



Exercices de la séquence 10

Mesurer des vitesses à l'aide de l'effet Doppler

EXERCICE 1 : vrai ou faux ?



Cocher, parmi les affirmations ci-dessous, celles correspondant à des affirmations justes.

- L'effet Doppler concerne uniquement les ondes mécaniques, pas les ondes électromagnétiques.
- La situation ci-dessous peut être interprétée comme un effet Doppler :



- Dans la situation photographiée ci-dessus, la longueur d'onde des vagues que produit le canard est plus élevée devant lui que derrière lui.
- Dans la situation photographiée ci-dessus, la fréquence des vagues que produit le canard est plus élevée devant lui que derrière lui.
- Si une source sonore est en mouvement, un observateur dont la source s'éloigne reçoit un son plus aigu qu'un observateur dont elle se rapproche.
- Le conducteur d'un camion de pompiers entend un « pin-pon » plus aigu lorsqu'il avance vite que lorsqu'il est immobile.
- Si le professeur de physique pouvait courir très, très vite dans la direction de ses élèves, sa chemise bleue apparaîtrait verte à ces derniers.

EXERCICE 2 : la sirène du camion de gendarmerie



La sirène du camion de gendarmerie émet deux sons de fréquences différentes. Lorsque le véhicule est à l'arrêt, ces fréquences valent : $f_1 = 435 \text{ Hz}$ et $f_2 = 732 \text{ Hz}$.

On étudie une situation dans laquelle le camion se rapproche à la vitesse de $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ d'un observateur immobile.

1. Que valent les fréquences des sons perçus par le conducteur du camion ?
2. Exploiter la relation donnée ci-dessous pour calculer les fréquences des sons perçus par ce l'observateur dernier.
3. En déduire les décalages Doppler correspondants.

Relation utile

Si une source émet une onde avec une fréquence f_E et un observateur la reçoit avec une fréquence f_R , les deux étant en mouvement l'un par rapport à l'autre, on a la relation :

$$f_R = f_E \frac{c}{c \pm v}$$

c étant la célérité de l'onde et v la vitesse relative source / récepteur.

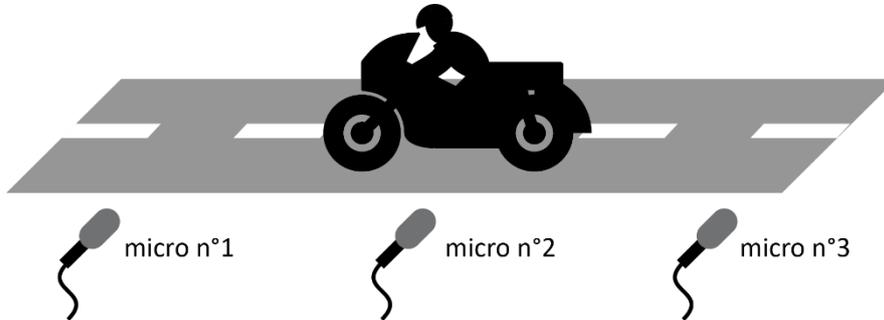
Le signe « \pm » diffère selon que la source et le récepteur s'éloignent ou se rapprochent l'un de l'autre.



EXERCICE 3 : le bruit du motard

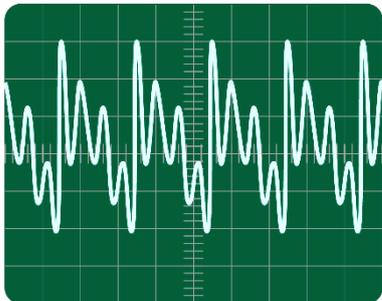
Un motard se déplace sur une piste à pleine vitesse. Afin d'étudier le bruit de son moteur, on a disposé à trois endroits de la route des micros, reliés à des oscilloscopes.

L'acquisition est déclenchée lorsque le motard se trouve au niveau du micro central : la figure ci-dessous représente symboliquement la situation.

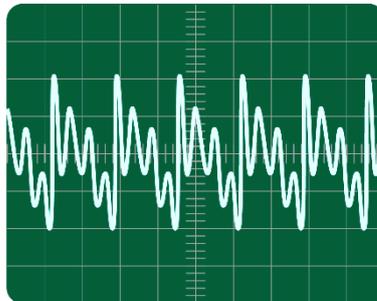


1. Associer chacun des oscillogrammes suivants au micro qui a permis de l'obtenir.

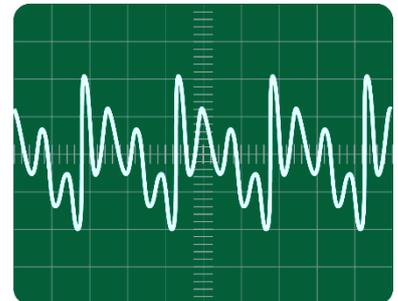
oscillogramme A



oscillogramme B



oscillogramme C



sensibilité horizontale pour les 3 oscillogrammes : 2ms / division

2. Calculer le décalage Doppler dans cette situation.
3. On rappelle l'expression approchée du décalage Doppler en fonction des vitesses :

$$\delta f = f_E \frac{v}{c}$$

f_E étant la fréquence de l'onde émise, v la vitesse de la source par rapport au récepteur et $c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ la célérité des ondes sonores dans l'air.

