

## LP 3 : ASPECTS ONDULATOIRES EN OPTIQUE

### Bibliographie

1. Enseignement de spécialité, Tle, Lelivrescolaire
2. Enseignement de spécialité, Tle, Belin

### Introduction pédagogique

**Niveau :** Tle enseignement de spécialité

**Prérequis :**

1. Ondes lumineuses : description, double périodicité, visible [1<sup>ère</sup> spé]
2. Ondes mécaniques progressives [1<sup>ère</sup> spé]
3. Modèle particulaire de la lumière : photon [1<sup>ère</sup> spé]
4. Incertitudes
5. Trigonométrie

**Objectifs :**

1. Être capable de caractériser le phénomène de diffraction.
2. Être capable de caractériser les phénomènes d'interférences.

**Difficultés :**

1. La lumière est un concept plus abstrait pour l'élève habitué à étudier plutôt les ondes acoustiques.
2. Les confusions entre les deux notions, ou dans les deux cas on a une forme de périodicité.

**Exemples de TP** Mesure d'un cheveu (diffraction) et mesure de la distance entre 2 trous d'Young

**Exemples de TD** Etude de figure de diffraction, exploiter les relations entre  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $a$

### Table des matières

<b>1</b>	<b>Phénomène de diffraction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Phénomène d'interférences</b>	<b>4</b>

## Liste de matériel pour TP

### Diffraction :

- Banc optique,
- Laser,
- Fente réglable,
- Ecran mobile avec papier millimétré,
- Support banc

### Interférences :

- Double fente d'écartement différent

## Introduction pédagogique

Diffraction d'une onde par une ouverture : conditions d'observation et caractéristiques. Angle caractéristique de diffraction.	Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes. Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture. <i>Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées.</i> <i>Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i>
Interférences de deux ondes, conditions d'observation. Interférences constructives, Interférences destructives.	Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes. Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène. <i>Tester les conditions d'interférences constructives ou destructives à la surface de l'eau dans le cas de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase.</i>
Interférences de deux ondes lumineuses, différence de chemin optique, conditions d'interférences constructives ou destructives.	Prévoir les lieux d'interférences constructives et les lieux d'interférences destructives dans le cas des trous d'Young, l'expression linéarisée de la différence de chemin optique étant donnée. Établir l'expression de l'interfrange. <i>Exploiter l'expression donnée de l'interfrange dans le cas</i>
	<i>des interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i> <b>Capacité numérique :</b> Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, la somme de deux signaux sinusoïdaux périodiques synchrones en faisant varier la phase à l'origine de l'un des deux.

Somme de deux signaux sinusoïdaux en fonction du déphasage : [Python](#).

## Introduction

- 2 aspects défendus par 2 physiciens : Newton vs Huygens → Aspect particulaire vs ondulatoire (SLIDE)
- Aujourd'hui il a été prouvé que les 2 théories coexistent
- Ici théorie ondulatoire et prochain cours : théorie corpusculaire
- Dans cette leçon on va étudier le phénomène de diffraction (photo de vagues)
- On voit que les fronts d'onde sont perturbés : avant les rochers, ils sont parallèles et après, ils forment des arcs de cercle.



### Objectifs :

1. Être capable de caractériser le phénomène de diffraction.
2. Être capable de caractériser les phénomènes d'interférences.

## 1 Phénomène de diffraction

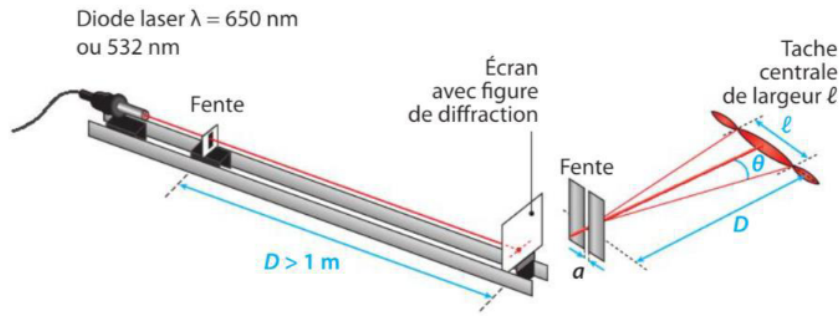
### 1.1 Conditions d'observation

**Définition :** Le phénomène de diffraction est une propriété des ondes qui se caractérise par un étalement des directions de propagation de l'onde, lorsque celle-ci traverse une ouverture, sans changement de fréquence.

