

**Animation :**

- diffraction des ondes à la surface de l'eau
- diffraction des ondes lumineuses
- somme de 2 sources cohérentes
- interférences lumineuses université de Nantes
- interférences sur la cuve à onde
- effet Doppler (université de Nantes)
- spectres de raies d'absorption (Ostralo.net)

## I) diffraction des ondes

### I-1 le phénomène de diffraction

Vidéo de TP au laboratoire: [diffraction lumineuse](#) ; [diffraction des ondes à la surface de l'eau](#)

**Animation:** clique sur les animations suivantes

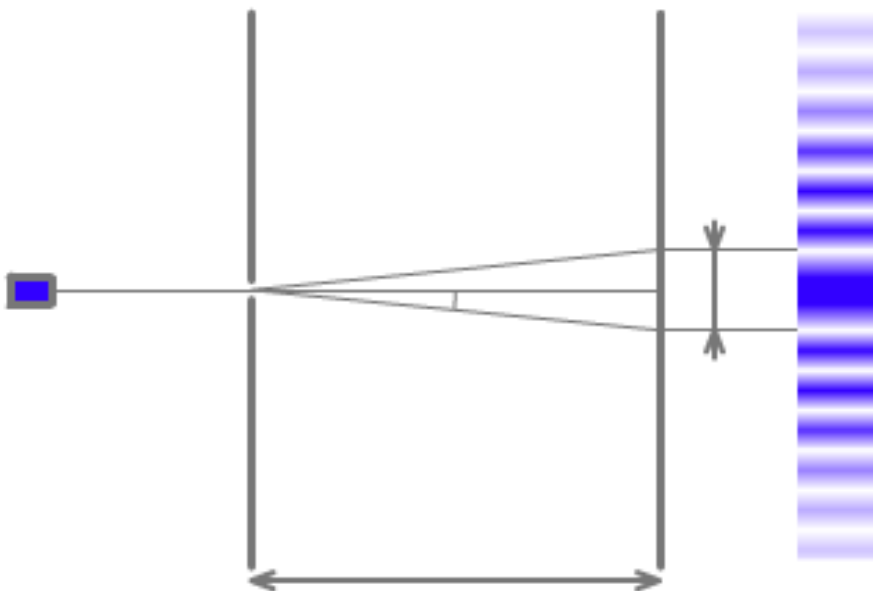
- diffraction des ondes à la surface de l'eau
- diffraction des ondes lumineuses

- 1) Que se passe-t-il lorsqu'une onde rectiligne rencontre un obstacle ou une ouverture ?
- 2) Quels sont les paramètres qui influencent la visualisation du phénomène ?

A compléter avec les mots : obstacle, diffraction, directions, ouverture.

Lorsqu'une **onde rectiligne** rencontre un objet ou une ouverture de dimension 'a' elle se **propage** alors dans **toutes les** \_\_\_\_\_ : il y a \_\_\_\_\_ de l'onde par l'objet. L'objet diffractant est une \_\_\_\_\_ ou un \_\_\_\_\_.

### I-2 ondes lumineuses: relation entre longueur d'onde, taille de l'objet et ouverture angulaire



On réalise la diffraction des ondes lumineuses avec un laser de longueur d'onde  $\lambda = 5,8 \times 10^2 \text{ nm}$ . Schéma ci-contre de l'expérience à visualiser sur l'animation **diffraction des ondes lumineuses**.

Rappel : l'unité légale d'angle est le radian (rad).

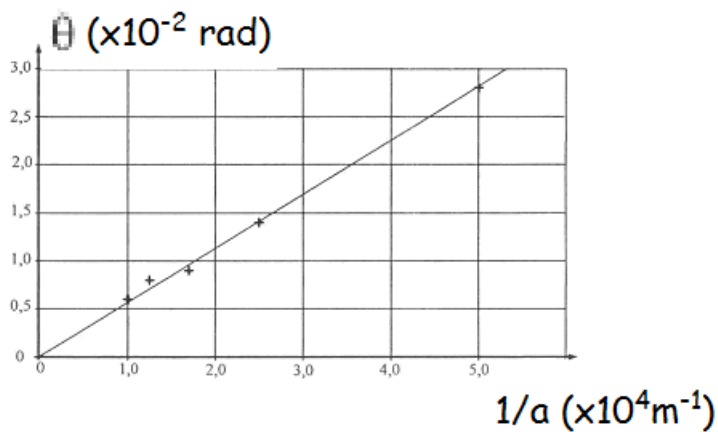
$$2.\pi \text{ rad} = 360^\circ$$

Calculer combien vaut 1 rad en degré. Le radian n'a pas de dimension physique. Pour vérifier les unités d'une expression littérale, on remplace le 'rad' par le chiffre 1.

