

Chapitre 6 – Caractère ondulatoire

NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
<p>Propriétés des ondes</p> <p>Diffraction. Influence relative de la taille de l'ouverture ou de l'obstacle et de la longueur d'onde sur le phénomène de diffraction.</p> <p>Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche.</p> <p>Interférences.</p> <p>Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche. Couleurs interférentielles.</p> <p>Effet Doppler.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle. - Connaître et exploiter la relation $\theta = \lambda/a$. - Identifier les situations physiques où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction. - Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques. - Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses. - Utiliser des données spectrales et un logiciel de traitement d'images pour illustrer l'utilisation de l'effet Doppler comme moyen d'investigation. - Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses. - Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses. - Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.
<p>VIDEO</p> <p>🖥 AE. 6A - Diffraction</p> <p>🖥 AE. 6B - Interférences</p>	
<p>EXERCICES</p> <p>28, 30, 31 p. 478 (intensité sonore) ; 33, 34, 37, 45 (diffraction, interférence) ; 39, 40 (effet Doppler)</p>	
<p>SOMMAIRE</p> <p>I. <u>La diffraction</u></p> <p>II. <u>Les interférences</u></p> <p>III. <u>L'effet Doppler</u></p>	
<p>ACTIVITE</p> <p>Activité expérimentale : Diffraction Interférences Effet Doppler</p>	
<p>A rédiger</p> <p>Exercices 63 et 64</p>	

I/ LA DIFFRACTION

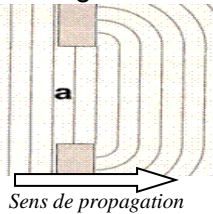
Document 1 : Mise en évidence du phénomène de diffraction

On utilise la cuve à ondes avec un vibreur en forme de lame et on interpose devant le vibreur un obstacle muni d'une fente parallèle au vibreur et de largeur a réglable.

1^{er} cas : La largeur de la fente a est très grande

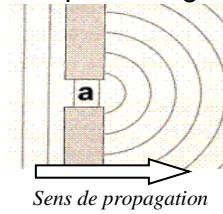
par rapport à la longueur d'onde λ de l'onde : $a \gg \lambda$

$a \leq \lambda$



2nd cas : La largeur de la fente a est du

ordre de grandeur que la longueur d'onde :

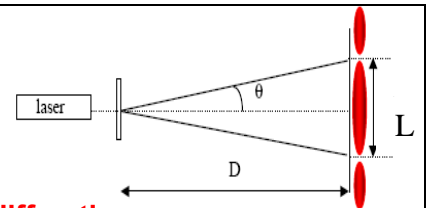


Document 2 : Expérience sur la diffraction de la lumière

Lorsqu'on éclaire une fente de largeur a avec une lumière monochromatique de longueur d'onde λ (de même ordre de grandeur que la largeur de la fente : $a \leq \lambda$), on observe une alternance de zone éclairée et sombres : c'est le phénomène de **diffraction de la lumière**.

La lumière constitue donc une onde puisqu'elle subit le phénomène de diffraction.

La figure de diffraction s'étale dans une *direction orthogonale* à la fente ou l'obstacle.



L'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale de diffraction et la première zone d'extinction est donné par la relation :

--+

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

Rq : * Dans le cas de la lumière blanche, chaque radiation a un écart angulaire θ différent (*puisque'il dépend de la longueur d'onde λ comme le prouve la formule*), on observe donc un phénomène d'irisation.

* Les ondes sonores audibles ont une longueur d'onde λ comprise entre 17 mm et 17 m. Pour tous les obstacles et ouvertures de la vie quotidienne ayant des dimensions comprises entre ces deux valeurs, il y a constamment diffraction du son d'où la difficulté de se protéger du bruit !

Questions :

1/ Noter vos observations dans le 1^{er} cas puis dans le 2nd cas de l'expérience du **document 1**.

1^{er} cas :

2nd cas :

2/ Définir le phénomène de diffraction.

3/ Le phénomène de diffraction concerne-t-il les ondes mécaniques ?

