

L'effet Doppler

Exercices de sciences physiques - niveau Terminale

Vingt exercices sur l'effet Doppler : fronts d'onde, source ou récepteur mobile, radar, échographie, décalage vers le rouge et lecture de graphiques. Prends la célérité du son $v = 340 \text{ m/s}$ dans l'air et $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ sauf indication contraire, et cherche avant d'ouvrir le corrigé séparé.

Cette fiche d'exercices est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les exercices sur l'effet Doppler

Exercice 1 : Questions de cours

1. Définis le décalage Doppler Δf .
2. Quel est le signe de Δf quand la source s'approche du récepteur ? quand elle s'éloigne ?
3. Pour une onde sonore, de quoi dépend la célérité v de l'onde ?
4. Pourquoi le décalage est-il doublé quand l'onde est réfléchi par une cible mobile ?

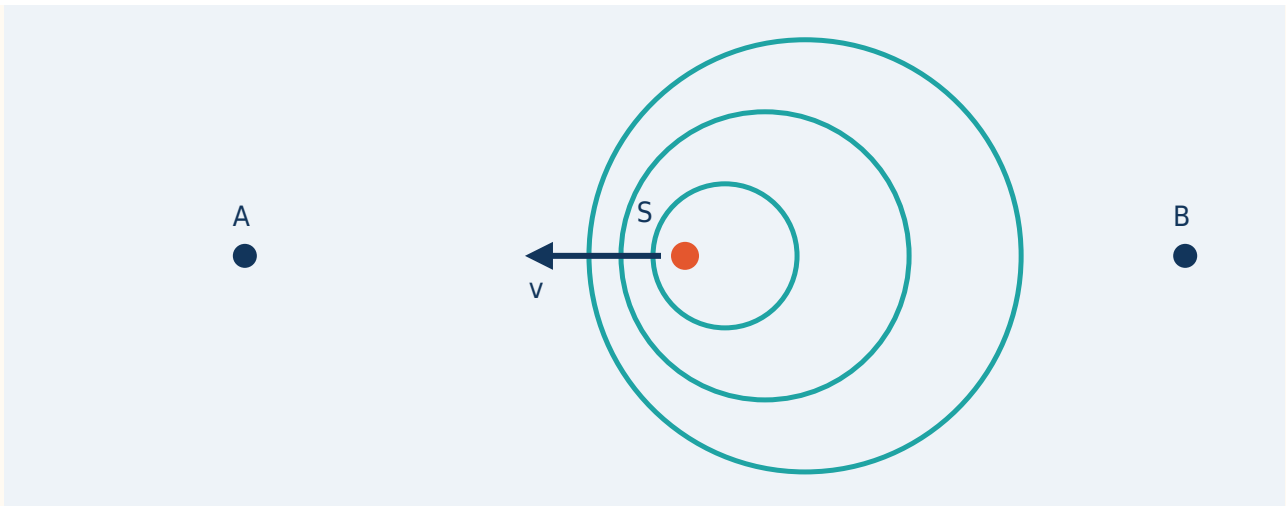
Exercice 2 : Vrai ou faux ?

Justifie chaque réponse.

- a. L'effet Doppler n'existe que pour les ondes sonores.
- b. Quand une source sonore s'approche d'un observateur immobile, la fréquence reçue est supérieure à la fréquence émise.
- c. Le mouvement de la source modifie la fréquence qu'elle émet.
- d. La célérité du son dans l'air est plus grande quand la source se rapproche.
- e. Les raies du spectre d'une galaxie qui s'éloigne sont décalées vers le rouge.
- f. Un radar mesure uniquement la composante de la vitesse dirigée le long du faisceau.

Exercice 3 : Fronts d'onde d'une source mobile

Le schéma représente les fronts d'onde circulaires émis à intervalles réguliers par une source sonore qui se déplace vers la gauche. A et B sont deux observateurs immobiles.



Source S en mouvement vers la gauche ; observateurs A (à gauche) et B (à droite).

1. Quel observateur reçoit les fronts d'onde les plus rapprochés ?
2. Pour quel observateur la fréquence reçue est-elle supérieure à la fréquence émise ? Justifie.
3. Compare les longueurs d'onde perçues par A et par B.
4. Reproduis le schéma en supposant la source immobile : que deviennent les fronts d'onde ?

