

Effet Doppler

Contrôle de sciences physiques - niveau Terminale

Ce contrôle d'une heure porte sur l'effet Doppler, appliqué aux ondes sonores, aux ondes électromagnétiques et aux ultrasons. La calculatrice est autorisée. Le barème est sur 20 points ; les unités, les chiffres significatifs et la clarté des justifications comptent dans la notation. Données : célérité du son dans l'air $c_{\text{son}} = 340 \text{ m/s}$; célérité de la lumière $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$; célérité des ultrasons dans les tissus mous $c_{\text{us}} = 1\,540 \text{ m/s}$. Pour une source sonore mobile de vitesse v_s et un récepteur fixe : $f_R = f_E \times c / (c - v_s)$ si la source s'approche et $f_R = f_E \times c / (c + v_s)$ si elle s'éloigne.

Ce contrôle est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Le sujet du contrôle sur l'effet Doppler

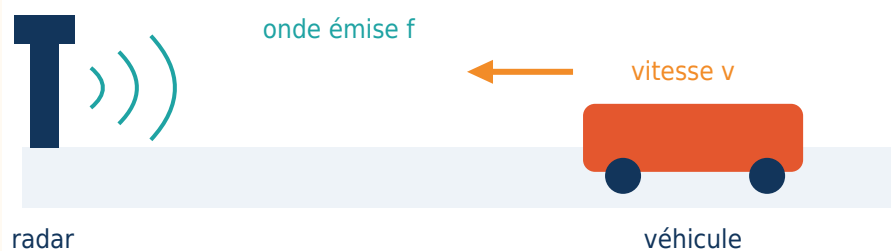
Exercice 1 : La sirène de l'ambulance (4 points)

Une ambulance roule en ligne droite à la vitesse constante de 90 km/h. Sa sirène émet un son pur de fréquence $f_E = 800 \text{ Hz}$. Un piéton immobile au bord de la route entend la sirène quand l'ambulance s'approche, puis quand elle s'éloigne.

1. Décrit l'effet perçu par le piéton au moment où l'ambulance le dépasse et nomme le phénomène.
2. Calcule la fréquence f_1 perçue pendant l'approche.
3. Calcule la fréquence f_2 perçue pendant l'éloignement.
4. Calcule l'écart $f_1 - f_2$ et dis s'il est facilement perceptible à l'oreille.

Exercice 2 : Le radar routier (5 points)

Un radar fixe émet une onde électromagnétique de fréquence $f_E = 24,125 \text{ GHz}$ vers un véhicule qui s'approche. L'onde réfléchie revient au radar avec un décalage de fréquence $\Delta f = 3,22 \text{ kHz}$. Pour $v \ll c$, ce décalage vaut $\Delta f = 2 f_E v / c$, où v est la vitesse du véhicule.

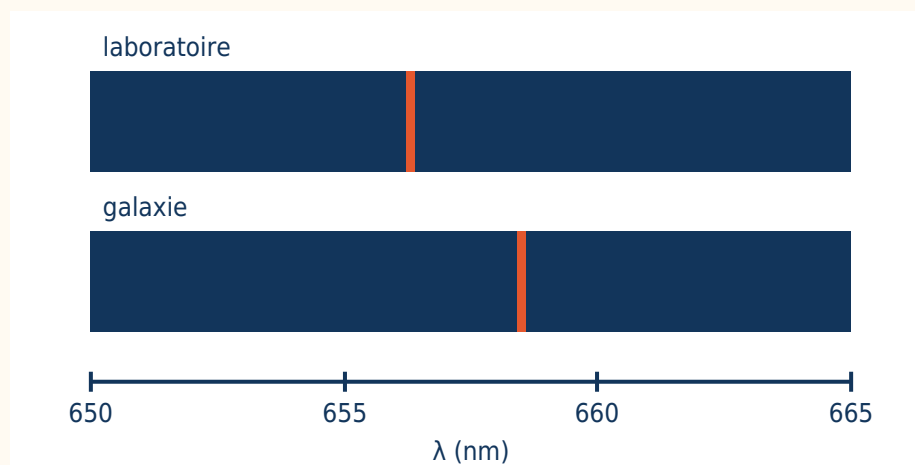


Mesure de vitesse par effet Doppler : le véhicule s'approche du radar.

