

THEME : Observer ondes et matière

Activité n°3 chapitre IV: Découverte de l'effet Doppler

I – Présentation de l'effet Doppler

Ecouter les fichiers Audio « SirenePolice » et « Voiture GP »

Décrire la sensation auditive perçue.

Cette variation serait-elle la même si on se trouvait dans le véhicule ?

II – Effet Doppler à la surface de l'eau

On a enregistré les images de vagues sur une cuve à ondes dans différentes situations :

Figure 1 : Vibreur immobile



Figure 2 : Puis le vibreur est mis en mouvement

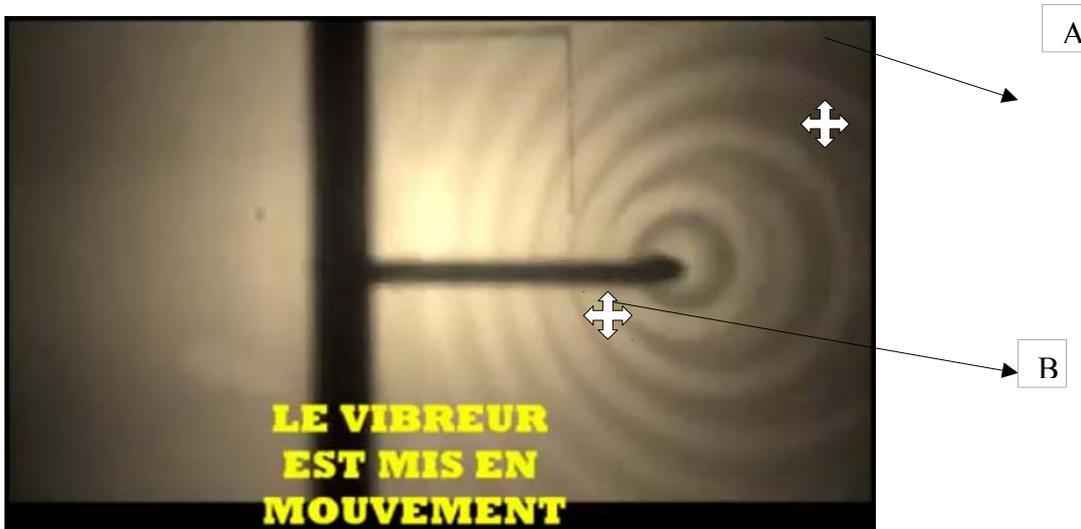
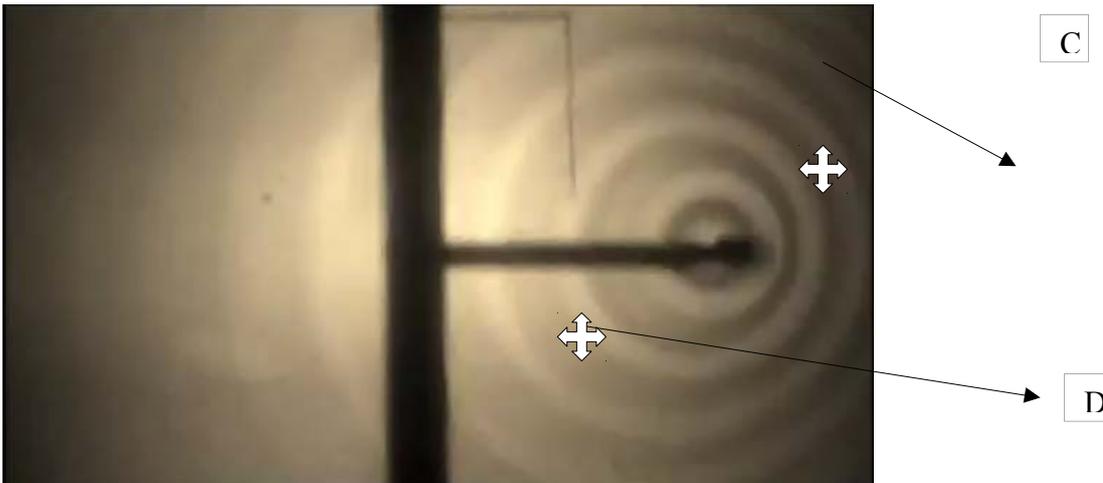


Figure 3 : Vibreur en mouvement



Questions :

- 1) Décrire l'onde émise sur la figure 1.
- 2) Mesurer la longueur d'onde sur la figure 1
- 3) Sur chaque figure 2 et 3 :
 Dans quel sens se déplace le vibreur ? Comment a varié la longueur d'onde des points A, B, C et D ?
 En chaque point, comment a évolué la fréquence des ondes ?

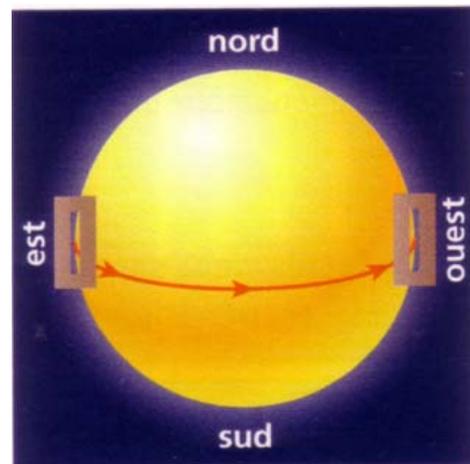
Synthèse : On pourra observer l'animation : <http://www.onera.fr/lumiere/medias/doppler.swf>

III – Application : Effet Doppler et astrophysique

Document 1 : Rotation du soleil

L'effet Doppler est utilisé par les astrophysiciens pour mesurer des vitesses, comme la rotation du soleil sur lui-même : le point le plus à l'est n'a pas la même vitesse par rapport à la Terre que le point le plus à l'ouest, ce qui modifie les longueurs d'ondes perçues.

