

nom :

Lors de la correction il sera tenu compte de la présentation et de la rédaction de la copie.
 Les réponses seront **expliquées** et données sous forme **littérale** puis **numérique** quand les données du texte le permettent.

On rappelle la masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

I/ Le record de vitesse du TGV (9 points)

L'énergie électrique nécessaire au fonctionnement d'un TGV est apportée par une ligne suspendue, **la caténaire**, sur laquelle frotte une pièce métallique, **le pantographe**, qui soulève la caténaire. Cela provoque une onde qui soulève à son tour la caténaire et qui se propage avec une célérité V . Pour un bon fonctionnement il ne faut pas que le train rattrape cette onde. Si on note V_T la vitesse du train, il faut donc avoir $V_T < V$.

1. L'onde qui se propage le long de la caténaire est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier. /1

2. La célérité V de cette onde s'exprime en fonction de la tension F de la caténaire, exprimée en newton, et de la masse linéique μ de la caténaire,

exprimée en kilogramme par mètre : $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

2.a. Montrer que cette expression est bien homogène à une vitesse. /2

2.b. La caténaire peut être assimilée à un câble cylindrique en cuivre de rayon $r = 0,70 \text{ cm}$. La densité du cuivre est $d = 8,9$.

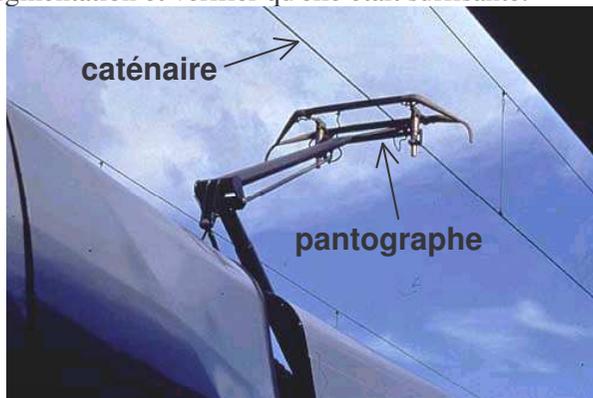
Montrer que la masse linéique du câble est $\mu = 1,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$. /2

3. La tension normale d'une caténaire est $F_1 = 2,6 \cdot 10^4 \text{ N}$.

Quelle est alors la célérité V_1 de l'onde le long de la caténaire ? /1

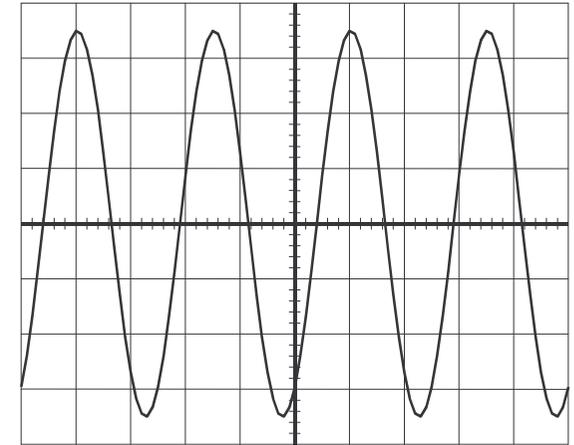
4. Lors du record de vitesse du 18 mai 1990, la rame 325 du TGV a roulé à la vitesse $V_R = 515 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. La tension de la caténaire avait été augmentée spécialement pour la tentative. Sa valeur était alors $F' = 3,0 \cdot 10^4 \text{ N}$.

Justifier cette augmentation et vérifier qu'elle était suffisante. /3



III/ Détermination des caractéristiques d'une onde sonore (11 points)

Un son, émis par un haut-parleur, est analysé à l'aide d'un microphone relié à un oscilloscope. La durée de balayage est fixée sur 1 ms/DIV. On observe la figure ci-contre.



