BURHAN

Lois de Newton : exercices, application

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Version en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/lois-de-newton/exercices/application

Chapitre	Palier	Exercices
Lois de Newton	Application	8

Exercice 1

Vitesse et accélération d'un robot tondeuse

Un robot tondeuse se déplace sur une pelouse horizontale. Dans un repère $(O;\vec{i},\vec{j})$ lié au sol, les équations horaires de son centre d'inertie G sont, pour $0 \le t \le 2{,}5\,\text{s}$:

$$x(t) = 0{,}050\,t^3 + 0{,}30\,t$$

$$y(t) = 0{,}60\,t$$

avec x et y en mètres et t en secondes.

1.

Exprimer les coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse de G.

INDICE

Outil : les coordonnées de la vitesse sont les dérivées des équations horaires par rapport au temps.

CORRIGÉ

Dérivées. $v_x = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ et $v_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$, et la dérivée de t^3 est $3t^2$:

$$v_x = 0{,}15\,t^2 + 0{,}30$$

$$v_y = 0{,}60$$

Conclusion. Les coordonnées du vecteur vitesse sont $v_x(t) = 0{,}15\,t^2 + 0{,}30$ et $v_y(t) = 0{,}60$, en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2.

Calculer la valeur de la vitesse de G à l'instant $t_1 = 1{,}5\,\text{s}$.

INDICE

Début : calcule v_x et v_y à t_1. **Ensuite :** $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

CORRIGÉ

Coordonnées. $v_x = 0{,}15 \times 1{,}5^2 + 0{,}30 \approx 0{,}64\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $v_y = 0{,}60\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Valeur.

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$
$$v = \sqrt{0{,}64^2 + 0{,}60^2}$$
$$v \approx 0{,}88\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Conclusion. À l'instant t_1, la vitesse de G vaut environ $0{,}88\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, avec deux chiffres significatifs comme les données.

3.

Exprimer $a_x(t)$ et $a_y(t)$, puis calculer la valeur de l'accélération à l'instant t_1.

INDICE

Outil : les coordonnées de l'accélération sont les dérivées de celles de la vitesse.

CORRIGÉ

Coordonnées. $a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = 0{,}30\,t$ et $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = 0$.

Valeur à t_1. $a_y = 0$, donc $a = a_x$:

$$a = 0{,}30 \times 1{,}5$$
$$a \approx 0{,}45\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

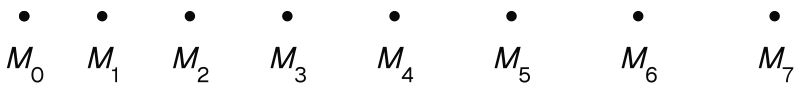
Conclusion. À l'instant t_1, l'accélération vaut environ $0{,}45\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$; elle est portée par $\vec{i}$.

Exercice 2

Vitesses d'une petite voiture sur un enregistrement

On filme une petite voiture à friction lâchée sur un parquet horizontal. Le pointage donne les positions successives M_0 à M_7 de son centre d'inertie, séparées par la durée $\tau = 40\,\text{ms}$. Sur le document, $1\,\text{cm}$ représente $5\,\text{cm}$ en réalité. Le tableau donne la distance $x_i = M_0M_i$ mesurée sur le document.

Position	x_i (cm)
M_0	0
M_1	$0{,}80$
M_2	$1{,}70$
M_3	$2{,}70$
M_4	$3{,}80$
M_5	$5{,}00$
M_6	$6{,}30$
M_7	$7{,}70$



Positions successives de la petite voiture

1.

Calculer la vitesse v_2 du centre d'inertie à la position M_2.

INDICE

Outil : $v_2 \approx \dfrac{M_1M_3}{2\tau}$, avec la distance réelle. **Point délicat :** multiplie la distance du document par 5.

