

Partie 2 – Sciences physiques

Les trois exercices proposés sont indépendants ; le candidat doit en traiter seulement deux. Chacun des exercices est noté sur 10.

Le candidat indiquera au début de sa copie les numéros des 2 exercices choisis. Les mots clés présents en en-tête de chaque exercice, peuvent l'aider à effectuer son choix.

Les numéros des exercices traités doivent apparaître clairement sur la copie.

EXERCICE I - ÉTUDES DE MANŒUVRES AVEC UN GYROPODE

Mots clés : description d'un mouvement, mouvement circulaire, deuxième loi de Newton.

Un gyropode est un véhicule électrique monoplace constitué d'une plateforme munie de deux roues et d'un manche de conduite (figure 1).

L'objectif est d'étudier, de manière simplifiée, deux manœuvres effectuées en conduisant un gyropode.

La masse totale du système {gyropode et conducteur} a pour valeur 110 kg.



Figure 1. Gyropode.

Le conducteur d'un gyropode circule en ligne droite sur une grande place à la vitesse de $16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Avant de contourner une fontaine circulaire, il freine entre A et B (figure 2), diminuant sa vitesse à $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en 1,1 s.

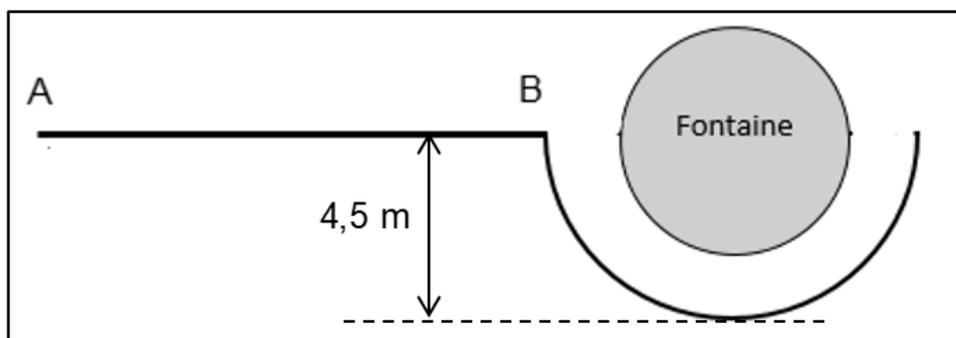


Figure 2. Schéma de la situation.

Le vecteur accélération est considéré constant entre A et B.

1. Déterminer la direction et le sens du vecteur accélération entre A et B et montrer que sa valeur est environ $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.
2. Calculer la distance parcourue du point A au point B.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

On note \vec{F}_T l'ensemble des forces de frottement considéré constant quelle que soit la masse du conducteur et de ses équipements, et ceci durant la totalité de la phase de freinage entre A et B.

3. Déterminer, en détaillant le raisonnement, la valeur F_T de la force \vec{F}_T .
4. À l'aide de la deuxième loi de Newton, discuter l'efficacité du freinage entre A et B si le conducteur avait porté un sac à dos de 10 kg, les forces de frottements n'ayant pas varié. Aucun calcul n'est attendu.

Le conducteur cherche à contourner la fontaine en faisant un mouvement circulaire à la vitesse constante de $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

5. Justifier l'existence d'un vecteur accélération du système alors que la valeur de la vitesse reste constante et donner les caractéristiques de ce vecteur accélération en précisant sa direction, son sens et sa valeur.

Lors d'un mouvement circulaire avec ce gyropode, l'accélération ne doit pas dépasser $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ pour éviter tout basculement.

6. Préciser, en présentant un raisonnement, si le freinage entre A et B était nécessaire pour éviter un basculement.

EXERCICE II - UTILISATION D'UN AVERTISSEUR SONORE

Mots clés : phénomènes acoustiques

Un gyropode, véhicule électrique monospace (figure 1), est équipé d'un avertisseur capable d'émettre un signal sonore de fréquence 500 Hz et d'une puissance sonore de 80 mW. Lors de son utilisation, le niveau d'intensité sonore mesuré à 1,0 m devant le véhicule est de 100 dB.

