

# Physique - Optique

et applications pour la Synthèse d'Images



IUT StDié  
Cours niveau Licence  
Optique v.2005-10-05  
Stéphane Gobron

1

## Plan

### Introduction

1. Nature et propagation de la lumière
  2. Image, réflexion et réfraction
  3. Lentilles et instruments optiques
  4. Interférences et diffractions
- Référence / conclusion / discussion

2

### Introduction

1. Nature et propagation de la lumière
  2. Image, réflexion et réfraction
  3. Lentilles et instruments optiques
  4. Interférences et diffractions
- Référence / conclusion / discussion

3

## Introduction

### i. La lumière



光光光  
lumière

IUT StDié

Introduction

## ii. Une sources, plusieurs effets

- *E.g.* le soleil

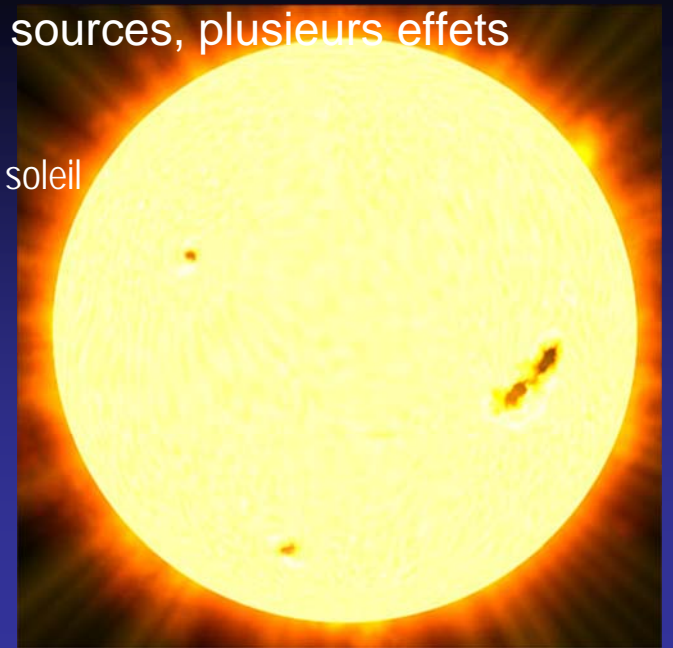


5

Introduction

## ii. Une sources, plusieurs effets

- *E.g.* le soleil



Introduction

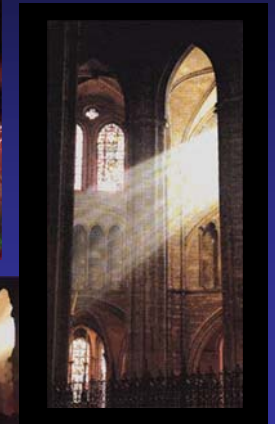
## 1. Nature et propagation de la lumière

- 2. Image, réflexion
  - 3. Lentilles et instru
  - 4. Interférences et
  - Référence / conclu
- |                                  |
|----------------------------------|
| 1.1 Lumière et synthèse d'images |
| 1.2 Nature et source             |
| 1.3 Vitesse et longueur d'onde   |
| 1.4 Onde, rayon et front d'onde  |

7

## 1. Nature et propagation de la lumière

### 1.1 Lumière et synthèse d'images



## 1.2 Nature et source

- Nature de la lumière
  - Radiation électromagnétique dont la longueur d'onde est très petite (Maxwell en 1873)
  - Propriété particulière (20<sup>e</sup> siècle)
- Sources de lumière  
Émission de radiation électromagnétique par :
  - Corps chaud
  - Décharge électrique dans un gaz
- Cas particulier du laser : longueur d'onde constante

9

## 1.3 Vitesse et longueur d'onde (1/2)

- Célérité de la lumière (Vitesse)
  - 1<sup>e</sup> calcul en 1676 par Olaf Roemer
  - Dans le vide :  $c \approx 299792458 \cdot m \cdot s^{-1}$  (env. 300 mille km/s)
- Permittivité de l'espace  $\epsilon_0$  :
$$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c^2}$$
- Perméabilité de l'espace  $\mu_0$  :
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N \cdot s^2 \cdot C^{-2}$$

A noter : ceci n'est pas une approximation!!!