Exercice 4 : Une ambulance sur l'autoroute

Une sirène émet un son de fréquence $f_e = 800$ Hz. L'ambulance roule à $v_s = 20$ m/s (72 km/h).

1. Calcule la fréquence f_r perçue par un piéton immobile quand l'ambulance s'approche.
2. Calcule f_r quand elle s'éloigne.
3. Donne dans chaque cas le décalage Δf et commente son signe.

Exercice 5 : Un récepteur qui bouge

Un haut-parleur fixe émet un son pur de fréquence $f_e = 1\,000$ Hz. Un élève marche à $v_r = 15$ m/s en vélo, en ligne droite, d'abord vers le haut-parleur, puis en s'éloignant de lui.

1. Calcule la fréquence perçue à l'approche, puis à l'éloignement.
2. Compare le décalage dans les deux cas.
3. Dans cette situation, la longueur d'onde de l'onde dans l'air change-t-elle ? Explique.

Exercice 6 : Retrouver la vitesse d'un véhicule

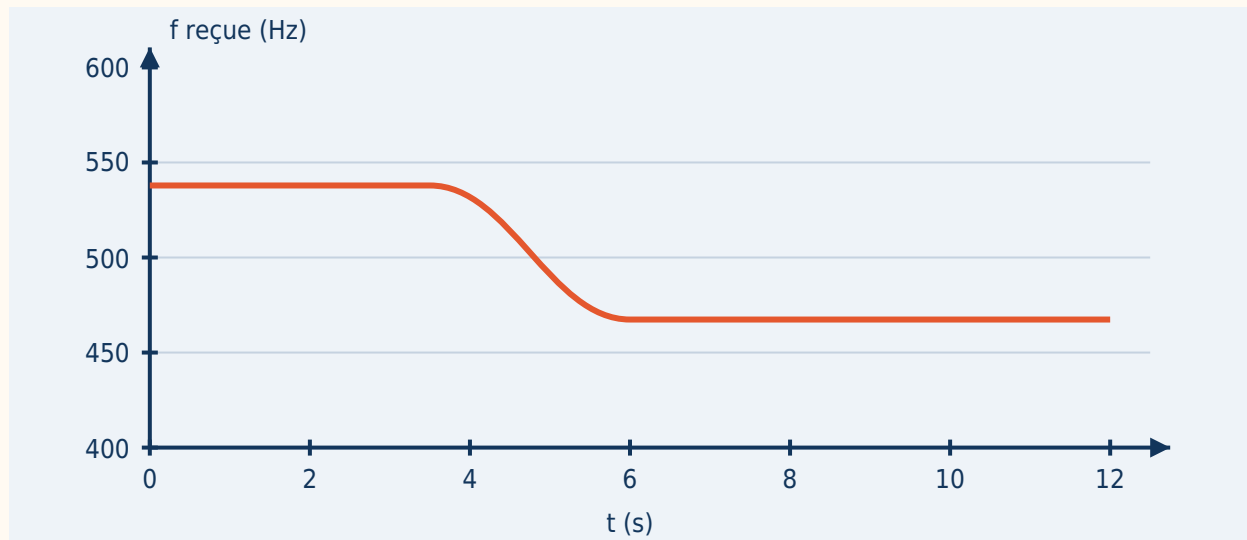
Une moto émet un son de fréquence $f_e = 1\,000$ Hz. Un observateur fixe, placé sur sa trajectoire, perçoit 1 060 Hz pendant l'approche.

1. Établis l'expression de la vitesse v_s en fonction de f_e , f_r et v .

2. Calcule v_s en m/s puis en km/h.

Exercice 7 : Le klaxon d'un train

Un enregistrement permet de suivre la fréquence f_r du klaxon d'un train qui passe devant un observateur immobile situé près de la voie. Le train émet une fréquence $f_e = 500$ Hz.



Fréquence reçue par l'observateur en fonction du temps.

1. Lis la fréquence perçue avant et après le passage du train.
2. À quel instant approximatif le train passe-t-il devant l'observateur ?
3. Calcule la vitesse du train à partir de la fréquence perçue à l'approche.
4. Vérifie, par le calcul, la valeur perçue après le passage.