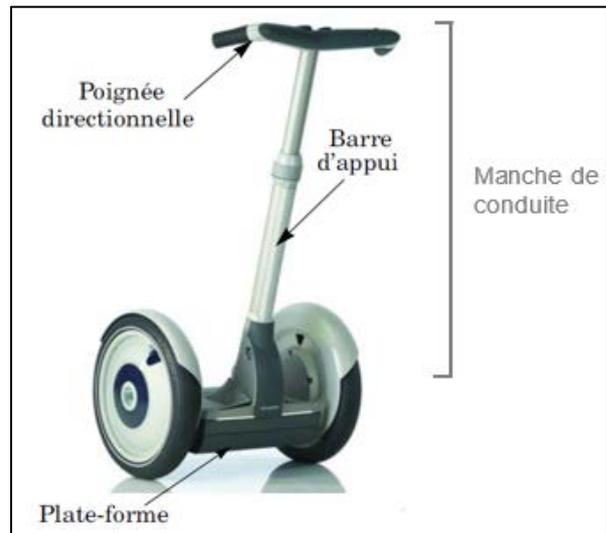


Figure 1. Gyropode.

Données :

- intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- vitesse du son dans l'air : $v_{\text{son}} = 3,4 \times 10^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1. Expliquer sans calcul ni formalisme mathématique l'origine de l'atténuation du niveau d'intensité sonore si la distance entre la source et l'émetteur augmente. Un schéma d'illustration simple est attendu.

Dans le cas d'une source sonore omnidirectionnelle (qui émet la même énergie dans toutes les directions), l'intensité sonore I à la distance d de la source est $I = \frac{P}{4 \times \pi \times d^2}$ où P est la puissance sonore de la source.

2. Calculer la puissance sonore associée à un niveau sonore de 100 dB à 1,0 m d'une source omnidirectionnelle. En déduire si l'avertisseur étudié est une source omnidirectionnelle.

Un promeneur, de dos par rapport au véhicule, écoute, avec un casque, de la musique à un niveau sonore de 85 dB.

Il marche sur la chaussée quand le conducteur actionne l'avertisseur pour prévenir de son arrivée. On considère que l'intensité sonore due à l'avertisseur qui parvient aux oreilles du promeneur est de $8,0 \times 10^{-5} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

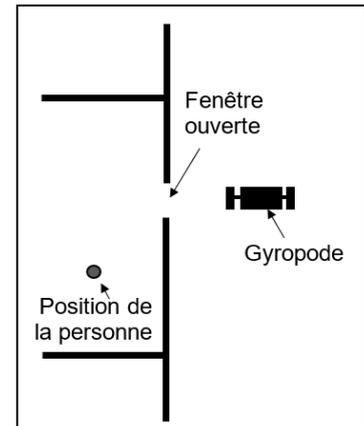
Données :

- on admet qu'un son n'est pas perceptible par rapport à un autre si la valeur absolue de la différence de leurs niveaux d'intensité sonore est supérieure ou égale à 6 dB.

3. Déterminer si le promeneur entend distinctement le signal émis par l'avertisseur sonore.
4. Une personne située dans un bâtiment fermé à proximité n'entend pas du tout l'avertisseur sonore. Expliquer brièvement, en utilisant un vocabulaire scientifique rigoureux, le type d'atténuation mis en jeu.

Une autre personne située dans le même bâtiment entend très distinctement l'avertisseur sonore. Sa position dans la pièce est indiquée sur le schéma ci-contre :

5. Nommer le phénomène physique qui intervient à travers l'ouverture et, à l'aide d'un calcul, justifier qu'il se produit.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.



EXERCICE III - L'INTÉRÊT ÉNERGETIQUE D'UNE PAC

Mots clés : bilans énergétiques, premier principe de la thermodynamique, transfert thermique, travail

Avant la commercialisation d'une pompe à chaleur (PAC), le bureau d'étude d'une entreprise de chauffage étudie son fonctionnement et ses performances.

