_4 \rightarrow f'_4 = 50 \text{ cm} \end{cases}$$

II) Mesure du grossissement

$$G_{\text{théorique}} = \frac{f'_{\text{objectif}}}{f'_{\text{oculaire}}}$$

$$G_{\text{expérimental}} = \frac{\text{taille de l'image avec la lunette}}{\text{taille de l'image sans la lunette}}$$

⚠ la vraie définition du grossissement est $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$
avec α' : angle sous lequel est vu l'objet avec lunette
 α : angle sous lequel est vu l'objet sans lunette

ici on assimile l'angle et sa tangente, ce qui permet d'avoir la formule juste au dessus.

On veut vérifier que ces deux définitions coïncident. On mesure donc, pour plusieurs objectifs et oculaires différents, la taille de l'image obtenue sans et avec lunette.

On a déjà fait des points en préparation.

Pour notre lunette actuelle on a $f'_{\text{objectif}} = 40 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$
 $f'_{\text{oculaire}} = 12 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$

ce qui donne $G_{\text{théorique}} = 3,33 \pm 0,18$

On mesure la taille de l'image sans lunette et avec lunette

$$\begin{array}{l} d_{\text{sans}} = \pm \\ d_{\text{avec}} = \pm \end{array}$$

On obtient donc $G_{\text{expérimental}} = \pm$

On reporte ce point dans le tableau de valeurs : on obtient une droite de pente $k =$

(discussion sur les erreurs éventuelles)

- mauvaise mesure de la taille de l'image ?
- les angles sont trop grands pour être assimilés à leur tangente ?
- distorsions (courbures -)

III) Mise en évidence des diaphragmes et du cercle oculaire

On ajoute un diaphragme réglable dans le montage

1) Diaphragme d'ouverture et cercle oculaire

On place le diaphragme devant l'objectif et on le ferme progressivement
→ la luminosité de l'image diminue

Avec un écran mobile on repère l'endroit où le faisceau lumineux est le plus étroit (après la lunette) → c'est le cercle oculaire. le cercle oculaire est l'image de l'objectif par l'oculaire.

Théoriquement $\phi_{\text{cercle oculaire}} = \frac{\phi_{\text{objectif}}}{G} = \frac{40 \text{ mm}}{3,33} = 12 \text{ mm}$

On mesure mm ±

Position théorique du cercle oculaire

$$O_3A = (f'_{oc} + f'_{obj}) \frac{f'_{oc}}{f'_{obj}} = 15,6 \text{ cm} \pm 0,7 \text{ cm}$$

On mesure cm ±

Pour voir le plus possible de lumière, il faut placer l'œil au niveau du cercle oculaire.

2) Diaphragme de champ et vane de champ

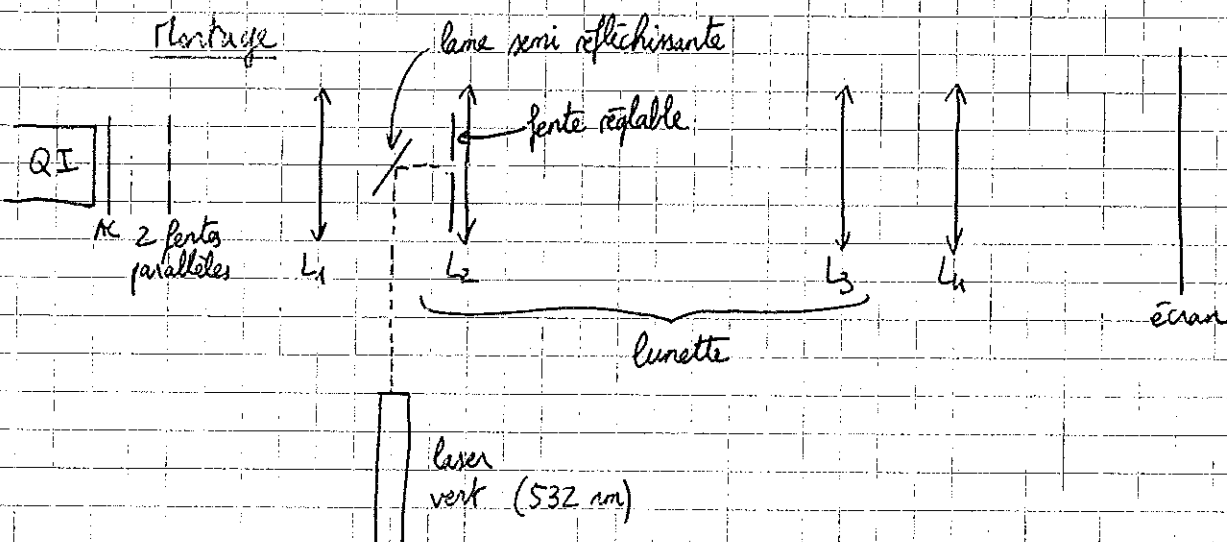
Cette fois on place le diaphragme juste avant l'oculaire et on le ferme proprement. On s'aperçoit que le champ est réduit (l'image est coupée sur les bords).