4/ Le phénomène de diffraction concerne-t-il les OEM ?

5/ a/ Lors de la diffraction, la longueur d'onde est-elle modifiée ?

b/ Lors de la diffraction, la fréquence de l'onde est-elle modifiée ?

c/ En rappelant la relation entre vitesse, longueur d'onde et fréquence, en déduire l'évolution de la vitesse de l'onde.

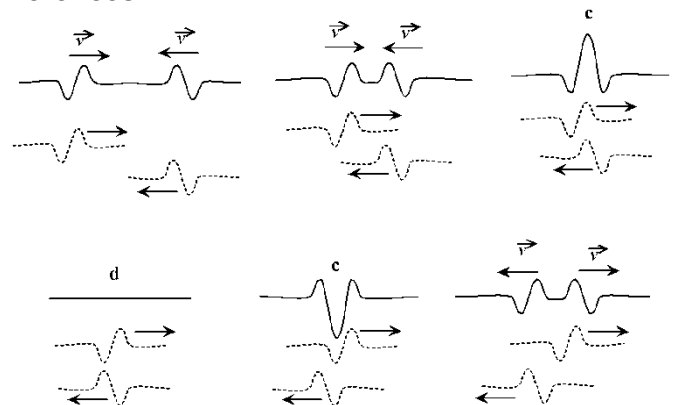
6/ Sachant que pour de petits angles, $\tan \theta \approx \theta$, Montrer que l'on a alors : $\theta = \frac{L}{2 \times D}$

7/ Quelle est alors la longueur L de la tache centrale observée sur l'écran pour un laser de longueur d'onde 633 nm traversant une fente de largeur $0,50 \text{ mm}$ placée à une distance de $1,5 \text{ m}$ de cet écran ?

III/ LES INTERFERENCES

Document 3 : Mise en évidence du phénomène d'interférences

* Lorsque deux ondes mécaniques de même longueur d'onde se rencontrent, on constate qu'elles se renforcent ou s'annulent par endroit comme on peut l'observer avec des vagues allant en sens opposés :



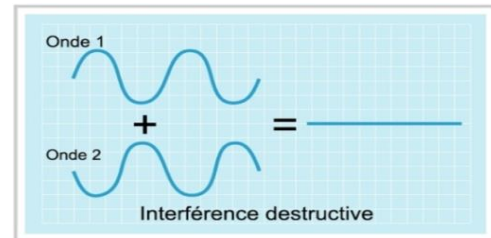
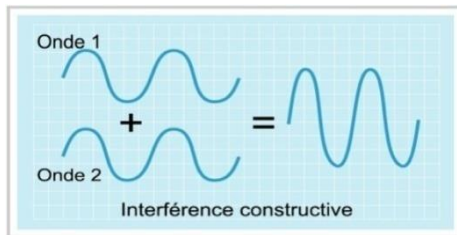
* Lorsqu'on éclaire deux fentes proches et parallèles (appelées *fentes d'Young*) avec de la lumière laser, on observe une figure de diffraction striée d'une alternance de bandes sombres et de bandes lumineuses appelées « franges d'interférence » :



Document 4 : Interférences constructives et interférences destructives

Soient deux ondes monochromatiques de même longueur d'onde se superposant.

On distingue deux types d'interférences :



Document 5 : Différence de marche

Pour chaque point P du capteur ou de l'écran, la **différence de marche** δ des deux ondes incidentes s'écrit :