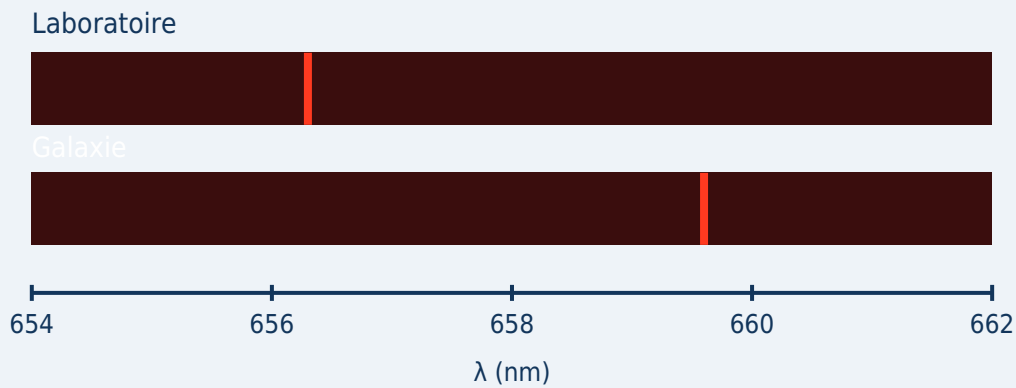
Exercice 8 : Une étoile qui s'éloigne

Une raie du spectre d'une étoile a pour longueur d'onde $\lambda_0 = 500$ nm au laboratoire. On la mesure à 503,0 nm dans le spectre de l'étoile.

1. L'étoile s'approche-t-elle ou s'éloigne-t-elle ? Justifie.
2. Calcule $\Delta\lambda$ puis la vitesse radiale de l'étoile en m/s et en km/s.

Exercice 9 : Raie H α d'une galaxie

On compare la raie H α d'une lampe à hydrogène (laboratoire) à celle observée dans le spectre d'une galaxie, sur un même intervalle de longueurs d'onde.



Raie H α au laboratoire (haut) et dans le spectre de la galaxie (bas).

1. Détermine graphiquement la longueur d'onde de la raie dans chaque spectre (au dixième de nanomètre près).
2. Calcule le décalage $\Delta\lambda$.
3. Calcule la vitesse radiale de la galaxie. S'approche-t-elle ou s'éloigne-t-elle ?

Exercice 10 : Un radar routier

Un radar émet une onde de fréquence $f_e = 24,0$ GHz en direction d'une voiture qui roule à 90 km/h et se rapproche de lui, en ligne droite.

1. Convertis la vitesse en m/s.
2. Justifie qualitativement pourquoi le décalage est doublé.
3. Calcule le décalage Doppler Δf , en kHz.

Exercice 11 : Contrôle de vitesse

Le même radar ($f_e = 24,0$ GHz) mesure un décalage $\Delta f = 5,2$ kHz.

1. Établis l'expression de la vitesse de la cible en fonction de Δf , c et f_e .
2. Calcule cette vitesse en m/s puis en km/h.
3. Cette voiture roule-t-elle à plus de 110 km/h ?