CORRIGÉ

Distance. Sur le document, $M_1M_3 = x_3 - x_1 = 2{,}70 - 0{,}80 = 1{,}90\,\text{cm}$. En réalité, $M_1M_3 = 5 \times 1{,}90 = 9{,}50\,\text{cm}$, soit $9{,}50 \times 10^{-2}\,\text{m}$.

Vitesse. Avec $2\tau = 0{,}080\,\text{s}$:

$$\begin{aligned} v_2 &\approx \frac{M_1M_3}{2\tau} \\ v_2 &\approx \frac{9{,}50 \times 10^{-2}\,\text{m}}{0{,}080\,\text{s}} \\ v_2 &\approx 1{,}2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Conclusion. En M_2, la vitesse du centre d'inertie vaut environ $1{,}2\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, avec deux chiffres significatifs comme τ.

2.

Calculer de même la vitesse v_5 à la position M_5.

INDICE

Outil : la même méthode, avec les positions M_4 et M_6 qui encadrent M_5.

CORRIGÉ

Distance. Sur le document, $M_4M_6 = 6{,}30 - 3{,}80 = 2{,}50\,\text{cm}$, soit $12{,}5\,\text{cm}$ en réalité, c'est-à-dire $0{,}125\,\text{m}$.

Vitesse.

$$\begin{aligned} v_5 &\approx \frac{M_4M_6}{2\tau} \\ v_5 &\approx \frac{0{,}125\,\text{m}}{0{,}080\,\text{s}} \\ v_5 &\approx 1{,}6\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Conclusion. En M_5, la vitesse vaut environ $1{,}6\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3.

Préciser la nature du mouvement du centre d'inertie entre M_0 et M_7.

INDICE

Outil : regarde la forme de la trajectoire, puis l'évolution des distances entre positions successives.

CORRIGÉ

Trajectoire. Les positions sont alignées : le mouvement est rectiligne.

Distances. Les distances entre positions successives augmentent : $0{,}80\,\mathrm{cm}$, puis $0{,}90\,\mathrm{cm}$, puis $1{,}00\,\mathrm{cm}$ sur le document. De plus, $v_5 > v_2$.

Conclusion. Le mouvement est rectiligne et accéléré.

Exercice 3

Accélération de la valve d'une roue de vélo

Un vélo est fixé sur un support d'entraînement : sa roue arrière tourne sans que le vélo avance.

La valve V de la roue décrit un cercle de rayon $R = 0{,}34\,\mathrm{m}$ autour de l'axe, à raison de $4{,}0$ tours par seconde, à vitesse de valeur constante. On étudie son mouvement dans le référentiel du support, lié au sol.

1.

Calculer la valeur v de la vitesse de la valve.

INDICE

Outil : en un tour, la valve parcourt $2\pi R$; elle fait $n = 4{,}0$ tours en une seconde.

CORRIGÉ

Distance par seconde. La valve parcourt n fois la circonférence par seconde : $v = 2\pi R n$.

Application numérique. Avec $R = 0{,}34\,\mathrm{m}$ et $n = 4{,}0\,\mathrm{s^{-1}}$:

$$v = 2\pi \times 0{,}34 \times 4{,}0$$
$$v \approx 8{,}5\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

Conclusion. La valve se déplace à environ $8{,}5\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

2.

Donner la direction et le sens du vecteur accélération de la valve, puis calculer sa valeur.

INDICE

Outil : l'accélération d'un mouvement circulaire uniforme. **Point délicat :** garde la valeur non arrondie de v.

CORRIGÉ

Direction et sens. Le mouvement est circulaire et uniforme : l'accélération est centripète, dirigée de la valve vers l'axe de la roue.

Valeur. Avec $v \approx 8{,}55\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ non arrondie :

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{8{,}55^2}{0{,}34}$$
$$a \approx 2{,}1 \times 10^2\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

Conclusion. L'accélération de la valve est centripète, de valeur environ $2{,}1 \times 10^2\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

3.

Comparer cette accélération à l'intensité de la pesanteur $g = 9{,}80\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

INDICE

Outil : calcule le quotient $\dfrac{a}{g}$.