10

## 1.3 Vitesse et longueur d'onde (2/2)

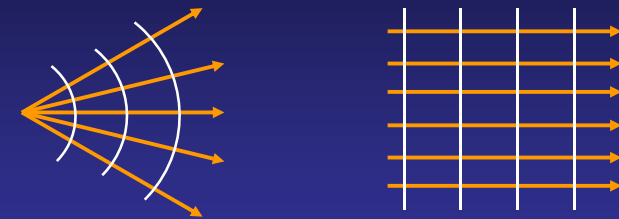
### Exercice<sub>(a)</sub>

- Se basant sur les données précédant, calculer la meilleure approximation de la permittivité de l'espace (qui est une constante bcp utilisée en électronique)  $\epsilon_0$  sans omettre son unité de mesure!

11

## 1.4 Onde, rayon et front d'onde

- Onde et front d'onde (*i.e.* propagation de)



12

## Introduction

### 1. Nature et propagation de la lumière

### 2. Image, réflexion et réfraction

#### 3. Lentilles et instruments optiques

#### 4. Interférences et diffraction

#### Référence / complément

#### 2.1 Indice de réfraction

#### 2.2 Loi de Snell-Descartes

#### 2.3 Dispersion

#### 2.4 Polarisation

#### 2.5 Images formées par une surface

## 2. Images, réflexion et réfraction

### 2.1 Indice de réfraction

- Propagation de la lumière

- Dépendance du matériaux dans laquelle elle évolue

- Indice de réfraction  $n$  (pas d'unité puisque coef.)

- Glace : **1,309**

- Diamant : **2,417**

- Verre : **1,50**

- Eau : **1,333**

- Dans un matériaux  $m$ , la lumière a une vitesse  $v_m$  et longueur d'onde  $\lambda_m$  tel que :

$$v_m = \frac{c}{n_m} \Rightarrow \lambda_m = \frac{\lambda_0}{n_m}$$

## 2. Images, réflexion et réfraction

### 2.2 Loi de Snell-Descartes

- Loi de réfraction

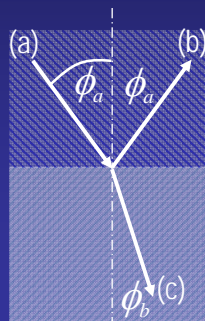
$$n_a \sin \phi_a = n_b \sin \phi_b$$

- Trois rayon

- Incident (a)

- Réfléchi (b)

- Réfracté (c)



## 2. Images, réflexion et réfraction

### 2.1 Loi de Snell-Descartes

### Applications

#### Exercice<sub>(36-1)</sub>

Dans un verre rempli d'eau un rayon de lumière traverse la paroi en verre selon un angle de  $30^\circ$  par rapport à la surface.

(a) Trouver la direction du rayon réfléchi

(b) Trouver la direction du rayon réfracté

## Applications

### Exercice<sub>(36-1)</sub>

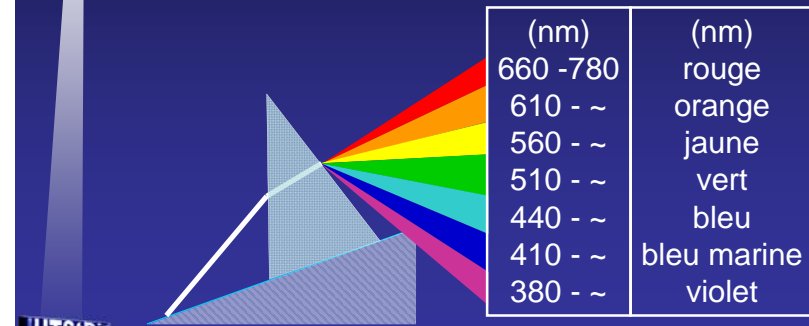
Un rayon de lumière arrive sur la paroi d'un diamant selon un angle  $\phi = 80^\circ$  par rapport à la normale.

