

LP4 - Aspects ondulatoires en optique

Niveau: Terminal

Prerequis:

- * Ondes électromagnétiques
- * Propagation des ondes
- * Notions de fréquence, longueur d'onde, déphasage
- * Modèle ondulatoire de la lumière et corpusculaire
- * Le laser.
- * Ondes mécaniques
- * Analyse dimensionnelle
- * base de trigonométrie

⚠ LASER allumée par demo
⊕ ⚠ réflexions Sécurité.

Bibliographie

- * Microméga T^S 2012 - Antczak - JFLN
- * Physique Chimie terminale S - Delaunay
- * Physique Chimie 2nd et 1^{er} - Hachette éducation

Expérience: Interférences par mesure λ

Diffraction par mesure épaisseur cheveux.

Introduction Pédagogique

- * Ce cours se situe au niveau terminal S dans la partie "observer" du prog
- * Ce cours arrive en fin de partie car les élèves ont besoin d'avoir une bonne compréhension des ondes et des notions de fréquence, longueur d'onde, phase etc.
- * Les élèves ont vu dans un cours précédent la dualité onde - corpuscule et ils sont familiarisés avec la description ondulatoire, ainsi que les autres grandeurs associées à la lumière visible.
- * Ce cours vient juste après un cours sur les ondes mécaniques, les notions de propagation et d'amplitude sont donc renforcées par les élèves
- * Dans ce cours nous allons aborder les phénomènes de diffraction et d'interférences qui peuvent être difficile à appréhender par des élèves car ils ne l'expérimentent pas tout les jours.
 - ↳ De plus les ondes lumineuses ne sont pas visible directement, pour permettre aux élèves d'appréhender plus facilement les phénomènes on fera d'abord des exemples sur les ondes mécaniques, plus compréhensibles par les élèves.
- * Le choix a été fait de ne pas parler de diffraction par un trou et de ne pas approfondir la diffraction de la lumière blanche ces deux aspects pourront être abordés en TP.
- * Sur la partie interférence on ne démontrera pas la formule de l'interfrange le calcul pourra être fait en TD
- * Le but de ce cours est aussi de réussir à rendre moins abstrait le caractère ondulatoire de la lumière, en effet les élèves sont souvent plus familiers avec la description corpusculaire.
- * Les difficultés sont majoritairement dans la description ondulatoire de la lumière. Mais aussi par faire la diff entre diffraction et interférences, car souvent ensemble. $\Rightarrow$ TP pour être moins abstrait et plus clair.

* TD Ser interfranges

* TP Ser diffraction en lumière blanche et Ser les interférences

* Etude de doe Ser les interférences en lumière blanche avec bulle de savon
ou Ser l'utilisation de laser rouge ou bleu dans les blurray.

Introduction

- * Bonjour à tous, au cours précédent nous avons parlé d'ondes mécaniques.
- * Nous avons vu comment elle se propagent dans les milieux, on va regarder plusieurs phénomènes avec l'exemple des vagues.
- * Et le but va être de voir si on trouve les mêmes phénomènes avec les ondes électromagnétiques.
- * On a déjà vu que la nature corpusculaire et ondulatoire avait fait débat pendant un moment dans la communauté scientifique, en partie à cause de ces phénomènes.

Objectif : Comprendre les phénomènes de diffraction et d'interférences.

Transition : Vous avez peut-être déjà vu un phénomène qui se passe quand des vagues entrent dans un crique.

↳ image au vidéo

↳ on appelle ce phénomène de la diffraction, est-ce qu'on peut l'observer par des ondes électromagnétiques comme la lumière ?

I - Le phénomène de diffraction

A - Mise en évidence et modélisation

* Diffraction: Modification de la propagation d'une onde sans changement de fréquence et de longueur d'onde au passage d'un obstacle

↳ Si on éclaire avec de la lumière un objet, on a une ombre de cet objet, on peut aussi faire l'inverse et utiliser ça comme un pochoir

↳ Exp: illuminer un objet en lumière blanche $\Rightarrow$ pas de diffraction! 

* Si on prend maintenant un laser et une fente on devrait aussi obtenir une image de la fente comme avec un pochoir. 

↳ Exp: diffraction avec le laser.

↳ On n'obtient pas du tout ce qu'on attendait

↳ C'est le phénomène de diffraction: possible avec de la lumière

Transition: On a mis en évidence un nouveau phénomène, mais peut-on le décrire avec un modèle simple?

B- Description du phénomène

* Si on essaye de modéliser ce qu'il se passe avec un schéma on obtient ça
↳ projection

* Les paramètres intéressants sont :

- La largeur de la fente a (en m)
- La distance de l'écran D (en m)
- La largeur de la tache ℓ (en m)
- La longueur d'onde λ (en m)
- Le demi-angle Θ

* La trigonométrie nous donne directement $\tan \Theta = \frac{\ell}{2D} \approx \Theta$ si Θ petit.