- 1) Quel est l'allure de la figure de diffraction obtenue ?
- 2) Légèrer le schéma avec les mots : laser, fente de largeur 'a', écran, largeur L de la tache centrale, figure

de diffraction,  $\theta$  (écart angulaire entre la direction du laser et la droite passant par le milieu de la première extinction).

- 3) Sur l'animation, augmenter la largeur a de la fente. Comment varie l'écart angulaire  $\theta$  ?



**Exercice :** On fait varier la largeur 'a' de la fente. On calcule l'écart angulaire  $\theta$  en fonction de la taille 'a'. L'écart angulaire est défini entre le milieu de la première extinction et l'axe du laser. On obtient le graphique donnant l'écart angulaire en fonction de l'inverse de la largeur de la fente ( $1/a$ ). La longueur d'onde du laser utilisé vaut :

$$\lambda = 560 \text{ nm}$$

Calculer le coefficient directeur k de la droite et comparer sa valeur à la longueur d'onde du laser. En déduire une relation entre  $\theta, \lambda$  et a.

Lors du phénomène de **diffraction** d'une onde

lumineuse monochromatique, la relation entre l'**ouverture angulaire**  $\theta(\text{rad})$  du faisceau, la **longueur d'onde**  $\lambda(\text{m})$  de la radiation lumineuse et la **largeur 'a'(m)** de la fente est:

Remarque :

L'écart angulaire étant très faible, la tangente de l'angle est peu différente de la valeur de l'angle en radian:

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

Si elle est inconnue, la valeur de la longueur d'onde du laser peut être déterminée avec la formule suivante que vous démontrerez :

$$\lambda = \frac{a \cdot d}{D}$$

$d = L/2(\text{m})$ : distance entre le centre de la figure de diffraction et le milieu de la première extinction.

$D(\text{m})$  : distance entre la fente et la figure de diffraction.

$a(\text{m})$  : largeur de la fente.

## II) Interférences



### II-1 le phénomène d'interférence

Clique sur l'Animation : [interférences lumineuses université de Nantes](#)

On éclaire avec une source principale 2 ouvertures de largeur a. Celles-ci envoient à leur tour de la lumière vers un écran. Ces 2 sources,

appelées sources secondaires, ont la même fréquence et vibrent en phase. On dit qu'il s'agit de **sources synchrones**. On observe une **figure d'interférence**.

- 1) Quelle est l'allure de la figure d'interférence obtenue ?
- 2) Quels sont les paramètres qui influent la figure d'interférence ?
- 3) Compléter le schéma ci-dessus avec les mots source primaire, sources secondaires, figure d'interférence.

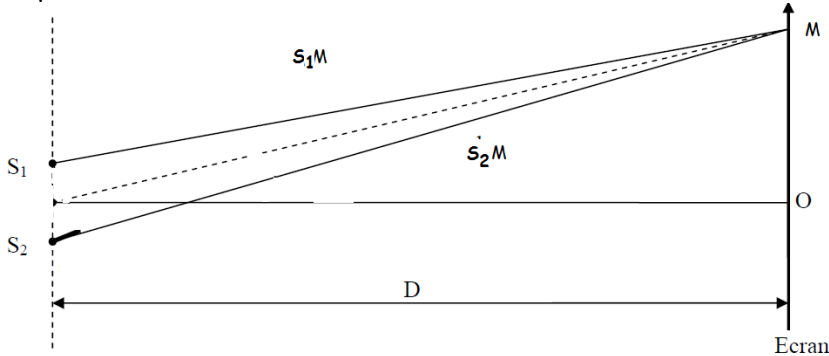
A compléter avec les mots : synchrones, maximale, interférences, superposent, minimale.

Lorsque des ondes périodiques progressives produites par 2 sources \_\_\_\_\_ se \_\_\_\_\_ dans un milieu, des \_\_\_\_\_ sont produites. Des zones d'amplitude \_\_\_\_\_ et \_\_\_\_\_ apparaissent.

A voir également l'animation [interférences sur la cuve à onde](#).

## II-2 Interprétation du phénomène d'interférence

Clique sur l'animation 'somme de 2 sources cohérentes'.



