

# EXERCICES P1 : ONDES & RAYONNEMENT

## 1 Ondes longitudinales et transversales

Compléter le tableau suivant (sauf les cases grisées) par un exemple.

Onde	Transversales	Longitudinales
Une dimension		
Deux dimensions		
Trois dimensions		

## 2 Retard et célérité

Lors d'un orage, on mesure que le bruit du tonnerre nous parvient 3,4 s après le flash de l'éclair. La température de l'air est de 25 °C.

Donnée : la vitesse du son dans l'air dépend de la température. Elle est donnée par la relation :  $v = 20,05 \cdot \sqrt{T}$  avec  $v$  en  $m \cdot s^{-1}$  et  $T$  en K.

1. Que peut-on dire du temps mis par la lumière émise par l'éclair pour atteindre l'observateur ? Justifiez votre réponse par un calcul.
2. Déterminer la distance à laquelle l'éclair a eu lieu par rapport à l'observateur.

## 3 Longueur d'onde de la lumière

Lorsque l'on parle de longueur d'onde d'une radiation électromagnétique, on précise (ou, le plus souvent, on sous-entend) qu'il s'agit de la longueur d'onde **dans le vide**. La fréquence d'une onde lui est propre : elle ne varie jamais selon le milieu de propagation de l'onde, au contraire de sa vitesse.

1. Donner la fréquence des radiations lumineuses correspondant aux limites du visible (longueur d'onde dans le vide : 380 à 780 nm).

L'eau a un indice de réfraction moyen de  $n_{eau} = 1,33$ .

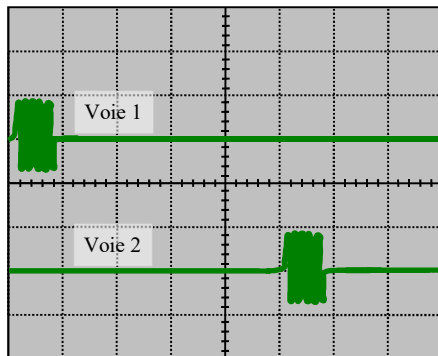
On rappelle que l'indice de réfraction  $n$  d'un milieu transparent est défini par :  $n = c/v$ , où  $c$  est la vitesse de la lumière dans le vide et  $v$  est la vitesse de la lumière dans ce milieu.

- 2.a. Calculer la vitesse de la lumière dans l'eau.
  - 2.b. En déduire les longueurs d'onde des limites du visible dans l'eau.
3. Démontrer que dans un milieu transparent d'indice de réfraction  $n$ , la longueur d'onde d'une radiation lumineuse est égale à sa valeur dans le vide divisée par  $n$ .

## 4 Principe du sonar

Un sonar (SOund Navigation And Ranging) est un dispositif qui émet une brève impulsion sonore (ou ultrasonore) et écoute l'écho qui lui parvient, en mesurant le retard  $\Delta t$  entre l'émission et la réception de l'impulsion sonore.

Pour simuler un sonar en TP, on utilise un émetteur-récepteur d'ultrason relié à un oscilloscope et on place un écran réfléchissant à une distance  $d$  de l'émetteur-récepteur. On obtient l'oscillogramme ci-dessous.



La vitesse de balayage est réglée sur  $0,5 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}$ .

1. Attribuer chacune des voies à l'émetteur ou au récepteur, en justifiant votre choix.
2. Déterminer la distance  $d$ , en l'exprimant sous la forme  $d = d_{moyen} \pm \Delta d$  Dans les conditions de l'expérience,  $c_{son} = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

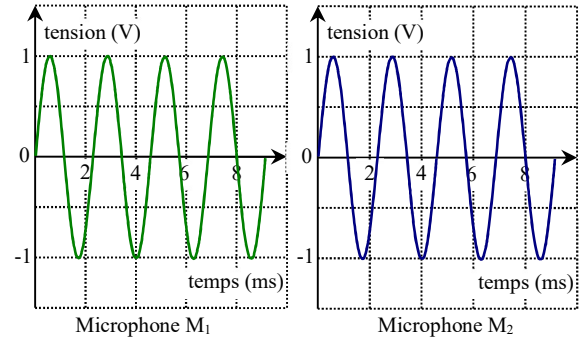
## 5 Puissance et intensité sonore

Un personne parle avec un niveau sonore de 60 dB. Quelle est le niveau sonore total si une deuxième personne se met à parler en même temps avec la même intensité sonore ?