La température de la salle d'expérience est $\theta = 19 \text{ }^\circ\text{C}$. La vitesse V de l'onde sonore est donnée par la relation :

$$V = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}} \text{ avec :}$$

Avec :

$$\gamma = 1,4 ;$$

$$R = 8,31 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ constante des gaz parfaits ;}$$

$$T \text{ température absolue en kelvin (rappel : } T = \theta + 273) ;$$

$$M = 29 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ masse molaire de l'air.}$$

1. L'onde sonore est-elle transversale ou longitudinale. Justifier. /1

2.a. Montrer que l'expression proposée est bien homogène à une vitesse. /2

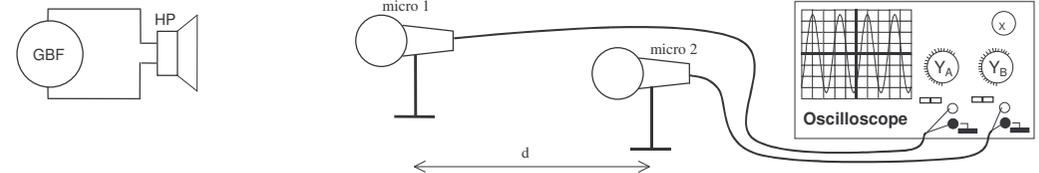
b. Calculer la vitesse de l'onde sonore. /1

3.a. L'oscillogramme met-il en évidence la périodicité spatiale ou la périodicité temporelle de l'onde ? Justifier. /1

b. Calculer la période et la fréquence de cette onde. /2

4. Calculer la longueur d'onde. /2

5. On place un second micro, à une distance $d = 1,72 \text{ m}$ après le premier et on observe sur la seconde voie de l'oscilloscope les signaux qu'il produit. Représenter sur l'oscillogramme ci-dessus l'allure de la courbe obtenue si les deux micros et les sensibilités des deux voies sont identiques. Justifier. /2



TS1 réponses du contrôle de sciences physiques du 03/10/2005

I/ Le record de vitesse du TGV

1. L'onde le long de la caténaire est transversale car l'onde soulève la caténaire (verticalement) et elle se déplace le long de la caténaire (horizontalement). La perturbation est perpendiculaire à la propagation.

2.a. La force F s'exprime en $N = m \cdot kg \cdot s^{-2}$ et la masse linéique μ s'exprime en $kg \cdot m^{-1}$.

Donc $\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ s'exprime en $m \cdot s^{-1}$, c'est une vitesse.

2.b. En notant m la masse de la caténaire, l sa longueur, v son volume, ρ_c la masse volumique du cuivre et ρ_{ref} la masse volumique du corps de référence (eau) on a :

$$\mu = \frac{m}{l} = \frac{v \times \rho_c}{l} = \frac{v \times d \times \rho_{ref}}{l} = \frac{\pi \times r^2 \times l \times d \times \rho_{ref}}{l} = \pi \times r^2 \times d \times \rho_{ref} = 1,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}.$$

$$3. V = \sqrt{\frac{2,6 \cdot 10^4}{1,4}} = 136 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ soit } 491 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}.$$

4. Avec la tension précédente la vitesse du train lors du record aurait été trop importante : $V_R > V$.

Avec la tension F' on a : $V' = \sqrt{\frac{3,0 \cdot 10^4}{1,4}} = 146 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ soit $527 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Cela est supérieur à la vitesse du record.

III/ Détermination des caractéristiques d'une onde sonore

1. L'onde sonore est longitudinale car les vibrations de l'air sont colinéaires à la direction de propagation.

2.a. Le coefficient γ n'a pas d'unité.

Donc $\sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$ s'exprime en $\sqrt{\frac{(\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \times \text{K}}{\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ c'est bien une vitesse.

$$2.b. V = \sqrt{\frac{1,4 \times 8,31 \times (273 + 19)}{29 \times 10^{-3}}} = 342,26 \text{ soit } \underline{V = 3,4 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

3.a. L'oscillogramme met en évidence la périodicité temporelle (visualisation dans le temps).

3.b. $T = 2,5 \text{ ms}$; $f = 400 \text{ Hz}$.

4. $\lambda = V \cdot T = 342,26 \times 2,5 \times 10^{-3} = 0,85565$ soit $\lambda = 0,86 \text{ m} = 86 \text{ cm}$.

5. $1,72 \text{ m} = 2 \times 0,86 = 2 \lambda$: les signaux sont en phase mais l'amplitude de celui du micro 2 est plus faible que l'amplitude de celui du micro 1.

