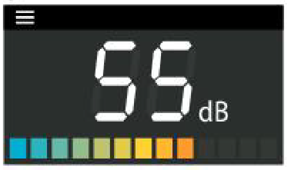
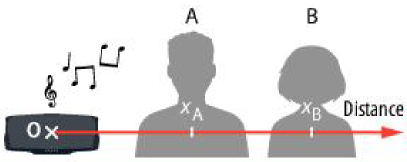
Exercice p 355 CH 17 : Son et effet Doppler

qcm 1 et 2

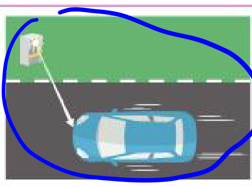
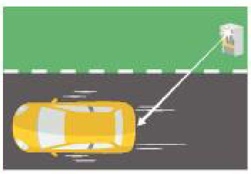
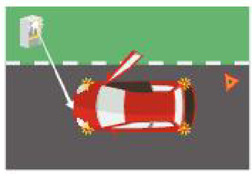
1 Le niveau d'intensité sonore

Si erreur, revoir § 1 p. 351

1. Le niveau d'intensité sonore se mesure en :	W	$W \cdot m^{-2}$	dB
2. Quel est le niveau d'intensité sonore correspondant à cette situation ?  $I = 1{,}0 \times 10^{-7}\ W \cdot m^{-2}$	50 dB $L = 10 \log \frac{10^{-7}}{10^{-12}}$	70 dB	77 dB
3. L'intensité sonore correspondant à l'affichage ci-dessous est : 	$1{,}0 \times 10^{43}\ W \cdot m^{-2}$	$I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$ $3{,}2 \times 10^{-7}\ W \cdot m^{-2}$	$3{,}2 \times 10^{5}\ W \cdot m^{-2}$
4. L'atténuation d'un son se mesure en :	m	$W \cdot m^{-2}$	dB
5. Dans cette situation : 	$I_A > I_B$	$I_A < I_B$	$L_A > L_B$

2 L'effet Doppler

Si erreur, revoir § 2 p. 352

6. Lorsqu'un émetteur d'ondes est en mouvement par rapport à un récepteur :	la fréquence de l'onde reçue est égale à celle de l'onde émise.	la fréquence de l'onde reçue est différente de celle de l'onde émise.	la longueur d'onde de l'onde reçue est différente de celle de l'onde émise.
7. Un émetteur d'ondes se rapproche d'un récepteur fixe. La fréquence f_E de l'onde émise et celle f_R de l'onde reçue sont telles que :	$f_R < f_E$	$f_R > f_E$	$f_R = f_E$
8. Avec les notations de la question précédente, le décalage Doppler est :	$f_R - f_E$	$f_E - f_R$	$f_E + f_R$
9. L'effet Doppler est utilisé pour mesurer :	une durée.	une distance.	une valeur de vitesse.
10. Un radar installé sur le bord d'une route est utilisé pour mesurer la valeur de la vitesse des véhicules. Quelle situation correspond à un décalage Doppler positif ?			

$f_R - f_E > 0$

Ex 4

4 Relier L et I

| Mobiliser ses connaissances.

1. Sans calcul, relier chaque niveau d'intensité sonore à l'intensité sonore correspondante.

$3{,}2 \times 10^{-4}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$	48 dB
$6{,}3 \times 10^{-8}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$	85 dB
$6{,}5 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$	98 dB

2. Par le calcul, retrouver L pour $I = 3{,}2 \times 10^{-4}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

$L = 85$ dB

Données

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

Ex 7

7 Exploiter une atténuation

| Rédiger une explication.

Casque antibruit
$A = 33$ dB
DELTAPLUS®

Bouchons d'oreilles
$A = 26$ 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 ?

$A = L_{incident} - L_{transmis}$

$L_{transmis} = L_{incident} - A = 95 - 33 = 62$ dB ou 69 dB

Ex9

9 Illustrer l'effet Doppler

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

- Citer deux situations mettant en jeu l'effet Doppler.

Sirène de pompier et radar mesurant la vitesse des véhicules.

Ex 11

11 Connaître l'effet Doppler

| Restituer ses connaissances.

• Associer chaque élément de la colonne de gauche à un élément de la colonne de droite pour comparer les caractéristiques des ondes émises par un émetteur (E) et reçues par un récepteur (R) en mouvement l'un par rapport à l'autre à une vitesse de valeur inférieure à celle de propagation des ondes.

Si $f_R > f_E$ alors rapprochement

L'émetteur et le récepteur se rapprochent l'un de l'autre.	$f_R > f_E$
	$f_R < f_E$
	$T_R > T_E$
L'émetteur et le récepteur s'éloignent l'un de l'autre.	$T_R < T_E$
	$\lambda_R > \lambda_E$
	$\lambda_R < \lambda_E$

Ex 13

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.

⇒ $f_R > f_E$
$c = \lambda \times f$
⇒ $\lambda_R < \lambda_E$ ou $\lambda < \lambda_0$

• 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 $v = c \times \dfrac{\lambda_0}{\lambda_0 - \lambda}$ >1 ⇒ Non

b $v = c \times \dfrac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0}$ $0 <$ … < 1 ⇒ oui

c $v = c \times \dfrac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$ < 0 ⇒ Non

Ex 15

15 Calculer un décalage Doppler

| Utiliser un modèle pour prévoir.

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

$f_R < f_E$

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

(Pour passer en m s^{-1})

$$\Delta f = f_E \times \frac{v}{v_{son} - v} = 435 \times \frac{\frac{80}{3,6}}{345 - \frac{80}{3,6}} = 26 \text{ Hz}$$

$\Rightarrow f_R - f_E = -26$ Hz

- Calculer le décalage Doppler perçu par le piéton.