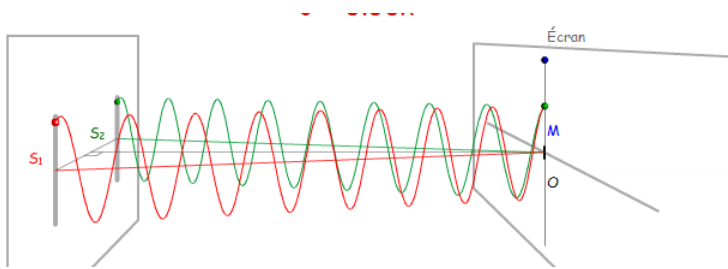
Considérons 2 sources cohérentes  $S_1$  et  $S_2$  et un point du milieu de propagation noté  $M$ . Les 2 ondes issues des sources arrivent en  $M$ . L'une a parcouru une distance  $S_1M$ , l'autre une distance  $S_2M$ . On appelle **différence de marche des rayons** la différence entre  $S_2M$  et  $S_1M$ . elle est notée  $\delta(m)$  :  
 $\delta = S_1M - S_2M$

**Rappel:** On sait que 2 points d'un milieu éloignés d'un nombre égal de longueur

d'onde  $n \cdot \lambda$  vibrent en phase.

Sur l'animation, Faire varier la différence de marche  $\delta = S_1M - S_2M$ .

Dans quel cas l'interférence est constructive (maximum de lumière) ? Destructive (minimum d'éclairement) ?



A compléter avec les mots : nombre entier, phase, maximale, constructive (2 fois),  $n \cdot \lambda$ ,  $(n + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$ , opposition de phase, 0, destructive (2 fois).

Conclusion : si la **différence de marche** est égale à un \_\_\_\_\_

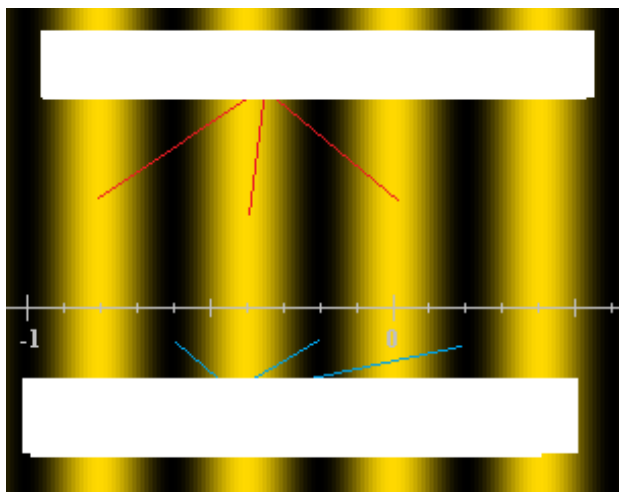
de longueur d'onde les 2 ondes, qui vont arriver en  $M$  sur l'écran, seront en \_\_\_\_\_. Les 2 ondes ont des **élongations maximales** en même temps, ce qui rend leur somme \_\_\_\_\_ : on dit alors que l'**interférence est** \_\_\_\_\_.

si  $\delta = S_2M - S_1M = \text{_____} \Rightarrow$  interférence \_\_\_\_\_

Par contre lorsque la différence de marche vaut  $(n + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$  ( $1/2, 3/2, 5/2 \dots$  longueur d'onde) alors les 2 signaux

arrivant au point  $P$  sont en \_\_\_\_\_. La somme de ces 2 ondes est égale à \_\_\_\_\_. On dit alors que l'**interférence est** \_\_\_\_\_.

si  $\delta = S_2P - S_1P = \text{_____} \Rightarrow$  interférence \_\_\_\_\_



**Exercice :** dans la figure d'interférence lumineuse suivante, légèder avec les expressions):

Interférences constructives : **luminosité maximale**

Interférences destructives : **luminosité nulle**

## II-3 Valeur de l'interfrange 'i'

Clique sur l'animation: [interférences lumineuse université de Nantes](#). Faire varier la distance  $D$ , la longueur d'onde et la distance ' $a$ ' entre les 2 sources synchrones.

1) Comment évolue alors la distance entre 2 milieux de zones d'ombres consécutives ?

2) Proposez une formule liant ces 4 grandeurs en vérifiant l'homogénéité de la formule en terme d'unité.

