

L'effet Doppler

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices sur l'effet Doppler. Compare chaque démarche avec la tienne : pour ce chapitre, le sens du décalage (rapprochement ou éloignement) et le choix de la bonne formule comptent autant que le calcul.

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

La correction détaillée : corrigé effet Doppler

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. $\Delta f = f_r - f_e$: écart entre la fréquence reçue et la fréquence émise, dû au mouvement relatif de la source et du récepteur.
2. Rapprochement : $\Delta f > 0$; éloignement : $\Delta f < 0$.
3. Elle ne dépend que du **milieu de propagation** (nature, température), pas du mouvement de la source.
4. La cible mobile reçoit l'onde avec un premier décalage (elle joue le rôle de récepteur mobile), puis la réémet avec un second décalage de même sens (elle joue le rôle de source mobile) : le décalage total est **doublé**.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Faux** : il existe pour toutes les ondes, sonores, lumineuses, radar, ultrasonores.
- b. **Vrai** : $f_r = f_e \times v \div (v - v_s) > f_e$.
- c. **Faux** : la source émet toujours f_e ; c'est la fréquence *reçue* qui change.
- d. **Faux** : la célérité ne dépend que du milieu.
- e. **Vrai** : λ augmente, d'où le décalage vers le rouge.
- f. **Vrai** : seule la composante de la vitesse le long du faisceau intervient.

Correction de l'exercice 3 : Fronts d'onde d'une source mobile

1. La source se déplace vers la gauche : les fronts sont **comprimés à gauche**, donc c'est **A** qui les reçoit les plus rapprochés.
2. **A** : les fronts arrivent plus souvent, la fréquence reçue est supérieure à f_e (source qui s'approche de A).
3. $\lambda_A < \lambda_e < \lambda_B$: **A perçoit une longueur d'onde plus courte que B**.

4. Les cercles seraient **concentriques**, régulièrement espacés de λ_e , et A et B recevraient la même fréquence f_e .

Correction de l'exercice 4 : Une ambulance sur l'autoroute

1. $f_r = f_e \times v \div (v - v_s) = 800 \times 340 \div (340 - 20) = 800 \times 340 \div 320 = \mathbf{850 \text{ Hz}}$.
2. $f_r = 800 \times 340 \div (340 + 20) = 800 \times 340 \div 360 \approx \mathbf{756 \text{ Hz}}$.
3. À l'approche : $\Delta f = 850 - 800 = \mathbf{+50 \text{ Hz}}$ (son plus aigu). À l'éloignement : $\Delta f = 756 - 800 \approx \mathbf{-44 \text{ Hz}}$ (son plus grave). Les deux valeurs absolues diffèrent : le phénomène n'est pas symétrique.

Correction de l'exercice 5 : Un récepteur qui bouge

1. À l'approche : $f_r = f_e \times (1 + v_r \div v) = 1\,000 \times (1 + 15 \div 340) \approx \mathbf{1\,044 \text{ Hz}}$. À l'éloignement : $f_r = 1\,000 \times (1 - 15 \div 340) \approx \mathbf{956 \text{ Hz}}$.
2. $\Delta f \approx \mathbf{+44 \text{ Hz}}$ à l'approche et $\mathbf{-44 \text{ Hz}}$ à l'éloignement : ici, le décalage est symétrique car la formule est linéaire en v_r .
3. **Non** : la source est fixe, la longueur d'onde dans l'air reste $\lambda_e = v \div f_e = 0,34 \text{ m}$; c'est le récepteur qui rencontre les fronts plus ou moins souvent.

Correction de l'exercice 6 : Retrouver la vitesse d'un véhicule

1. $f_r = f_e \times v \div (v - v_s)$ donne $f_r \times (v - v_s) = f_e \times v$, d'où $\mathbf{v_s = v \times (1 - f_e \div f_r)}$.
2. $v_s = 340 \times (1 - 1\,000 \div 1\,060) = 340 \times 0,0566 \approx \mathbf{19 \text{ m/s}}$, soit $19,2 \times 3,6 \approx \mathbf{69 \text{ km/h}}$.

Correction de l'exercice 7 : Le klaxon d'un train

1. Avant le passage : **538 Hz** environ ; après : **467 Hz** environ.
2. La fréquence chute entre 3,5 s et 6 s : le train passe vers $\mathbf{t \approx 5 \text{ s}}$.
3. $v_s = v \times (1 - f_e \div f_r) = 340 \times (1 - 500 \div 538) = 340 \times 0,0706 \approx \mathbf{24 \text{ m/s}}$, soit environ 86 km/h.
4. Après le passage : $f_r = 500 \times 340 \div (340 + 24) \approx \mathbf{467 \text{ Hz}}$, ce qui est cohérent avec la lecture.