## 6 Étude du son émis par un diapason

### 1. Célérité des ondes sonores

On dispose deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  à la même distance  $d$  d'un diapason. On obtient les courbes ci-dessous. On remarque que les signaux sont en phase.



- 1.1. Déterminer la période  $T$  puis la fréquence  $f$  du son émis par le diapason.

On éloigne le microphone  $M_2$  peu à peu jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase. On réitère l'opération jusqu'à compter cinq positions pour lesquelles les courbes sont à nouveau en phase. La distance  $D$  entre les deux microphones est alors égale à 3,86 m.

- 1.2.a. Définir la longueur d'onde  $\lambda$ .
  - 1.2.b. Déduire sa valeur numérique de l'expérience précédente.
- 1.3. Pourquoi est-il préférable de compter plusieurs positions pour lesquelles les courbes sont à nouveau en phase plutôt qu'une seule ?
  - 1.4. Calculer alors la célérité  $v$  de l'onde.
  - 1.5. La fréquence du son émis par le diapason est doublée. La nouvelle valeur de la célérité mesurée vaut  $v = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Que déduire de cette mesure ?

### 2. Timbre et hauteur d'un son

- 2.1. Le son émis par un diapason est-il pur ou complexe ? Justifier.
  - 2.2. Représenter l'allure du spectre en fréquence correspondant au son émis par le diapason de la question 1.1.
- L'expérience de la partie 1 est de nouveau réalisée avec une guitare jouant un son complexe de fréquence fondamentale  $f = 4,4 \cdot 10^2 \text{ Hz}$ .
- 2.3.a. Quel caractère physiologique du son est modifié par rapport à celui émis par le diapason de la question 1.1 ? Justifier.
  - 2.3.b. Quel caractère physiologique n'a pas été modifié ? Justifier.
  - 2.4. Dans ces conditions, la mesure de la célérité vaut  $v = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Que peut-on en conclure ?

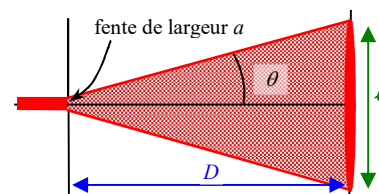
## 7 Communication chez les baleines

*Annales « Nouvelle-Calédonie 2014 » - Ex.3*

## 8 La mission Planck

*Annales « zéro n°1 » - Ex. 1, partie 1*

## 9 Tache centrale de diffraction



1. Trouver l'expression de  $l$  en fonction de  $\theta$  et de  $D$ .
2. En vous servant du fait que  $\theta$  est très petit et donc que  $\tan \theta \approx \theta$ , donner l'expression de  $l$  en fonction de  $\lambda$ ,  $D$  et  $a$ .

**10** **Diffraction et longueur d'onde**

Les ondes radio sont divisées en différentes « bandes » qui dépendent de leur longueur d'onde ou de leur fréquence. Les « grandes ondes » (LW) de radiodiffusion ont une fréquence comprise entre 150 et 300 kHz, alors que la bande FM s'échelonne entre 88 et 108 MHz.

Quelle bande d'onde capte-t-on mieux au milieu d'un tunnel ? Justifier.

**11** **Surfez sur la vague**

[Annales « Amérique du Nord 2013 » - Ex. 3](#)

**12** **Ondes & particules**

[Annales « Amérique du Nord 2014 » - Ex.1, partie 1](#)

**13** **Quand les astrophysiciens voient rouge**

[Annales « zéro n°1 » - Ex. 3](#)

## Correction

### Ex.1

	Transversales	Longitudinales
Une dimension	Perturbation sur une corde	Perturbation de compression sur un ressort
Deux dimensions	Houle	
Trois dimensions		Son

### Ex.2

1. La vitesse de la lumière est presque  $10^6$  fois plus grande que celle du son ( $3 \cdot 10^8 / 340 \approx 10^6$ ). Donc le temps mis par la lumière pour atteindre l'observateur est négligeable comparé au temps mis par le son pour faire de même.

2. Calcul de la vitesse du son :  $c = 20,05 \cdot \sqrt{273 + 25} = 346 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

L'éclair a eu lieu à une distance  $d = 346 \times 3,4 = 1,2 \text{ km}$  (on garde deux chiffres significatifs).

