

Fiche 4

Aspects ondulatoires en optique (secondaire)

Ressources utilisées

- Hachette Éducation, TS, DULAURANS
- Animations (voir dans les liens utiles)

Pré-requis

- Ondes mécaniques (fréquence, période, célérité, front d'onde)
- Ondes électromagnétiques (sources mono et polychromatique).
- (Diffraction, [en fonction d'où part la leçon])

Éléments imposés possibles

Iridescence sur une bulle de savon ; mesure de la largeur d'un cheveu ; études des DVD ; tâche d'AIRY ; diffraction par des rideaux...

Introduction pédagogique

Niveau Terminale S (équivalence de contenu en Terminale Spécifique)

Difficultés — Se figurer que ces phénomènes existent pour la lumière : on fera des analogies avec les ondes mécaniques, et reparlera de la nature des ondes électromagnétiques.

- Séparer conceptuellement la diffraction et d'interférence... : pour cela, on pourra faire remarquer que sur une figure d'interférences, on retrouve la figure de diffraction.
- Faire le lien entre les dimensions de l'expérience et la figure observée.

Travaux dirigés Description et exploitation de figures d'interférences, de diffraction ; retrouver les dépendances en les longueurs caractéristiques.

Étude pour la lumière et pour les ondes mécaniques (vague) ou les particules (électrons).

Étude de la diffraction sur les disques DVD ou Blu-ray.

Travaux pratiques Reproduction et modélisation des phénomènes de diffraction et d'interférences.

La leçon se plaçait naturellement à un niveau de Terminale S (équivalence en contenu avec le programme d'optique ondulatoire de la Terminale Générale, Enseignement Spécifique de PC). Il s'agit de décrire et de caractériser les phénomènes de diffraction et d'interférences pour les ondes électromagnétiques : en fonction de leurs propriétés et des caractéristiques du système.

Le cours reste très centré sur l'expérience et sur l'observation (d'ailleurs dans le Thème « Observer » de l'ancien programme), on ne cherchera pas à expliquer plus en détail comment obtenir ces résultats (niveau L2, au moins...).

Remarque En fonction de la durée de la leçon et de l'élément imposé, on peut avoir à tout reprendre depuis le début ou à reprendre au niveau des interférences seulement, en considérant la diffraction comme vue en pré-requis, bien qu'on en ferait des rappels.

Introduction

Histoire NEWTON en 1666 découvre la dispersion de la lumière, HUYGENS l'explique en postulant l'aspect ondulatoire de la matière, dans son Traité de la lumière fin des années 1600.

Projection

Portraits de NEWTON et HUYGENS.

Retrouve-t-on d'autres aspects ondulatoires en optique, comme c'est le cas pour les ondes mécaniques, qu'on observe directement ?

Projection

Vidéo Youtube

Remarque Éventuellement, contextualiser avec les ondes lumineuses par la diffraction par les rideaux ? Images sur Internet.

Comprendre et décrire les phénomènes de diffraction et d'interférences pour les ondes lumineuses.

4.1 Diffraction de la lumière

4.1.1 Observation et modélisation du phénomène

Plaçons un obstacle (une fente par exemple) sur le chemin de la lumière (d'un laser...).

Projection

Animation, au choix :

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optiondu/fentever.html>

ou

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_fr.html

Remarque La seconde permet de montrer la dépendance en la géométrie de la pupille. À garder en supérieur OU pour expliquer les figures visibles sur des rideaux par exemple !

On observe sur l'écran des taches lumineuses et des taches sombres : c'est ce qu'on appelle la figure de diffraction. L'objet diffractant est appelé *la pupille*.

Définissons alors plusieurs grandeurs pour décrire le système :

Projection

Ou dessin, en fonction du temps à disposition : Hachette Éducation, p. 63.

l est la largeur de la tache centrale : attention, elle est mesurée entre les deux zones les plus sombres ! a est la largeur de la fente et θ l'angle dessiné (dit demi angle de diffraction).

Si l'on fixe D grand, la distance entre la pupille et l'écran, on peut, à l'aide des formules de trigonométrie :

$$\theta \simeq \tan \theta = \frac{l}{2D}. \quad (4.1)$$

Modifier la largeur de la fente (expérimentalement ou sur l'animation). On remarque que l et donc θ diminuent quand a augmente.

On peut tracer la fonction $\theta = f(\frac{1}{l})$ et voir qu'il s'agit d'une droite : on a une relation de proportionnalité!

$$\theta = k \frac{1}{a}, \quad (4.2)$$

où k a la dimension d'une longueur. À l'aide du tracé, on détermine que k est de l'ordre de la longueur d'onde du laser utilisé. Par ailleurs, cela correspond à l'évolution observée en changeant le laser utilisé! [Le faire].

On trouve donc finalement :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad (4.3)$$

Remarque Pas pour les élèves mais : en réalité,

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{a} \quad (4.4)$$

pour une fente, et voir tache d'AIRY pour une pupille circulaire. (facteur 1.22 quelque part...).

Projection

Autres formes de figure de diffraction...

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_fr.html

Projection

Et en lumière blanche? Superposition des figures de diffraction... Hachette Éducation p. 64.

Remarque Si élément imposé sur les bulles de savon, passer plus de temps, avec notamment exercice p. 84 du Hachette Éducation.

4.1.2 Mesure de la largeur d'un cheveu par diffraction

Remarque Équivalence obstacle/trou par le théorème de BABINET.

4.1.3 Application : étude des DVD ou Blu-ray

Projection

DVD/BD, Hachette Éducation p. 64.

4.2 Le phénomène d'interférences

4.2.1 Mise en évidence expérimentale

Remarque Attention, on voit toujours la figure de diffraction !

Projection

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_fr.html
OU
https://web-labosims.org/animations/interferences_aeuxsources/interferences.html
... plein d'animations !

4.2.2 Interprétation et caractérisation

Interférences constructives

Interférences destructives

Interfrange

Conclusion

Retour sur les objectifs.

Retour sur le fait que « on observe pour la lumière des phénomènes propres aux ondes : diffraction et interférences, on peut donc confirmer l'aspect ondulatoire de la lumière ». Pourtant, (ouverture), les électrons possèdent aussi ces propriétés (aspect ondulatoire de la matière) et la lumière possède des propriétés particulières (dualité onde-particule pour la lumière). Objet de la suite...