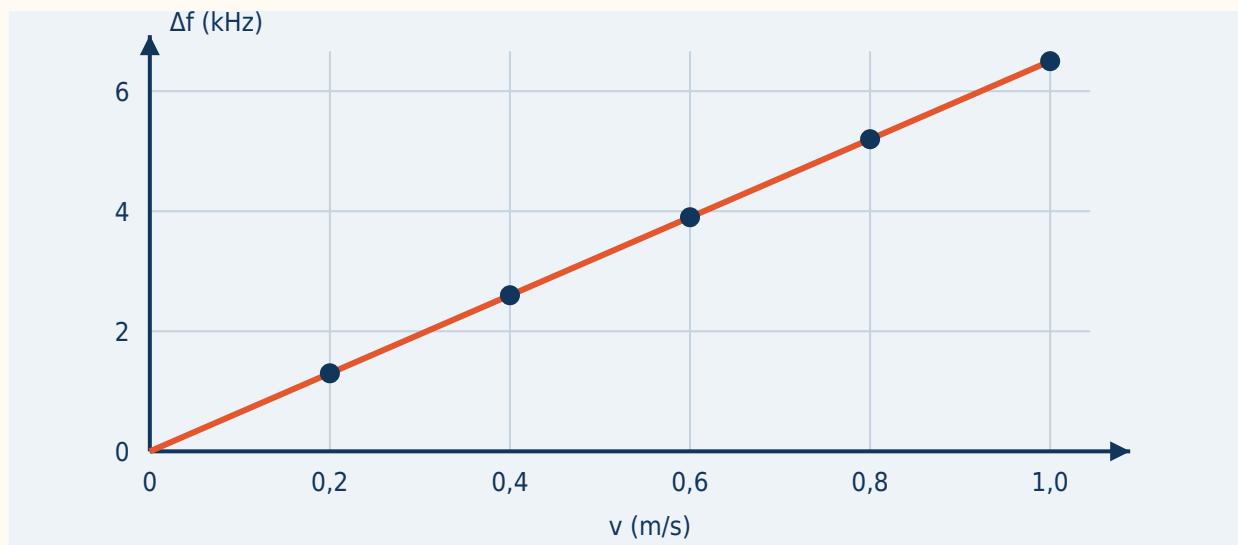
Exercice 12 : Échographie Doppler

Une sonde émet des ultrasons de fréquence $f_e = 5,0$ MHz dans les tissus, où la célérité vaut $v = 1\,540$ m/s. Le sang d'une artère circule à 0,50 m/s dans la direction du faisceau, vers la sonde.

1. Explique pourquoi on utilise des ultrasons plutôt que des ondes sonores audibles pour cet examen.
2. Calcule le décalage Doppler Δf .
3. Cette valeur est-elle audible ? Justifie.

Exercice 13 : Étalonner un appareil

Avec la même sonde ($f_e = 5,0$ MHz, $v = 1\,540$ m/s), on mesure le décalage Δf pour plusieurs vitesses d'écoulement d'un liquide dans un tube.



Décalage Doppler en fonction de la vitesse du liquide.

1. Quelle est la nature de la courbe ? Que peut-on en conclure sur Δf et v ?
2. Calcule son coefficient directeur en kHz par m/s.
3. Compare-le à la valeur théorique $2 f_e \div v$.
4. Quelle est la vitesse du liquide pour $\Delta f = 4,2$ kHz ?

Exercice 14 : Pourquoi ne voit-on pas l'effet Doppler d'une voiture ?

Une voiture roule à 90 km/h. La lumière de ses phares a une longueur d'onde de 550 nm.

1. Calcule le rapport $v \div c$ pour cette voiture.
2. Calcule le décalage $\Delta \lambda$ de la lumière, en nanomètres.
3. Compare avec le même rapport pour le son ($v = 340$ m/s). Conclue.

Exercice 15 : Trois galaxies

La raie H α ($\lambda_0 = 656,3$ nm) est mesurée pour trois galaxies :

Galaxie	λ mesurée (nm)
G1	660,9
G2	670,1
G3	689,2

1. Pour chacune, calcule $\Delta \lambda$ et le rapport $\Delta \lambda \div \lambda_0$.
2. Dédus les vitesses d'éloignement en m/s.
3. Quelle galaxie semble la plus lointaine, si l'on admet que les plus éloignées fuient

plus vite ?

Exercice 16 : Corriger les erreurs

Chaque phrase contient une erreur. Recopie-la en la corrigeant.

- Une source qui s'éloigne produit une fréquence reçue plus grande que la fréquence émise.
- La célérité du son augmente quand la source se rapproche de l'observateur.
- Pour un radar, le décalage vaut $\Delta f \approx f_e \times v \div c$.
- Une galaxie qui s'éloigne a ses raies décalées vers le bleu.
- La fréquence émise par une sirène diminue quand l'ambulance s'éloigne.