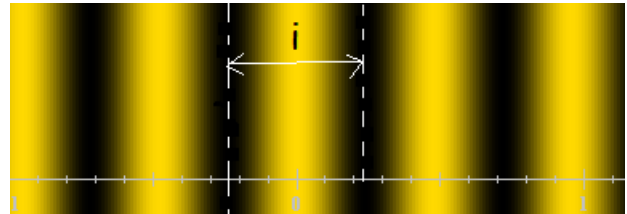
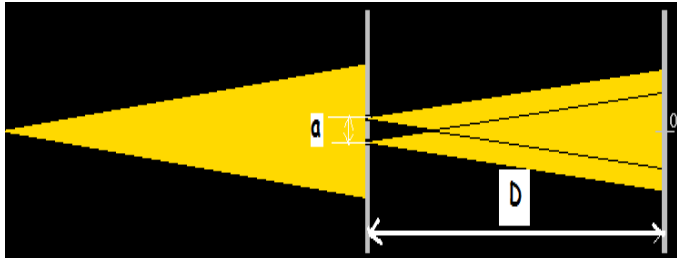
Lors des **interférences lumineuses**, la distance 'i' séparant deux milieux consécutifs de franges brillantes (ou de frange sombre) est appelée **interfrange**. La valeur de l'interfrange i vaut:

D: distance (m) entre les sources secondaires et l'écran

a: distance(m) entre les 2 sources secondaires

$\lambda$ : longueur d'onde (m) de la radiation monochromatique

i: interfrange, distance (m) entre 2 milieux consécutifs de zones d'ombre.



**Exercice** :  $a = 0,20 \text{ mm}$  ;  $D = 3,0 \text{ m}$  ; mesurer l'interfrange i sur la figure ci-dessus avec un maximum de précision (échelle 1 cm sur le schéma représente 1 mm dans la réalité). En déduire la valeur de la longueur d'onde du laser utilisé.



#### II-4 interférences de la lumière blanche: couleurs interférentielles

Cliquer sur l'animation suivante [animation: interférences lumineuse université de Nantes](#). et choisir **lumière blanche**. On obtient la figure d'interférence suivante.

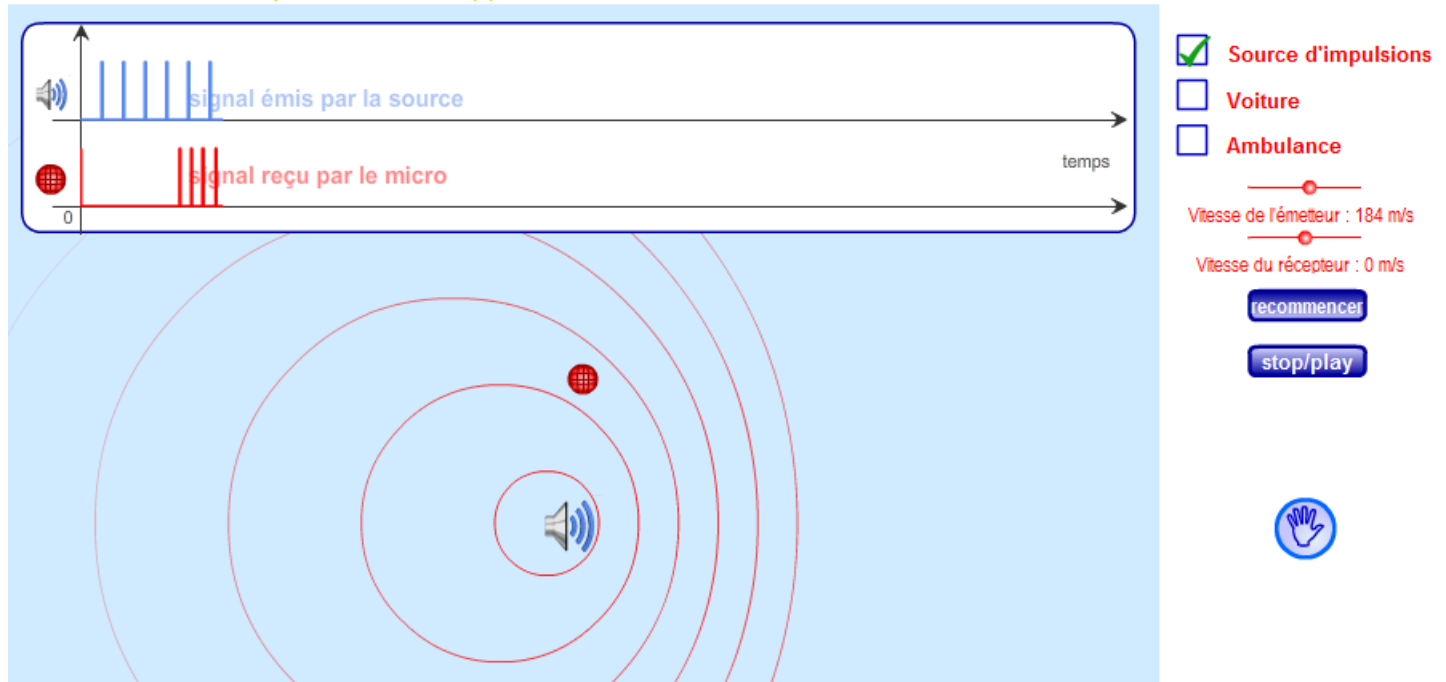
Si les sources secondaires émettent de la **lumière blanche** on n'observe que quelques franges \_\_\_\_\_ au centre de la figure d'interférences. Ce sont les couleurs \_\_\_\_\_.

