Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Ondes et signaux	M.KUNST-MEDICA MAJ 07/2024	La Salle Avignon Frères des Écoles Chrétiennes
Chapitre 6 : Sons et effet Doppler		Cours livre p 351 à 352	

Nom : ..... Prénom : ..... Classe : .....

Mon livret « Parcours d'exercices ».

A remettre au professeur le jour du DS avec les feuilles d'exercices

Site internet : http://www.lasallesciences.com

Les « attendus » du chapitre

Bilan	Mon opinion après avoir réalisé les exercices	Avis du professeur après le DS
Cours sur le niveau d'intensité sonore		
Définir intensité sonore, intensité sonore de référence, niveau d'intensité sonore.		
Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore d'un signal.		
Capacité mathématique : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa fonction réciproque.		
AE 6.1 : Atténuation sonore		
Illustrer l'atténuation géométrique et l'atténuation par absorption		
AE 6.2 : Effet Doppler		
Décrire et interpréter qualitativement les observations correspondant à une manifestation de l'effet Doppler.		
Établir l'expression du décalage Doppler dans des situations variées utilisant des ondes acoustiques ou des ondes électromagnétiques.		
Exploiter l'expression du décalage Doppler en acoustique pour déterminer une vitesse.		

Les bons réflexes

Si l'énoncé demande de…	Il est nécessaire de…
Calculer une intensité sonore ou un niveau d'intensité sonore à partir de l'autre grandeur.	**Réflexe 1** — Ex. 5 p. 358 **Rappeler** la relation $L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$. **Isoler** la grandeur recherchée et effectuer le calcul en faisant attention aux unités.
Calculer une atténuation ou montrer son existence.	**Réflexe 2** — Ex. 6 p. 358 **Pour calculer** une atténuation, soustraire le niveau d'intensité sonore mesuré après atténuation de celui mesuré avant atténuation. **Pour montrer** l'existence d'une atténuation, comparer deux niveaux d'intensité sonore ou deux intensités sonores.
Décrire et interpréter qualitativement des observations au sujet de l'effet Doppler.	**Réflexe 3** — Ex. 10 p. 359 **Comparer** la fréquence (ou la période ou la longueur d'onde) de l'onde reçue à celle de l'onde émise. **En déduire** le sens du mouvement relatif du récepteur par rapport à l'émetteur. ou **Observer** le sens du mouvement relatif du récepteur par rapport à l'émetteur. **Comparer** la fréquence (ou la période ou la longueur d'onde) de l'onde reçue à celle de l'onde émise.
Exploiter l'expression du décalage Doppler.	**Réflexe 4** — Ex. 14 p. 359 **Relever** l'expression du décalage fournie ou démontrée précédemment. **Isoler** la grandeur recherchée et effectuer le calcul en faisant attention aux unités.

Côté maths

Côté maths

1. En arrondissant au centième, montrer que, pour tout $a > 0$:

$$\log(2a) \approx \log a + 0{,}30$$

2. Montrer que, pour $b \neq 0$ et $c > 0$:

$$a = b \times \log c \Leftrightarrow c = 10^{\frac{a}{b}}$$

Méthode

1. Vérification de $\log(2a) \approx \log a + 0{,}30$

- J'utilise la propriété du log pour $a > 0$ et $b > 0$:

$$\log(a \times b) = \log a + \log b$$

En remplaçant b par 2, il vient :

$$\log(a \times 2) = \log a + \log 2$$

- J'utilise la calculatrice en arrondissant au centième :

$$\log 2 \approx 0{,}30$$

Donc $\log(2a) \approx \log a + 0{,}30$.

2. Vérification de $a = b \times \log c \Leftrightarrow c = 10^{\frac{a}{b}}$

- Je divise la première équation par b (pour $b \neq 0$ et $c > 0$) :

$$\log c = \frac{a}{b}$$

- J'utilise la propriété $\log c = d \Leftrightarrow c = 10^d$.

Comme $\log c = \frac{a}{b}$, alors il vient $c = 10^{\frac{a}{b}}$.

Donc $a = b \times \log c \Leftrightarrow c = 10^{\frac{a}{b}}$.