- Phénomène observé si  $a > \lambda$ , avec  $a$  la taille caractéristique de l'objet diffractant
- Pour des vagues :  $\lambda \simeq 1$  m → l'écart entre les rochers suffit
- Pour la lumière :  $\lambda \simeq 10^{-7}$  m → l'obstacle doit être de très petite taille ( $\mu\text{m}$ )

### 1.2 Diffraction d'une fente éclairée par un laser

- De quoi dépend la figure de diffraction ? ([Animation](#) : forme de la figure de diffraction en fonction de la géométrie de l'objet diffractant)
- Figure orthogonale à l'orientation de la fente



- Plus la fente est petite plus la diffraction est marquée
- Si la longueur d'onde augmente la largeur de la tache de diffraction augmente
- $\tan(\theta) = \frac{L}{2D}$  ce qui donne aux petits angles :  $\theta = \frac{L}{2D}$
- Largeur de la tache dépend de la longueur d'onde :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$

$$\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$$

- Possibilité de retrouver l'un des trois paramètres en fixant les deux autres

### 1.3 Mesure de la largeur d'un cheveu

- Application directe de la formule précédente
- Un cheveu et une fente c'est équivalent : on l'admet
- En préparation : on trace droite d'étalonnage en fonction de différentes valeurs de  $a$  (plusieurs fils ou pleins de fentes d'épaisseur différentes)
- $a = \frac{2\lambda D}{L}$  avec  $L$  la longueur de la tache centrale

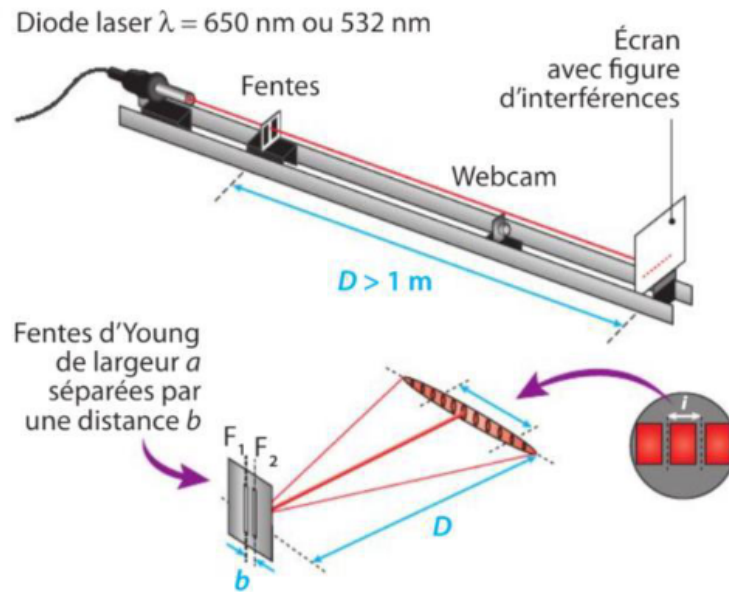
## 2 Phénomène d'interférences

### 2.1 Conditions d'interférences

- Possibilité d'interférences si onde même longueur d'onde et de même fréquence
- L'intensité résultante est la somme des intensités individuelles
- Intensité maximale si en phase et minimale si en opposition de phase (cf python en intro péda)
- Pas spécifique aux ondes lumineuses (cf casques anti-bruits)
- Même longueur d'onde et de fréquence : on parle de cohérence spatiale et temporelle
- Idéalement elles doivent être issues d'une seule et même source
- On va essayer de créer deux sources secondaires à partir d'une source primaire

### 2.2 Expérience des fentes d'Young

- Fentes d'Young : les 2 fentes jouent le rôle de sources secondaires
- Figure d'interférences : succession de franges lumineuses et sombres régulièrement espacées
- Ces interférences sont dues à une différence de chemin optique entre les ondes issues de  $S_1$  et  $S_2$
- Deux situations :



1. Interférences constructives : ondes en phase (tâche colorée)  $\rightarrow$  différence de marche multiple entier de la longueur d'onde  $\delta = k\lambda$
  2. Interférences destructives : ondes en opposition de phase (tâche sombre)  $\rightarrow$  différence de marche multiple demi-entier de la longueur d'onde  $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$
- Distance entre deux franges lumineuses : interfrange  $i = \frac{\lambda D}{e}$  (avec  $e$  la distance entre les fentes)