

LP 5: Effet Doppler.

Niveau: Secondaire

- Prérequis:
- Ondes électromagnétique, spectre de la lumière (1^{er}S)
 - Ondes mécaniques, lien entre vitesse, fréquence et longueurs d'onde (TS)
 - Spectre d'émission et d'absorption (1^{er}S)
 - Analyse dimensionnelle (TS)
 - Incertitudes (TS)

Intro péda: → En TS dans le thème onde et matière.

→ Vu avant: les ondes mécaniques et le caractère ondulatoire de la lumière.

→ Compétence exigible: - utiliser la formule pour calculer des vitesses

- mettre en œuvre une démarche expérimentale.

→ Cours qui donne l'occasion de faire une démarche expérimentale puisque la démonstration n'est pas exigible.

→ Difficulté: algébrisation de la vitesse relative.

Objectif: enseigner en processus de démarche expérimental.

TD: démonstration de sa formule.

Application à des exemples

TP: mesure de vitesse à l'aide du banc Doppler.

Intro: → son d'une ambulance en mouvement

⇒ la fréquence perçue change lorsque l'ambulance est en mouvement :

- son plus aigu quand elle se rapproche
- son plus grave quand elle s'éloigne

→ c'est l'effet Doppler = décalage en fréquence entre onde émise par la source et onde reçue par le récepteur lorsqu'ils sont en mouvement relatif.

→ Historique : - découvert en 1842 par Johann Doppler

HECKT p. 517 - vérifié expérimentalement par C. Buys-Ballot en 1845

Objectifs : - Mettre en œuvre une démarche scientifique expérimentale
- Connaître la formule du décalage Doppler et ses hypothèses
- Utiliser la formule pour calculer des vitesses

1 - Mise en œuvre expérimentale de l'effet Doppler.

A) Lien entre décalage en fréquence et vitesse

→ Présentation du banc à Effet Doppler :

- utilisation d'émetteur et récepteur à ultra-son.
- émetteur en mouvement.
- on calcule v au chrono.

→ Traitement du signal ⇒ Δf directement

Expérience : on modifie v et on relève Δf et v à chaque fois.

On trace $\Delta f = f(v) = f_E - f_R$

⇒ Δf est proportionnel à v .

Tr : Pour cette étude, la fréquence de l'émetteur n'a pas été changée. Mais a-t-elle une influence ?

B) Lien entre décalage en fréquence et fréquence émise.

Expérience: On fait varier f_E et on mesure Δf . On trace $\Delta f = f(f_E)$

\Rightarrow Encore une fois Δf est proportionnel à f_E

Tr: L'expérience permet de mettre en avant des dépendances entre les paramètres d'étude. On va maintenant chercher à mettre en équation ce phénomène.

C) Formule du décalage Doppler.

$\rightarrow \Delta f \propto v f_E \Rightarrow$ Analyse dimensionnelle: il faut une vitesse en plus.

\rightarrow Paramètres du système: f_E et v seulement.

\rightarrow On reprend la première mesure et on calcule $v f_E / \Delta f$
 \Rightarrow on trouve la vitesse du son dans l'air.

Donc $\left| \Delta f = \frac{v f_E}{c} \right.$ si $v \ll c$

\rightarrow schéma front d'onde HACHETTE TS p. 70

$v < 0$ si l'élément mobile se rapproche du récepteur
 $v > 0$ si ——— s'éloigne

Tr: L'effet Doppler est mis à profit pour calculer des vitesses de déplacement.

II - Applications de l'effet Doppler.

A) Le radar routier.

\rightarrow Radar = émetteur + récepteur
voiture = réflecteur

\rightarrow Cas où la voiture s'approche du radar

~~→ Fréquence reçue et réfléchies par la voiture:~~

$$\rightarrow f_R = f_E \left(1 - \frac{2v}{c}\right) \quad (\Rightarrow) \Delta f = f_E - f_R = \frac{2v}{c} \quad \text{HACHETTE p. 79}$$

Tr: Effet Doppler est caractéristique à toutes ses ondes, donc pas seulement aux ondes mécaniques.

B) Effet Doppler Fizeau

→ Apport de Fizeau en 1848: l'effet Doppler se retrouve aussi par la lumière.

$$\rightarrow c = \underset{\substack{f \\ \text{constante}}}{\lambda} \Rightarrow \text{si } f \uparrow \text{ alors } \lambda \downarrow$$

→ Observation des raies du spectre d'émission \Rightarrow

- si l'étoile s'éloigne: $f \downarrow \Rightarrow \lambda \uparrow$. c'est le redshift
- si l'étoile se rapproche: $f \uparrow \Rightarrow \lambda \downarrow$. c'est le blueshift

⚠ On mesure seulement la vitesse radiale.

Expérience: mesure à partir d'une image sur Image J

Conclusion: → Bilan avec ses différents cas.

→ Applicable à toutes ses ondes

Ouverture: Application à la mesure de la vitesse du son.

Biblio: - HECHT

- HACHETTE TS

- BELIN TS

- BUP 2016 n° 985 p. 864.