Correction de l'exercice 8 : Une étoile qui s'éloigne

1. λ mesurée $> \lambda_0$: la raie est décalée vers le rouge, l'étoile **s'éloigne**.
2. $\Delta \lambda = 503,0 - 500 = \mathbf{3,0 \text{ nm}}$; $v = c \times \Delta \lambda \div \lambda_0 = 3,00 \times 10^8 \times 3,0 \div 500 = \mathbf{1,8 \times 10^6 \text{ m/s}}$, soit $1,8 \times 10^3 \text{ km/s}$.

Correction de l'exercice 9 : Raie H α d'une galaxie

1. Laboratoire : **656,3 nm** ; galaxie : **659,6 nm**.
2. $\Delta\lambda = 659,6 - 656,3 = \mathbf{3,3 \text{ nm}}$.
3. $v = 3,00 \times 10^8 \times 3,3 \div 656,3 \approx \mathbf{1,5 \times 10^6 \text{ m/s}}$. La longueur d'onde a augmenté : la galaxie **s'éloigne**.

Correction de l'exercice 10 : Un radar routier

1. $90 \div 3,6 = \mathbf{25 \text{ m/s}}$.
2. La voiture reçoit l'onde avec un décalage (récepteur mobile), puis la réfléchit en jouant le rôle d'une source mobile : le même décalage s'ajoute une seconde fois.
3. $\Delta f = 2 \times f_e \times v \div c = 2 \times 24,0 \times 10^9 \times 25 \div 3,00 \times 10^8 = \mathbf{4,0 \times 10^3 \text{ Hz}}$, soit 4,0 kHz (positif : rapprochement).

Correction de l'exercice 11 : Contrôle de vitesse

1. De $\Delta f = 2 f_e v \div c$, on tire **$v = \Delta f \times c \div (2 f_e)$** .
2. $v = 5,2 \times 10^3 \times 3,00 \times 10^8 \div (2 \times 24,0 \times 10^9) = \mathbf{32,5 \text{ m/s}}$, soit $32,5 \times 3,6 = \mathbf{117 \text{ km/h}}$.
3. **Oui** : 117 km/h dépasse 110 km/h.

Correction de l'exercice 12 : Échographie Doppler

1. Les ultrasons ont une longueur d'onde très courte, ce qui donne un faisceau fin et une bonne résolution, et ils ne gênent pas le patient ; de plus, un décalage proportionnel à f_e est plus grand en haute fréquence.
2. $\Delta f = 2 \times f_e \times v_{\text{sang}} \div v = 2 \times 5,0 \times 10^6 \times 0,50 \div 1\,540 \approx \mathbf{3,2 \times 10^3 \text{ Hz}}$.
3. **Oui** : 3,2 kHz est dans le domaine audible (20 Hz à 20 kHz) ; c'est pourquoi on peut « entendre » le flux sanguin lors d'un examen.

Correction de l'exercice 13 : Étalonner un appareil

1. Les points sont alignés sur une **droite passant par l'origine** : Δf est **proportionnel** à v .
2. Coefficient directeur : $(6,5 - 0) \div (1,0 - 0) = \mathbf{6,5 \text{ kHz par m/s}}$.
3. Valeur théorique : $2 \times 5,0 \times 10^6 \div 1\,540 \approx 6,5 \times 10^3 \text{ Hz par m/s} = \mathbf{6,5 \text{ kHz par m/s}}$: accord.
4. $v = 4,2 \div 6,5 \approx \mathbf{0,65 \text{ m/s}}$.

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

1. $v = 25 \text{ m/s}$; $v \div c = 25 \div 3,00 \times 10^8 \approx \mathbf{8,3 \times 10^{-8}}$.

2. $\Delta\lambda = \lambda \times v \div c = 550 \times 8,3 \times 10^{-8} \approx \mathbf{4,6 \times 10^{-5} \text{ nm}}$: bien trop petit pour être vu.
3. Pour le son, $v \div v_{\text{son}} = 25 \div 340 \approx \mathbf{7,4 \times 10^{-2}}$, un million de fois plus grand : le décalage est audible. Les vitesses courantes sont négligeables devant c , donc l'effet Doppler de la lumière ne devient mesurable que pour des objets très rapides, comme les galaxies.

Correction de l'exercice 15 : Trois galaxies

1. G1 : $\Delta\lambda = 4,6 \text{ nm}$, $\Delta\lambda \div \lambda_0 \approx \mathbf{7,0 \times 10^{-3}}$. G2 : $\Delta\lambda = 13,8 \text{ nm}$, rapport $\approx \mathbf{2,10 \times 10^{-2}}$. G3 : $\Delta\lambda = 32,9 \text{ nm}$, rapport $\approx \mathbf{5,01 \times 10^{-2}}$.
2. $v = c \times \Delta\lambda \div \lambda_0$: G1 $\approx \mathbf{2,1 \times 10^6 \text{ m/s}}$; G2 $\approx \mathbf{6,3 \times 10^6 \text{ m/s}}$; G3 $\approx \mathbf{1,5 \times 10^7 \text{ m/s}}$.
3. **G3** fuit le plus vite : c'est la plus lointaine dans cette hypothèse.