Le décalage spectral est mesuré par rapport à des raies d'absorption dues à des éléments chimiques situés dans l'atmosphère de la Terre.



Pour une onde de longueur d'onde λ , le décalage en longueur d'onde est $\Delta\lambda = \lambda \times v/c$; avec λ la longueur d'onde perçue si l'objet ne s'éloigne pas ; v la vitesse de rotation du soleil au point étudié et $c = 299792458$ m/s la célérité de la lumière.

Si la longueur d'onde perçue est plus petite, la source se rapproche, les astrophysiciens parlent de Blueshift ; et si la source s'éloigne, on parle de Redshift et la longueur d'onde perçue est plus grande.

Corrigé :

I – Dans les deux cas, le son semble plus aigu au début et plus grave à la fin. C'est lié au déplacement de la voiture par rapport à nous (ou au micro qui a enregistré le son)

Si on était dans le véhicule on ne serait pas en mouvement par rapport à l'objet qui émet un son (une onde sonore), donc la fréquence perçue ne varierait pas. (Sauf les 2 tons de la sirène et les changements de régime moteur de la voiture bien entendu).

II

1) C'est une onde mécanique progressive périodique à la surface de l'eau. La perturbation est perpendiculaire à la propagation : c'est aussi une onde transversale. Les crêtes et creux de vagues sont concentriques.

2) Pour être plus précis, on peut mesurer $4\lambda = 2,1$ cm soit $\lambda = 0,53$ cm.

3) Lorsque le vibreur est mobile, il se déplace en se rapprochant de la « vague » qu'il vient d'émettre :
Donc de droite à gauche sur la figure 2 et de gauche à droite sur la figure 3.

En A et D, la longueur d'onde λ a augmenté et la fréquence f a diminué (le vibreur s'éloigne, la fréquence est perçue plus basse).

Alors qu'en B et C, la longueur d'onde λ a diminué et la fréquence f a augmenté (le vibreur se rapproche, la fréquence est perçue plus élevée).

Animations :

<http://www.onera.fr/lumiere/medias/doppler.swf>

<http://www.jf-noblet.fr/doppler/intro3.htm>

III –

1) Entre les 2 spectres, il y a 2 types de raies :

- Celles qui sont alignées sur les 2 spectres (**en bleu**) : elles correspondent à l'absorption par un objet qui n'est pas en mouvement par rapport à l'observateur : c'est l'atmosphère terrestre.
- Les raies de l'atmosphère du Soleil sont absorbées par un objet en rotation par rapport à l'observateur, elles sont décalées entre les deux spectres (**en orange**).



- 2) On parle de Blueshift lorsque les raies sont perçues avec un décalage vers le bleu, en effet, si l'objet se rapproche, la fréquence perçue est plus élevée et comme $v = \lambda \times f$ alors si f augmente λ est perçue plus petite donc décalée vers le bleu.
C'est le phénomène inverse pour le Redshift :

Pour le bord Est du soleil, les raies du spectre b. sont perçues avec une longueur d'onde plus petite, on parle de blueshift.

- 3) Par exemple pour la deuxième raie (en partant de la gauche) fléchée en orange sur la figure ci-dessus : (on peut seulement donner une estimation assez imprécise).
On mesure directement le décalage en longueur d'onde : $\Delta\lambda_{\text{mesuré}} = 0,5 \text{ mm}$ sur le dessin.
Or 68 mm représentent 1,0 nm on a donc $\Delta\lambda = 0,5 \times 1/68 = 7,35 \cdot 10^{-3} \text{ nm}$

Par ailleurs cette raie est située (spectre a.) 30 mm après la graduation 656,5 nm. Comme 68 mm représentent 1,0 nm, elle est à $30 \times 1,0/68 = 0,44 \text{ nm}$ après la graduation 656,5 nm. Sa longueur d'onde vaut donc : $\lambda = 656,94 \text{ nm}$.

On a la relation de l'effet Doppler du document 1 : $\Delta\lambda = \lambda \times v/c$ soit $v = c \times \Delta\lambda / \lambda$.

$$\text{AN : } v = 299792458 \times 0,00735 / 656,94 = 3354 \text{ m/s} = 3,3 \text{ km/s}$$

Cette méthode est peu précise, il faudrait pouvoir grossir davantage le spectre de façon à déterminer plus précisément les longueurs d'onde et les écarts.

Cependant, si on considère que le soleil a un diamètre de $1,4 \cdot 10^6 \text{ km}$ et qu'il effectue une rotation à l'équateur en 24j, on trouve une vitesse $v = \pi \times 1,4 \cdot 10^6 / (24 \times 24 \times 3600)$ de l'ordre de 2 km/s. On est bien dans le bon ordre de grandeur.