CORRIGÉ

Quotient. $\dfrac{a}{g} \approx \dfrac{215}{9{,}80} \approx 22$.

Conclusion. L'accélération de la valve vaut environ 22 fois l'intensité de la pesanteur, alors que la valeur de sa vitesse ne change pas.

Exercice 4

Accéléré ou retardé : le signe d'un produit scalaire

Un bateau télécommandé évolue sur un bassin. Dans un repère orthonormé $(O;\vec{i},\vec{j})$ lié au bassin, on relève, à trois instants, les coordonnées de la vitesse et de l'accélération de son centre d'inertie.

Instant	$\vec{v}$ en $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$	$\vec{a}$ en $\mathrm{m\cdot s^{-2}}$
t_1	$(3{,}0;\,4{,}0)$	$(-2{,}0;\,1{,}0)$
t_2	$(1{,}5;\,-2{,}0)$	$(2{,}4;\,1{,}8)$
t_3	$(-2{,}0;\,0{,}50)$	$(-1{,}0;\,0{,}40)$

1.

Calculer le produit scalaire $\vec{a}\cdot\vec{v}$ à chacun des trois instants.

INDICE

Outil : dans un repère orthonormé, $\vec{a}\cdot\vec{v}=a_xv_x+a_yv_y$.

CORRIGÉ

Instant t_1. $\vec{a}\cdot\vec{v}=(-2{,}0)\times 3{,}0+1{,}0\times 4{,}0=-2{,}0\,\mathrm{m^2\cdot s^{-3}}$.

Instant t_2. $\vec{a}\cdot\vec{v}=2{,}4\times 1{,}5+1{,}8\times(-2{,}0)=3{,}6-3{,}6=0$.

Instant t_3. $\vec{a}\cdot\vec{v}=(-1{,}0)\times(-2{,}0)+0{,}40\times 0{,}50=2{,}2\,\mathrm{m^2\cdot s^{-3}}$.

Conclusion. Le produit scalaire vaut $-2{,}0\,\mathrm{m^2\cdot s^{-3}}$ en t_1, 0 en t_2 et $2{,}2\,\mathrm{m^2\cdot s^{-3}}$ en t_3.

2.

En déduire la nature du mouvement aux instants t_1 et t_3.

INDICE

Outil : le signe de $\vec{a}\cdot\vec{v}$ indique si la valeur de la vitesse augmente ou diminue.

CORRIGÉ

Instant t_1. $\vec{a}\cdot\vec{v}<0$: à cet instant, la vitesse perd de sa valeur.

Instant t_3. $\vec{a}\cdot\vec{v}>0$: à cet instant, la vitesse gagne en valeur.

Conclusion. Le mouvement du bateau est retardé à l'instant t_1 et accéléré à l'instant t_3.

3.

À l'instant t_2, le produit scalaire est nul. Peut-on en conclure que le mouvement est uniforme ? Justifier.

INDICE

Point délicat : relis la condition exacte qui donne un mouvement uniforme.

CORRIGÉ

Condition. Un mouvement est uniforme si $\vec{a} \cdot \vec{v} = 0$ à chaque instant d'un intervalle de temps.

Ici. Le produit n'est nul qu'à l'instant t_2 : l'accélération y est perpendiculaire à la vitesse, et la valeur de la vitesse ne varie pas à cet instant précis. Rien ne dit qu'elle reste constante ensuite.

Conclusion. Non : on ne peut pas conclure que le mouvement est uniforme.

Exercice 5

Accélération d'un palet de hockey poussé par une crosse

Sur une patinoire horizontale, une joueuse pousse un palet de masse $m = 0{,}160\,\text{kg}$ avec sa crosse. Pendant la poussée, la crosse exerce sur le palet une force horizontale $\vec{F}$, dans le sens du mouvement, de valeur $F = 2{,}6\,\text{N}$.

La glace exerce une réaction verticale $\vec{R}_N$ et une force de frottement horizontale $\vec{f}$, opposée au mouvement, de valeur $f = 0{,}10\,\text{N}$. On prend $g = 9{,}80\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

1.