Donnée

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

Ex 16

16 Avant le spectacle

| Effectuer des calculs.

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

	Intensité sonore I ($W \cdot m^{-2}$)	Niveau sonore L (dB)
Guitariste 1	$1{,}0 \times 10^{-4}$	80
Guitariste 2	$1{,}0 \times 10^{-5}$	70
Guitariste 3	$1{,}0 \times 10^{-4}$	80
Guitaristes 1 et 3	$2{,}0 \times 10^{-4}$	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 : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ W \cdot m^{-2}$.

$L_{1+3} = L_1 + 3\,dB$

$10 \log \frac{I_{1+3}}{I_0} = 10 \log \frac{I_1}{I_0} + 3\,dB$

$= 10 \log \frac{I_1}{I_0} + 10 \log 2$

$\log\left(\frac{I_{1+3}}{I_0} \times \frac{I_0}{I_1}\right) = \log 2$

$\frac{I_{1+3}}{I_1} = 2$

$\Rightarrow I_1 + I_3 = 2 \times I_1$

$\Rightarrow I_3 = I_1 = 1{,}0 \times 10^{-4}\ W.m^{-2}$

$I_{1+2+3} = I_1 + I_2 + I_3 = 10^{-4} + 10^{-5} + 10^{-4} = 2{,}1 \times 10^{-4}\ W.m^{-2}$

$L_{1+2+3} = 10 \log \frac{I_{1+2+3}}{I_0} \simeq 83\,dB$

Ex 17

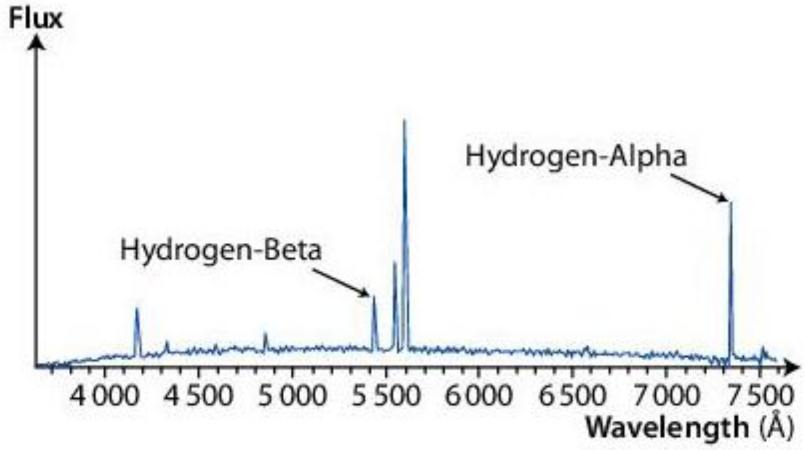
17 The Speed of the Galaxy Q2125-431

| Pratiquer une langue vivante étrangère.

The Doppler Shift[1] 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: 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 wavelength of the object's signal (λ_0), and by knowing that the rest wavelength[2] of the signal is λ_r, with wavelengths measured in Angstroms, Å (1 Å $= 1 \times 10^{-10}$ 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 ($\lambda_{r\alpha} = 6\,563$ Å), and Beta ($\lambda_{r\beta} = 5\,007$ 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.

Traduction : Le décalage Doppler est un phénomène physique important que les astronomes utilisent pour mesurer les vitesses radiales des étoiles et des galaxies lointaines. La formule de base pour les mouvements lents (vitesses beaucoup plus lentes que la vitesse de la lumière) est : $\boldsymbol{vitesse = 299\,792 \times \frac{\lambda_0 - \lambda_r}{\lambda_r}}$

Nous considérons que cette formule est valable ici.

La vitesse de l'objet en km/s peut être trouvée en mesurant la longueur d'onde observée λ_0 du signal de l'objet, et en sachant que la longueur d'onde au repos du signal est λ_r, avec des longueurs d'onde mesurées en angströms, Å (1 Å = 1×10^{-10} m).

Ceci est une petite partie du spectre de la galaxie Seyfert Q2125-431 dans la constellation Microscopium. Un astronome a identifié les lignes spectrales pour l'Hydrogène-Alpha ($\lambda_{r\alpha}$ = 6 563 Å) et Beta ($\lambda_{r\beta}$ = 5 007 Å).

http://www.nasa.gov

1. Calculer le décalage de longueur d'onde dû à l'effet Doppler-Fizeau des raies pour l'Hydrogène-Alpha et pour l'Hydrogène-Beta.

Le spectre de la lumière provenant de la galaxie Q2125-431 permet d'évaluer la longueur d'onde de la raie H_α. Elle est égale à environ **$\lambda_{0\alpha}$ = 7 350 Å**. De plus, d'après le texte, la longueur d'onde de la raie H_α mesurée sur Terre pour une source au repos est **$\lambda_{r\alpha}$ = 6 563 Å**.

Le décalage de longueur d'onde dû à l'effet Doppler-Fizeau pour la raie Hα est donc :

$\Delta\lambda = \lambda_{0\alpha} - \lambda_{r\alpha}$

$= 7\,350 - 6\,563$

$= 787$ Å.

Pour la raie H_β, on a environ **$\lambda_{0\beta}$ = 5 430 Å** et d'après le texte **$\lambda_{r\beta}$ = 5 007 Å**.

Le décalage de longueur d'onde dû à l'effet Doppler-Fizeau pour la raie H_β est :

$\Delta\lambda = \lambda_{0\beta} - \lambda_{r\beta}$

$= 5\,430 - 5\,007$

$= 423$ Å.