Correction de l'exercice 16 : Corriger les erreurs

- a. Une source qui s'éloigne produit une fréquence reçue **plus petite** que f_e .
- b. La célérité du son **ne change pas** : elle ne dépend que du milieu.
- c. Pour un radar, $\Delta f \approx \mathbf{2 \times f_e \times v \div c}$.
- d. Une galaxie qui s'éloigne a ses raies décalées **vers le rouge**.
- e. La fréquence **émise** ne change pas ; c'est la fréquence **reçue** qui diminue.

Correction de l'exercice 17 : Au plus près de l'observateur

1. La vitesse est perpendiculaire à la droite source-observateur : sa composante utile est **nulle**, donc $f_r = f_e = \mathbf{600 \text{ Hz}}$.
2. Composante : $30 \times \cos 60^\circ = \mathbf{15 \text{ m/s}}$. $f_r = 600 \times 340 \div (340 - 15) = 600 \times 340 \div 325 \approx \mathbf{628 \text{ Hz}}$.
3. L'angle entre la trajectoire et la droite source-observateur varie de façon continue : la composante utile de la vitesse passe progressivement d'une valeur positive à zéro puis à une valeur négative, d'où une transition douce de f_r sur le graphique.

Correction de l'exercice 18 : Détecter une planète autour d'une étoile

1. La courbe se répète tous les **4,2 jours** ($T = 4,2 \text{ j}$) ; l'amplitude vaut **50 m/s**.
2. $\Delta\lambda_{\text{max}} = \lambda_0 \times v \div c = 600 \times 50 \div 3,00 \times 10^8 = \mathbf{1,0 \times 10^{-4} \text{ nm}}$, soit $0,10 \text{ pm}$: un décalage minuscule, d'où le besoin de spectrographes très précis.
3. L'étoile décrit une petite orbite autour du centre de masse du système : un **compagnon invisible** (une planète par exemple) tourne autour d'elle avec la même période de 4,2 jours.
4. Une planète massive et proche exerce une plus grande attraction et impose à l'étoile une vitesse plus élevée, donc un décalage Doppler plus grand ; sa courte période permet de voir plusieurs oscillations rapidement.

Correction de l'exercice 19 : Radar et direction de visée

1. $108 \div 3,6 = \mathbf{30 \text{ m/s}}$.
2. $v_{\text{faisceau}} = 30 \times \cos 30^\circ \approx \mathbf{26,0 \text{ m/s}}$.
3. $\Delta f = 2 \times 24,0 \times 10^9 \times 26,0 \div 3,00 \times 10^8 \approx \mathbf{4,2 \times 10^3 \text{ Hz}}$.
4. En supposant le faisceau aligné, il calculerait $v = 26,0 \text{ m/s} \approx 93,5 \text{ km/h}$ au lieu de 108 km/h . Le radar **sous-estime** la vitesse réelle quand il vise de biais : l'erreur joue en faveur du conducteur, c'est pourquoi les radars sont placés dans l'axe de la route.

Correction de l'exercice 20 : Une argumentation rigoureuse

Réponse type. La sirène émet toujours la même fréquence f_e , fixée par le dispositif. Le mouvement ne change ni f_e ni la célérité du son, qui ne dépendent que de la source et du milieu. Ce qui change, c'est la fréquence *reçue* : à l'approche, les fronts d'onde sont plus rapprochés ($\lambda_r = (v - v_s) \times T_e$ plus courte), donc $f_r = v \div \lambda_r$ est plus grande ; à l'éloignement, λ_r est plus longue et f_r plus petite.

Expérience. Un smartphone émet un son pur à $1\,000 \text{ Hz}$; une autre personne enregistre avec une application d'analyse spectrale le pic de fréquence quand le téléphone est porté à vitesse constante vers l'observateur, puis quand il s'en éloigne. On compare ces pics à la valeur au repos : on attend un décalage de quelques hertz proportionnel à la vitesse, et le même téléphone au repos reste à $1\,000 \text{ Hz}$.

Comment progresser après ce corrigé

Si tu hésites, dessine d'abord la situation : sens du déplacement, rapprochement ou éloignement, signe attendu de Δf . Écris ensuite la formule adaptée (source mobile, récepteur mobile ou onde réfléchi), remplace par les valeurs avec leurs unités et vérifie que le résultat a le bon signe et un ordre de grandeur raisonnable. Refais les exercices 4, 11 et 18 sans regarder la correction.

Retour aux énoncés des exercices