On place alors une lentille au niveau de l'image intermédiaire le champ est agrandi. c'est la vane de champ.

IV) Pouvoir de résolution

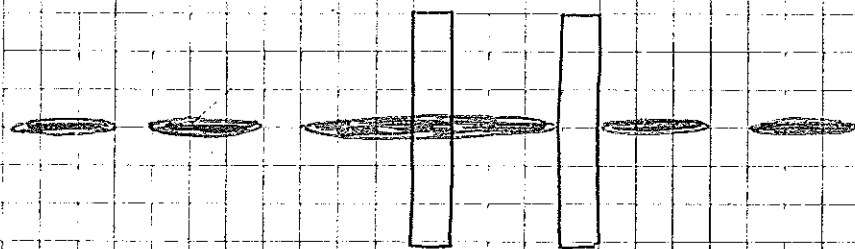
Grâce à une fente réglable on va mettre en évidence le critère de Rayleigh et le concept de pouvoir de résolution d'un instrument d'optique.

Δ Dans un véritable instrument d'optique, la diffraction est provoquée par les montures des lentilles qui sont beaucoup plus grandes que notre fente, mais les objets à distinguer ont un écart angulaire bcp plus petit que dans le cas que nous allons étudier.



On ferme la fente jusqu'à ne plus pouvoir discerner les fentes d'Young (objet) puis on la déplace devant le laser.

On constate alors que l'interfrange de la figure de diffraction du laser est égal à l'écartement des fentes sur l'image.



Avec cette ouverture de fente, on atteint la limite de résolution selon le critère de Rayleigh.

→ l'écart entre les 2 images est égal à la largeur à mi-hauteur de la figure de diffraction.

On mesure l'interfrange i (en pratique, 10 interfranges) pour des fentes d'Young d'écart a différent.

$$\theta_{\text{limite}} = \frac{a}{f_1} = \frac{\lambda}{d} \leftarrow \text{écart de la fente réglable}$$

$$\text{et } \alpha' = \frac{i}{f_4} = G\alpha = \frac{G\lambda}{d}$$

On doit donc trouver, en tirant i en fonction de a , une droite de pente $G \times f_4 / f_1$.

On trouve une pente =

Sources d'erreur : on n'a sans doute pas bien évalué le moment où les 2 images ne sont plus résolues.

V) Clarté

1) Objet étendu

On utilise une diapo diffusante comme objet

on place un luxmètre au niveau de l'image de façon qu'il soit uniformément éclairé.

on mesure l'éclairement avec et sans lunette en insérant la pupille de l'œil par un diaphragme réglable situé au cercle oculaire.

$$\begin{aligned} \text{Si } \phi_{\text{pupille}} < \phi_{\text{cercle oculaire}} & C_{\text{th}} = 1 \quad (\text{taux de transmission de la lunette}) \\ \text{Si } \phi_{\text{pupille}} > \phi_{\text{cercle oculaire}} & C_{\text{th}} = 1 \frac{G^2}{G^2} \\ & (\text{avec } G = \frac{\phi_{\text{objectif}}}{\phi_{\text{pupille}}}) = 1 \frac{\phi_{\text{cercle oculaire}}^2}{\phi_{\text{pupille}}^2} \end{aligned}$$

$$C_{\text{exp}} = \frac{E_{\text{avec lunette}}}{E_{\text{sans lunette}}}$$

2) Objet partiel (si on a le temps, faire des mesures)

Cette fois on prend un petit trou comme objet et on fait en sorte que le luxmètre capte toute l'image.

$$\text{Si } \phi_{\text{pupille}} < \phi_{\text{cercle oculaire}} \quad C_{\text{th}} = \phi G^2$$

$$\text{Si } \phi_{\text{pupille}} > \phi_{\text{cercle oculaire}} \quad C_{\text{th}} = \phi G^2$$

$$\text{et } C_{\text{exp}} = \frac{\phi_{\text{avec lunette}} / S_{\text{capteur}}}{\phi_{\text{sans lunette}} / S_{\text{capteur}}} = \frac{\phi_{\text{avec lunette}}}{\phi_{\text{sans lunette}}}$$