2. La galaxie Seyfert Q2125-431 s'approche-t-elle ou s'éloigne-t-elle de la Terre ?

$\lambda_{0\alpha} - \lambda_{r\alpha}$ **ou** $\lambda_{0\beta} - \lambda_{r\beta} > 0$

$$\left.\begin{array}{l} \lambda_{\text{récepteur}} - \lambda_{\text{émetteur}} > 0 \\ \text{Sachant que } \lambda = \dfrac{c}{f} \end{array}\right\} \quad f_{\text{Récepteur}} < f_{\text{Emetteur}}$$

$\Rightarrow$

la galaxie Seyfert Q2125-431 **s'éloigne de la Terre**

3. Déterminer la valeur de la vitesse d'éloignement ou de rapprochement de la galaxie Q2125-431 par rapport à la Terre.

$$vitesse = 299\,792 \times \frac{\lambda_0 - \lambda_r}{\lambda_r}$$

$$vitesse = 299\,792 \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_r} = 3,59 \times 10^4 \text{ km s}^{-1} \text{ pour } H_\alpha$$

$$= 2,53 \times 10^4 \text{ km s}^{-1} \text{ pour } H_\beta$$

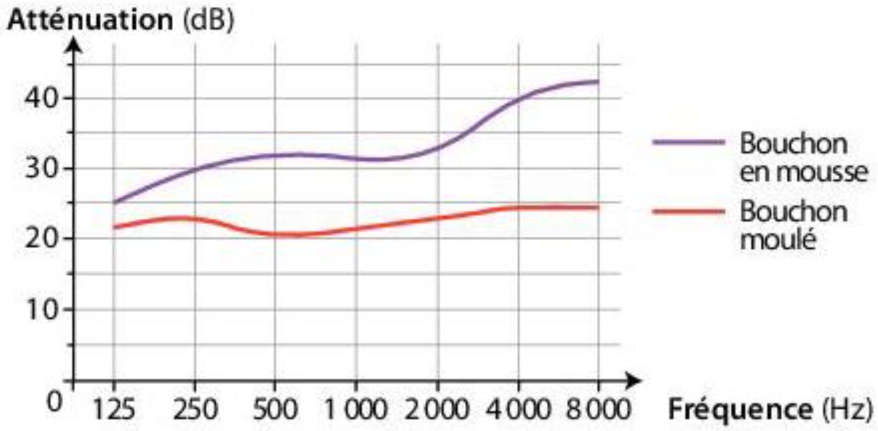
Donc environ $v = \underline{\underline{3 \times 10^4}}$ km s^{-1}

Ex 18

18 Le petit bouchon en mousse

| Exploiter des informations.

Les bouchons anti-bruit sont utilisés pour limiter le niveau d'intensité sonore tout en gardant la qualité du son. Le graphique ci-dessous représente les courbes d'atténuation d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé.



1. Pour quel type de bouchon la fréquence a-t-elle le plus d'influence sur l'atténuation ? le bouchon en mousse (voir graphique)

2. a. Pourquoi dit-on qu'avec des bouchons en mousse, le son perçu est plus grave que le son émis ? les aigus sont plus atténués que les graves

b. Cet effet est-il aussi marqué pour un bouchon moulé ? c'est moins marqué : aigus et graves sont atténués quasi identiquement.

3. Indiquer, pour les deux situations suivantes, le type de bouchon antibruit le mieux adapté.

a. Le son d'un avion au décollage est perçu avec un niveau d'intensité sonore de 140 dB. Bouchon en mousse car forte atténuation

b. Lors d'un concert, le niveau d'intensité sonore perçu est égal à 100 dB. Bouchon moulé car l'atténuation est régulière suivant les ≠ notes de musique.

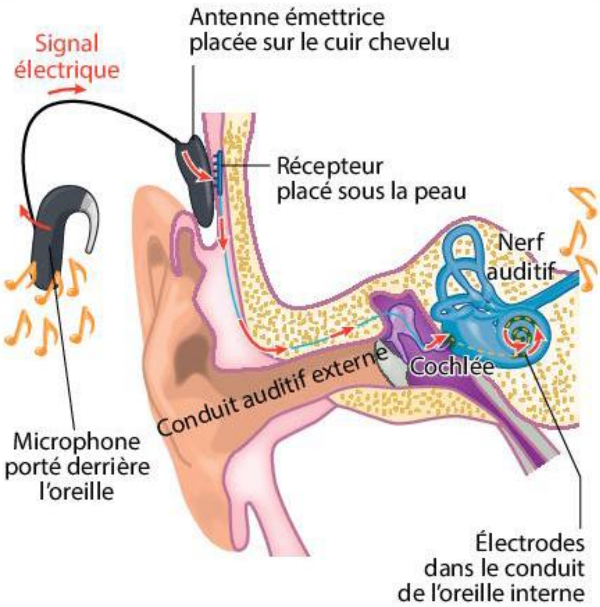
Ex 20

20 L'implant cochléaire

Exploiter des informations ; rédiger une explication ; effectuer des calculs.