Faire le bilan des forces extérieures appliquées au palet pendant la poussée.

INDICE

Outil : nomme le système et le référentiel, puis chaque corps qui agit sur le palet.

CORRIGÉ

Système et référentiel. Le système est le palet ; on l'étudie dans le référentiel terrestre, supposé galiléen.

Forces. Le poids $\vec{P}$, exercé par la Terre ; la réaction $\vec{R}_N$ et le frottement $\vec{f}$, exercés par la glace ; la force $\vec{F}$, exercée par la crosse.

Conclusion. Quatre forces extérieures s'exercent sur le palet : $\vec{P}$, $\vec{R}_N$, $\vec{f}$ et $\vec{F}$.

2.

En projetant la deuxième loi de Newton sur un axe vertical orienté vers le haut, calculer la valeur de $\vec{R}_N$.

INDICE

Point délicat : le mouvement est horizontal, donc la coordonnée verticale de l'accélération est nulle.

CORRIGÉ

Loi. $\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{F} = m\,\vec{a}_G$.

Projection verticale. Seuls $\vec{P}$ et $\vec{R}_N$ ont une coordonnée verticale, et $a_z = 0$: $R_N - P = 0$, donc $R_N = mg$.

Application numérique.

Avec $m = 0{,}160\,\text{kg}$ et $g = 9{,}80\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$:

$$R_N = 0{,}160 \times 9{,}80$$
$$R_N \approx 1{,}57\,\text{N}$$

Conclusion. La glace exerce sur le palet une réaction verticale d'environ $1{,}57\,\text{N}$.

3.

En projetant la deuxième loi sur un axe horizontal orienté dans le sens du mouvement, calculer l'accélération du palet.

INDICE

Outil : sur cet axe, $\vec{F}$ compte positivement et $\vec{f}$ négativement.

CORRIGÉ

Projection. $F - f = m\,a_G$, donc

$$a_G = \frac{F - f}{m}$$

Application numérique.

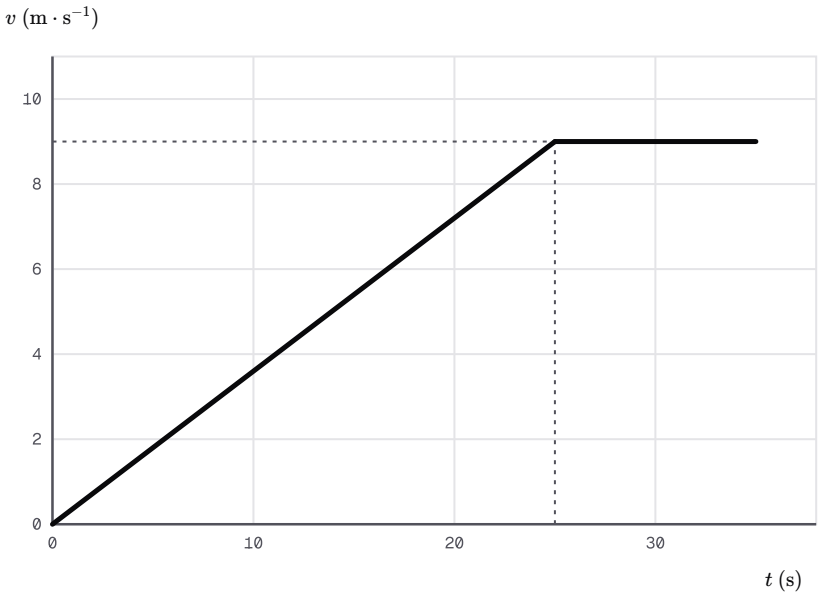
$$a_G = \frac{2{,}6\,\mathrm{N} - 0{,}10\,\mathrm{N}}{0{,}160\,\mathrm{kg}}$$
$$a_G \approx 16\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$$

Conclusion. Pendant la poussée, l'accélération du palet vaut environ $16\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$, dans le sens du mouvement ; deux chiffres significatifs, comme F.