- (a) Trouvez les directions des rayons réfléchis et réfractés;
- (b) Le rayon est à présent dans le diamant. En partant du principe que  $\phi$  reste inchangé, répondez une nouvelle fois à la question (a).

17

## 2.2 Dispersion

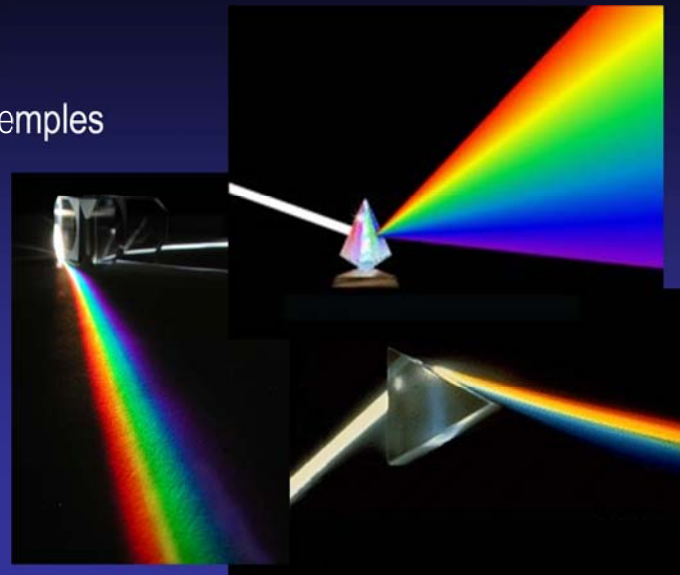
- Longueur d'onde lumière blanche : de  $380$  à  $780 \text{ nm}$
- $n$  varie selon la longueur d'onde



18

## 2.2 Dispersion

### Exemples



19

## 2.2 Dispersion

### Exercice<sub>(36-1'')</sub>

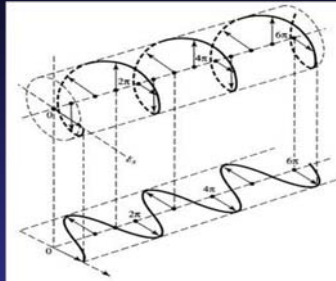
Expliquez schématiquement comment les arcs-en-ciel fonctionnent.



20

## 2.3 Polarisation

- "Vibration" de la lumière



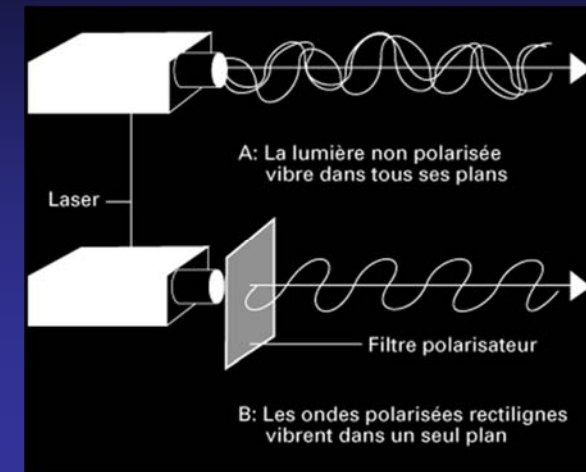
- Polarisation

- Lumière polarisée : qui a été traitée de façon à vibrer uniquement dans un seul plan
- Changement des caractères ondulatoires des rayons lumineux : saturation des tons et des angles marqués

