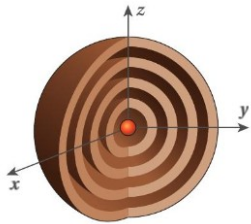


Chapitre 15 – Caractère ondulatoire

I. Intensité, puissance et niveau sonore

L'intensité sonore (notée I) est la grandeur permettant de quantifier la puissance de l'onde sonore transportée par unité de surface.



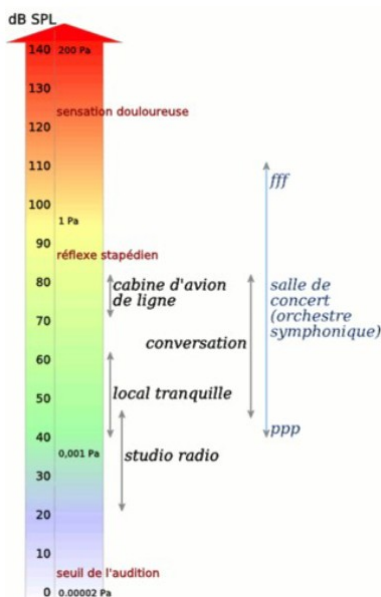
Doc. 1 Onde sonore se répartissant sur des sphères concentriques à partir d'une source ponctuelle.

Comme le son se répartit sur une sphère dont la surface augmente lorsqu'on s'éloigne de la source, l'intensité sonore diminue avec la distance. La surface de la sphère est donc : $S = 4\pi R^2$
 R désigne le rayon de la sphère en mètre (m)

Intensité sonore :

Niveau sonore :

Expériences de cours :



Application :

Pour le décollage de la fusée Ariane le port de bouchon d'oreille est-il nécessaire si on observe le décollage de la fusée depuis de la place des Amandiers à Cayenne ainsi que depuis le site Colibri qui se trouve dans le centre spatial Guyanais?

Données

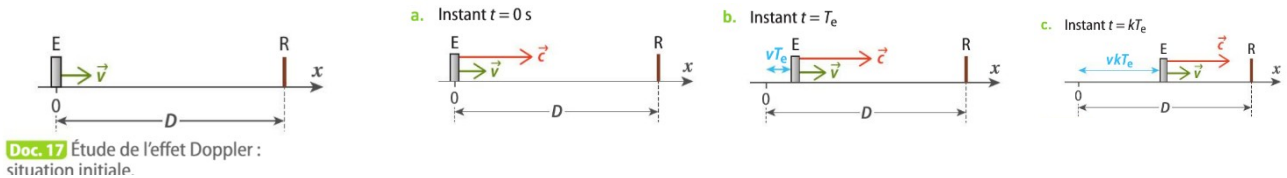
- Puissance sonore de la fusée au décollage : $P = 12 \cdot 10^7 \text{ W}$
- Distance du site d'observation Colibri par rapport au pas de tir de la fusée : 7 km
- Distance entre le pas de tir et Cayenne par rapport au pas de tir de la fusée : 60 km

1- Déterminer l'intensité sonore perçue des deux points d'observation lors du décollage.

- 2- En déduire les niveaux sonores perçus de chacun des points de vue.
- 3- Doit-on alors porter des bouchons d'oreille lors du décollage ?

Pour aller plus loin : Les niveaux d'intensité sonore perçus sont inférieurs à ceux déterminés par le calcul. Proposez une explication.

II. Effet Doppler



Détermination du décalage Doppler dans le cas d'un rapprochement :

Etape 1 :

A $t = 0$, E émet un bip. A $t = t_1$ R perçoit le bip.

Distance parcourue par l'onde pour arriver à R :

On en déduit que $t_1 =$

Etape 2 :

A $t = T_e$, E émet un second bip. Mais entre $t = 0$ et t_1 , l'émetteur a avancé d'une distance. R perçoit le 2^{ème} bip à l'instant t_2 .

Distance parcourue par l'onde pour arriver à R :

On en déduit que $t_2 =$

Etape 3 :

Du point de vue de R, la période perçue $T_r = t_2 - t_1$

Soit $T_r =$

Etape 4 :

On remarque que si $a \ll 1$, alors $\frac{1}{1-a} \simeq 1 + a$

On a donc finalement : $f_{r,ap} =$

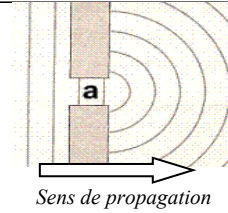
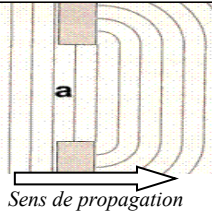
III. LA DIFFRACTION

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 : $a \gg \lambda$

2^{ème} cas : a est du même ordre de grandeur que la fente. ($a \leq \lambda$)

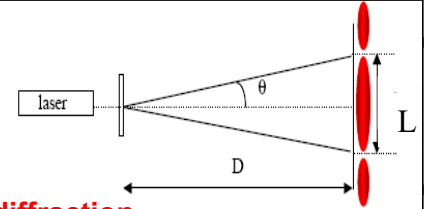


Document 2 : Expérience sur la diffraction de la lumière

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.