Une PAC est un dispositif technique destinée à assurer le chauffage d'un habitat à partir d'une source externe (l'air, le sol ou l'eau) dont la température est inférieure à celle du système à chauffer. La PAC assure le transfert thermique d'un milieu froid vers un milieu chaud, c'est à dire l'inverse du sens naturel.

Pour fonctionner, la pompe à chaleur reçoit de l'énergie complémentaire. Les PAC consomment donc de l'électricité ou du gaz.

La pompe à chaleur étudiée ici (figure 1) est constituée d'un circuit fermé et étanche dans lequel circule un fluide caloporteur, à l'état liquide ou gazeux selon les organes qu'il traverse.

Le fluide caloporteur est un système physique qui prélève depuis l'air extérieur par transfert thermique, de « l'énergie aérothermique » et qui cède une quantité d'énergie, encore par transfert thermique au logement à chauffer.

Pour fonctionner, une PAC absorbe de l'énergie en recevant un travail électrique, nécessaire aux fonctionnements du compresseur, du détendeur et à la circulation du fluide caloporteur décrivant une boucle fermée appelée cycle.

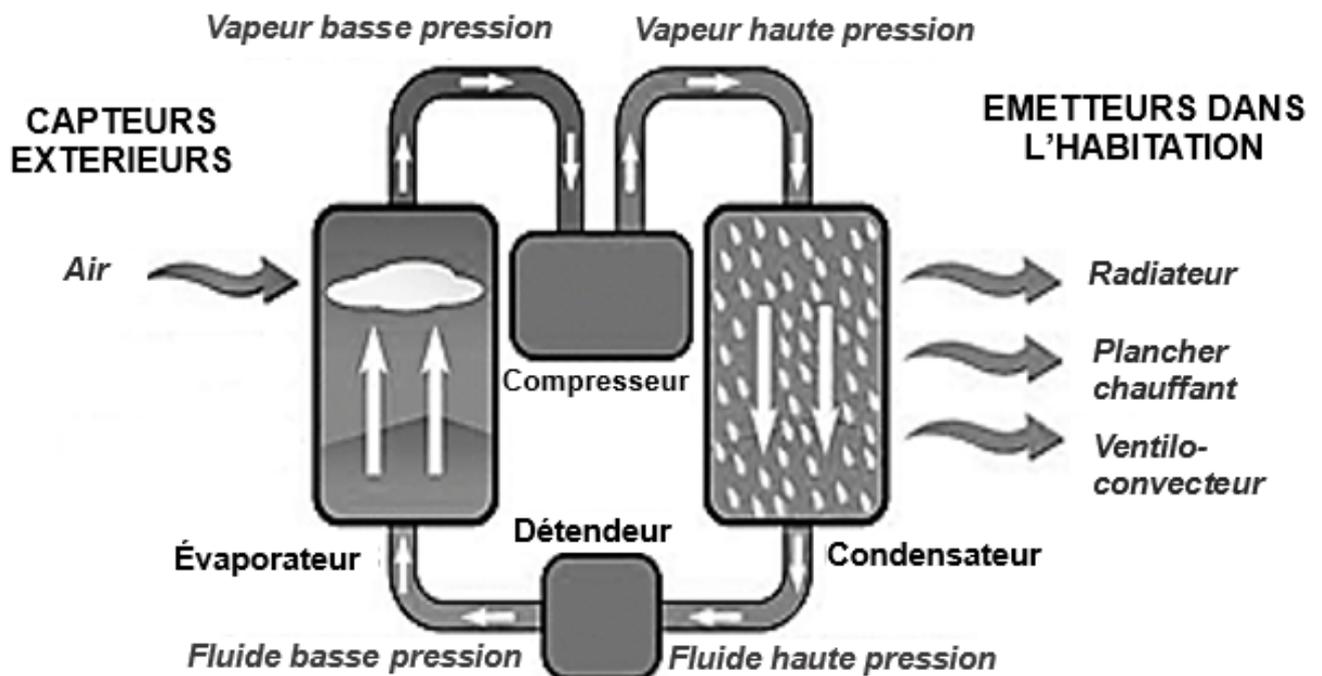


Figure 1. Fonctionnement d'une pompe à chaleur.