21

## 2.3 Polarisation

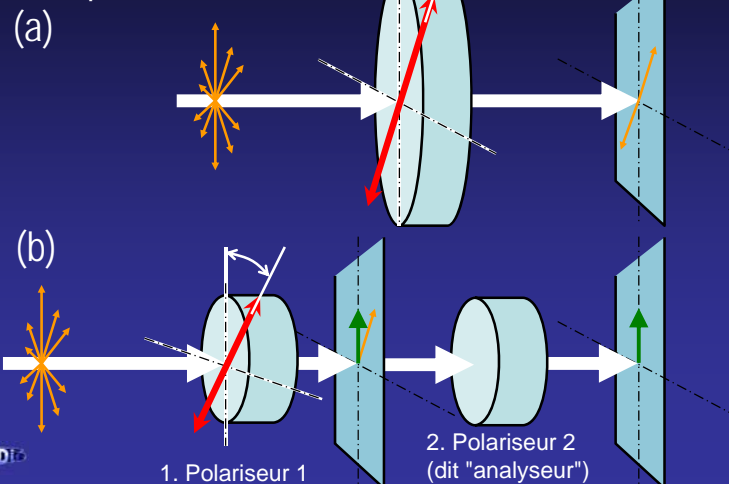
- Schématiquement



22

## 2.3 Polarisation

- Expériences



23

## 2.3 Polarisation

- Intensité  $I_{max}$  après un filtre polarisant d'une lumière naturelle --donc non polarisée-- d'intensité  $I_0$

$$I_{max} = \frac{I_0}{2}$$

- Intensité modifiée par l'angle  $\theta$  entre 2 polariseurs (Loi de Etienne Malus – 1809)

$$I = I_{max} \cos^2 \theta \quad \Rightarrow \quad I = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta$$

24

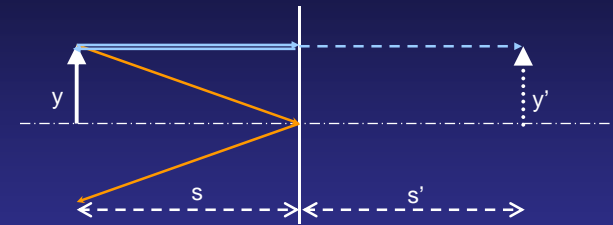
## 2.3 Polarisation

### Exercice<sub>(36-2)</sub>

Se basant sur la figure 2-3(b), avec une lumière incidente d'intensité  $I_0$ , trouver l'intensité transmise par le premier filtre puis par le second si l'angle  $\theta$  est de  $30^\circ$

## 2.4 Images formées par une surface

- Réflexion sur une surface plane



- Distance à l'objet  $s$ , distance à l'image  $s'$

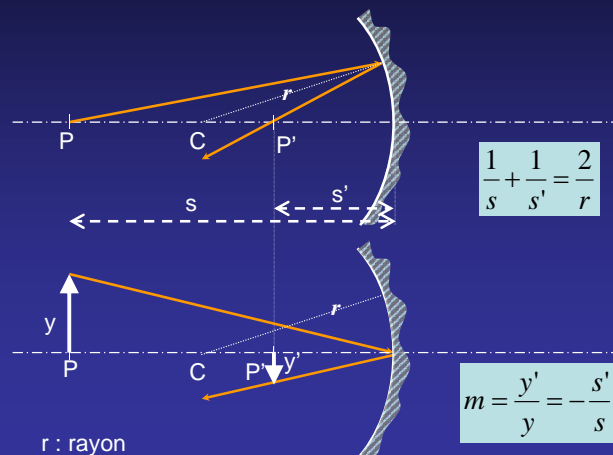
$$s = -s'$$

- Grossissement

$$m = \frac{y'}{y} = 1$$

## 2.4 Images formées par une surface

- Réflexion sur une surface sphérique



$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{r}$$

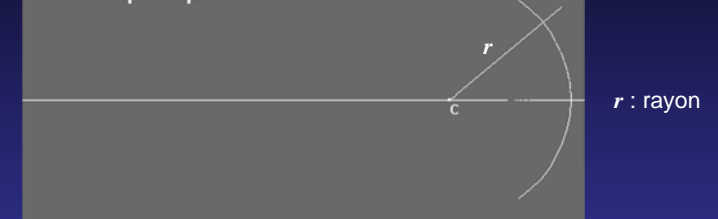
$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s}$$