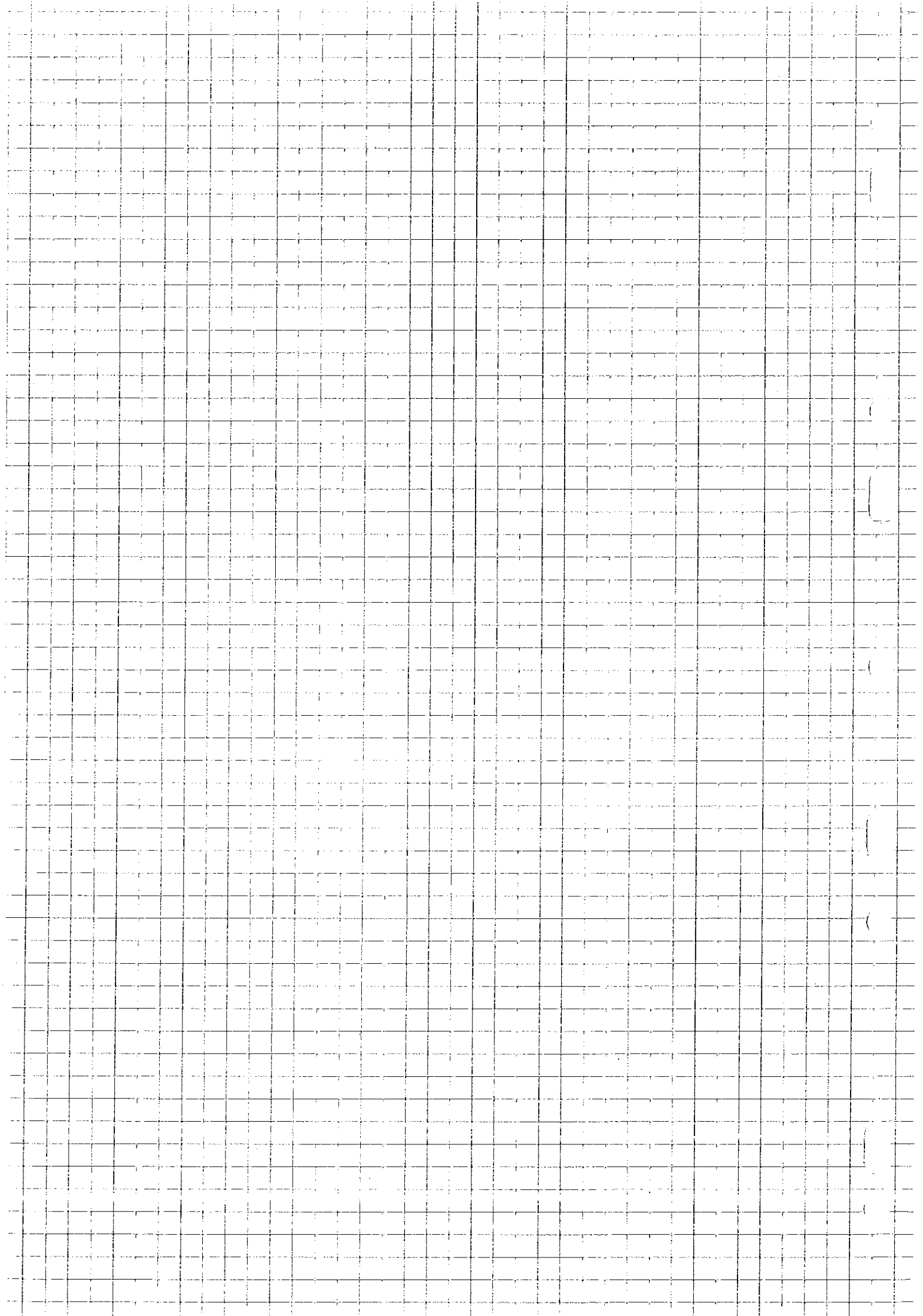
(on peut prendre directement les valeurs données par le luxmètre, en fait)

Rq: pour vérifier les lois de variation de la clarté, on a préféré faire varier G_e (grâce à la pupille réglable) parce que c'est plus simple.

