

# LP10 : Instruments optiques

Lucie Marpaux

28 novembre 2021

## Introduction pédagogique

### 0.1 Dejà vu en première

Relation de conjugaison d'une lentille mince convergente, image réelle, image virtuelle, relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence, le photon, énergie d'un photon, bilan de puissance dans un circuit, rendement d'un convertisseur, rayonnement solaire, loi de Wien, puissance radiative. Trigo (sin/tan/cos/ Thalès)

### 0.2 Programme Terminale

**Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents. Grossissement.** Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire. Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale. Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale. Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale. Réaliser une maquette de lunette astronomique ou utiliser une lunette commerciale pour en déterminer le grossissement. Vérifier la position de l'image intermédiaire en la visualisant sur un écran.

Animation lentille : <http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/doublet.html> peut servir à montrer qu'on a bien une image à l'infini

Oeil au repos = objet situé au loin.

#### Prérequis :

- Lentille convergente (1eSTL) SPCL
- Tracé de rayon lumineux (1 STL) SPCL
- grandissement (1 STL SPCL)
- Notion de trigonométrie ( cos, sin, tan, et approximation des petits angles)

**Séquence pédagogique** Avant : oeil Après : fin de séquence puis évaluation sommative sur toute la séance d'optique.

**Difficultés** Ne pas mélanger objectif / Oculaire Ne pas confondre les foyers (oculaire/objectif) Ne pas confondre le grossissement et le grandissement Tracer les rayons lumineux dans le cas de plusieurs lentilles : Bien montrer à chaque fois l'une puis l'autre.

**TD** Des calculs de grossissement/ Grandissement - Construction de rayons sur d'autres systèmes optiques (Telescope / microscope) (présenté en fin de leçon)

**TP** Escape game : Choix de lentille et fabrication de lunette et de microscope pour obtenir des indices.

**Objectif** Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier objectif et oculaire. Connaitre l'expression du grossissement. Savoir faire un choix de lentille. Calcul d'incertitude.

# 1 Remarques

- Approximation des petits angles valable que pour des angles en radian. (si  $^\circ : 180^\circ = \pi \text{ rad}$ )
- Lunettes de commerce ont un grossissement entre 10 et 100.
- Image à travers la lunette afocale inversée

**Fil rouge** Comment les instruments optiques peuvent nous aider à trouver des indices qu'on ne pourrait pas voir à l'oeil nu ?

## 2 Leçon

### 2.1 Introduction

Aujourd'hui je vais vous présenter une leçon sur les instruments optiques.

Vous avez vu à la dernière séance l'instrument optique le plus important : l'oeil. Je vous rappelle qu'on a vu qu'il pouvait être modélisé par une lentille convergente. On a vu également ses défauts mais surtout qu'un oeil normal ou oeil émetrope voit correctement sans se fatiguer lorsque l'objet est situé à l'infini.

Pour chaque instrument optique que nous allons étudier il faut que les rayons sortant de l'appareil soient parallèles c'est à dire que l'image soit à l'infini.

Pendant cette leçon nous allons voir plusieurs instruments optiques qui vous seront utiles pendant le TP de la séance prochaine. Ce TP sera sous forme d'escape game. Vous aurez besoin de bien connaître ce cours pour trouver des indices qui seront soit trop petit soit trop loin pour que vous les voyiez.

Mais alors, comment les instruments optiques peuvent nous aider à trouver des indices qu'on ne pourrait pas voir à l'oeil nu ?

### 2.2 Voir les indices trop petits pour l'oeil = Voir plus grand

#### 2.2.1 Loupe

L'objectif ici est de voir plus grand. Lorsqu'on observe un objet on le verra logiquement de plus en plus grand plus il sera proche de vous. Si vous essayiez de rapprocher un objet de votre visage comme votre main. Vous verrez d'abord de plus en plus de détail puis l'image sera flou.

Cette distance est la distance minimale de vision. On l'appelle punctum proximum. Pour un observateur emmetrope c'est à dire un oeil normal cette distance est d'en moyenne 25 cm.