1. Explique pourquoi le décalage fait intervenir un facteur 2.
2. Exprime v en fonction de Δf , c et f_E , puis calcule v en m/s.
3. Convertis cette vitesse en km/h.
4. La vitesse est limitée à 70 km/h sur cette route. Le conducteur est-il en infraction ? Justifie.

Exercice 3 : Le décalage vers le rouge d'une galaxie (4 points)

La raie H α de l'hydrogène a, au laboratoire, une longueur d'onde $\lambda_0 = 656,3$ nm. Dans le spectre d'une galaxie lointaine, on mesure pour la même raie une longueur d'onde $\lambda = 658,5$ nm. Pour $v \ll c$, la vitesse radiale de la galaxie vérifie $|\Delta\lambda| / \lambda_0 = v / c$.



Position de la raie H α dans deux spectres (échelle linéaire).

1. La raie est-elle décalée vers le rouge ou vers le bleu ? En déduire si la galaxie s'approche ou s'éloigne de la Terre.
2. Exprime la vitesse v en fonction de c , λ et λ_0 .
3. Calcule v en m/s, puis en km/s.
4. Calcule le rapport v / c et dis si l'approximation $v \ll c$ est justifiée.

Exercice 4 : Écho-Doppler et vitesse du sang (4 points)

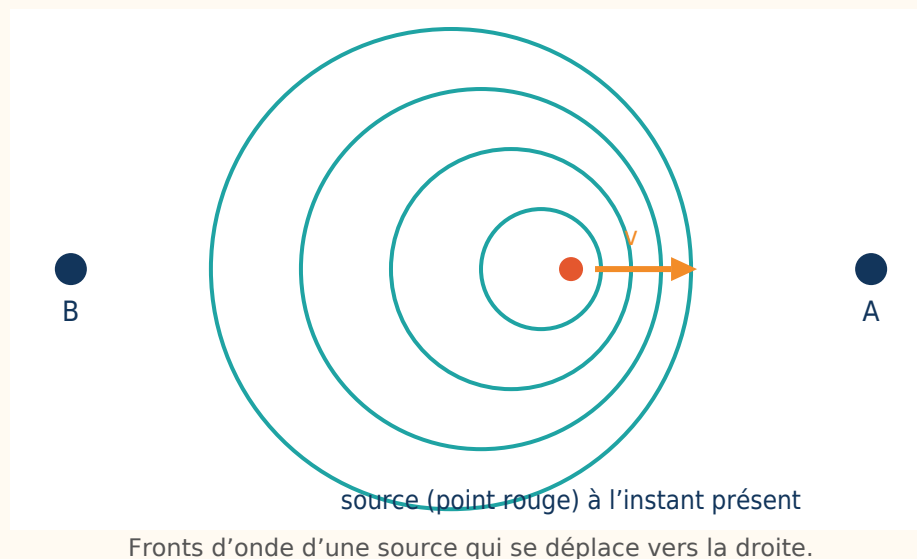
Une sonde d'échographie émet des ultrasons de fréquence $f_E = 5,0$ MHz. Ils sont réfléchis par des globules rouges qui se déplacent à la vitesse $v = 0,50$ m/s dans une artère. L'axe de la sonde fait un angle $\theta = 60^\circ$ avec la direction du sang. Le décalage de

fréquence est $\Delta f = 2 f_E v \cos \theta / c_{us}$.

1. Calcule Δf en kHz.
2. Que vaut Δf si la sonde est placée perpendiculairement à l'artère ($\theta = 90^\circ$) ? Pourquoi est-ce gênant pour la mesure ?
3. Si la vitesse du sang double, comment évolue Δf ?

Exercice 5 : Fronts d'onde d'une source mobile (3 points)

Une source sonore de fréquence propre $f_E = 400$ Hz se déplace vers la droite. Le document montre les fronts d'onde émis à des instants régulièrement espacés d'une période. Entre deux émissions consécutives, la source avance de 15 unités alors que le rayon du front précédent augmente de 30 unités. Deux observateurs fixes A et B sont placés comme indiqué.



1. Quel observateur entend le son le plus aigu ? Justifie à l'aide du schéma.
2. Dédus du texte le rapport v_s / c entre la vitesse de la source et celle du son.
3. Calcule les fréquences f_A et f_B perçues par A et B.