Côté physique & chimie

1. Montrer que lorsque l'intensité sonore est multipliée par 2, alors le niveau d'intensité sonore augmente de 3 dB.

2. Calculer l'intensité sonore correspondant à un niveau d'intensité sonore de 75 dB.

Donnée

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

Méthode

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

- En utilisant la propriété du log pour $a > 0$ et $b > 0$:

$$\log(a \times b) = \log a + \log b$$

En notant L' le niveau d'intensité sonore obtenu, il vient :

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

- Or $10\log 2 \approx 3$. Donc $L' = L + 3$.

2. La relation $L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ s'écrit aussi $\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{L}{10}$.

- En utilisant la propriété du log pour $c > 0$:

$\log c = d \Leftrightarrow c = 10^d$, il vient $\frac{I}{I_0} = 10^{\frac{L}{10}}$ et donc $I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$.

- $I = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \times 10^{\frac{75\ \text{dB}}{10\ \text{dB}}} = 3{,}2 \times 10^{-5}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

À retenir !

- Pour tous réels a et b strictement positifs, on a : $\log(a \times b) = \log a + \log b$ et $\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b$.
- Pour tous réels c et d avec c strictement positif, on a : $\log c = d \Leftrightarrow c = 10^d$.

Les vidéos du chapitre

https://youtu.be/O_LR_tIgfzA	https://www.youtube.com/watch?v=-jbfQuOFTdw	https://www.youtube.com/watch?v=XOGXbmQefH8	https://youtu.be/4fDHDtCeHpI
Rappels : double périodicité et grandeurs associées	**Ondes sonores**	**Effet Doppler**	**Autre cours : le décalage Doppler**

Les exercices du plan de travail

A faire après le cours sur le niveau d'intensité sonore

***Lire et étudier* « I » du cours « Niveau d'intensité sonore »**

Exercices d'application

Livret exos révisions physique : 59 à 64 p 36 à 37

Exercice 59 : Calculer le niveau d'intensité sonore correspondant à chacune des intensités sonores suivantes.
Donnée : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W.m^{-2}.

1. $1{,}2 \times 10^{-7}$ W.m^{-2} ; **2.** $7{,}3 \times 10^{-5}$ W.m^{-2} ; **3.** $2{,}3 \times 10^{-3}$ W.m^{-2}

Exercice 60 : D'après le Code du travail, les ouvriers d'une entreprise ne doivent pas être soumis à des niveaux d'intensités sonores supérieures à 87 dB. Un ouvrier travail sur une machine de niveau sonore 83 dB. Il est entouré de deux machines voisines émettant un niveau sonore d'intensité 82 dB chacune.

1. Calculer les intensités sonores associées aux machines.
2. Sachant que les intensités sonores s'ajoutent, calculer le niveau d'intensité sonore total reçu par l'ouvrier.
3. L'entreprise satisfait-elle au Code du travail ?

Exercice 61 : Des mesures réalisées pendant un concert de trois guitaristes sont rassemblées ci-dessous :
Donnée : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W.m^{-2}.

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

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

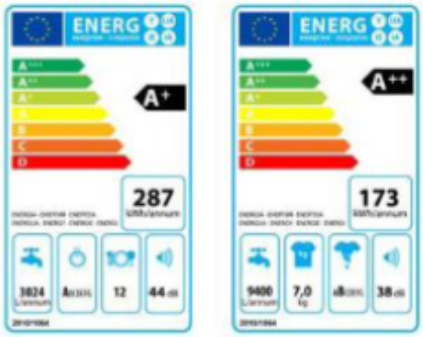
Exercice 62 :
Donnée : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W.m^{-2} ; $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$; log(2) = 0,3

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

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

Exercice 63 : Pour l'achat d'un lave-vaisselle, le niveau sonore est toujours indiqué par le fabricant.

1. Comparer les intensités sonores de ces deux appareils.
2. La différence de niveau d'intensité sonore mérite-t-elle une attention particulière lors de l'achat ?



Exercice 64 : Les corne 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.

Donnée : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W.m^{-2}.

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 $1{,}0 \times 10^{-4}$ W.m^{-2}.
   a. Déterminer le niveau d'intensité sonore correspondant.
   b. En déduire l'atténuation géométrique du signal.