Les 2 sources émettent plusieurs radiations de longueurs d'onde différentes, correspondant à des figures d'interférences différentes qui se superposent. Les couleurs sont **mélangées** car les

franges de différentes couleurs se brouillent.

### III) L'effet Doppler

#### III-1 Qu'est-ce que l'effet Doppler?



Clique sur [l'animation effet Doppler \(université de Nantes\)](#)

1) Quelles sont les sensations auditives que vous percevez lors de l'approche puis de l'éloignement d'une ambulance?

2) Comparer les longueurs d'onde en approche et en éloignement perçus par l'observateur fixe par rapport à la longueur d'onde émise par la source lorsqu'elle est au repos. Même questions pour les fréquences en approche et en éloignement. La formule de la célérité de l'onde  $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$  est-elle en accord avec les observations ?

A compléter avec les mots : grande (2 fois), petite (2 fois), Doppler, >.

Une onde mécanique ou électromagnétique de fréquence au repos  $f_R$  est perçue avec :

- une fréquence  $f(\text{approche})$  plus \_\_\_\_\_ et une longueur d'onde plus \_\_\_\_\_ lorsqu'elle s'approche du lieu de réception :

-  $f(\text{approche})$   $f_R$  ;  
 $\lambda(\text{approche})$   $\lambda_R$

- une fréquence  $f(\text{éloigne})$  plus \_\_\_\_\_ et une longueur d'onde plus \_\_\_\_\_

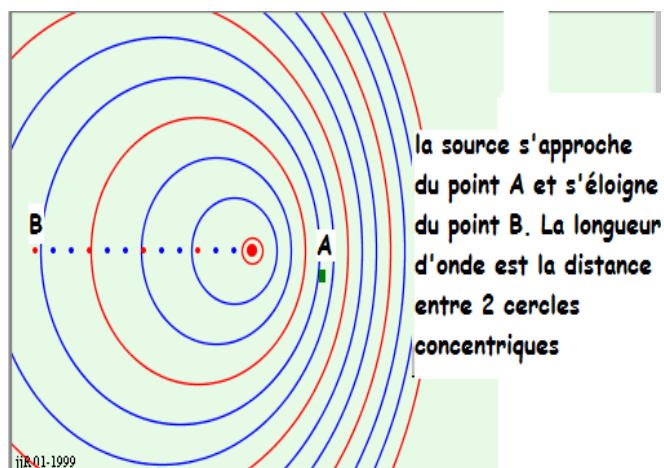
lorsqu'elle s'éloigne du lieu de réception :

$f(\text{éloigne})$   $f_R$  ;  
 $\lambda(\text{éloigne})$   $\lambda_R$

Cette effet est appelé l'effet

L'effet Doppler est utilisé, entre autre, dans les radars automatiques pour déterminer les vitesses des véhicules.

#### III-2 relation entre les fréquences d'approche, d'éloignement, la célérité des ondes et la vitesse de déplacement de l'émetteur



Soit une source se déplaçant avec une vitesse  $v$  en direction de l'observateur. Elle émet des ondes périodiques de période  $T$  se propageant avec une célérité  $c$ .