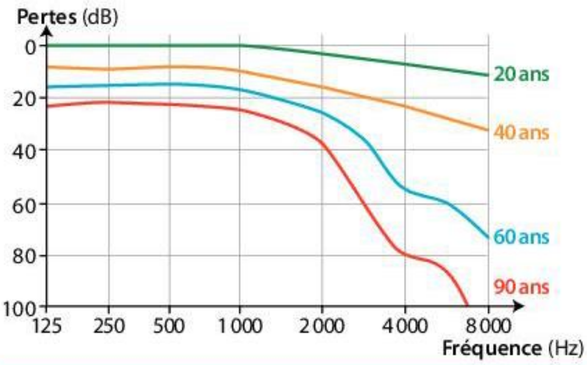
Un médecin ORL propose à son patient, âgé de 20 ans et atteint d'une surdité profonde, de réaliser une implantation cochléaire de manière à améliorer ses performances auditives en parallèle d'une rééducation active.
Son audiogramme actuel, qui correspond à celui d'une personne de 90 ans, pourrait devenir similaire à celui d'une personne de 60 ans.

A Implant cochléaire



B Diagramme d'audiométrie tonale

L'audiométrie tonale est un examen permettant d'évaluer la perte auditive d'un individu, exprimée en décibel (dB), pour l'ensemble des sons dont les fréquences sont comprises entre 125 Hz et 8 000 Hz.



1. Expliquer en quelques lignes le principe de fonctionnement d'un implant cochléaire.

2. Quel serait le gain auditif, en dB, du patient équipé d'un implant, pour un son de fréquence égale à 4 000 Hz ?

3. Le gain serait-il le même pour un son de fréquence égale à 1 000 Hz ?

1. L'implant cochléaire comporte, à l'extérieur de l'oreille, un **microphone** qui reçoit l'information sonore. Celle-ci est traitée en convertissant le signal sonore en un **signal électrique** rayonné (antenne émettrice) puis **capté** par un **récepteur placé sous la peau**. Les **électrodes** dans le conduit auditif **communiquent** alors cette information au **nerf auditif**.

2. Le patient âgé de 20 ans a une audition qui correspond à celle d'une personne de 90 ans. Après une implantation cochléaire, il aurait un audiogramme similaire à celui d'une personne de 60 ans. Le diagramme d'audiométrie tonale du document B montre qu'à une fréquence de **4 000 Hz**, il y a une perte de **80 dB** pour une personne de **90 ans**. La perte est de **55 dB** environ pour une personne de **60 ans**.
Le gain auditif serait alors d'environ : **80** – **55** = **25 dB**.

3. À **1 000 Hz**, le gain auditif serait nettement **plus faible**.

Ex 21

21 Enceinte Bluetooth

| Effectuer des calculs.

Une enceinte Bluetooth a une puissance sonore de 0,12 W. On fait l'hypothèse que la puissance sonore émise se répartit de manière homogène sur une demi-sphère de rayon r centrée sur l'enceinte Bluetooth.

1. Déterminer l'intensité sonore I du son perçu par une personne située à 1,0 m de l'enceinte.

2. Déterminer le niveau d'intensité sonore L correspondant.

3. Déterminer le niveau d'intensité sonore L' pour une personne située à 2,0 m de l'enceinte.

Données

- Intensité sonore pour une puissance sonore P répartie sur une surface S : $I = \frac{P}{S}$.
- Surface d'une sphère de rayon r : $S = 4 \times \pi \times r^2$.
- Intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ W \cdot m^{-2}$.

1. Intensité sonore à 1 m.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{\frac{4\pi r^2}{2}} = \frac{0{,}12}{\frac{4\pi \times (1{,}0)^2}{2}} = 1{,}9 \times 10^{-2}\ W.m^{-2}$$

2. Le niveau d'intensité sonore

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 103\ dB$$

3. Niveau d'intensité sonore à 2,0 m.

En faisant le même calcul pour 2,0 m on trouve :

$$I' = 4{,}8 \times 10^{-3}\ W m^{-2} \text{ et } L' = 97\ dB$$

Ex 22

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 ? Effet Doppler

b. Quelle est la fréquence f_R de la note entendue par les auditeurs situés au bord de la voie ferrée ? La# → $f_R = 464$ Hz

2. Dans cette situation, on a :

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

$v_{onde} = 340\ m \cdot s^{-1}$ 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♭	La	La#	Si
f (Hz)	349	370	393	415	440	464	494

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

$$f_R - f_E = f_E \times \frac{v}{v_{onde} - v}$$

$$\frac{f_R - f_E}{f_E} = \frac{v}{v_{onde} - v}$$

$$v = \frac{f_R - f_E}{f_E}(v_{onde} - v)$$

$$v + \frac{f_R - f_E}{f_E} \times v = \frac{f_R - f_E}{f_E} \times v_{onde}$$

$$v\left(\frac{f_E}{f_E} + \frac{f_R - f_E}{f_E}\right) = \frac{f_R - f_E}{f_E} \times v_{onde}$$

$$v \times \frac{f_R}{f_E} = \frac{f_R - f_E}{f_E} \times v_{onde}$$

$$\boxed{v = \frac{f_R - f_E}{f_R} \times v_{onde}}$$

$$= \frac{464 - 440}{464} \times 340$$

$$= \underline{\underline{17{,}6}} \ m.s^{-1}$$

Ex 25

25 Résolution de problème

Fiche 1 p. 452

Au concert

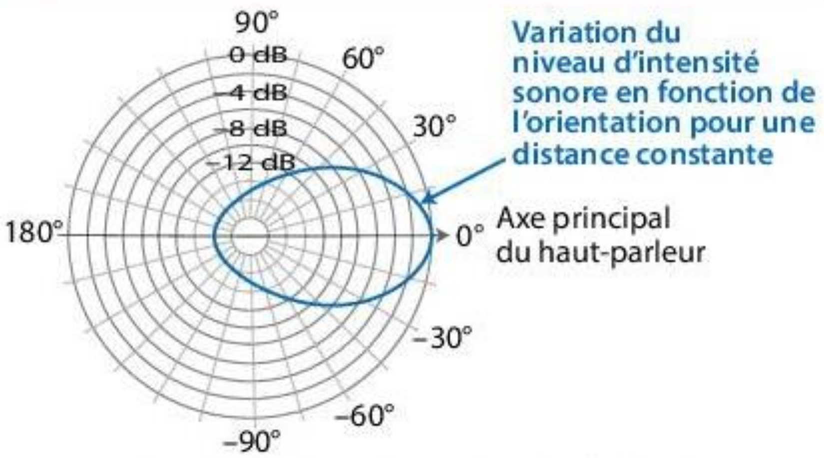
| Construire les étapes d'une résolution de problème.