Exercice 6

Démarrage d'un tramway : de la courbe v(t) à la force

Un tramway de masse $m = 4{,}2 \times 10^{4}\,\mathrm{kg}$ démarre sur une voie rectiligne et horizontale. Le document donne la valeur v de la vitesse de son centre d'inertie en fonction du temps, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.



Vitesse du tramway au démarrage

1.

Déterminer, à partir du document, l'accélération du tramway pendant les vingt-cinq premières secondes.

INDICE

Outil : sur une portion rectiligne de $v(t)$, $a_G = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$, avec deux points éloignés.

CORRIGÉ

Lecture. Entre $t = 0$ et $t = 25\,\mathrm{s}$, la courbe est une droite qui passe par $(0\,;0)$ et $(25\,;9{,}0)$.

Pente.

$$a_G = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$a_G = \frac{9{,}0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}{25\,\mathrm{s}}$$
$$a_G \approx 0{,}36\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$$

Conclusion. Pendant les vingt-cinq premières secondes, l'accélération du tramway vaut environ $0{,}36\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$; c'est une lecture graphique, donc une valeur approchée.

2.

En appliquant la deuxième loi de Newton, calculer la valeur de la somme des forces extérieures appliquées au tramway pendant cette phase.

INDICE

Outil : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}_G$, projetée sur l'axe du mouvement.

CORRIGÉ

Loi. Le système est le tramway, dans le référentiel terrestre supposé galiléen : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}_G$. La somme a la direction et le sens de l'accélération, vers l'avant.

Application numérique. $\sum F = m\,a_G = 4{,}2 \times 10^{4} \times 0{,}36$, soit

$$\sum F \approx 1{,}5 \times 10^{4}\ \text{N}$$

Conclusion. Pendant le démarrage, la somme des forces extérieures vaut environ $1{,}5 \times 10^{4}\ \text{N}$, vers l'avant.

3.

Que vaut la somme des forces extérieures entre $t = 25\ \text{s}$ et $t = 35\ \text{s}$? Justifier.

INDICE

Outil : lis la valeur de la vitesse sur cette phase, puis applique la deuxième loi.

CORRIGÉ

Lecture. La vitesse reste égale à $9{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ sur une voie rectiligne : le mouvement est rectiligne uniforme, donc $\vec{a}_G = \vec{0}$.

Conclusion. D'après la deuxième loi de Newton, $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$ entre $25\ \text{s}$ et $35\ \text{s}$: les forces qui s'exercent sur le tramway se compensent.

Exercice 7

Une mangeoire suspendue : forces qui se compensent et forces réciproques

Une mangeoire à oiseaux de masse $m = 0{,}80\,\text{kg}$, remplie de graines, est suspendue à une branche par un fil vertical. Elle est immobile dans le référentiel terrestre, supposé galiléen. On prend $g = 9{,}80\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

1.

Faire le bilan des forces exercées sur la mangeoire et calculer leurs valeurs.

INDICE

Outil : la mangeoire est immobile, donc son accélération est nulle.

CORRIGÉ

Bilan. Le poids $\vec{P}$, exercé par la Terre, vertical vers le bas ; la tension $\vec{T}$, exercée par le fil, verticale vers le haut.

Poids. $P = mg = 0{,}80 \times 9{,}80 \approx 7{,}8\,\text{N}$.

Tension. La mangeoire est immobile : $\vec{a}_G = \vec{0}$. D'après la deuxième loi, $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$, donc $T = P \approx 7{,}8\,\text{N}$.

Conclusion. La mangeoire subit son poids et la tension du fil, de même valeur, environ $7{,}8\,\text{N}$.

2.

Pour chacune de ces deux forces, décrire la force réciproque : corps qui l'exerce, corps qui la subit, direction, sens et valeur.

INDICE

Outil : la troisième loi, $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$; nomme les deux corps de chaque interaction.

