

ONDES SONORES

EFFET DOPPLER

5 Utiliser le logarithme décimal

- Établir l'expression de l'intensité sonore en fonction du niveau d'intensité sonore.
- Recopier et compléter sans calculatrice ce tableau.

$I \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$	$L \text{ (dB)}$
1×10^{-5}	
2×10^{-5}	
	60

Données

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad \log(2) = 0,3$$

Utiliser le réflexe 1

7 Exploiter une atténuation

Rédiger une explication.

Casque antibruit
 $A = 33 \text{ dB}$
DELTAPLUS®



Bouchons d'oreilles
 $A = 26 \text{ dB}$

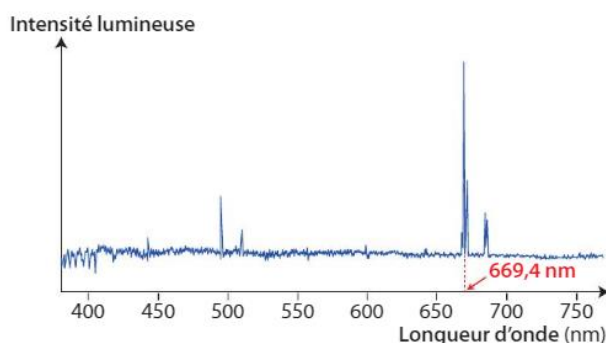


- Quel sera le niveau d'intensité sonore ressenti par un utilisateur de chacun de ces dispositifs si le niveau d'intensité sonore ambiant est 95 dB ?

10 Exploiter qualitativement l'effet Doppler

Interpréter des observations.

Le spectre de la lumière d'une étoile montre une raie de longueur d'onde égale à 669,4 nm.



Avec une source et un capteur immobiles sur Terre, cette raie a une longueur d'onde égale à 656,3 nm.

- Interpréter cette observation.

Utiliser le réflexe 3

13 Identifier une expression (2)

Discuter une formule.

Une étoile s'approche de la Terre avec une vitesse de valeur v telle que $0 < v < c$. Le spectre de la lumière de cette étoile comporte une raie de longueur d'onde λ . La même raie obtenue avec une source et un capteur immobiles sur Terre a une longueur d'onde λ_0 .

- Parmi les relations ci-dessous, identifier celle qui donne la valeur de la vitesse de l'étoile par rapport à la Terre en expliquant pourquoi les deux autres sont incorrectes.

a $v = c \times \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0 - \lambda}$ b $v = c \times \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0}$ c $v = c \times \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$

14 Calculer une valeur de vitesse

Effectuer des calculs.

A Fonctionnement d'un radar

- Le radar a émis une onde de fréquence $f_E = 3,40 \times 10^{10} \text{ Hz}$.
- Après réflexion sur le véhicule, l'onde est revenue vers le radar.
- Le radar a mesuré la fréquence f_R de l'onde réfléchie et a exploité le décalage Doppler $\Delta f = f_R - f_E$ pour déterminer la valeur de la vitesse du véhicule.



Lors du passage d'une voiture, le radar a mesuré un décalage Doppler $\Delta f = 6,451 \times 10^3 \text{ Hz}$. Pour ce radar, le décalage Doppler est :

$$\Delta f = \frac{2v \times \cos \alpha}{c} \times f_E$$

Dans cette expression, α est l'angle entre la direction de déplacement du véhicule et l'axe de visée du radar.

- Calculer la valeur de la vitesse du véhicule.

Utiliser le réflexe 4

Données

- Célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- $\alpha = 20^\circ$.

15 Calculer un décalage Doppler

Utiliser un modèle pour prévoir.

Une voiture passe en klaxonnant. Le son produit a une fréquence $f_E = 435 \text{ Hz}$. Elle s'éloigne d'un piéton avec une vitesse de valeur $v = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Dans une telle situation, la valeur du décalage Doppler est donnée par :

$$\Delta f = -f_E \times \frac{v}{v_{\text{son}} + v}$$

- Calculer le décalage Doppler perçu par le piéton.

Donnée

Célérité du son : $v_{\text{son}} = 345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

16 Avant le spectacle

| Effectuer des calculs.

Des mesures réalisées pendant un concert de trois guitaristes sont rassemblées ci-dessous :

	Intensité sonore I ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)	Niveau sonore L (dB)
Guitariste 1	$1,0 \times 10^{-4}$	
Guitariste 2		70
Guitariste 3		
Guitaristes 1 et 3		83

1. Compléter le tableau.
2. Que deviennent l'intensité sonore et le niveau d'intensité sonore si les trois guitaristes jouent en même temps ?