Que vaut la vitesse du motard par rapport à la route ?

EXERCICE 4 : l'expérience de Buys-Ballot

Christian Buys-Ballot a mis en évidence l'effet Doppler pour les ondes sonores à l'aide de l'expérience suivante. Des musiciens à bord d'un train jouent un « La » de fréquence f_E . D'autres musiciens postés le long de la voie ferrée identifient la note entendue lors de l'approche du train. Les musiciens qui se trouvent le long de la voie identifient un « La# » (La dièse).



DOCUMENT 1 : notes de musique et fréquences

Note	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si
f (Hz)	349	370	392	415	440	466	494

**DOCUMENT 2 : effet Doppler, relations utiles**

Si une source émet une onde avec une fréquence f_E et un observateur la reçoit avec une fréquence f_R , les deux étant en mouvement l'un par rapport à l'autre, on a la relation :

$$f_R = f_E \frac{c}{c \pm v}$$

c étant la célérité de l'onde et v la vitesse relative source / récepteur.

Le signe « \pm » diffère selon que la source et le récepteur s'éloignent ou se rapprochent l'un de l'autre.

1. Nommer le phénomène à l'origine du décalage des fréquences entre l'onde sonore émise et l'onde reçue.
2. L'expérience a-t-elle été faite lors de l'approche du train ou après son passage ?
3. Calculer la valeur de la vitesse de déplacement du train. Exprimer le résultat en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ puis en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

EXERCICE 5 : effet Doppler – Fizeau et « Redshift »**DOCUMENT : à propos du Redshift**

En 1929, Erwin Hubble, en collaboration avec Milton Humason, a montré que les spectres des éléments présents dans les galaxies étaient légèrement décalés vers les grandes longueurs d'onde par rapport aux spectres réalisés sur Terre. Ce décalage est souvent appelé « Redshift ».

Spectre d'émission d'un élément réalisé sur Terre :



Spectre d'émission du même élément présent dans une étoile :



De plus, Hubble a montré que plus une galaxie est lointaine et plus son Redshift est important.

1. Pourquoi le décalage observé par Hubble est-il appelé « Redshift » ?
2. L'existence du Redshift est considérée comme une des preuves du modèle du big-bang. Résumer en quelques lignes en quoi consiste ce modèle et expliquer en quoi le Redshift permet de valider ce modèle.
3. Que nous apprend, sur le mouvement des galaxies, le fait que le Redshift soit d'autant plus important qu'une galaxie est lointaine ?

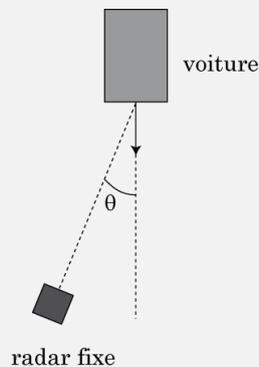
**EXERCICE 6 : radar fixe****DOCUMENT 1 : Cas d'une onde réfléchie par un obstacle mobile**

Si la source et le récepteur sont immobiles, placés au même endroit et si l'onde, se propageant à la célérité c , est réfléchie par un obstacle en mouvement à la vitesse v et dans une direction d'angle θ par rapport à celle où se trouve l'ensemble source+ récepteur, le décalage Doppler vaut :

$$\delta f = f_{\text{émise}} \frac{2v \cos \theta}{c}$$

DOCUMENT 2 : Les radars fixes

Ces radars utilisent l'effet Doppler-Fizeau pour mesurer la vitesse des voitures. Ils émettent une onde électromagnétique qui est réfléchie par les véhicules dans la direction pointée. Cette onde réfléchie possède une fréquence légèrement différente de celle émise. En mesurant la différence de fréquence entre l'onde émise et celle retournée et connaissant l'angle de mesure (voir figure ci-dessous), on peut calculer la vitesse de la cible.



Radars fixes utilisés en France :

- fréquence d'émission : 25,125 GHz ;
- angle de mesure : 25°
- marge d'erreur : 5 km/h

source : Wikipédia

Sur une autoroute où la vitesse est limitée à 130 km/h, un radar fixe mesure, pour une voiture, un décalage Doppler de 5200 Hz. Le conducteur est-il en infraction ? Justifier en calculant sa vitesse en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.