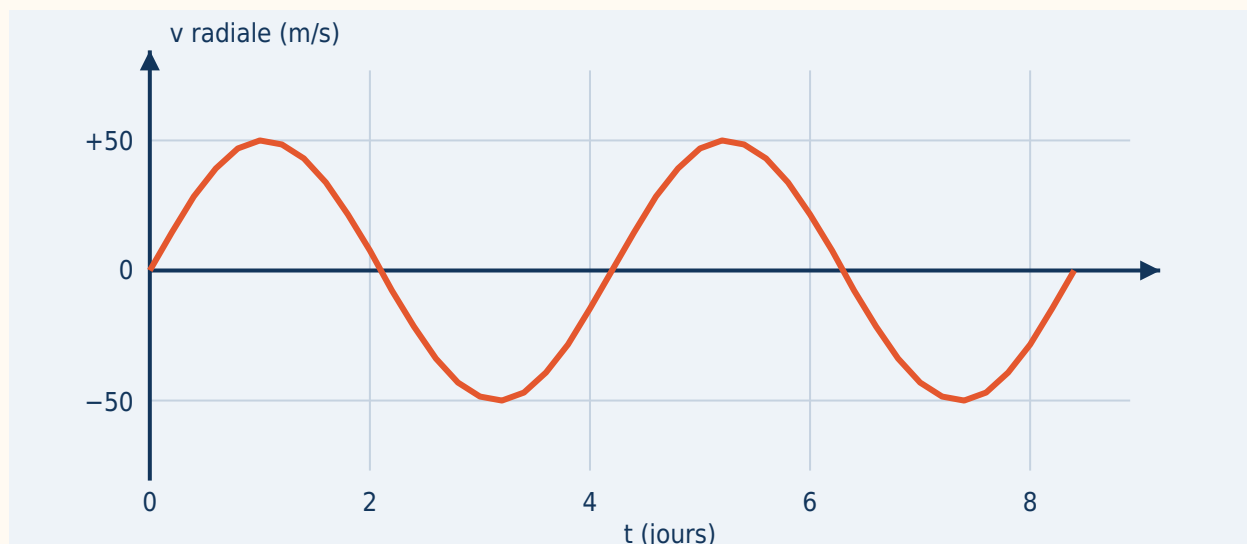
Exercice 17 : Au plus près de l'observateur

Une source sonore de fréquence $f_e = 600$ Hz passe en ligne droite à la vitesse de 30 m/s devant un observateur immobile situé à 40 m de la trajectoire.

- Quand la source est au plus près, quelle est la composante de sa vitesse le long de la droite source-observateur ? Que vaut alors la fréquence perçue ?
- À un autre instant, la direction source-observateur fait un angle de 60° avec la trajectoire et la source s'approche. Calcule la composante de la vitesse utile et la fréquence perçue.
- Explique pourquoi la fréquence perçue varie de façon progressive sur le graphique d'un passage.

Exercice 18 : Détecter une planète autour d'une étoile

Un spectrographe mesure la vitesse radiale d'une étoile au cours du temps grâce au décalage Doppler de ses raies. Le graphique donne la vitesse radiale v_r de l'étoile en fonction du temps (signe positif : l'étoile s'éloigne).



Vitesse radiale de l'étoile au cours du temps.

1. Détermine la période T et l'amplitude de la vitesse radiale.
2. Pour une raie de longueur d'onde au repos $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$, calcule le décalage maximal $\Delta\lambda$ correspondant à l'amplitude.
3. Quelle conclusion peut-on tirer d'une oscillation périodique de la vitesse radiale ?
4. Pourquoi cette méthode est-elle plus sensible à des planètes massives proches de leur étoile ?

Exercice 19 : Radar et direction de visée

Un radar ($f_e = 24,0 \text{ GHz}$) vise une voiture qui roule à 108 km/h en ligne droite. Son faisceau fait un angle de 30° avec la direction de la route.

1. Convertis 108 km/h en m/s .
2. Calcule la composante de la vitesse suivant le faisceau.
3. Calcule le décalage Δf mesuré.
4. Quelle vitesse le radar afficherait-il s'il supposait le faisceau aligné sur la route ? Que penser du résultat ?

Exercice 20 : Une argumentation rigoureuse

Un élève affirme : « Quand l'ambulance passe, le son devient plus grave parce que le conducteur baisse la hauteur de la sirène. »

Rédige une réponse argumentée qui réfute cette affirmation avec le modèle ondulatoire, précise quelles grandeurs changent et lesquelles ne changent pas, puis propose une expérience simple, réalisable avec un smartphone qui émet un son pur et une application d'analyse spectrale, qui permettrait de le vérifier.