Donnée

Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

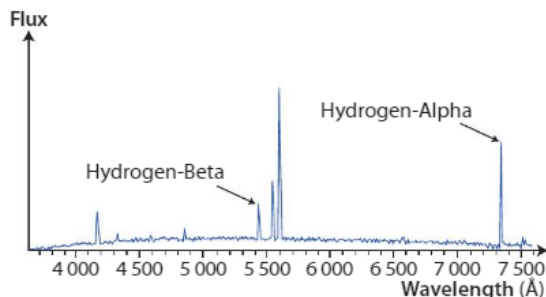
17 The Speed of the Galaxy Q2125-431

| Pratiquer une langue vivante étrangère.

The Doppler Shift¹ is an important physical phenomenon that astronomers use to measure the radial speeds of distant stars and galaxies. The basic formula for slow-speed motion (speeds much slower than the speed of light) is: $\text{speed} = 299\,792 \times \frac{\lambda_0 - \lambda_r}{\lambda_r}$.

We consider that this formula is valid here.

The speed of the object in km/s can be found by measuring the observed wavelength² of the object's signal (λ_0), and by knowing that the rest wavelength of the signal is λ_r , with wavelengths measured in Angstroms, Å ($1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$).



This is a small part of the spectrum of Seyfert galaxy Q2125-431 in the Microscopium constellation. An astronomer has identified the spectral lines for Hydrogen Alpha ($\lambda_{r\alpha} = 6\,563 \text{ Å}$), and Beta ($\lambda_{r\beta} = 5\,007 \text{ Å}$). <http://www.nasa.gov>

Vocabulary : 1. shift : décalage ; 2. rest wavelength : longueur d'onde au repos.

1. Calculate the wavelength shift due to the Doppler-Fizeau for rays Hydrogen-Alpha and Hydrogen-Beta.
2. Is Seyfert galaxy Q2125-431 getting closer or further away from Earth?
3. Determine the speed at which galaxy Q2125-431 is moving away or closer to Earth.

19 Connaître les critères de réussite

Au son de la corne de brume

| Effectuer des calculs.

Les cornes de brume sont utilisées dans le domaine maritime pour signaler un obstacle ou un danger.

Elles peuvent produire un son dont le niveau d'intensité sonore peut atteindre 115 dB.



1. Déterminer l'intensité sonore maximale du son émis par une corne de brume.
2. À 50 m de la corne de brume, l'intensité sonore est égale à $1,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
 - a. Déterminer le niveau d'intensité sonore correspondant.
 - b. En déduire l'atténuation géométrique du signal.

Donnée

Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

22 Expérience historique

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs.

En 1845, afin de vérifier expérimentalement la théorie de Christian DOPPLER, le scientifique Christoph BUYS-BALLOT a réalisé l'expérience suivante : des musiciens à bord d'un train jouent un La de fréquence f_E . Des auditeurs, convenablement disposés le long de la voie ferrée, ont pu reconnaître la note jouée par les musiciens lors de l'approche du train.



1. a. Quel est le phénomène à l'origine du décalage des fréquences entre l'onde émise et l'onde perçue ?
b. Quelle est la fréquence f_R de la note entendue par les auditeurs situés au bord de la voie ferrée ?
2. Dans cette situation, on a :

$$\Delta f = f_E \times \frac{v}{v_{\text{onde}} - v}$$

$v_{\text{onde}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ étant la célérité du son dans les conditions de température du jour de l'observation.

Calculer la valeur de la vitesse de déplacement du train.

Données

Les définitions des notes de musique ont évolué depuis le XIX^e siècle. Les fréquences actuelles sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Note	Fa	Fa#	Sol	La ^b	La	La#	Si
f (Hz)	349	370	393	415	440	464	494

23 À chacun son rythme

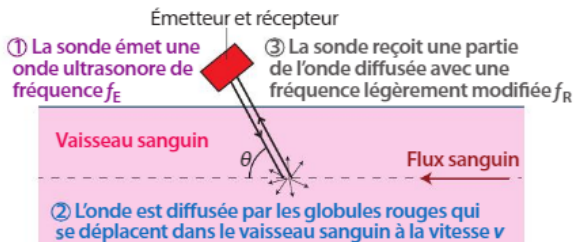
Vitesse d'écoulement sanguin

| Effectuer des calculs ; rédiger une explication.

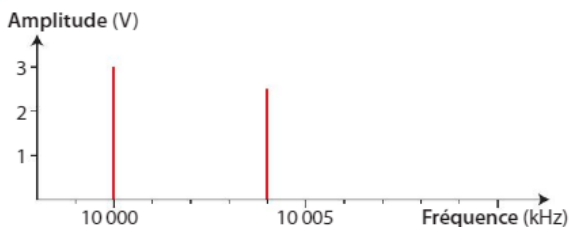
Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés, passer à l'énoncé détaillé.