* Comme la diffraction qui donne l'angle Θ n'est due qu'au laser et à la taille de la fente, une analyse dimensionnelle nous donne :

$$\Theta = \frac{\ell}{2D} = \frac{\lambda}{a} \quad \text{ou} \quad \Theta = \frac{\ell}{2D} = \frac{a}{\lambda}$$

* On peut facilement mesurer ℓ et D ne change pas

- Si on change la longueur d'onde du laser : λ augmente $\Rightarrow \ell \uparrow$ donc $\Theta \uparrow$
↳ on aurait $\Theta = \lambda/a$? 
 - On peut mesurer ℓ pour différents a
↳ on trace $\ell = f(1/a)$ on obtient bien une droite
↳ On projette la courbe.
- } Exp

$\Rightarrow$ On obtient bien une droite donc par analyse dimensionnelle on a :

↳ diffraction : $\Theta = \lambda/a$ Animation pour bien comprendre

Transition : On sait comment fonctionne la diffraction, mais est-ce qu'on peut s'en servir pour faire des mesures ?

C. Application : la taille d'un cheveu

* La formule de la diffraction $\theta = \lambda/a$ nous informe qu'il faut que la taille de la fente soit du même ordre de grandeur que λ pour qu'on puisse voir de la diffraction (d'ailleurs pochoir en lumière blanche)

↳ Ce n'est donc pas le laser mais la taille fente : de l'ordre de la lumière blanche possible

* Quel est ce qui a une taille de 10^{-7} ou 10^{-6} m ? ↳ *proje*

↳ Un cheveu $\Rightarrow$ on va essayer de mesurer l'épaisseur d'un cheveu.

* Le cheveu va se comporter comme une fente si on le place devant le laser

↳ On s'attendrait à avoir la figure inverse de celle précédente, mais en fait ce sont les bords de l'obstacle qui provoquent la diffraction

↳ *image arthur*

↳ On obtient bien la même figure

↳ *cheveux + laser Exp*

↳ Si on mesure θ avec notre courbe on peut trouver a

$\Rightarrow$ mon cheveu mesure : $(\quad \pm \quad) 10^{-6}$ m

* Il y a plein d'autres applications que l'on verra en TD / TP / Étude de cas

Transition : On a vu le phénomène de diffraction avec les ondes

et on l'a modéliser, mais vous avez peut-être aussi déjà

vu que si on lance deux pierres dans l'eau quand les ondes se

rencontrent il se passe un autre phénomène. *Vidéo*

↳ Qu'est-ce qu'il se passe ? interférences

II - Les interférences

A - Conditions d'observation : Des interférences taille de la

* On a vu avec la diffraction qu'il fallait que la fente soit de même ordre de grandeur que la longueur d'onde.

* Pour observer ce phénomène que l'on appelle interférence, il faut respecter plusieurs conditions

- $\pm$ il faut que les ondes aient la même fréquence, sinon les phénomènes ne se produiraient pas au même endroit, et il bougeraient trop vite pour qu'on les voit.

- Il faut que les deux ondes proviennent de la même source, même si elles ont la même fréquence, le déphasage entre elle change au cours du temps et on ne peut pas non plus les observer *projo*

$\Rightarrow$ il faut des sources cohérentes : même fréquence, même déphasage

* Pour cela on utilise un système de deux fentes qu'on appelle fentes d'Young

↳ on rajoute juste une seconde fente à la précédente.

↳ Exp : interférences + video

Transition On arrive bien à comprendre le phénomène avec les vagues, mais est-ce qu'on peut prédire la figure qu'on obtient ?

B - Différence de marche

* Avec les vagues on a simplement que si on a deux maximums au même endroit on a une vague $\oplus$ grosse. prgo

* Si on a un maximum et un minimum on a la vague qui s'annule.

↳ En fait c'est la même chose avec le laser

↳ Pour faciliter le calcul, car on ne sait pas ce sont les maximums et les minimums par le laser, on introduit la différence de marche

↳ projection schéma

$$\delta = S_2P - S_1P$$

* Quand l'onde provenant de S_1 arrive en P il reste encore δ à parcourir à l'onde venant de S_2 .

↳ c'est donc l'onde qui était en S_2' qui arrive en même temps que celle venant de S_1

• Par avoir des interférences constructives il faut avoir la même phase en S_2' et S_1

↳ Comme on a la même onde en S_1 et S_2 il faut S_2 et S_2' en phase

$$\Rightarrow \delta = k\lambda$$

• Par des interférences destructives il faut S_2' et S_2 en opposition de phase

$$\Rightarrow \delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$$

↳ k est un entier qu'on appelle l'ordre d'interférences

Transition : On peut prévoir la forme des interférences, mais est-ce qu'ici aussi on peut s'en servir pour faire des mesures ?

C. Mesure d'une longueur d'onde

* Avec des fentes d'Young on peut montrer que la distance entre deux franges brillantes ou deux franges sombres vaut :

$$\boxed{c = \frac{\lambda D}{b}} \quad \text{appelé interfroge} \quad \text{prigo}$$

- avec D la distance fente écran
- " b la distance entre les deux fentes

* On peut donc avec notre laser faire une figure d'interférence, compter plusieurs i

↳ une fois qu'on a c , on connaît D et b

$$\Rightarrow \lambda = \frac{b \cdot i}{D}$$

* Pour notre laser on trouve $\lambda = (\quad \pm \quad) \text{ nm}$

Conclusion : Comme la lumière est un phénomène ondulatoire on retrouve les mêmes phénomènes qu'avec des ondes mécaniques.

• Par le passage par une fente on a de la diffraction

• Deux sources cohérentes donne des interférences

$\Rightarrow$ il y a un grand nombre d'applications qu'on pourra voir en TP ou en Etude de documents.