A faire après l'AE 6.1 : Atténuation sonore

***Lire** la correction de l'AE 6.1.*

***Lire et étudier** le « II » du cours « atténuation »*

***Visionner** la vidéo « ondes sonores »*

Exercices d'application

Livret exos révisions physique : 65 à 68 p 37

Exercice 65 : Un niveau d'intensité sonore moyen de 78 dB est enregistré dans un jardin bordant une route. Après construction d'un mur anti-bruit, le niveau d'intensité sonore moyen dans ce jardin est 67 dB.

1. Quel phénomène est mis en évidence ?
2. Calculer la grandeur correspondante.

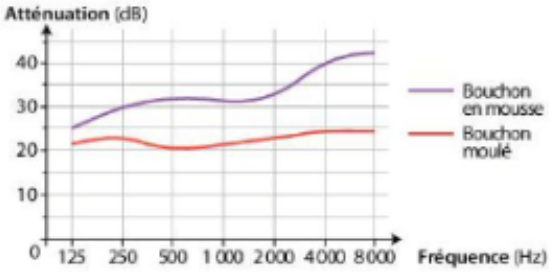
Exercice 66 :

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

Casque antibruit $A = 33$ dB DELTAPLUS®

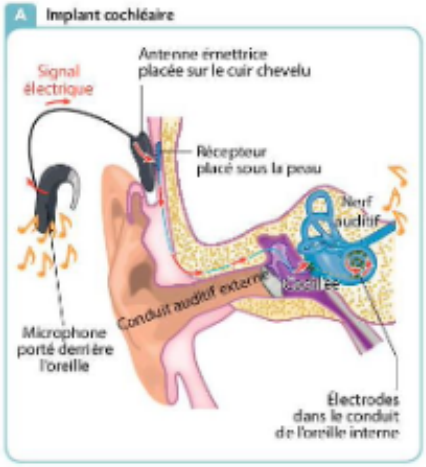
Bouchons d'oreilles $A = 26$ dB

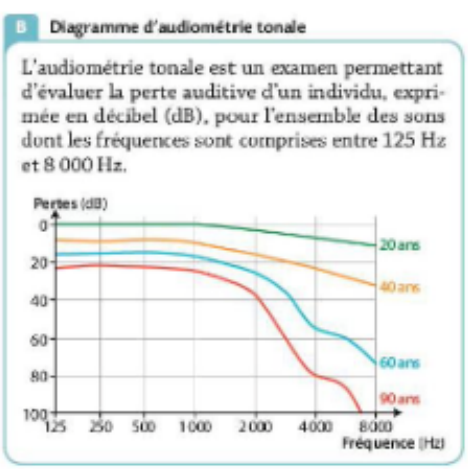
Exercice 67 : Les bouchons anti-bruit sont utilisés pour limiter le niveau d'intensité sonore tout en gardant la qualité du son. Le graphique ci-dessous représente les courbes d'atténuation d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé.



1. Pour quel type de bouchon la fréquence a-t-elle le plus d'influence sur l'atténuation ?
2. Pourquoi dit-on qu'avec des bouchons en mousse, le son perçu est plus grave que le son émis ?
3. Cet effet est-il aussi marqué pour un bouchon moulé ?
4. 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.
   b. Lors d'un concert, le niveau d'intensité sonore perçu est égal à 100 dB.

Exercice 68 : 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.





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 ?

A faire après l'AE 6.2 : Effet Doppler

***Lire** la correction de l'AE 6.2.*

***Lire et étudier** le « III » du cours « Effet Doppler*

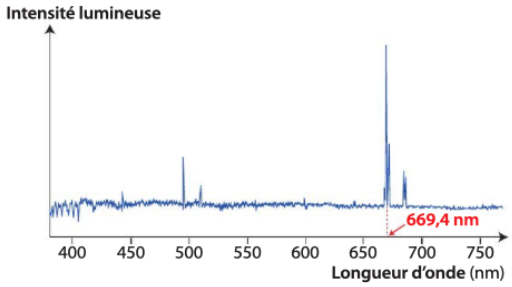
***Visionner** les vidéos « effet Doppler » et « le décalage Doppler »*

Exercices d'application :
Livre Hachette éducation
8-9-10-11-12-13-14-15-22-27 p 358 à 361

10 Exploiter qualitativement l'effet Doppler
CORRIGÉ

| 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

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.