CORRIGÉ

Poids. En notant B la mangeoire, $\vec{P} = \vec{F}_{\text{Terre}/B}$. Sa réciproque est $\vec{F}_{B/\text{Terre}}$: la mangeoire attire la Terre, force appliquée à la Terre, verticale vers le haut, de valeur $7{,}8\,\text{N}$.

Tension. $\vec{T} = \vec{F}_{\text{fil}/B}$. Sa réciproque est $\vec{F}_{B/\text{fil}}$: force appliquée au fil, verticale vers le bas, de valeur $7{,}8\,\text{N}$.

Conclusion. Chaque force a une réciproque de même valeur, $7{,}8\,\text{N}$, appliquée à l'autre corps de l'interaction : la Terre ou le fil.

3.

Le poids et la tension forment-ils un couple de forces réciproques ? Justifier.

INDICE

Point délicat : deux forces réciproques s'exercent sur deux corps différents.

CORRIGÉ

Deux interactions. $\vec{P}$ et $\vec{T}$ s'exercent toutes deux sur la mangeoire et proviennent de deux interactions différentes : Terre et mangeoire, fil et mangeoire.

Pourquoi elles se compensent. Elles ont même valeur parce que la mangeoire est immobile (deuxième loi), et non en vertu de la troisième loi.

Conclusion. Non : le poids et la tension ne forment pas un couple de forces réciproques.

Exercice 8

Rôle de la masse et équation aux dimensions du newton

1.

À partir de la deuxième loi de Newton, établir l'équation aux dimensions d'une force, puis exprimer le newton en unités de base.

INDICE

Outil : $[a] = \mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-2}$ et la dimension d'une masse est notée M.

CORRIGÉ

Dimensions. D'après la deuxième loi, une force a la dimension d'une masse multipliée par une accélération : $[F] = \mathrm{M} \cdot \mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-2}$.

Conclusion. Une force a pour dimension $\mathrm{M} \cdot \mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-2}$, et $1\,\mathrm{N} = 1\,\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$.

2.

Une même somme des forces, de valeur $1{,}5\,\mathrm{kN}$, s'applique successivement à une barque de masse $750\,\mathrm{kg}$ et à un voilier de masse $2{,}5\,\mathrm{t}$. Calculer l'accélération de chacun, puis conclure sur le rôle de la masse.

INDICE

Début : convertis les kilonewtons en newtons et les tonnes en kilogrammes. **Outil :** $a_G = \dfrac{\sum F}{m}$.

CORRIGÉ

Loi. Chaque bateau est étudié dans le référentiel terrestre, supposé galiléen : $a_G = \dfrac{\sum F}{m}$.

Barque. $a_1 = \dfrac{1{,}5 \times 10^3\,\mathrm{N}}{750\,\mathrm{kg}} = 2{,}0\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$.

Voilier. Avec $2{,}5\,\mathrm{t} = 2{,}5 \times 10^3\,\mathrm{kg}$: $a_2 = \dfrac{1{,}5 \times 10^3\,\mathrm{N}}{2{,}5 \times 10^3\,\mathrm{kg}} = 0{,}60\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}$.

Rôle de la masse. Sous la même somme des forces, le voilier, plus lourd, accélère un peu plus de trois fois moins que la barque.

Conclusion. Plus la masse est grande, plus la vitesse est difficile à modifier : la masse traduit l'inertie du corps.

3.

Vérifier que l'expression $\dfrac{mv^2}{R}$, où v est une vitesse et R une longueur, est homogène à une force.

INDICE

Outil : $[v] = \mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-1}$; compare le résultat à celui de la question 1.

CORRIGÉ

Calcul. $\left[\dfrac{mv^2}{R}\right] = \dfrac{\mathrm{M} \cdot \mathrm{L}^2 \cdot \mathrm{T}^{-2}}{\mathrm{L}} = \mathrm{M} \cdot \mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-2}$.

Conclusion. C'est la dimension d'une force : l'expression est homogène à une force.