r : rayon

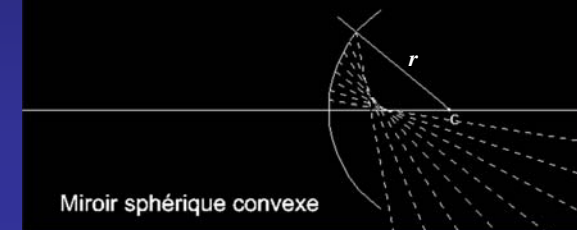
## 2.4 Images formées par une surface

- Réflexion sur quelques surfaces courbes

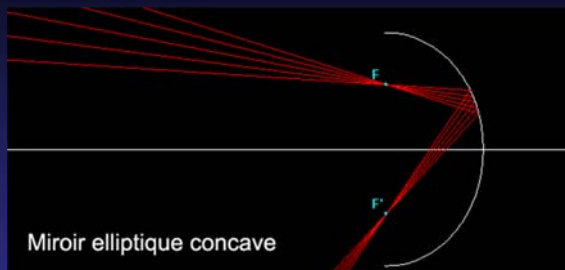
Miroir sphérique concave



Miroir sphérique convexe

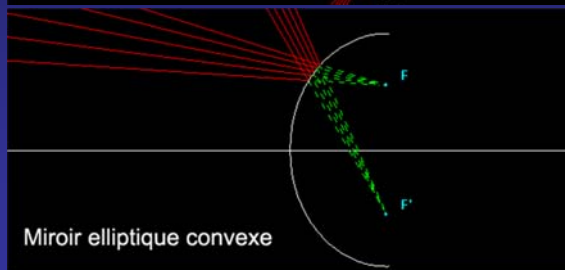


## 2.4 Images formées par une surface



Miroir elliptique concave

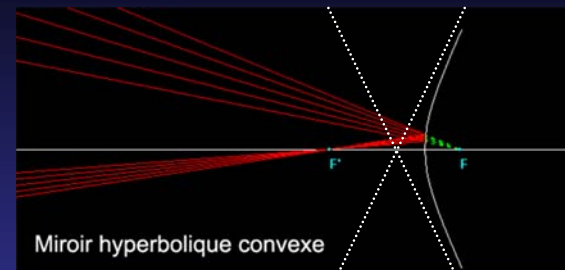
$F$  &  $F'$  :  
Foyer de l'ellipse



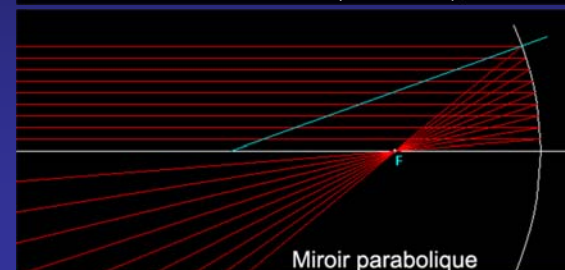
Miroir elliptique convexe

29

## 2.4 Images formées par une surface



Miroir hyperbolique convexe



Miroir parabolique

30

## 2.4 Images formées par une surface

### Exercice<sub>(37-1)</sub>

Un miroir forme l'image d'une bougie située à 10 cm sur un mur à 3 m du miroir.

- (a) Le miroir est-il plat ou courbe ?
- (b) Quel est son rayon ?
- (c) Le miroir est-il convexe ou concave ?
- (d) Si la hauteur de l'objet est de 5 mm, quel est la hauteur de son image ?