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

12 Identifier une expression (1)
CORRIGÉ

| Faire preuve d'esprit critique.

Un émetteur d'ondes sonores s'éloigne d'un récepteur avec une vitesse de valeur $v < v_{son}$. On note f_E la fréquence des ondes émises et f_R la fréquence des ondes reçues.

1. Rappeler l'unité et le signe du décalage Doppler $\Delta f = f_R - f_E$ dans le cas où l'émetteur et le récepteur s'éloignent l'un de l'autre.

2. Parmi les relations suivantes, identifier celle qui donne le décalage Doppler en expliquant pourquoi les trois autres sont incorrectes.

(a) $\Delta f = -f_E \times \dfrac{v}{v_{son} + v}$ (b) $\Delta f = f_E \times \dfrac{v}{v_{son} - v}$

(c) $\Delta f = \dfrac{v - v_{son}}{f_E}$ (d) $\Delta f = \dfrac{f_E}{f_R}(v - v_{son})$

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.

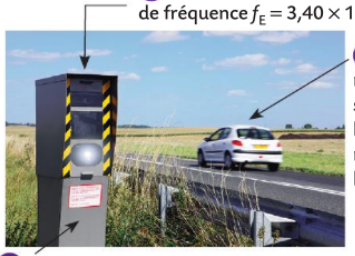
- Parmi les relations ci-dessous, identifier celle qui donne la valeur de la vitesse de l'étoile par rapport à la Terre en expliquant pourquoi les deux autres sont incorrectes.

(a) $v = c \times \dfrac{\lambda_0}{\lambda_0 - \lambda}$ (b) $v = c \times \dfrac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0}$ (c) $v = c \times \dfrac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$

14 Calculer une valeur de vitesse
CORRIGÉ

| Effectuer des calculs.

A Fonctionnement d'un radar



Lors du passage d'une voiture, le radar a mesuré un décalage Doppler $\Delta f = 6{,}451 \times 10^3$ 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 : $c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s^{-1}.
- $\alpha = 20°$.

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

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

- Calculer le décalage Doppler perçu par le piéton.

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

8 Reconnaître l'effet Doppler

CORRIGÉ

| Décrire des phénomènes.

• Parmi les situations suivantes, repérer celles qui sont la conséquence de l'effet Doppler.

a Fréquence d'une note de musique modifiée lorsqu'un musicien accorde son instrument.

b Niveau sonore de la sirène d'un camion de pompier qui augmente lorsque ce camion se rapproche.

c Fréquence du son de la sirène modifiée lors du passage d'une ambulance.

9 Illustrer l'effet Doppler

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

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

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 :

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

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

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 ?

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

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

Exercices résolus bilan de fin de chapitre

Sirène d'alarme

| Extraire et organiser l'information ; effectuer des calculs.

1. La notice d'une sirène d'alarme indique que l'intensité sonore à 20 m de la sirène est $1{,}5 \times 10^{-4}$ W·m^{-2}. Calculer le niveau d'intensité sonore prévisible à 20 m de la sirène.

2. Un voisin constate qu'à 30 m de la sirène, le niveau d'intensité sonore est 78 dB. Calculer l'atténuation correspondante.

Donnée

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

Solution rédigée

• **On utilise le Réflexe 1.**

Rappel de la définition

Calcul

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

Donc $L = 10 \log\left(\frac{1{,}5 \times 10^{-4}\ \text{W·m}^{-2}}{1{,}0 \times 10^{-12}\ \text{W·m}^{-2}}\right) = 82$ dB.

À 20 m de la sirène, le niveau d'intensité sonore sera 82 dB.

• **On utilise le Réflexe 2.**

Calcul de l'atténuation

2. En passant de 20 m à 30 m de la sirène, le niveau d'intensité sonore a diminué de 82 dB à 78 dB. L'atténuation est donc : $A = 82$ dB $- 78$ dB $= 4$ dB.

1 Exercice résolu

Effet Doppler et astrophysique

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs ; interpréter des résultats.