D'après Baccalauréat Centres étrangers, 2019

La sonorisation d'un concert est assurée par un haut-parleur posé sur la scène. Le niveau d'intensité sonore mesuré à 2,0 m du haut-parleur, sur son axe principal, est 110 dB. C'est le niveau crête (niveau maximal) qui est fixé pour toute la durée du concert.

• L'auditeur positionné sur le schéma B de la salle peut-il écouter un concert de deux heures en toute sécurité ?

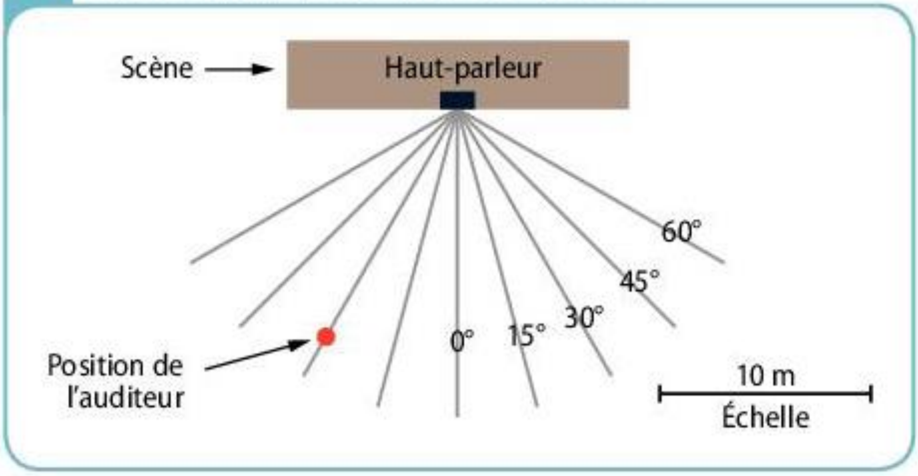
A Diagramme d'émission du haut-parleur



Exemple de lecture : pour un angle de 15°, il y a une diminution de 2 dB par rapport à la direction 0°.

On suppose que ce diagramme est utilisable pour toutes les fréquences audibles par les spectateurs lors du concert.

B **Schématisation de la salle de concert**



C **Les dangers des sons**

Les seuils de dangerosité pour l'oreille dépendent du niveau d'intensité sonore et de la durée d'exposition aux sons.

Les normes internationales définissent le seuil : 85 dB pendant 8 heures. Ce seuil augmente de 3 dB à chaque fois que la durée d'exposition est divisée par 2.

D'après le site www.hcsp.fr

Donnée

L'intensité sonore I (en $W \cdot m^{-2}$) est inversement proportionnelle au carré de la distance d (en m) à la source : $I = \frac{k}{d^2}$ où k est une constante caractéristique du haut-parleur.

Il faut rechercher le niveau d'intensité sonore L à la position de l'auditeur. Soit à une distance de d = 12 m (selon l'échelle du graphique) sous un angle de α =30°.

L'intensité sonore à cette distance d est de $I = \frac{k}{d^2}$ et celle à la distance d' = 2 m est de de $I' = \frac{k}{d'^2}$

$$\Rightarrow \frac{I}{I'} = \frac{d'^2}{d^2}$$

Le niveau d'intensité sonore $L = 10log\left(\frac{I}{I_0}\right)$

$$\Rightarrow L = 10 \log\left(\frac{I' \times d'^2}{I_0 \times d^2}\right)$$

Le niveau d'intensité sonore à la distance d' = 2 m est de $L' = 10log\left(\frac{I'}{I_0}\right)$ soit aussi $I' = I_0 \times 10^{\frac{L'}{10}}$

$$\Rightarrow \quad L = 10 \log \left(\frac{d'^2 \times 10^{\left(\frac{L'}{10}\right)}}{d^2} \right)$$

$$L = 10 \log \left(\frac{d'^2}{d^2} \right) + L'$$

$$= 10 \log \left(\frac{(2)^2}{(12)^2} \right) + 110$$

$$= 94 \text{ dB}$$

Mais l'auditeur étant à un **angle de 30°** le niveau sonore **baisse de 6 dB** d'après le graphique.

$$L = L - 6 = \underline{88} \text{ dB}$$

Le seuil était de 85 dB pour 8h, mais il est de 85 + 6 dB= 91 dB pour 2h.