31

## 2.4 Images formées par une surface

### Exercice<sub>(37-2)</sub>

Soit un miroir concave de rayon 20 cm.

- (a) A l'aide de figures trouver graphiquement l'image d'une bougie se trouvant à 30, 20, 10 et 5 cm ;
- (b) Vérifier les constructions en calculant les positions et magnitudes.



32



## Introduction

1. Nature et propagation de la lumière
2. Image, réflexion et réfraction
3. Lentilles et instruments optiques
4. Interférences et diffraction

Référence / conclusion

3.1 Lentilles

3.2 Méthodes graphiques

3.3 Exemples d'instruments

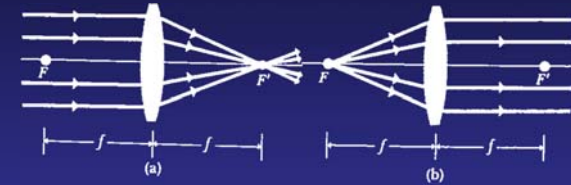
33

## 3. Lentilles et instruments optiques

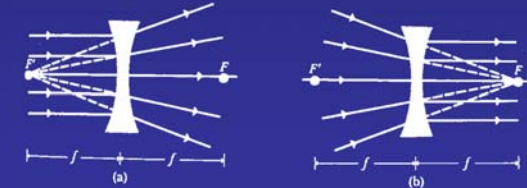
### 3.1 Lentilles

Deux classes de lentilles

- Lentilles convergentes



- Lentilles divergentes



34

## 3. Lentilles et instruments optiques

### 3.1 Lentilles

## Types de lentilles

Trois types par classe de lentilles

- Lentilles convergentes
  - Ménisque
  - Plane convexe
  - Double convexe
- Lentilles divergentes
  - Ménisque
  - Plane concave
  - Double concave



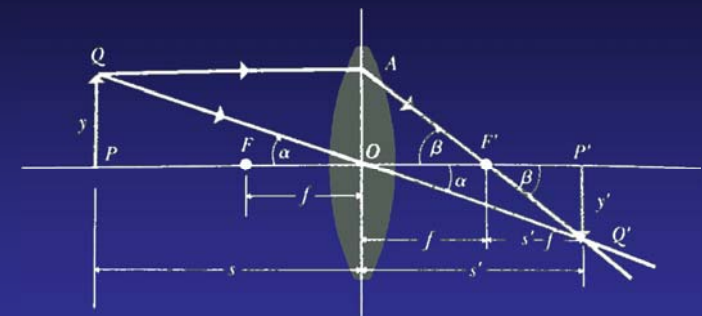
35

## 3. Lentilles et instruments optiques

### 3.1 Lentilles

## Convergentes

- Soit  $f$  la distance focale



- Distance focale, objet, image et grossissement :

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

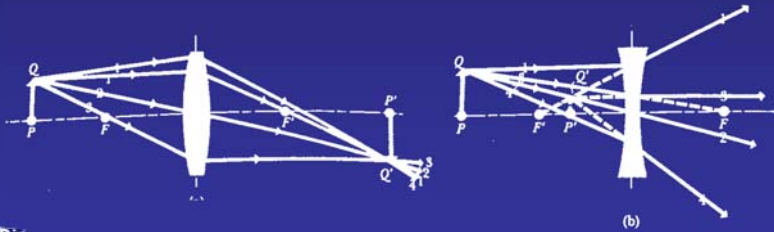
$$m = -\frac{s'}{s}$$

36

### 3.2 Méthodes graphiques

Tracer les chemins parcouru par les rayons suivants

- Rayon parallèle à l'axe
- Rayon qui passe par le centre de la lentille
- Rayon qui passe par le 1<sup>e</sup> point focal



37

### 3.2 Méthodes graphiques

Exercice<sub>(38-1)</sub>

Soit une lentille convergente de distance focale 20 cm.