Le coefficient de performance, ou CoP, d'une PAC est défini comme le quotient entre la valeur absolue de l'énergie utile, c'est-à-dire la valeur du transfert thermique cédé à la source à chauffer, et l'énergie électrique consommée nécessaire à son fonctionnement. Le CoP d'une PAC dépend de la technologie employée.

Le système d'étude choisi ici est le fluide caloporteur. Il subit des cycles de transformations au cours desquels il passe successivement de l'état liquide à l'état gazeux, et inversement.

À la fin de chaque cycle parcouru, le fluide caloporteur de la PAC se retrouve dans le même état physique qu'au début du cycle, les températures et pressions sont donc les mêmes.

1. Q_F , Q_C et W_e sont les deux transferts thermiques et le travail algébriquement reçu par le fluide caloporteur, respectivement de l'air extérieur, du logement à chauffer et du réseau électrique. Recopier sur la copie le schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur (figure 2) et le compléter avec les termes suivants : source froide, source chaude, réseau électrique, Q_F , Q_C , et W_e .

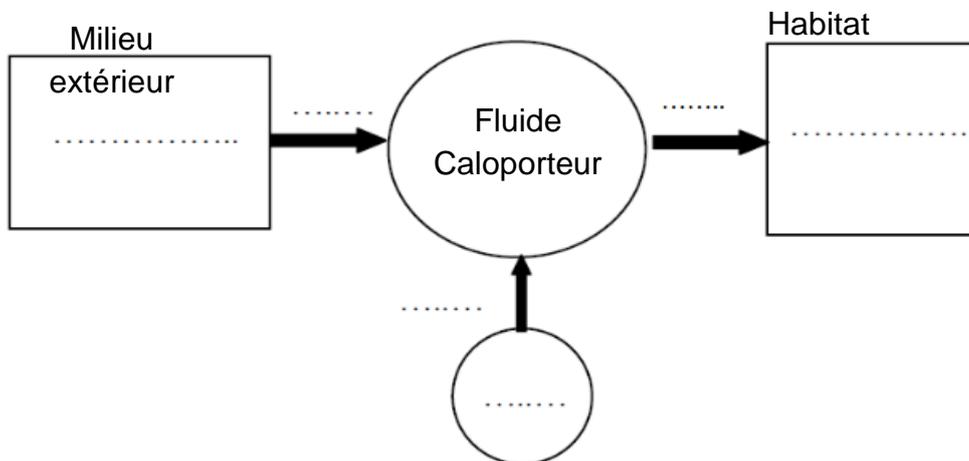


Figure 2. Schéma de la chaîne énergétique d'une pompe à chaleur.

2. Indiquer, en expliquant, la valeur de la variation d'énergie interne ΔU du système {fluide caloporteur} au cours d'un nombre entier de cycles thermiques.
3. À partir du premier principe de la thermodynamique appliqué au système {fluide caloporteur}, établir la relation entre Q_F , Q_C et W_e .

La pompe à chaleur étudiée est telle que les transferts d'énergie mis en jeu au cours d'un cycle de transformations, sous forme thermique, vérifient la relation : $Q_F = \frac{-2 \times Q_C}{3}$.

4. À partir de cette dernière relation, vérifier que la valeur du CoP dans le cas étudié est égale à 3.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

Le transfert thermique cédé par un radiateur électrique est considéré comme égal au travail électrique fourni.

5. En déduire l'intérêt d'une pompe à chaleur en comparant la consommation électrique d'une PAC à celle d'un radiateur électrique pour un même chauffage du logement.