La valeur de la différence entre les 2 fréquences  $f_A$  ou  $f_B$  et la fréquence de l'émetteur au repos  $f_R$ , permet de calculer la vitesse  $v$  de déplacement de l'objet:

$$v = c \cdot \left( \frac{f_A - f_R}{f_A} \right)$$

$$v = c \cdot \left( \frac{f_R - f_B}{f_B} \right)$$

$v$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ) : vitesse de déplacement de l'objet

$f_A$  (Hz) : fréquence de l'onde perçue au point A (l'objet s'en approche)

$f_B$  (Hz) : fréquence de l'onde perçue au point B (l'objet s'en éloigne)

$f_R$  : fréquence de l'onde émise par la source

$c$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ) : célérité de l'onde dans le milieu de propagation

Ces formules ne sont pas à apprendre !!!!!

**Exercice:**  $f_A = 1097$  Hz,  $f_B = 919$  Hz,  $c = 340$   $\text{m.s}^{-1}$ ,  $f_R = 1000$  Hz. Quelle est la vitesse  $v$  du véhicule ?

### III-3 L'effet Doppler Fizeau en astronomie

Rappel: [vidéo](#) sur les spectres de raies d'absorption

Animation: [spectres de raies d'absorption \(Ostralo.net\)](#)

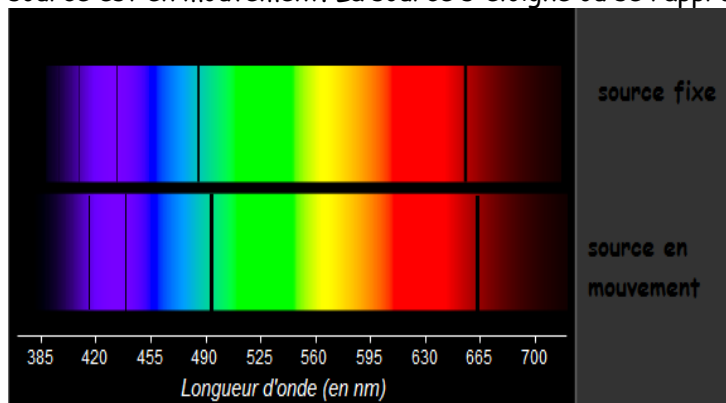
A partir des travaux de C Doppler, M Fizeau postule en 1848 que si une étoile ou une galaxie s'éloigne ou s'approche de la Terre on doit observer un décalage de ses raies d'absorption. La mesure de ce décalage permettrait de calculer la vitesse radiale de l'étoile (vitesse à laquelle l'astre s'approche ou s'éloigne de la Terre). Les calculateurs récents ont permis de vérifier son hypothèse.

A compléter avec les mots : diminuent, augmente.

Les longueurs d'onde correspondant aux raies noires du spectre d'absorption des éléments présents dans l'atmosphère de l'étoile:

- si l'étoile se rapproche
- si elle s'éloigne.

**Exercice 1:** Voici le spectre d'absorption de l'hydrogène si la source est fixe par rapport au récepteur, puis si la source est en mouvement. La source s'éloigne ou se rapproche de l'objet?



Programme officiel

**Observer**

**Ondes et matière**

Les ondes et les particules sont supports d'informations.

Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ?

Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ?

**Propriétés des ondes**

| Notions et contenus   | Compétences exigibles  |
|---|--|
| Diffraction.<br>Influence relative de la taille de l'ouverture ou de l'obstacle et de la longueur d'onde sur le phénomène de diffraction. | 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.  |
| Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche.   | Connaître et exploiter la relation<br>Identifier les situations physiques où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction.<br><i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène</i> |

|   |   |
|---|---|
|   | <i>de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.</i>   |
| Interférences.  | Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.  |
| Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche. Couleurs interférentielles. | <i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses.</i>   |
| Effet Doppler.  | <i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.</i><br>Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses.<br>Utiliser des données spectrales et un logiciel de traitement d'images pour illustrer l'utilisation de l'effet Doppler comme moyen d'investigation en astrophysique. |

Préparer le DS

- 1) Qu'est-ce-que la diffraction ? Faire un schéma légendé. Quelle est la relation entre l'écart angulaire, la largeur  $a$  de l'obstacle ou de la fente, et la longueur d'onde ?
- 2) Qu'est-ce-que le phénomène d'interférences lumineuses ? Dans quel cas obtient-on des interférences constructives ? Destructives ? Faire un schéma légendé. Quelle est la relation entre l'interfrange  $i$ , la distance  $D$  (m) entre les sources secondaires et l'écran, la distance  $a$ (m) entre les 2 sources secondaires et la longueur d'onde  $\lambda$  (m) de la radiation monochromatique ?
- 3) Qu'est-ce-que l'effet Doppler ?
- 4) Exercice 12 du chapitre 3 d'exovideo.com