

LP 3 : Phénomènes ondulatoires en optique - EI : réseau de diffraction

Présenté par Marie

16 juin 2022

Introduction pédagogique

Niveau Term SPCL

Prérequis

- Optique géométrique (2nde)
- Ondes mécaniques progressives et ondes périodiques (1ère)
- Modèle ondulatoire de la lumière (1ère)
- Retard entre deux ondes (1ère)
- Périodicité temporelle et spatiale (Term)

Difficultés

- échelles de grandeurs microscopique
- confusion diffraction interférences

Séquence pédagogique

- TP mesure de la taille d'un objet (cheveu) en utilisant la diffraction. Formation d'un spectromètre à réseau
- TD superposition d'ondes dans un casque à réduction de bruit, diffraction dans une bulle de savon

Introduction

1665 Grimaldi illumine un objet par une source lumineuse ponctuelle et observe des irisations. On peut le voir sur un CD. C'est le phénomène de diffraction dû au comportement ondulatoire de la lumière.

1 Diffraction

1.1 Définition, exemple de la vague

Diffraction : modification de la direction de propagation d'une onde progressive périodique lorsqu'elle rencontre un obstacle. *Image diffraction d'une vague, animation <https://phet.colorado.edu/en/simulations/wave-interference>*

Observations : la diffraction n'a pas lieu à chaque rencontre avec un obstacle, il faut λ de l'ordre de a .
 $\theta = \frac{\lambda}{a}$

1.2 Cas de la lumière

Figure diffraction par une fente. On voit une tache centrale, des taches secondaire un angle caractéristique de diffraction, des extinctions entre les taches. Faire schéma au tableau avec les grandeurs. En TP a est de l'ordre du μm : permet de mesurer des objets très petits.

$$\theta = \frac{L}{2D}$$

Transition Si on augmente le nombre de fentes que se passe-t'il : on a des interférences

2 Interférences

animation du même site que la première. Exploitation.

Interférences : phénomène qui intervient lorsque deux ondes synchrones se superposent.

2.1 Interprétation

Animation physique univ nantes, interférences des ondes à la surface de l'eau. Commentaires

en tout point :

$$s(M, t) = s_1(M, t) + s_2(M, t)$$

en M, si S_1 et S_2 en phase : interférences constructives ; si opposition de phase interférence destructives.

2.2 Cas de la lumière

Dispositif et figure d'interférence

Interfrange : distance entre deux frange brillantes ou sombres.

Dans cette pièce on a plusieurs sources de lumière et pourtant pas de zones d'ombres. Il faut des conditions pour qu'il y ait interférence. Il faut des sources synchrones.

- le déphasage doit être constant entre les deux sources
- même fréquence

Conditions d'interférences constructives et destructives : On définit le retard τ

constructives $\tau = kT$ où k est un entier relatif et T la période. destructives $\tau = (k + \frac{1}{2})T$

Transition On va continuer à faire des interférences mais en ajoutant beaucoup de fentes : on va construire un réseau.

3 Interférences d'ondes multiples

3.1 Réseau

Réseau plan : dispositif contenant un nombre n de raies parallèles séparées de a , appelé pas du réseau.
 $n=1/a$ *Schéma*

3.2 Effet sur une onde monochromatique

Shéma. Chaque trou diffracte la lumière. Les figures de diffractions se superposent et interfèrent.

3.3 Mesure du pas d'un CD

Manip quanti

Questions

- Comment on différencie diffraction et interférence ? Quand on fait une figure d'interférence, elle s'inscrit dans une figure d'interférence. Figure interférence acad montpellier pour bien montrer cela.
- Couleur des bulles de savons quoi faire en TD ? Approche qualitative du phénomène, lien épaisseur du film
- expérience historique de Grimaldi comment la reproduit ? Eclairer avec lampe quartz iode une petite fente, on observe l'image d'une fente avec des irradiations autour. Attention peut être dû au verre de la lentille de la lampe quart iode (enlever la fente pour conclure)

- Pourquoi le périodique dans la définition de diffraction est important ? Utile pour définir un critère de diffraction mais de façon générale ce n'est pas nécessaire d'être rigoureusement périodique. On s'y restreint dans le cas du programme. **Donner la définition sans périodique.**
- Dans quels cas deux ondes interfèrent elles ?

Présenté par Mélanie **Niveau** : Terminale spé

Pré-requis :

- optique géométrique (seconde)
- ondes mécaniques progressives et ondes périodiques (1ère)
- modèle ondulatoire de la lumière (1ère)
- retard entre 2 ondes (1ère)
- périodicité temporelle et spatiale (terminale)
- superposition de 2 ondes (terminale)

Difficultés :

- notions assez abstraites
- ne pas confondre diffraction et interférence
- Chemin optique difficile à appréhender

Activité :

- TP : interférences à la surface de l'eau : première approche des interférences, déduction des conditions d'interférences constructives/destructives
- TD : exercices/activités sur des applications (couleur ailes papillon)

Biblio :