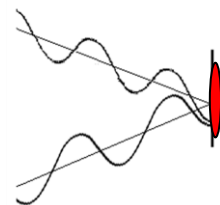
$$\delta = D_1 - D_2$$

si δ est tel que :



avec k un entier relatif

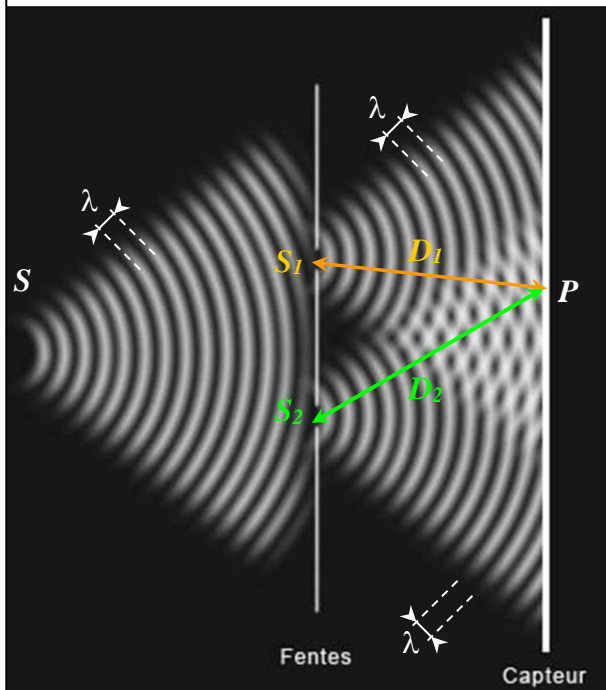
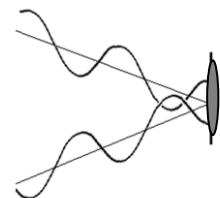
alors au point P l'interférence est constructive car les deux ondes arrivent en phase.
Le point P est donc lumineux.



• si δ est tel que :

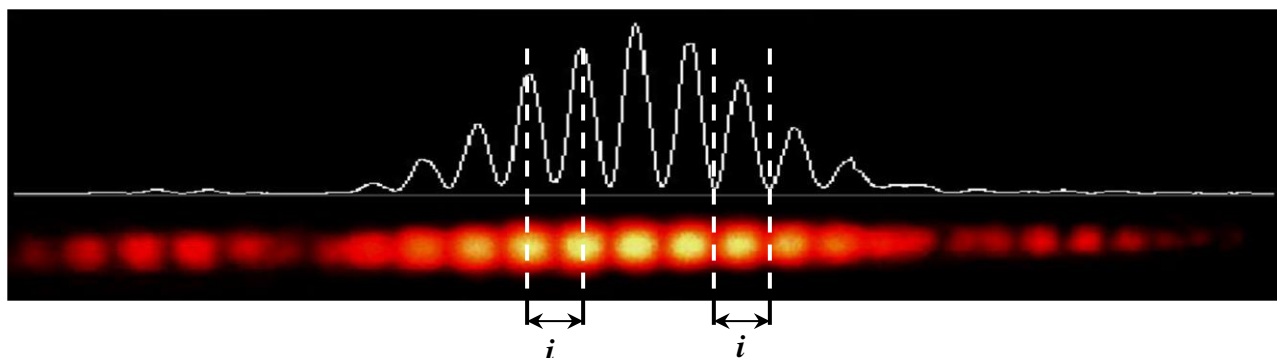


alors au point P l'interférence est destructive car les deux ondes arrivent en opposition de phase.
Le point P est donc sombre.



Document 6 : Interfranges

Ainsi on observe sur l'écran une succession de franges équidistantes alternativement sombres et brillantes.



L'interfrange i est la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) consécutives.

La valeur de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{s_1 s_2}$ soit

$$i = \frac{\lambda \times D}{b}$$

1/ Quelle condition porte sur la nature des ondes pour pouvoir observer le phénomène d'interférences ?

2/ Le phénomène d'interférences concerne-t-il les ondes mécaniques ou les OEM ?

3/ A partir du **document 4**, déterminer les conditions d'**interférences constructives**. On discutera de la position des minima et maxima des deux ondes, notamment en terme de phase. On conclura sur le décalage des ondes par rapport à leur longueur d'onde λ . Compléter le **document 5**.

4/ Même question pour les **interférences destructives**. Compléter le **document 5**.

5/ A quelle situation correspond une frange brillante ? une frange sombre ? Justifier.