$$L = 88 \text{ dB} < 91 \text{ dB}$$

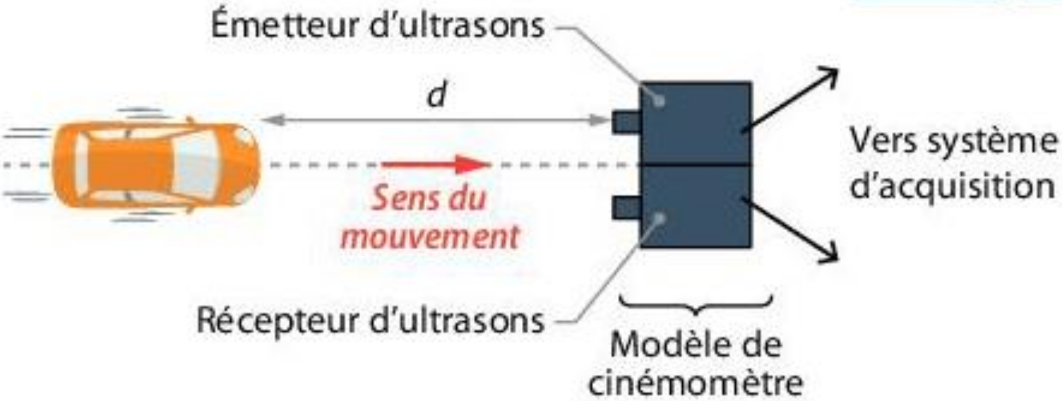
⇒ pas de problème pour l'auditeur

Ex 26

26 Contrôle de vitesse

Exploiter des graphiques et schémas ; effectuer des calculs.

Un radar pédagogique contrôle par effet Doppler la valeur de la vitesse instantanée des véhicules automobiles. Un élève cherche à modéliser le principe de la mesure. Son expérience est représentée ci-dessous.

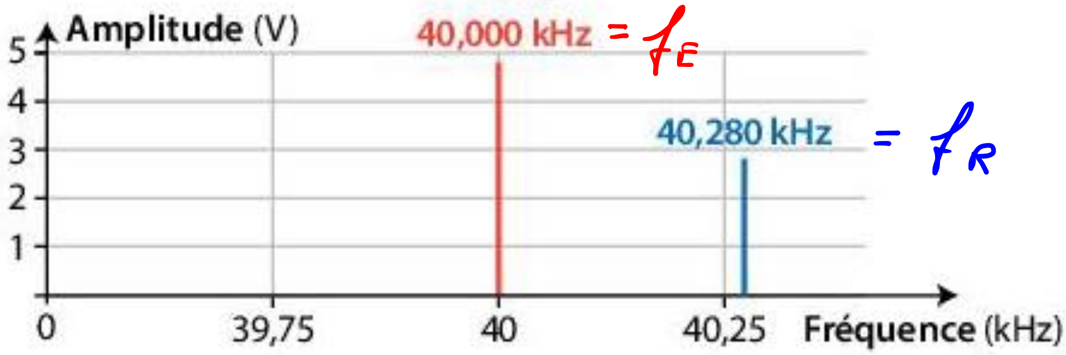


1. a. Donner le principe de fonctionnement de ce dispositif. Doppler

b. On note f_E la fréquence de l'onde émise et f_R celle de l'onde reçue par le récepteur. Lors d'un tel mouvement, f_E est-elle supérieure ou inférieure à f_R ? Approche $\Rightarrow f_R > f_E$

2. On réalise l'acquisition informatisée des signaux émis et reçus. Le logiciel permet de repérer les fréquences de chacun des signaux. Déterminer f_E et f_R.

$f_E < f_R$



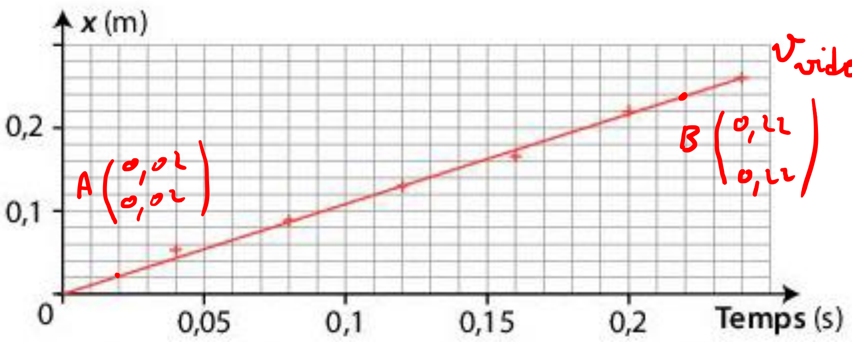
3. Déterminer, parmi les relations ci-dessous, celle qui donne la valeur de la vitesse v de la voiture, mesurée par rapport au sol et inférieure à celle de l'onde notée v_S.

ⓐ $\cancel{f_R = f_E \times \left(2v + \frac{v}{v_S}\right)}$ ⓑ $\cancel{f_R = v \times \left(f_E - \frac{2v}{v_S}\right)}$ → Non homogènes

ⓒ $\cancel{f_R = f_E \times \left(1 - \frac{2v}{v_S}\right)}$ $f_R < f_E$ ⓓ $f_R = f_E \times \left(\frac{2v}{v_S} + 1\right)$ $f_R > f_E$

4. La célérité des ondes ultrasonores v_S est égale à 340 $m \cdot s^{-1}$. Calculer la valeur de la vitesse v de la voiture.

5. Le déplacement de la voiture a été filmé, puis on a représenté l'évolution de sa position x en fonction du temps.



$v_{vidéo} = \frac{dx}{dt}$ = coefficient directeur $= \underline{\underline{1}}$ $m \cdot s^{-1}$

a. En déduire la valeur $v_{vidéo}$ de la vitesse de la voiture.

b. Conclure en comparant les valeurs v et $v_{vidéo}$. 10% d'écart

4. vitesse de la voiture

$\boxed{d}$: $f_R = f_E \left(\frac{2v}{v_S} + 1\right) \Rightarrow$

$$v = \frac{v_S}{2} \times \left(\frac{f_R}{f_E} - 1\right)$$

$$= \frac{340}{2} \times \left(\frac{40280}{40000} - 1\right)$$

$$= \underline{\underline{1,19}}\ m\,s^{-1}$$

Ex 27

27 Avion de chasse

| Tracer un graphique ; effectuer des calculs.