Discussion sur l'écart entre mesures et modèle théorique éventuellement

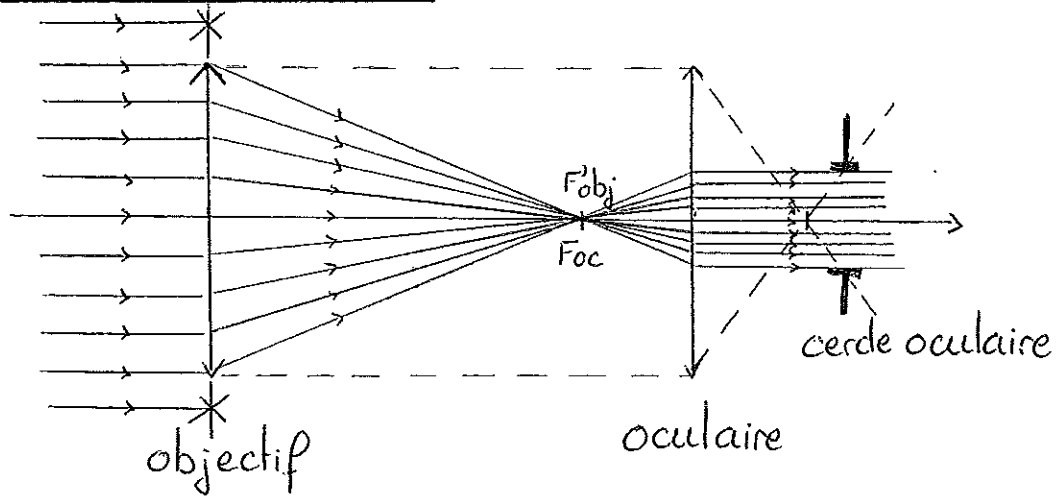
Conclusion

Parler des lunettes réelles

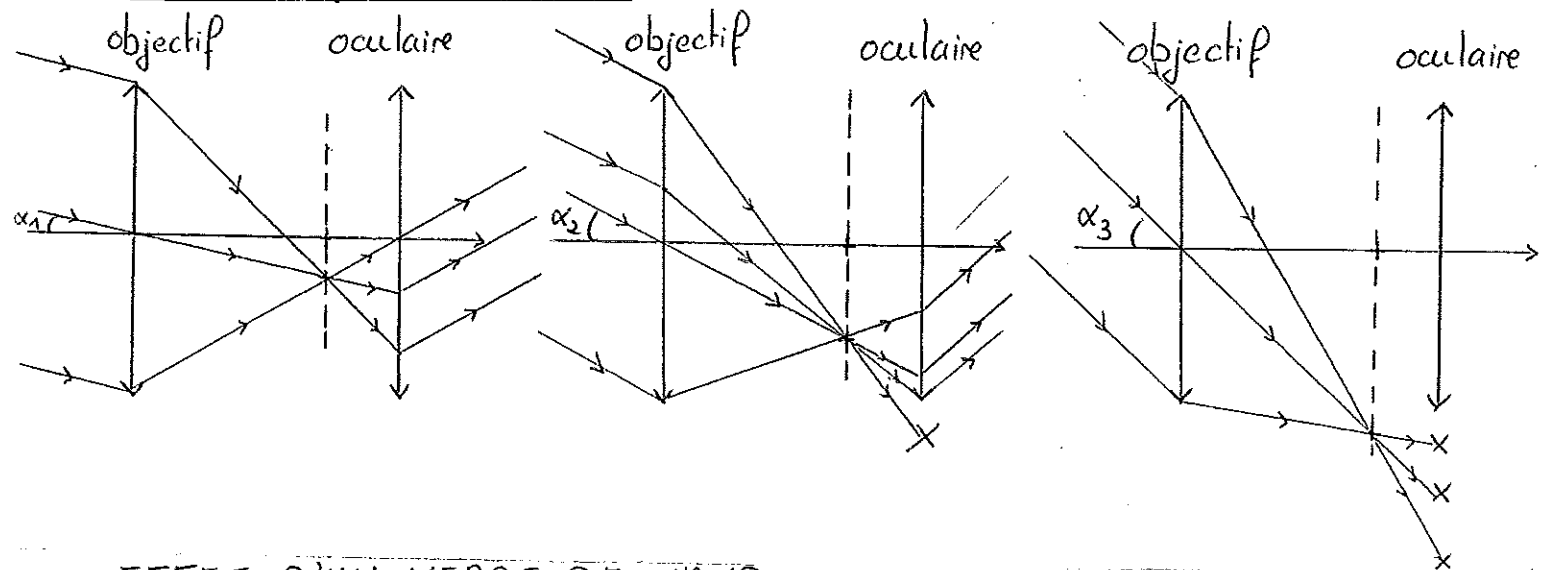


ROLES DES DIAPHRAGMES

DIAPHRAGME D'OUVERTURE



DIAPHRAGME DE CHAMP



EFFET D'UN VERRE DE CHAMP