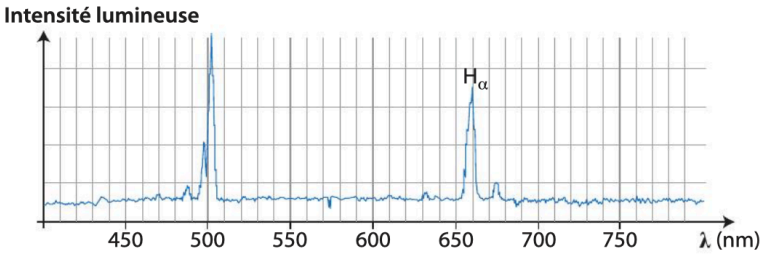
La valeur v de la vitesse d'un astre par rapport à la Terre est donnée par la formule de Doppler-Fizeau :

$$v = c \times \frac{|\lambda_{\text{spectre}} - \lambda_{\text{référence}}|}{\lambda_{\text{référence}}}$$ avec

- c : célérité de la lumière dans le vide ($c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s^{-1})
- λ_{spectre} : longueur d'onde d'une raie du spectre de la lumière venant de l'astre
- $\lambda_{\text{référence}}$: longueur d'onde de la même raie dans un spectre de référence (spectre obtenu sur Terre)

1. a. Sachant que la longueur d'onde de la raie H_α mesurée sur Terre pour une source au repos est 656,3 nm, calculer le décalage de longueur d'onde pour la raie H_α de la galaxie nommée M77.
b. Préciser si la galaxie M77 s'éloigne ou se rapproche de la Terre.

2. Calculer la valeur de la vitesse de la galaxie M77 par rapport à la Terre.



Spectre de la galaxie M77

Solution rédigée

• **On utilise le Réflexe 3.**

Comparaison des longueurs d'onde

Déduction du sens du mouvement relatif

1. a. Le spectre de la galaxie M77 permet de trouver la longueur d'onde de la raie H_α. Elle vaut $\lambda_{\text{spectre}} = 660$ nm.

Le décalage de longueur d'onde est donc :

$\Delta\lambda = |\lambda_{\text{spectre}} - \lambda_{\text{référence}}| = 660$ nm $- 656{,}3$ nm $= 4$ nm.

b. Comme $\lambda_{\text{spectre}} > \lambda_{\text{référence}}$, la raie H_α est décalée vers les grandes longueurs d'onde. La galaxie s'éloigne de la Terre.

• **On utilise le Réflexe 4.**

Relevé de la formule de décalage fournie

Calcul de v

2. La valeur de la vitesse v de la galaxie M77 par rapport à la Terre est :

$$v = c \times \frac{|\lambda_{\text{spectre}} - \lambda_{\text{référence}}|}{\lambda_{\text{référence}}}$$

$$v = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m·s}^{-1} \times \frac{|660\ \text{nm} - 656{,}3\ \text{nm}|}{656{,}3\ \text{nm}}$$ soit $v = 1{,}7 \times 10^6$ m·s^{-1}.

Le QCM de fin de chapitre

Donnée

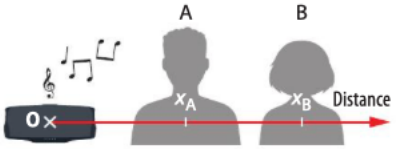
Intensité sonore de référence : $I_0 = 10^{-12}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s), puis vérifier la correction p. 462.	A	B	C

1 Le niveau d'intensité sonore

Exercice interactif

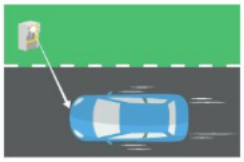
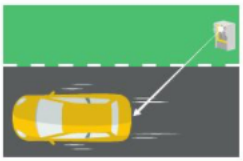
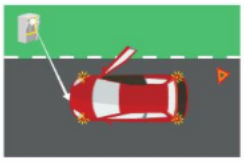
Si erreur, revoir § 1 p. 351

1. Le niveau d'intensité sonore se mesure en :	W	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	dB
2. Quel est le niveau d'intensité sonore correspondant à cette situation ? $I = 1{,}0\times10^{-7}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	50 dB	70 dB	77 dB
3. L'intensité sonore correspondant à l'affichage ci-dessous est :	$1{,}0\times10^{43}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$3{,}2\times10^{-7}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$3{,}2\times10^{5}\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
4. L'atténuation d'un son se mesure en :	m	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	dB
5. Dans cette situation : 	$I_A > I_B$	$I_A < I_B$	$L_A > L_B$

2 L'effet Doppler

Exercice interactif

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 ?			