—

Plan proposé

1	Diffraction	1
1.1	Définition, exemple de la vague	1
1.2	Cas de la lumière	1
2	Interférences	2
2.1	Interprétation	2
2.2	Cas de la lumière	2
3	Interférences d'ondes multiples	2
3.1	Réseau	2
3.2	Effet sur une onde monochromatique	2
3.3	Mesure du pas d'un CD	2
3.1	Mise en évidence du phénomène d'interférence	5
3.1.1	Observation : figure d'interférence avec les fentes d'Young	5
3.1.2	Conditions d'interférences	5
3.2	Caractérisation du phénomène	5
3.2.1	Expression de l'interfrange	5
3.2.2	Détermination de la longueur d'onde du laser	6
3.1	Diffraction	7
3.1.1	Mise en évidence du phénomène	7
3.1.2	Diffraction d'une onde monochromatique	7
3.1.3	Etude de la figure de diffraction	7
3.2	Interférences	7
3.2.1	Fentes d'Young	7
3.2.2	Interférences constructives et destructives	7
3.2.3	Interfrange	7

Intro pédagogique

Diffraction et interférences : à séparer en 2 cours différents car 2 notions différentes compliquées
Après : déterminer interférence et appliquer

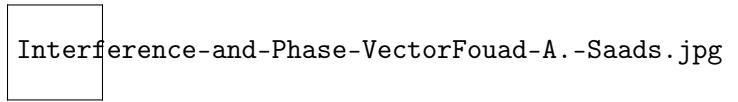


FIGURE 1 – Caption

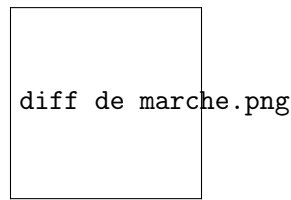


FIGURE 2 – Caption

Leçon

Intro

Cours précédent : diffraction d'une onde, et TP précédent : interférence (cuve à onde)

3.1 Mise en évidence du phénomène d'interférence

3.1.1 Observation : figure d'interférence avec les fentes d'Young

Première figure d'interférence Young en 1801

Figure d'interférence : franges brillantes et franges sombres espacées d'intervalles réguliers : [interfrange sciences.univ-nantesgenievtulloue](#)

Somme de 2 ondes pour former une onde totale :

- onde totale nulle : interférence destructive → frange sombre
- onde totale maximale : interférence constructive → frange brillante

3.1.2 Conditions d'interférences

2 ondes peuvent interférer si elles ont la même fréquence (synchrone) et si elles ont un déphasage constant l'une par rapport à l'autre.

Différence de chemin optique δ (en m)

Chemin optique $l_{S_1M} = n_{milieu} \times S_1M$ (indice du milieu important ; course sur la plage)

Donc $\delta = l_{S_2M} - l_{S_1M} = n_{milieu} \times (S_2M - S_1M)$

Conditions d'interférences	δ (m)
Constructives	$k\lambda, k \in Z$
Destructives	$(k + \frac{1}{2})\lambda, k \in Z$

3.2 Caractérisation du phénomène

3.2.1 Expression de l'interfrange

D diminue, alors i diminue

b (écart entre les fentes) diminue alors i augmente

λ diminue, alors i diminue

$$\delta = \frac{n_{milieu} x_k b}{D} \text{ (relation pas à connaître) donne } i = x_{k+1} - x_k$$

$$\text{Donc } i = \frac{\delta_{k+1} D}{n_{milieu} b} - \frac{\delta_k D}{n_{milieu} b}$$

Conditions d'interférences constructives : $\delta = k\lambda$: $i = (k+1 - k) \frac{\lambda D}{n_{milieu} b}$

$$\text{Ce qui donne } i = \frac{\lambda D}{n_{milieu} b}$$

3.2.2 Détermination de la longueur d'onde du laser

On trace $i=f(D)$ de pente $\lambda/b = 0.002$ et on détermine $\lambda = (60 \pm 8) 10^{-8} \text{m}$

Conclusion

Conditions d'interférences En tp, interférences au quotidien (ailes de papillon)
Séance prochaine exercice

Questions/Réponses

p6cmp7cm QuestionsRéponses

Application très concrète des phénomènes d'interférences Casques anti bruit
Comment expliquer que même fréquence nécessaire ? moyenne jamais constante
Qualifier phénomène d'interférence
Phénomène de battement interférences possibles en méca si fréquences différentes. Pas possible en optique car
oeil = capteur quadratique de temps de réponse 1/20 s
Effet doppler optique ? Etoiles

Debrief

Amplitude différent d'intensité
Remonter à la distance entre les fentes plutôt qu'à la longueur d'onde
Ne peut pas se concentrer simplement sur les interférences (parler d'un autre phénomène en plus :
diffraction, doppler) ; pour gagner du temps, pas besoin de revenir sur la cuve à onde
Expliquer la manip avant d'éteindre la lumière (attention pas de montre!!)
Ne pas écrire "ne pas confondre diffraction et interférences"

Proposition de plan

Niveau : Term SPCL

Manip : Trous d'Young

Ressources : <https://phet.colorado.edu/en/simulations/wave-interference> // https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Ondes/cuve_ondes/propagation_onde_circulaire.php // http://physique.ostralo.net/diffraction_interference/

3.1 Diffraction

3.1.1 Mise en évidence du phénomène

3.1.2 Diffraction d'une onde monochromatique

3.1.3 Etude de la figure de diffraction

3.2 Interférences

3.2.1 Fentes d'Young

3.2.2 Interférences constructives et destructives

3.2.3 Interfrange