### Ex.3

1.  $\lambda = c \cdot T$  donc  $T = \lambda / c$

Pour le violet (380 nm) :  $T = 380 \cdot 10^{-9} / 3 \cdot 10^8 = 1,27 \cdot 10^{-15} \text{ s}$

$f = 1/T = 1 / 1,27 \cdot 10^{-15} = 7,89 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Pour le rouge (780 nm) :  $T = 780 \cdot 10^{-9} / 3 \cdot 10^8 = 2,60 \cdot 10^{-15} \text{ s}$

$f = 1/T = 1 / 2,60 \cdot 10^{-15} = 3,85 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

2.a.  $c_{\text{eau}} = c / n_{\text{eau}} = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2.b.  $\lambda_{\text{eau}} = c_{\text{eau}} / f = 286 \text{ à } 586 \text{ nm}$

3.  $\lambda_{\text{eau}} = c_{\text{eau}} / f$  et  $c_{\text{eau}} = c / n_{\text{eau}}$  donc  $\lambda_{\text{eau}} = \frac{c / n_{\text{eau}}}{f} = \frac{c}{f} \cdot \frac{1}{n_{\text{eau}}} = \frac{\lambda}{n_{\text{eau}}}$

### Ex.4

1. La voie un correspond à l'émetteur car le signal sonore apparaît en premier.

2. Le retard entre l'émission et la réception du signal vaut 5 div sur l'oscillogramme, avec une incertitude de lecture de 0,2 div, soit  $5 \pm 0,1$  div. Donc  $\Delta t = 2,5 \pm 0,05 \text{ ms}$

La distance parcourue entre l'émetteur et le son vaut :  $d = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$  car le son fait un aller-retour entre l'émetteur et l'écran.

Ceci nous donne  $d_{\min} = c \cdot \Delta t_{\min} / 2 = 0,42 \text{ m}$  et  $d_{\max} = 0,44 \text{ m}$ .

On peut donc écrire :  $d = 0,43 \pm 0,01 \text{ m}$ .

### Ex.5

Les intensités sonores ( $I$ ) s'ajoutent, mais pas les niveaux sonores.

Intensité sonore d'une personne qui parle :

$$I = I_0 \cdot 10^{60/10} = 10^{-12} \times 10^6 = 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Si deux personnes parlent en même temps avec la même intensité sonore, l'intensité sonore résultante  $I'$  sera multipliée par deux.

$$I' = 2 \cdot I = 2 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Il en résulte donc un niveau sonore  $L'$  :

$$L' = 10 \cdot \log(I'/I_0) = 10 \cdot \log(2 \cdot 10^{-6} / 10^{-12}) = 63 \text{ dB}$$

### Ex.6

1.1.  $3,5 \cdot T = 8 \text{ ms} \rightarrow T = 2,29 \text{ ms}$ , soit  $f = 437 \text{ Hz}$

1.2.a. Distance parcourue par l'onde pendant une période ou plus courte longueur séparant 2 points dans le même état vibratoire.

1.2.b.  $\lambda = 3,86/5 = 0,772 \text{ m}$

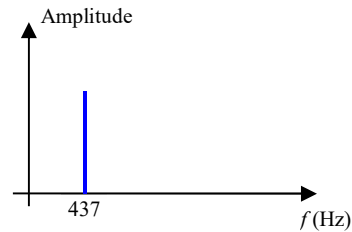
1.3. Pour une meilleure précision.

1.4.  $v = \lambda / T = 0,772 / 2,29 \cdot 10^{-3} = 337 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1.5. Que la vitesse du son ne dépend pas de sa fréquence

2.1. Son pur car courbe sinusoïdale

2.2. Spectre du son émis par le diapason



2.3.a. Caractère physiologique modifié : le timbre, car le son de la guitare est un son complexe.

2.3.b. Caractère physiologique non-modifié : la hauteur car la fréquence du son est la même.

2.4. La célérité du son ne dépend pas de sa nature (pur ou complexe) et donc de sa fréquence.

### Ex.7

$$1. \tan \theta = \frac{\ell/2}{D}$$

$$2. \ell = 2 \cdot D \cdot \tan \theta \approx 2 \cdot D \cdot \theta = 2 \cdot D \cdot \frac{\lambda}{a}$$

### Ex.8

Les ondes de la bande LW, ayant une plus grande longueur d'onde que celles de la bande FM, seront plus diffractées par l'ouverture du tunnel, et de ce fait y pénétreront mieux. Elles seront donc mieux captées à l'intérieur du tunnel.