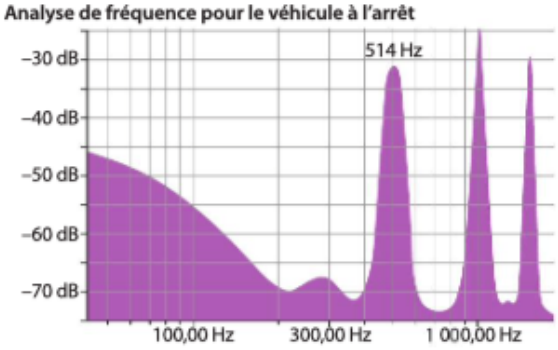
Préparation à l'ECE

Préparation à l'ECE

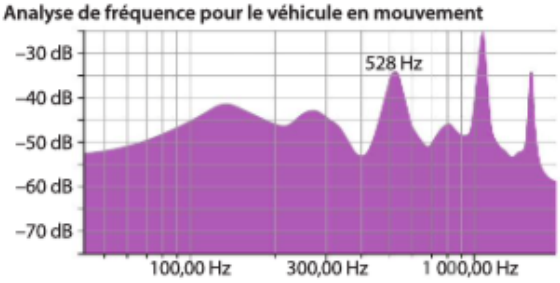
Un élève, positionné au bord de la route, a enregistré l'émission sonore d'un véhicule muni d'une sirène et se dirigeant vers lui. Il a également enregistré le signal lorsque le véhicule était à l'arrêt.

A Spectres obtenus

Analyse de fréquence pour le véhicule à l'arrêt



Analyse de fréquence pour le véhicule en mouvement



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.

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.

Sujets type bac sur le chapitre

Livret exercices de révisions physique bac

Type bac 12 : L'OREILLE (p 38)
Type bac 13 : PHENNOMENES ACOSTIQUES (p 40)
Type bac 14 : NIVEAU D'INTENSITE SONORE (p 42)

EXERCICE I – DE L'EFFET DOPPLER À SES APPLICATIONS (6 points)

Christian Doppler (1803- 1853)	Christoph Buys-Ballot (1817-1890)

Christian Doppler, savant autrichien, propose en 1842 une explication de la modification de la fréquence du son perçu par un observateur immobile lorsque la source sonore est en mouvement. Buys-Ballot, scientifique hollandais, vérifie expérimentalement la théorie de Doppler en 1845, en enregistrant le décalage en fréquence d'un son provenant d'un train en mouvement et perçu par un observateur immobile.

On se propose de présenter l'effet Doppler puis de l'illustrer au travers de deux applications.

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

Nous nous intéressons dans un premier temps au changement de fréquence associé au mouvement relatif d'une source sonore S et d'un détecteur placé au point M (figure 1). Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre dans lequel le détecteur est immobile. Une source S émet des « bips » sonores à intervalles de temps réguliers dont la période d'émission est notée T_0. Le signal sonore se propage à la célérité v_{son} par rapport au référentiel terrestre.

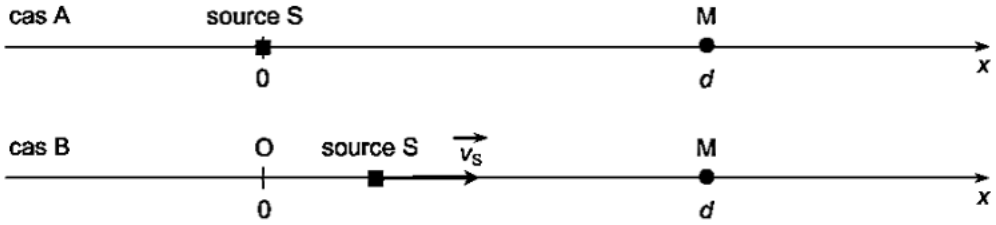


Figure 1. Schéma représentant une source sonore immobile (cas A), puis en mouvement (cas B).