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

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 $M_5, M_4, ..., M_0$ ont été créées des ondes sphériques acoustiques, quelles distances $d_5, d_4, ..., d_0$ ont été franchies par ces ondes à la date $t_6 = 0{,}6$ s ?

$d_0 = v_{son} \times (t_6 - t_0)$
$= 340 \times (0{,}6 - 0)$
$= 204$ m

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".

$\lambda' < \lambda''$

$\lambda = \frac{v_{son}}{f}$

$\Rightarrow f' > f''$

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

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

$$\frac{f'}{f''} = \frac{\frac{v_{son}}{\lambda'}}{\frac{v_{son}}{\lambda''}} = \frac{\lambda''}{\lambda'} = 4$$

graphiquement

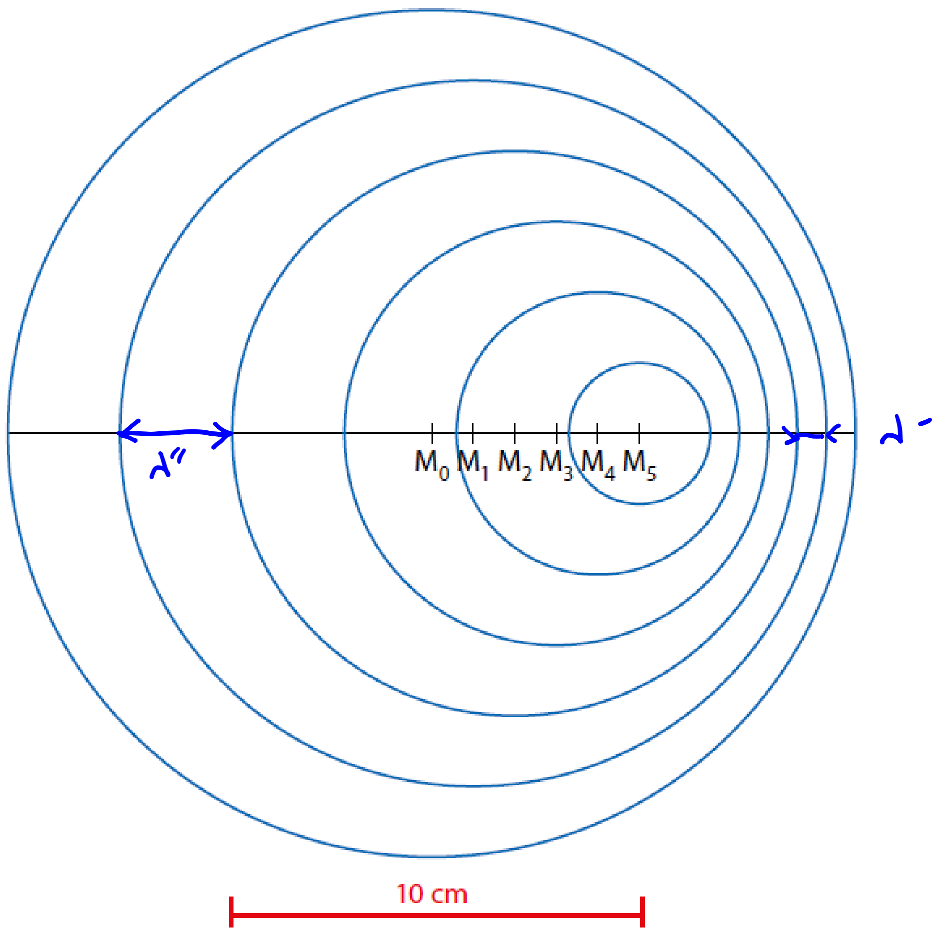
Par le calcul :

$$\frac{f'}{f''} = \frac{\lambda''}{\lambda'} = \frac{\lambda + v/f}{\lambda - v/f}$$

$$= \frac{\lambda \times f + v}{\lambda \times f - v}$$

$$= \frac{v_{son} + v}{v_{son} - v}$$

$$= \frac{340 + 200}{350 - 200} = \underline{\underline{3,86}}$$



Ex 29

29 — 40 min — CORRIGÉ

Niveau sonore et scène de concert

Effectuer des calculs ; construire les étapes d'une résolution de problème.

Pour contrôler le niveau d'intensité sonore lors d'un concert, un technicien a placé une première enceinte au bord de la scène. Un son est produit avec une puissance sonore égale à $4{,}0 \times 10^{-1}$ W. On fait l'hypothèse que le son est uniformément réparti sur une demi-sphère de rayon r centrée sur l'enceinte.

1. a. Déterminer l'intensité sonore du son reçu par un spectateur placé à 1,0 m de l'enceinte.

b. Que devient cette intensité si le spectateur est placé à 4,0 m de l'enceinte ?

2. a. Déterminer le niveau d'intensité sonore dans les deux cas et comparer ces deux niveaux entre eux.

Utiliser le réflexe 1

b. Déterminer l'atténuation géométrique correspondante.

Utiliser le réflexe 2

3. Le technicien place ensuite une deuxième enceinte identique à la première à côté de celle-ci. Les deux enceintes sont à 4,0 m du spectateur.

a. Déterminer le niveau sonore du son reçu par le spectateur dans cette nouvelle situation.

b. Pour la durée d'un concert, le seuil de danger est estimé à 90 dB. À quelle distance doit se positionner le spectateur pour éviter tout souci auditif ?