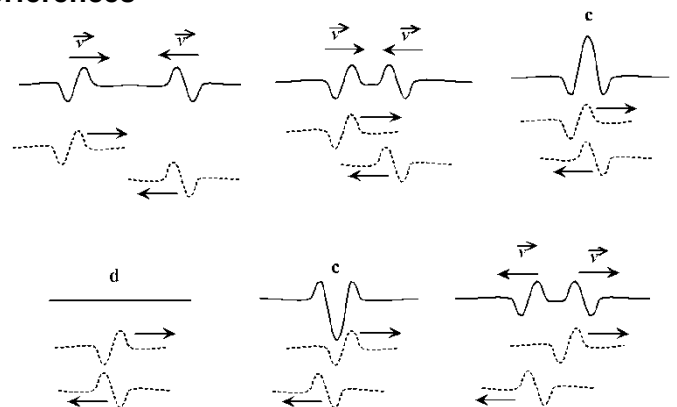
6/ Sachant que pour de petits angles, $\tan \theta \approx \theta$, Montrer que l'on a alors : $\theta = \frac{L}{2 \times D}$

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 :



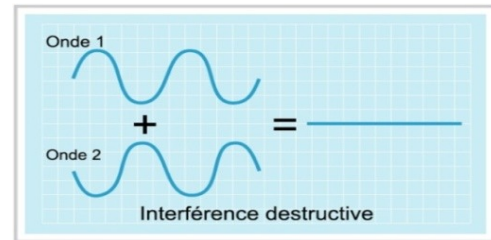
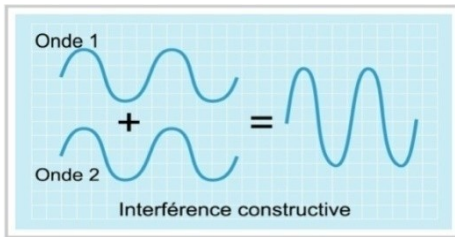
* Lorsqu'on éclaire deux fentes proches et parallèles (*appelées fentes d'Young*) avec de la lumière laser, on observe une figure de diffraction striée d'une alternance de bandes sombres et de bandes lumineuses appelées « franges d'interférence » :



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 :

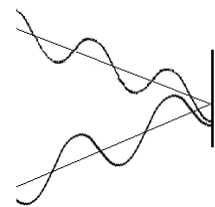
$$\delta = D_1 - D_2$$

si δ est tel que :



avec k un entier relatif

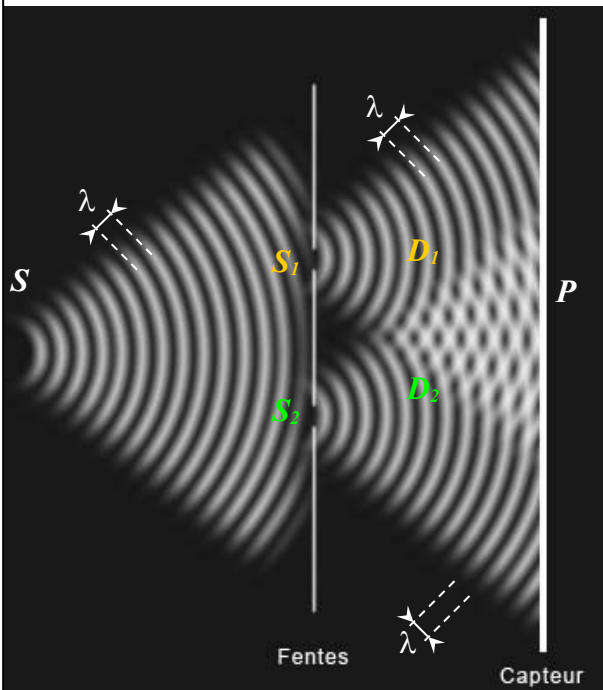
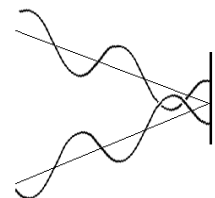
alors au point P l'interférence est constructive car les deux ondes arrivent en phase.
Le point P est donc lumineux.



• si δ est tel que :

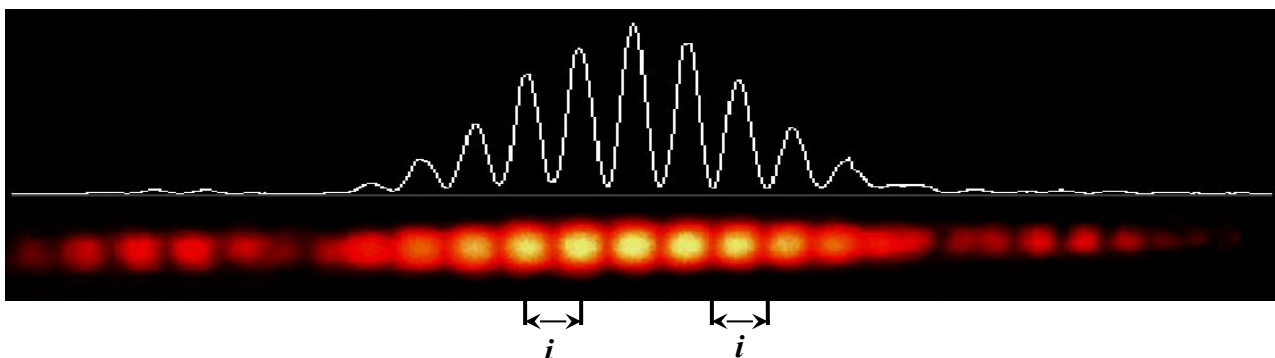


alors au point P l'interférence est destructive car les deux ondes arrivent en opposition de phase.
Le point P est donc sombre.



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 .

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.