1.1. Cas A : la source S est immobile en $x = 0$ et le détecteur M, situé à la distance d, perçoit chaque bip sonore avec un retard lié à la durée de propagation du signal.

1.1.1. Définir par une phrase, en utilisant l'expression « bips sonores», la fréquence f_0 de ce signal périodique.

1.1.2. Comparer la période temporelle T des bips sonores perçus par le détecteur à la période d'émission T_0.

1.2. Cas B : la source S, initialement en $x = 0$, se déplace à une vitesse constante v_s suivant l'axe Ox en direction du détecteur immobile. La vitesse v_s est inférieure à la célérité v_{son}. On suppose que la source reste à gauche du détecteur.

Le détecteur perçoit alors les différents bips séparés d'une durée $T' = T_0\left(1 - \frac{v_S}{v_{son}}\right)$

Indiquer si la fréquence f' des bips perçus par le détecteur est inférieure ou supérieure à la fréquence f_0 avec laquelle les bips sont émis par la source S. Justifier.

2. La vélocimétrie Doppler en médecine

La médecine fait appel à l'effet Doppler pour mesurer la vitesse d'écoulement du sang dans les vaisseaux sanguins (figure 2).

Un émetteur produit des ondes ultrasonores qui traversent la paroi d'un vaisseau sanguin. Pour simplifier, on suppose que lorsque le faisceau ultrasonore traverse des tissus biologiques, il rencontre :

- des cibles fixes sur lesquelles il se réfléchit sans modification de la fréquence ;

- des cibles mobiles, comme les globules rouges du sang, sur lesquelles il se réfléchit avec une modification de la fréquence ultrasonore par effet Doppler (figure 3).

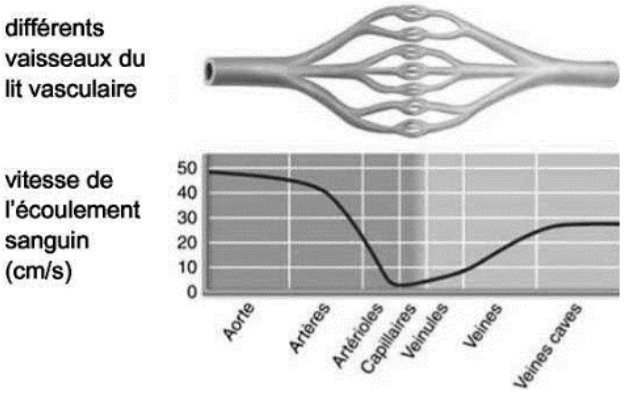


Figure 2. Vitesse moyenne du sang dans différents vaisseaux sanguins.

©2011 Pearson

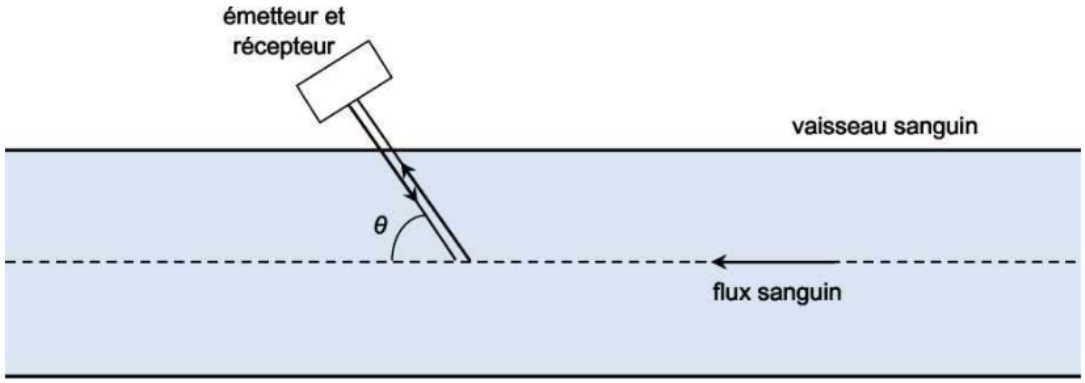


Figure 3. Principe de la mesure d'une vitesse d'écoulement sanguin par effet Doppler (échelle non respectée).