Coup de pouce QR Code p. 354

Données

- Intensité sonore pour une puissance sonore P répartie sur une surface S :

$$I = \frac{P}{S}$$

- Surface d'une sphère de rayon r : $S = 4 \times \pi \times r^2$.
- Intensité de référence : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

1. a. Intensité sonore à 1,0 m

$$I_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{4{,}0 \times 10^{-1}}{\frac{4\pi \times (1{,}0)^2}{2}} = \underline{\underline{6{,}4 \times 10^{-2}}}\ \text{W.m}^{-2}$$

b. Intensité à 4,0 m

$$I_4 = \frac{P}{S_4} = \frac{4{,}0\times 10^{-1}}{\frac{4\pi(4{,}0)^2}{2}} = \underline{\underline{4{,}0\times 10^{-3}}}\ W.m^{-2}$$

2. a. Niveaux d'intensité sonore

$$L_1 = 10\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{6{,}4.10^{-2}}{1{,}0\times 10^{-12}}\right) = \underline{\underline{108}}\ dB$$

De même $L_4 = \underline{\underline{96}}\ dB$

b. L'atténuation géométrique est donc :

$$A = L_1 - L_3 = 108 - 96 = \underline{\underline{12}}\ dB$$

3. a. Niveau sonore avec deux enceintes

$$L'_4 = 10\log\left(\frac{2\times I_4}{I_0}\right) = \underline{\underline{99}}\ dB$$

b. distance sans danger

$$I = I_0 \times 10^{\left(\frac{L}{10}\right)} \quad \text{et} \quad I = \frac{2\times P}{S}$$

$$\Rightarrow \quad S = \frac{2\times P}{I} = \frac{2\times P}{I_0\times 10^{\left(\frac{L}{10}\right)}}$$

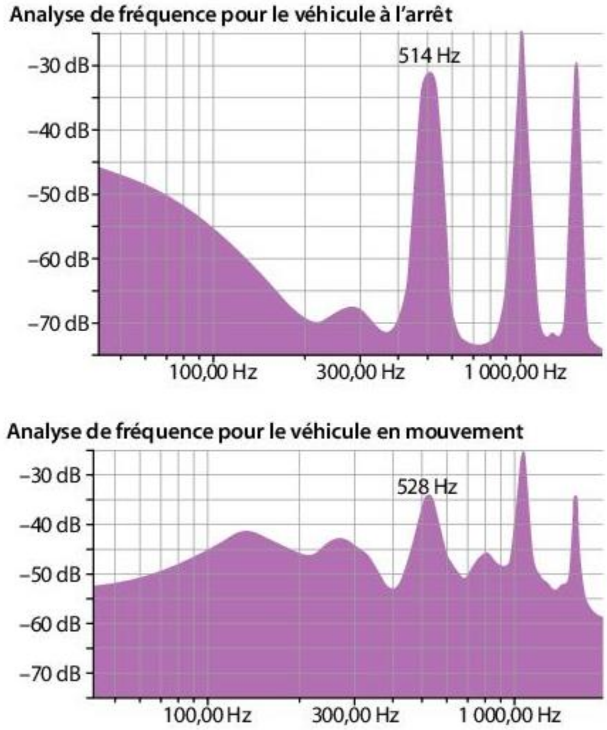
$$\text{et} \quad S = \frac{4\pi(d)^2}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{d = \sqrt{\frac{P}{\pi\times I_0\times 10^{(L/10)}}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4{,}0\times 10^{-1}}{\pi\times 10^{-12}\times 10^{(90/10)}}} = \underline{\underline{11}}\ m$$

Un élève, positionné au bord de la route, a enregistré l'émission sonore d'un véhicule muni d'une sirène et se dirigeant vers lui. Il a également enregistré le signal lorsque le véhicule était à l'arrêt.

A Spectres obtenus



B Décalage Doppler

Dans le cas d'un récepteur fixe et d'un émetteur en mouvement vers le récepteur, le décalage Doppler entre la fréquence f_R de l'onde reçue et la fréquence f_E de l'onde émise est :

$$f_R - f_E = \frac{v}{v_{son}} \times f_E$$

Dans cette relation, v_{son} est la valeur de la vitesse de l'onde et v est la valeur de la vitesse de déplacement du véhicule, telle que $v << v_{son}$.

1. RÉA · VAL Comparer les valeurs des fréquences mesurées lorsque le véhicule est à l'arrêt puis en mouvement. En déduire le décalage Doppler et discuter son signe.

2. RÉA Déterminer la valeur de la vitesse de déplacement du véhicule en $m \cdot s^{-1}$.

3. a. VAL Citer quelques sources d'erreurs possibles lors de cette détermination. valeur de v_{son} et parallaxe

b. VAL · COM La zone est limitée à 30 $km \cdot h^{-1}$. La personne conduisant le véhicule peut-elle être verbalisée ?

Donnée

Vitesse du son : $v_{son} = 343\ m \cdot s^{-1}$ dans les conditions de l'expérience.

1. comparer les fréquences

$$f_E = 514\ Hz < f_R = 528\ Hz$$

$\Rightarrow$ véhicule en approche

2. Vitesse du véhicule

$$f_R - f_E = \frac{v}{v_{son}} \times f_E$$

$$\Rightarrow \quad v = v_{son} \times \left(\frac{f_R - f_E}{f_E} \right)$$

$$= 343 \times \left(\frac{528 - 514}{514} \right)$$

$$= \underline{9,34\ m\,s^{-1}} \quad \text{ou } (\times 3,6) \quad \underline{v = 33,6\ km\,h^{-1}}$$

$\Rightarrow$ verbalisable