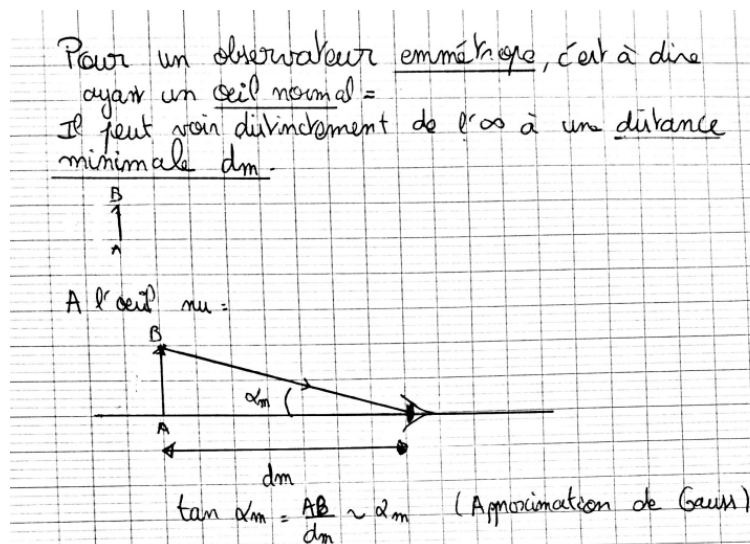


FIGURE 1 – Sans Loupe

Sans loupe on voit donc l'objet sous un angle  $\alpha$ . Vous avez vu en math que  $\tan(\alpha) = \frac{AB}{d_m}$ .

La distance minimale de vision est donc limitante, d'autant plus pour les personnes âgées dont le punctum proximum est plus grand. Ils ont donc besoin d'une loupe !

Vous avez sûrement déjà vu une loupe. Si vous l'avez observée attentivement vous aurez pu constaté que c'est une lentille convergente (= effet loupe à courte distance et objet à l'infini inversée).

On voit donc que l'objet AB est transformée en l'image A'B'.

On peut le représenter de cette manière avec l'aide des règles de construction des rayons (SLIDE).

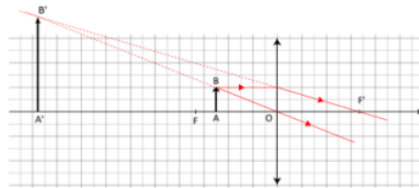


Figure 1 – Tracé des rayons lumineux à travers une loupe (Source du fond : [Académie de Montpellier](#)).

(AU TABLEAU)

Afin d'observer l'image de la loupe de la manière la plus confortable (sans accommoder) il faut que l'image se trouve à l'infini. Pour cela il faut que l'objet se trouve sur le foyer objet de la loupe .

Montrer schéma et décrire (règles des rayons et montrer qu'on est à l'infini) :

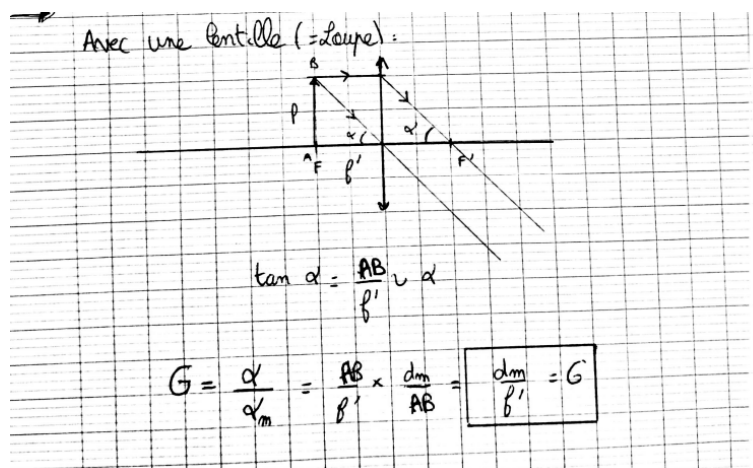
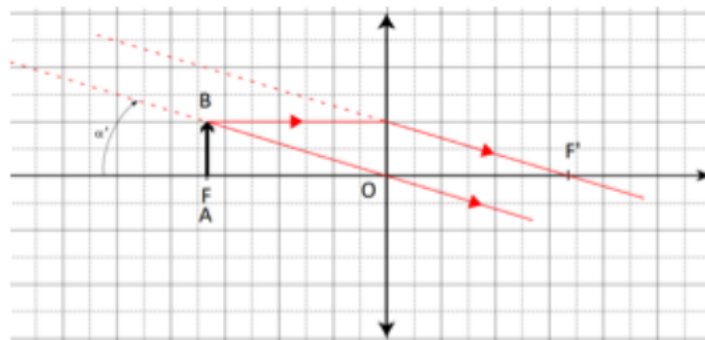


FIGURE 2 – Sans Loupe

De même on a  $\tan(\alpha') = AB/f'$

Cependant, on peut alors se demander comment on peut choisir une loupe selon la précision des détails qu'on veut.