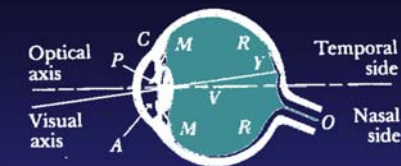
- Trouver graphiquement la position des images d'un objet situé respectivement à 50, 20, 15 et -40 cm ;
- Calculer le grossissement pour chaque cas ;
- Vérifier vos résultats par le calcul.

38

### 3.3 Exemples d'instruments

#### L'œil

- Oeil « normal »
- Avec l'age : distance à l'objet minimum
  - 10 ans 7 cm
  - 20 10
  - 30 14
  - 40 22
  - 50 40
  - 60 200

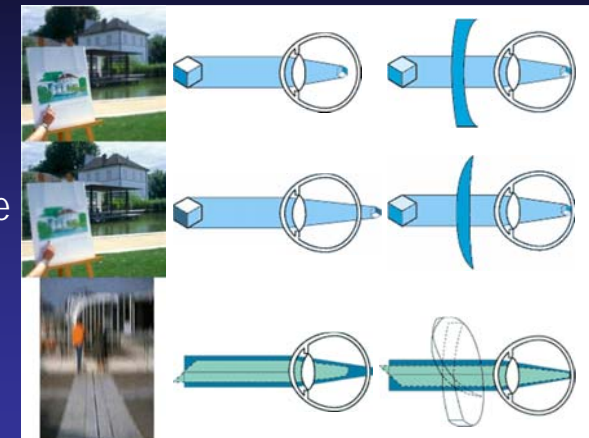


39

### 3.3 Exemples d'instruments

#### L'oeil

- Myopie
- Hypermétropie
- Astigmatisme



40

## L'oeil

### Exercice<sub>(38-3)</sub>

Le point le plus proche d'un œil hypermétrope est 1 m.

- (a) Quelle type de lentilles devront être utilisées pour voir net à une distance de 25 cm ?
- (b) Avec quelle focale ?

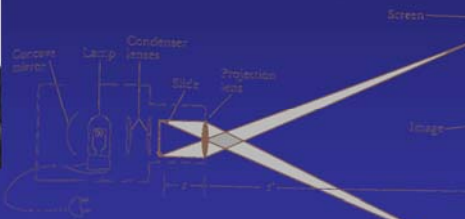
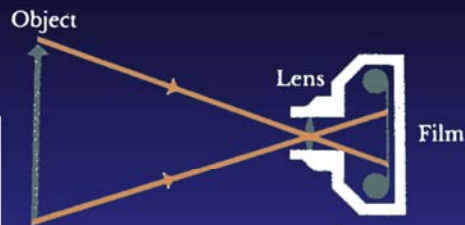
## L'oeil

### Exercice<sub>(38-4)</sub>

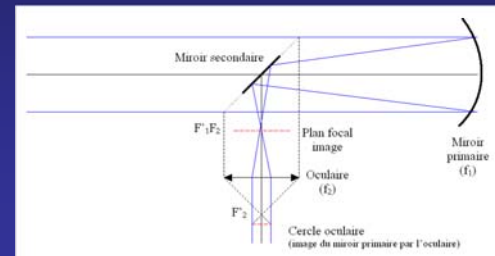
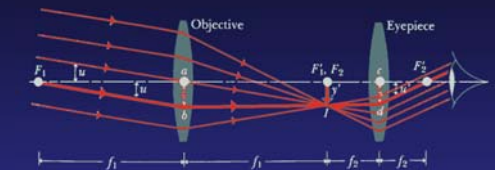
Le point le plus éloigné d'un œil myope est 1 m.

- (a) Quelle type de lentilles devront être utilisées pour voir net à l'infini ?
- (b) Avec quelle focale ?