6/ A quoi correspond l'interfrange ? Déterminer, *avec précision*, l'interfrange sur la figure d'interférences lumineuses du **document 3**.

7/ On considère deux sources S_1 et S_2 monochromatiques cohérentes de longueur d'onde $0,70 \text{ mm}$. Ces deux sources sont distantes de $5,0 \text{ mm}$. L'écran sur lequel on observe la figure d'interférence est placé à $1,30 \text{ cm}$ du plan de ces deux sources.

a) Sachant que le point P de l'écran se trouve à une distance de $1,54 \text{ cm}$ de la source S_1 et à une distance de $1,33 \text{ cm}$ de la source S_2 , ce point apparaît-il lumineux ou sombre ?

b) Déterminer la taille de l'interfrange observé sur l'écran.

Rq: * Si la source est polychromatique, une décomposition de la lumière se produit laissant apparaître plusieurs couleurs dites interférentielles puisque la figure d'interférence dépend de λ .

III/ L'EFFET DOPPLER

Document 7 : Mise en évidence de l'effet Doppler

Le son émis par une voiture en mouvement est perçu, par un observateur fixe sur le bord de la route, plus aigu lorsque le véhicule se rapproche et plus grave lorsqu'il s'éloigne.

Document 8 : Réutilisation par l'Homme

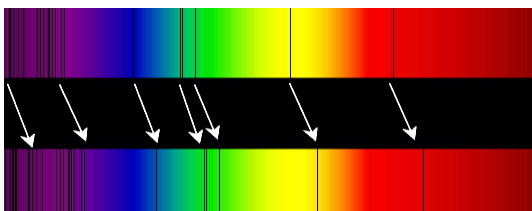
La **variation de fréquence** entre l'onde émise et l'onde reçue dépend de la vitesse de l'émetteur par rapport au récepteur. **L'effet Doppler permet donc de mesurer la vitesse entre l'émetteur et le récepteur :**

* les radars routiers (cinémomètres) utilisent l'effet Doppler avec des ondes électromagnétiques pour mesurer la valeur de la vitesse des véhicules : *une onde est envoyée vers le véhicule à une fréquence donnée f_{source} , puis elle est réfléchi par le véhicule et revient vers le radar à la fréquence $f_{reçue}$. Une simple relation mathématique permet alors de remonter à la vitesse du véhicule ;*

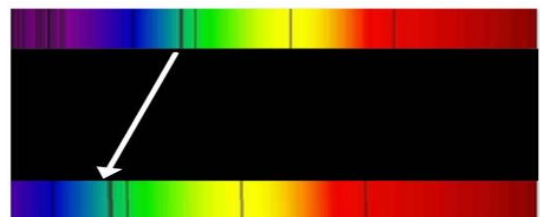
* en imagerie médicale, l'effet Doppler permet de déterminer la valeur de la vitesse de déplacement de fluide comme le sang ;

* en astronomie, le décalage des raies d'absorption (dus aux éléments chimiques rencontrés) d'une étoile permet de savoir si cette dernière s'éloigne ou se rapproche de la Terre. La mesure de ce décalage permet de calculer la vitesse de cette étoile par rapport à la Terre :

Lorsqu'une étoile s'éloigne de la Terre, on observe un décalage vers les grandes longueurs d'onde (vers le rouge, on parle de « redshift »).



Lorsqu'une étoile se rapproche de la Terre, on observe un décalage vers les petites longueurs d'onde (vers le bleu : « blueshift »).



1/ Qu'est-ce que l'effet Doppler ?

2/ a/ Préciser l'évolution de la fréquence perçue s'il y a rapprochement entre l'observateur et la source de l'onde.

b/ Rappeler la relation entre la vitesse, la longueur d'onde et la fréquence.

c/ Sachant que la vitesse de l'onde EM n'est pas modifiée, Comment varie la longueur d'onde λ ?

3/ Edwin Hubble a observé un « redshift » concernant la lumière émise par les galaxies voisines de notre Voie Lactée. Justifier sa conclusion sur l'évolution de l'Univers.