Pour pouvoir comparer les différentes loupes on doit définir une grandeur : Le grossissement commercial :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$\alpha$  : l'angle sous lequel on voit l'objet à l'infini à travers la loupe

$\alpha$  : l'angle sous lequel on voit l'objet à l'infini sans la loupe à la distance minimal de vision (à une distance  $d_m = 25\text{cm}$  de la pupille ) (convention)

Conclusion : Pour avoir une loupe avec un gros grossissement il faut prendre une lentille de courte focale !

Habituellement une loupe grossi x10 mais il existe d'autres moyens de voir plus grand notamment le microscope (x100) que vous verrez plus précisément en TD. MAIS description des différents éléments ici. (1590)

### 2.2.2 BONUS : Microscope

Historique : 1er microscope en 1590

Objectif : du côté de l'objet Oculaire : Du côté de l'oeil

Modélisation avec deux lentilles convergentes ( $L_1$  et  $L_2$ ) : distances focales  $f_1'$   $f_2'$ . Distance entre les lentilles  $\Delta$

$AB \rightarrow A_1B_1 \rightarrow \text{infini}$

Construction géométrique :

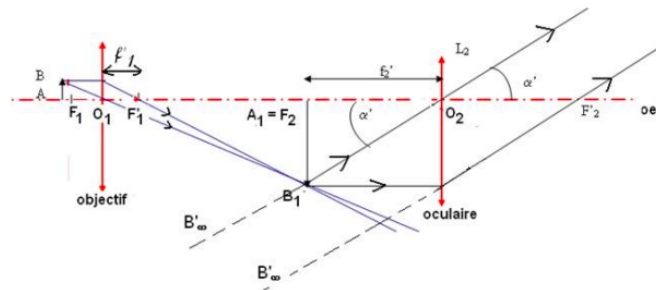


FIGURE 3 – Source [http://thierry.col2.free.fr/restreint/exovideo\\_lycee/resum\\_spe/ch2\\_microscope.htm](http://thierry.col2.free.fr/restreint/exovideo_lycee/resum_spe/ch2_microscope.htm)

Mise au point : on déplace l'objet jusqu'à voir son image nette dans l'oculaire sans fatigue.

Calcul de grossissement :  $\tan \alpha'$  environs égale  $\alpha' = A_1B_1/f_2' = A_1B_1/f_2'$

$$\alpha = \frac{AB}{f_1'} = \frac{AB}{f_1'}$$

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

## 2.3 Voir les indices trop loin = voir plus loin

### 2.3.1 Lunette astronomique

Objectif : observer l'image d'un objet lointain sans accorder (rayons doivent sortir à l'infini). Pour cela on utilise une lunette astronomique.

Vous en avez sûrement déjà vu et peut être utilisé pour voir des étoiles ou encore la lune. La lunette astronomique a été développée à la fin du 16ième siècle. C'est un instrument optique composé de lentilles et permettant d'augmenter la taille apparente des objets lors de leur observation. Une lunette est constitué de deux lentilles convergentes. L'une est appelée objectif et l'autre est appelé oculaire.

Objectif : du coté de l'objet != Oculaire : Du coté de l'oeil

On a donc le schema synaptique suivant : AB donne A1B1 qui donne A'B'

L'objet qu'on cherche à étudier est un objet à l'infini. Son image est donc sur le foyer image de la première lentille. Pour que l'image de A1B1 soit à l'infini, et qu'ainsi l'oeil soit au repos, : L'image intermédiaire doit se trouver sur le foyer objet de la lentille 2 (f2) Comme l'objet arrive de l'infini, son image à travers la lentille 1 se forme sur le foyer image de la lentille 1 (f1') et f2 doivent être confondu

Un tel système, pour lequel on a l'image d'un objet à l'infini qui est à l'infini est un Système afocale.

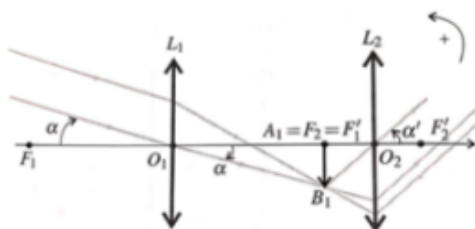


FIGURE 4 – Source Salamito (P194) : Schéma d'une lunette astronomique

infini  $\rightarrow$  A1B1  $\rightarrow$  infini  
 $\tan(\alpha') = \alpha' = A1B1 / F2O2$   $\tan(\alpha) = \alpha = -A1B1 / O1F1'$   
 $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{-O1F1'}{F2O2} = -\frac{f1'}{f2}$