La vélocimétrie est une technique qui permet de mesurer la vitesse d'écoulement du sang dans les vaisseaux sanguins.

A Principe de la vélocimétrie



B Spectre obtenu après enregistrement simultané de l'onde émise et de l'onde reçue



La relation entre le décalage Doppler et la vitesse v est :

$$\Delta f = 2 \times \cos \theta \times f_E \times \frac{v}{v_{\text{ultrason}}}$$

Énoncé compact

Déterminer la valeur de la vitesse des globules rouges dans le vaisseau sanguin.

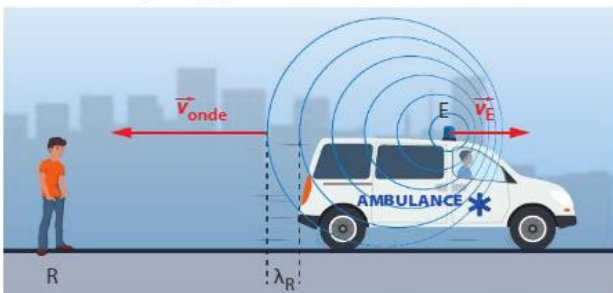
24 Détermination par effet Doppler de la vitesse d'éloignement d'un émetteur

| Effectuer des calculs ; interpréter des résultats.

L'effet Doppler permet de mesurer la valeur de la vitesse d'un émetteur E s'éloignant d'un observateur immobile R . On se propose de relier :

- la fréquence f_E d'émission des signaux par E ;
- la fréquence f_R de réception des signaux par R ;
- la valeur v_{onde} de la célérité de l'onde émise par E ;
- la valeur v_E de la vitesse de l'émetteur.

Les valeurs des vitesses sont mesurées dans un référentiel terrestre et $v_E < v_{\text{onde}}$.



1. À l'instant initial $t_1 = 0$ s, E est à la distance d de R et émet une onde sonore se propageant à la célérité v_{onde} . Exprimer littéralement la date t_2 au bout de laquelle ce signal est reçu par R .

2. a. Déterminer l'expression de la distance d_E parcourue par l'émetteur pendant une durée égale à une période T_E du signal émis.

b. À la date $t_3 = T_E$, quelle est la distance qui sépare E et R ?

c. À la date $t_3 = T_E$, l'émetteur émet de nouveau un signal. À quelle date t_4 le récepteur R reçoit-il ce signal ?

3. Quelle est la durée, notée T_R , séparant la réception par R de deux signaux consécutifs ? Que représente cette durée T_R ?

4. a. Exprimer la relation entre les fréquences f_R et f_E , la célérité v_{onde} du signal et la valeur v_E de la vitesse de E .

b. Quelle est l'expression littérale de la valeur de la vitesse v_E de l'émetteur ?

27 Avion de chasse

| Tracer un graphique ; effectuer des calculs.

Un avion se déplace à basse altitude à la vitesse subsonique $v = 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, selon une trajectoire rectiligne horizontale. À chaque instant, il émet une onde sphérique acoustique qui se propage à la célérité $v_s = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



À l'instant $t_0 = 0$ s, un point de l'avion est à la position M_0 de sa trajectoire. À $t_1 = 0,1$ s, il est en M_1 ; à $t_2 = 0,2$ s, il est en M_2 , etc.

1. Placer le point M_0 au centre d'une feuille de papier millimétré. Porter, à l'échelle 1 cm pour 20 m, les positions successives de M_0 à M_6 de l'avion sur sa trajectoire.

2. On analyse le phénomène à la date $t_6 = 0,6$ s : l'avion est en M_6 .

a. Si, aux positions M_5, M_4, \dots, M_0 ont été créées des ondes sphériques acoustiques, quelles distances d_5, d_4, \dots, d_0 ont été franchies par ces ondes à la date $t_6 = 0,6$ s ?

b. À cette date t_6 , tracer au compas les limites circulaires atteintes par ces ondes sphériques (placer chaque fois le centre du cercle à tracer sur la position M_i considérée).

3. Montrer que cette construction met en évidence, pour un observateur terrestre, deux séries d'ondes, une en avant et une autre en arrière de l'avion, dont on comparera les longueurs d'onde apparentes respectives λ' et λ'' .

4. En déduire qu'il en résulte deux sons, de fréquences f' et f'' , dont l'un est plus aigu que l'autre.

5. On note λ la longueur d'onde acoustique dans le référentiel du pilote et f la fréquence correspondante.

Calculer le rapport $\frac{f'}{f''}$.

Données

$$\lambda' = \lambda - \frac{v}{f} \quad \text{et} \quad \lambda'' = \lambda + \frac{v}{f}.$$