## Appareil photo, caméra et projecteur



## Microscope, télescope



## Introduction

1. Nature et propagation de la lumière
2. Image, réflexion et réfraction
3. Lentilles et instruments optiques
4. Interférences et diffractions

Référence / conclusion

4.1 Sources cohérentes
4.2 Interférences à deux sources

45

## 4. Interférences et diffractions

### 4.1 Sources cohérentes

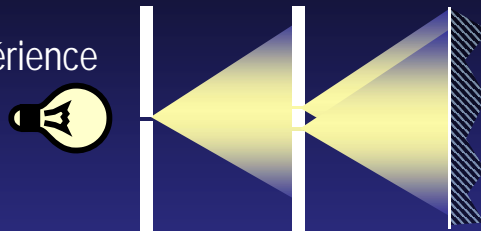
- Phénomènes d'interférences et de diffraction  
Nature ondulatoire de la lumière
- Lumière monochromatique  
Même longueur d'onde / fréquence
- Laser  
Presque monochromatique
- Superposition  
Idée de base pour l'interférence et diffraction
- Sources cohérentes  
Relation de phase

46

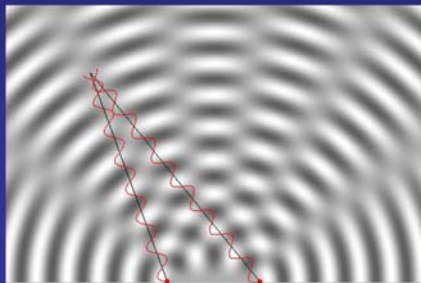
## 4. Interférences et diffractions

### 4.2 Interférences à deux sources

- Young's Expérience



- Observation

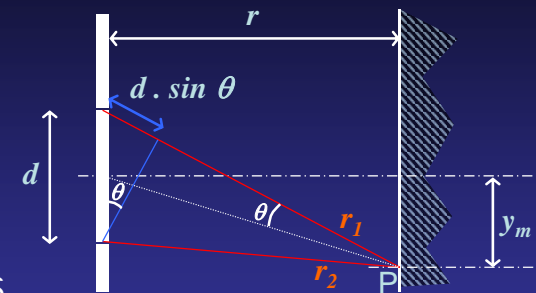


47

## 4. Interférences et diffractions

### 4.2 Interférences à deux sources

- Analyse



- Résultats

– Si P est à la  $m^{\text{ème}}$  frange lumineuse alors

$$r_1 - r_2 = d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda$$

avec  $\rightarrow m \in \{0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots\}$

$$y_m = r \frac{m \cdot \lambda}{d}$$

48

## 4.2 Interférences à deux sources

### Exercice<sub>(39-1)</sub>

Voici les données obtenue lors d'une expérience sur les interférences :

- Distance de 0,2 mm entre les deux fentes ;
- Distance a l'écran de 1 m ;
- La troisième raie lumineuse est à 7,5 mm du centre.

- (a) Quel type de lumière a-t-on utilisé ?
- (b) Quel est sa longueur d'onde ?
- (c) Trouver  $\theta$ .

49

### Introduction

1. Nature et propagation de la lumière
2. Image, réflexion et réfraction
3. Lentilles et instruments optiques
4. Interférences et diffractions

### Référence / conclusion / discussion

---

50

## Conclusion

Révision couvrant une large palette de phénomènes

- Différents types de lumière  
Nature et comportement
- Notions de  
Réflexion, réfraction, interférence, diffraction
- Expériences  
Instruments optiques
- Une douzaine de types d'exercice

51

## Références (1/2)

- Publications utilisées dans ce cours
  - F.Sears, M.Zemansky, H.Young, *University Physics, seventh edition*, Addison-Wesley (1986)
- Sites
  - <http://www.essilor.fr/VISION-ET-VOUS>
  - <http://www.sciences.univ-nantes.fr>
- Remerciements
  - A tous les étudiants

52

# Questions / discussion