### 2.3.2 Expérimental

On va chercher maintenant à monter notre propre lunette pour pouvoir mesurer un grossissement. On va cependant rencontrer un premier problème : l'objet est sensé être à l'infini mais la paillasse n'est pas assez grande pour que cette approximation soit réaliste. Alors, comment faire pour obtenir un objet à l'infini sur une distance courte ? (Utilisation lien)

De l'autre coté on rencontre un autre problème, si l'objet est à l'infini, on ne peut pas mesurer l'angle alpha' facilement. On a donc placer une lentille en sortie du dispositif pour modeliser l'oeil. De plus permet d'avoir quelque chose de tangible à mesurer : la taille de l'image.

On peut donc maintenant représenté le dispositif expérimental par le schéma suivant. Faire pas à pas en disant d'ignorer ce qui se passe avant.

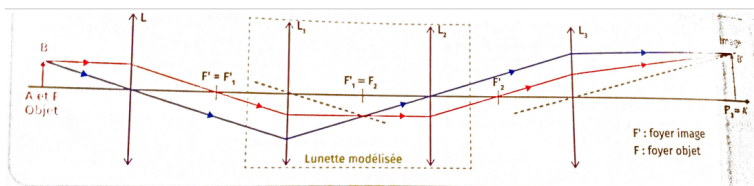


FIGURE 5 – Source Salamito (P194) : Schéma d'une lunette astronomique

Description du dispositif expérimental. Objectif : du coté de l'objet Oculaire : Du coté de l'oeil On a fait l'autocollimation pour placer les lentilles. Faire remarquer que l'image est retournée.

$$\tan(\alpha) = \alpha = \frac{A1B1}{f'1} \quad \tan(\alpha') = \alpha' = \frac{A1B1}{f'2}$$

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A1B1 * f'1}{A1B1 * f'2}$$

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A'B' * f'}{AB * f'3} \quad G = \frac{1,3 * 200}{0,7 * 200} \quad G = 1,86$$

$$u(G) = Gx \sqrt{\left(\frac{u(A'B')}{AB}\right)^2 + \left(\frac{u(AB)}{AB}\right)^2 + \left(\frac{u(f')}{f'}\right)^2 + \left(\frac{u(f'3)}{f'3}\right)^2} \quad \text{Incertitude type}$$

$$u(A'B') = U(AB) = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 2,9 * 10^{-1}$$

$$u(G) = Gx \sqrt{\left(\frac{u(A'B')}{AB}\right)^2 + \left(\frac{u(AB)}{AB}\right)^2} \quad u(G) = 1,86x \sqrt{\left(\frac{2,910^{-1}}{7}\right)^2 + \left(\frac{2,910^{-1}}{13}\right)^2} \quad u(G) = 8,7 * 10^{-2}$$

$$U = 2 * u(G) \quad \text{Incertitude élargie} \quad U = 1,7 * 10^{-1} \quad U = 0,2$$

$$G = 1,8 \pm 0,2$$

$$G_{thorique} = \frac{f'1}{f'2} = \frac{200}{100} = 2$$

Dans l'intervalle de confiance donc rassurant. Pour une lunette de commerce grossissement entre 10 et 100. Donc cette lunette permettrait pas d'observer les étoiles mais bonne première modélisation : l'image est agrandie.

Dire laquelle placé où si pas déjà fait.

En TD vous allez également voir un autre dispositif qui permet de voir plus gros : le telescope. Description.

**Ouverture** On observe que l'objet est retourné : Comment faire pour l'avoir droit ? : passage à la lunette de Galilée avec lentille divergente (vu plus tard dans leurs études)

Ouverture sur le TP escape game.

Limites lunettes astronomique : Diffraction (Tache d'Airy, aberrations)

### 3 Questions

- Fonctionnement telescope ? Qui est l'objectif ? Miroir sphérique
- Avantage telescope par rapport à la lunette ? Telescope fait avec miroir (et une lentille) alors que lunette astro avec lentille : diffraction, réfraction donc moins de luminosité et beaucoup plus facile de faire des grands miroirs.
- Est ce qu'on peut avoir des lunettes pas afocales ? Oui
- c'est quoi le cercle oculaire ? Image géométrique de la monture de l'objectif
- Critère de Rayleigh diffraction ? Max de l'un coincide avec le min d'un autre.
- Vis micrométrique du microscope sert à quoi ? Une vis pour régler distance objet-objectif et autre vis pour régler à son oeil (c'est la vis micrométrique)

Loupe : Bien dire que c'est le grossissement commercial.