L'onde ultrasonore émise, de fréquence f_E = 10 MHz, se réfléchit sur les globules rouges qui sont animés d'une vitesse v. L'onde réfléchie est ensuite détectée par le récepteur.

La vitesse v des globules rouges dans le vaisseau sanguin est donnée par la relation $v = \frac{v_{ultrason}}{2\cos\theta} \cdot \frac{\Delta f}{f_E}$ où

Δf est le décalage en fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchie, $v_{ultrason}$ la célérité des ultrasons dans le sang et θ l'angle défini sur la figure 3.

On donne $v_{ultrason} = 1{,}57 \times 10^3$ m.s^{-1} et $\theta = 45°$.

2.1. Le décalage en fréquence mesuré par le récepteur est de 1,5 kHz. Identifier le(s) type(s) de vaisseaux sanguins dont il pourrait s'agir.

2.2. Pour les mêmes vaisseaux sanguins et dans les mêmes conditions de mesure, on augmente la fréquence des ultrasons émis f_E. Indiquer comment évolue le décalage en fréquence Δf. Justifier.

3. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

On s'intéresse à un son émis par un hélicoptère et perçu par un observateur immobile. La valeur de la fréquence de l'onde sonore émise par l'hélicoptère est $f_0 = 8{,}1 \times 10^2$ Hz. On se place dans le référentiel terrestre pour toute la suite de cette partie.

Les portions de cercles des figures 4 et 5 ci-dessous donnent les maxima d'amplitude de l'onde sonore à un instant donné. Le point A schématise l'hélicoptère. Dans le cas de la figure 4, l'hélicoptère est immobile. Dans le cas de la figure 5, il se déplace à vitesse constante le long de l'axe et vers l'observateur placé au point O. La célérité du son dans l'air est indépendante de sa fréquence.

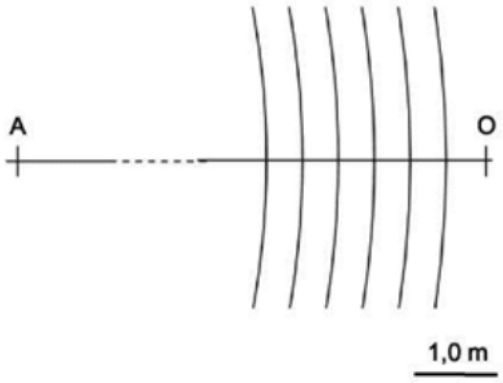


Figure 4. L'hélicoptère est immobile.

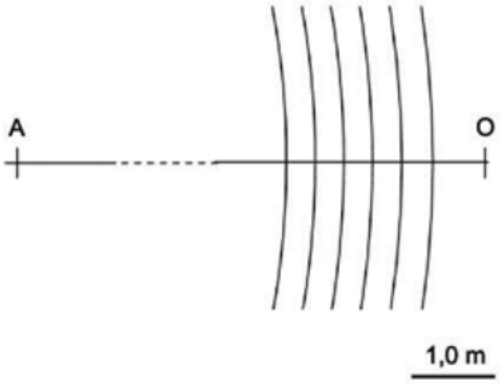


Figure 5. L'hélicoptère est en mouvement.

3.1. Déterminer, avec un maximum de précision, la longueur d'onde λ_0 de l'onde sonore perçue par l'observateur lorsque l'hélicoptère est immobile, puis la longueur d'onde λ' lorsque l'hélicoptère est en mouvement rectiligne uniforme.

3.2. En déduire une estimation de la valeur de la célérité de l'onde sonore. Commenter la valeur obtenue.

3.3. Déterminer la fréquence du son perçu par l'observateur lorsque l'hélicoptère est en mouvement. Cette valeur est-elle en accord avec le résultat de la question 1.2. ? Comment la perception du son est-elle modifiée ?

3.4. En déduire la valeur de la vitesse de l'hélicoptère. Cette valeur vous paraît-elle réaliste.

Préparer la pochette de révisions

Elle doit contenir le livret « Parcours d'exercices et l'ensemble des exercices faits dans le chapitre, les fiches de révisions réalisées.

Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :