Exercices

*Exercices **1** à **23** corrigés à la fin du manuel de l'élève.*

*Exercices **24** à **26** corrigés dans le manuel de l'élève.*

27 a. Le système {drone} est soumis à :

- son poids $\vec{P}$, vertical et orienté vers le bas de norme $P = mg$;

- la force de poussée $\vec{F}$, verticale et orientée vers le haut de norme $F = 0{,}80$ N.

On applique la deuxième loi de Newton au système {drone} dans le référentiel terrestre supposé galiléen :

$$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$$

En projection sur l'axe (Oy), cela donne $-P + F = ma_y$.

On en déduit $a_y = \frac{F - P}{m} = \frac{F - mg}{m} = \frac{F}{m} - g$

Par intégration par rapport au temps, on obtient :

$v_y(t) = \left(\frac{F}{m} - g\right)t + A$ où A est une constante.

D'après les conditions initiales, $v_y(0) = 0$ m·s⁻¹ donc $A = 0$ m·s⁻¹.

L'expression de v_y est alors $v_y(t) = \left(\frac{F}{m} - g\right)t$.

On intègre de nouveau par rapport au temps, et on obtient $y(t) = \frac{1}{2}\left(\frac{F}{m} - g\right)t^2 + B$ où B est une constante.

D'après les conditions initiales, $y(0) = h$.

On en déduit $B = h$ et donc l'expression de y devient :

$y(t) = \frac{1}{2}\left(\frac{F}{m} - g\right)t^2 + h$

b. Soit τ la durée au bout de laquelle le drone touche le sol. On peut écrire : $y(\tau) = \frac{1}{2}\left(\frac{F}{m} - g\right)\tau^2 + h = 0$

soit : $\frac{1}{2}\left(g - \frac{F}{m}\right)\tau^2 = h$ puis $\tau^2 = \frac{2h}{g - \frac{F}{m}}$

On en conclut : $\tau = \sqrt{\frac{2h}{g - \frac{F}{m}}} = 5{,}6$ s

c. Sachant que $v_y(t) = \left(\frac{F}{m} - g\right)t$, la vitesse du drone à l'instant où le drone touche le sol est :

$v_y(\tau) = \left(\frac{F}{m} - g\right)\tau = -14$ m·s⁻¹

Le signe négatif signifie que la vitesse est orientée dans le sens opposé à l'axe (Oy).

Sa norme vaut 14 m·s⁻¹.

28 a. La masse de l'air est négligeable devant la masse de l'eau. Le centre de masse est donc situé dans l'eau.

b. La masse des voiles et du mât est négligeable devant la masse de la partie basse du bateau (coque, machinerie, équipage, etc.). Le centre de masse est donc situé dans la partie basse.

c. La masse est principalement contenue dans les anneaux extérieurs plutôt que dans la barre centrale. Par symétrie, le centre de masse correspond au centre géométrique de l'haltère.

*Exercice **29** corrigé à la fin du manuel de l'élève.*

30 1. a. La norme de la force électrostatique qu'exerce le proton sur l'électron vaut :

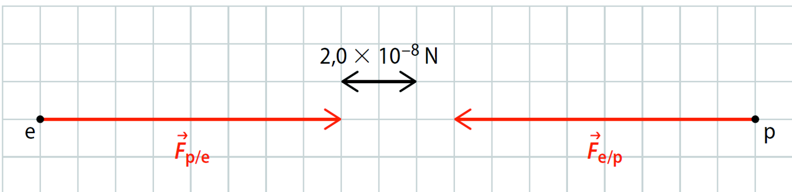
$$F_{p/e,\text{élec}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_p q_e|}{d^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{d^2} = 8{,}99 \times 10^9 \times \frac{(1{,}602 \times 10^{-19})^2}{(53 \times 10^{-12})^2} = 8{,}2 \times 10^{-8}\ \text{N}$$

Cette force est dirigée selon l'axe passant par le proton et l'électron et est orientée de l'électron vers le proton. Cette force est attractive.

b. La norme qu'exerce l'électron sur le proton est la même que celle calculée précédemment :

$F_{e/p,\text{élec}} = F_{p/e,\text{élec}} = 8{,}2 \times 10^{-8}$ N Cette force est dirigée selon le même axe mais orientée du proton vers l'électron. Elle est attractive.

c.



2. a. La norme de la force gravitationnelle qu'exerce le proton sur l'électron vaut :

$$F_{p/e,\text{grav}} = G\frac{m_p m_e}{d^2} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{1{,}67 \times 10^{-27} \times 9{,}11 \times 10^{-31}}{(53 \times 10^{-12})^2} = 3{,}6 \times 10^{-47}\ \text{N}$$

Cette force est dirigée selon l'axe passant par le proton et l'électron et est orientée de l'électron vers le proton. Cette force est attractive.

b. La norme qu'exerce l'électron sur le proton est la même que celle calculée précédemment :

$F_{e/p,\text{grav}} = F_{p/e,\text{grav}} = 3{,}6 \times 10^{-47}$ N Cette force est dirigée selon le même axe mais orientée du proton vers l'électron. Elle est attractive.

On ne peut pas représenter cette force sur le même schéma étant donné que la force gravitationnelle est de l'ordre de 10^{-47} N, tandis que la force électrique est de l'ordre de 10^{-7} N.

On ne peut pas représenter avec la même échelle deux grandeurs dont l'une est 10^{40} fois l'autre.

3. Un atome d'hydrogène est composé d'un proton et d'un électron.

Sa masse vaut $m = m_p + m_e = m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg, comme la masse de l'électron est négligeable devant la masse du proton. Le poids de l'atome d'hydrogène est donc : $P = mg = 1{,}64 \times 10^{-26}$ kg

31 1. Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel un système, qui n'est soumis à aucune force ou à des forces dont la somme est nulle, est au repos ou en mouvement rectiligne uniforme.
2. a. Le référentiel ne peut pas être considéré comme galiliéen car le mouvement est accéléré.
b. Le référentiel ne peut pas être considéré comme galiliéen car le mouvement est ralenti.
c. Le référentiel peut être considéré comme galiliéen car le mouvement est rectiligne et uniforme.

32 a. La table est immobile par rapport au référentiel terrestre qui est galiléen. La table peut donc, elle aussi, être considirée comme un référentiel galiléen.

b. La trousse est soumise à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, et la réaction normale de la table $\vec{R}$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut.
c. La trousse est immobile donc on peut appliquer la première loi de Newton.
d. On en déduit : $\vec{P}+\vec{R}=\vec{0}$
soit, en projection verticale : $R - P = 0$
d'où $P = R = mg = 0{,}300 \times 9{,}81 = 2{,}94$ N.

33 a. La pierre de curling est soumise à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, et la réaction normale du sol $\vec{R}$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut.
b. Les deux forces s'exerçant sur la pierre sont dirigées selon l'axe vertical. Comme la pierre ne s'élève pas ou ne s'enfonce pas dans le sol, on en déduit que la somme vectorielle de ces deux forces est nulle, d'après la première loi de Newton. On a donc $\vec{P}+\vec{R}=\vec{0}$ soit, en projection verticale $R - P = 0$ d'où $P = R = mg = 177$ N.
c. La somme vectorielle des forces est nulle. Comme la pierre a été lancée, elle possède une vitesse initiale non nulle, d'après le principe d'inertie, elle est donc animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

*Exercice **34** corrigé à la fin du manuel de l'élève.*

35 a. On se place dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. Le satellite est animé d'un mouvement circulaire et uniforme.
b. Le satellite n'est soumis qu'à une seule force, la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre $\vec{F}_{T/S}$ avec :

$$F_{T/S} = G\frac{m_T m_S}{(r_T+h)^2} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \frac{5{,}97\times10^{24}\times200\times10^{3}}{(6\,378\times10^{3}+250\times10^{3})^{2}}$$

$F_{T/S} = 1{,}81 \times 10^6$ N
Cette force est dirigée selon l'axe Terre-satellite et orienté du satellite vers la Terre donc selon $-\vec{u}$.
On peut écrire $\vec{F}_{T/S} = -F_{T/S}\,\vec{u}$.
c. D'après la deuxième loi de Newton appliquée au satellite, on peut écrire $\vec{F}_{T/S} = m\vec{a}$, où $\vec{a}$ est le vecteur accélération du centre de masse du satellite.
La norme du vecteur accélération vaut alors :

$$a = \frac{F_{T/S}}{m} = \frac{1{,}81\times10^{6}}{200\times10^{3}} = 9{,}06\ \text{m·s}^{-2}$$

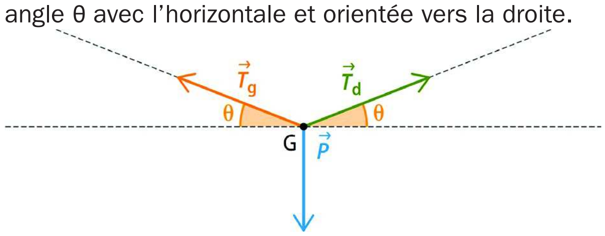
Le vecteur accélération est dirigée selon $-\vec{u}$.

*Exercice **36** corrigé à la fin du manuel de l'élève.*

37 Pour les systèmes suivants, le point qui représente le mieux le centre de masse est :
1. Situation 1 : le point A qui est le centre géométrique du cube.
2. Situation 2 :
a. le point E qui est le centre géométrique du cerf-volant ;
b. le point C qui est le centre de masse du surfeur muni de sa planche ;
c. le point D qui est le centre de masse de l'ensemble.
3. Situation 3 : le point G qui est situé à proximité de la tête beaucoup plus lourde que le manche.

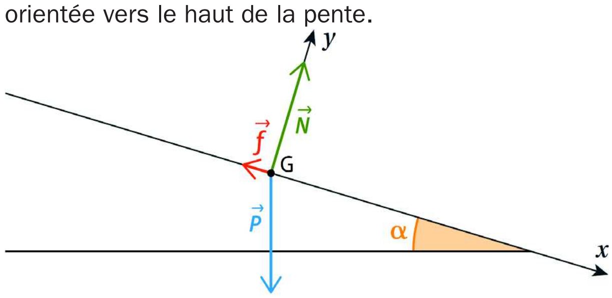
*Exercice **38** corrigé à la fin du manuel de l'élève.*

39 a. Le système est soumis :
- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme $P = mg = 4{,}8 \times 9{,}81 = 47$ N ;
- à la force de tension de la corde de gauche $\vec{T}_g$, dirigée selon l'axe de la corde de gauche formant un angle θ avec l'horizontale et orientée vers la gauche ;
- à la force de tension de la corde de droite $\vec{T}_d$, dirigée selon l'axe de la corde de droite formant un angle θ avec l'horizontale et orientée vers la droite.



b. Le système est immobile, donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire $\vec{T}_g+\vec{T}_d+\vec{P}=\vec{0}$.
On projette selon l'axe horizontal : $T_d\cos\theta - T_g\cos\theta = 0$
On peut en déduire que la force de tension de la corde est la même : $T_d = T_g = T$
On projette selon l'axe vertical : $T\sin\theta + T\sin\theta - P = 0$
donc $T = \frac{P}{2\sin\theta} = \frac{mg}{2\sin\theta} = \frac{4{,}8\times9{,}81}{2\sin(8{,}0°)} = 1{,}7 \times 10^2$ N.
c. Quand θ tend vers 0, la force T tend vers l'infini.

40 1. a. La voiture est soumise :
- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme $P = mg = 1{,}23 \times 10^4$ N ;
- à la réaction normale du sol $\vec{N}$, dirigée selon (Oy) et orientée vers le haut ;
- à la force de frottement $\vec{f}$, dirigée selon (Ox) et orientée vers le haut de la pente.

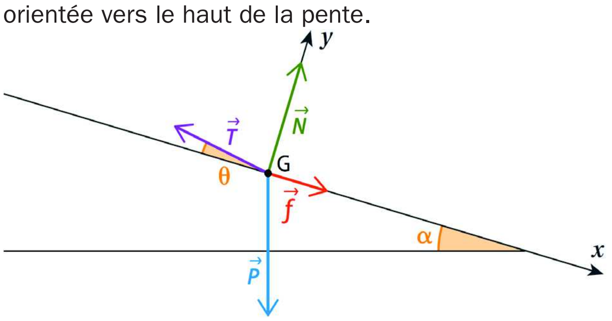


b. La voiture est immobile donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{P}+\vec{N}+\vec{f}=\vec{0}$

On projette selon l'axe (Ox) : $-f + P\sin\alpha = 0$
On en déduit :
$f = P\sin\alpha = mg\sin\alpha = 1\,250 \times 9{,}81 \times \sin(16{,}7°)$
$f = 3{,}52 \times 10^3$ N
On projette selon l'axe (Oy) : $N - P\cos\alpha = 0$
On en déduit :
$N = P\cos\alpha = mg\cos\alpha = 1\,250 \times 9{,}81 \times \cos(16{,}7°)$
$N = 1{,}17 \times 10^4$ N

2. La voiture est désormais soumise :

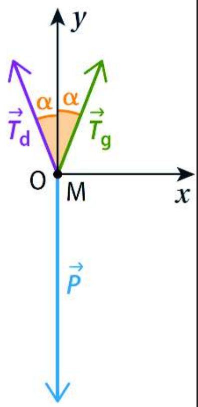
- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme $P = mg = 1{,}23 \times 10^4$ N ;
- à la réaction normale du sol $\vec{N}$, dirigée selon (Oy) et orientée vers le haut ;
- à la force de frottement $\vec{f}$, dirigée selon (Ox) et orientée vers le bas de la pente ;
- à la force de tension du câble $\vec{T}$, dirigée selon l'axe du câble formant un angle θ avec l'axe (Ox) et orientée vers le haut de la pente.



La voiture est animée d'un mouvement rectiligne et uniforme donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{P} + \vec{N} + \vec{f} + \vec{T} = \vec{0}$
On projette selon l'axe (Ox) : $f + P\sin\alpha - T\cos\theta = 0$
On en déduit : $f = T\cos\theta - mg\sin\alpha$
$f = 6{,}60 \times 10^3 \times \cos(10{,}0°) - 1\,250 \times 9{,}81 \times \sin(16{,}7°)$
$f = 2{,}98 \times 10^3$ N
On projette selon l'axe (Oy) : $N + T\sin\theta - P\cos\alpha = 0$
On en déduit : $N = mg\cos\alpha - T\sin\theta$
$N = 1\,250 \times 9{,}81 \times \cos(16{,}7°) - 6{,}60 \times 10^3 \times \sin(10{,}0°)$
$N = 1{,}06 \times 10^4$ N

41 a. Le lustre est soumis :

- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme $P = mg = 3{,}5 \times 9{,}81 = 34$ N ;
- à la force de tension du câble de gauche $\vec{T}_g$, dirigée selon l'axe du câble de gauche formant un angle α avec la verticale et orientée vers le haut ;
- à la force de tension du câble de droite $\vec{T}_d$, dirigée selon l'axe du câble de droite formant un angle α avec la verticale et orientée vers le haut.

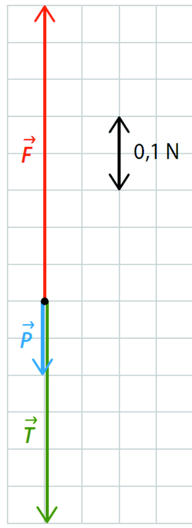


b. Le lustre est immobile donc, d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{T}_g + \vec{T}_d + \vec{P} = \vec{0}$
On projette selon l'axe (Ox) : $T_g\sin\alpha - T_d\sin\alpha = 0$
On peut en déduire que la force de tension de la corde est la même : $T_d = T_g = T$
On projette selon l'axe (Oy) : $T\cos\alpha + T\cos\alpha - P = 0$
donc $T = \dfrac{P}{2\cos\alpha} = \dfrac{mg}{2\cos\alpha} = \dfrac{3{,}5 \times 9{,}81}{2 \times \cos(5{,}0°)} = 17$ N.

42 a. Le ballon est soumis :

- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme :
$P = mg = 10 \times 10^{-3} \times 9{,}81 = 0{,}10$ N ;
- à la force de tension du fil $\vec{T}$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le bas ;
- à la somme des forces pressantes $\vec{F}_A$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut, de norme $F_A = 0{,}4$ N.

b. Le ballon est immobile donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_A = \vec{0}$
En projetant selon l'axe vertical, cette expression donne : $-mg - T + F_A = 0$
donc $T = F_A - mg$
$T = 0{,}4 - 10 \times 10^{-3} \times 9{,}81 = 0{,}3$ N
c. Voir schéma ci-contre.



43 1. a. Le parachutiste est soumis :

- à son poids $\vec{P}_1$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme :
$P_1 = m_1g = 70{,}0 \times 9{,}81 = 687$ N ;
- à la force de tension du parachute $\vec{T}_1$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut.

b. Le parachutiste est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{P}_1 + \vec{T}_1 = \vec{0}$
En projetant selon l'axe vertical, cette expression donne $-P_1 + T_1 = 0$ donc $T_1 = P_1 = 687$ N.

2. a. Le parachute est soumis :

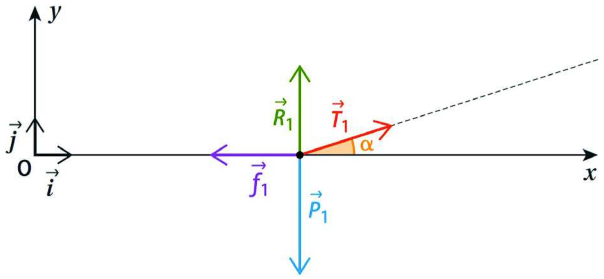
- à son poids $\vec{P}_2$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme :
$P_2 = m_2g = 15{,}0 \times 9{,}81 = 147$ N ;
- à la force de tension du parachutiste $\vec{T}_2$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le bas ;
- à la force de frottement avec l'air $\vec{f}_2$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut (opposée au mouvement).

b. D'après la troisième loi de Newton, la force exercée par le parachute sur le parachutiste est opposée à la force exercée par le parachutiste sur le parachute et est de même norme : $\vec{T}_2 = -\vec{T}_1$
Donc la force exercée par le parachutiste sur le parachute vaut $T_2 = T_1 = 687$ N. Cette force est orientée selon l'axe vertical et vers le bas.
c. Le parachute est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{P}_2 + \vec{T}_2 + \vec{f}_2 = \vec{0}$
En projetant selon l'axe vertical, cette expression donne : $-P_2 - T_2 + f_2 = 0$
donc $f_2 = P_2 + T_2 = 687 + 147 = 834$ N.

44 1. a. Le système est soumis :

- à son poids $\vec{P}_1$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme :
$P_1 = m_1g = 65{,}0 \times 9{,}81 = 638$ N ;

- à la réaction normale de l'eau $\vec{R}_1$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut ;
- à la force de frottement $\vec{f}_1$, dirigée selon l'axe horizontal et orientée dans le sens opposé au mouvement, de norme f_1 = 500 N ;
- à la force de tension du câble $\vec{T}_1$, dirigée selon l'axe du câble formant un angle α avec l'axe horizontal et orientée dans le sens du mouvement.



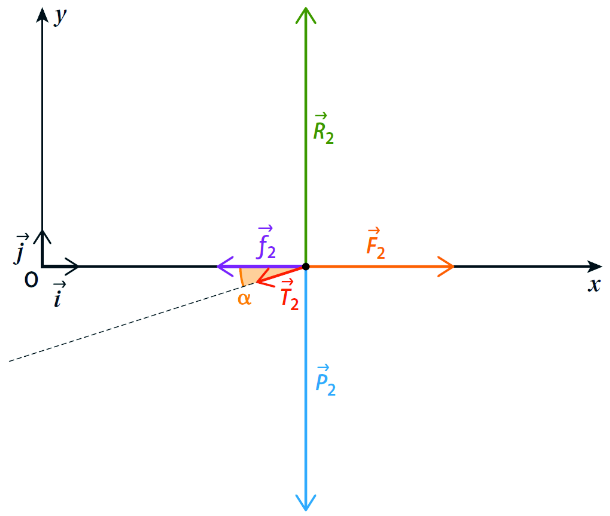
b. Le système est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{P}_1 + \vec{R}_1 + \vec{f}_1 + \vec{T}_1 = \vec{0}$

On projette selon l'axe (Ox) : $-f_1 + T_1\cos\alpha = 0$

On en déduit : $T_1 = \dfrac{f_1}{\cos\alpha} = \dfrac{500}{\cos(10{,}0°)} = 508$ N

Ainsi, la force $\vec{T}_1$ est dirigée selon l'axe du câble, orientée de Laurence vers le bateau et a pour norme T_1 = 508 N.

2. a. Le système est soumis :
- à son poids $\vec{P}_2$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme :
$P_2 = m_2 g$ = 700 × 9,81 = 6,87 × 10³ N ;
- à la réaction normale de l'eau $\vec{R}_2$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut ;
- à la force de frottement $\vec{f}_2$, dirigée selon l'axe horizontal et orientée dans le sens opposé au mouvement, de norme f_2 = 2,50 × 10³ N ;
- à la force de tension du câble $\vec{T}_2$, dirigée selon l'axe du câble formant un angle α avec l'axe horizontal et orientée dans le sens opposé au mouvement ;
- à la force de poussée du bateau $\vec{F}_2$, dirigée selon l'axe horizontal et orientée dans le sens du mouvement.



b. D'après la 3ᵉ loi de newton, la force qu'exerce Laurence sur le câble est opposée à la force qu'exerce le câble sur Laurence mais de même norme : $\vec{T}_2 = -\vec{T}_1$

Ainsi, la force $\vec{T}_2$ est dirigée selon l'axe du câble, orientée du bateau vers Laurence et a pour norme $T_2 = T_1$ = 508 N.

c. Le système {bateau} est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme donc d'après la première loi de Newton, on peut écrire : $\vec{P}_2 + \vec{R}_2 + \vec{f}_2 + \vec{T}_2 + \vec{F}_2 = \vec{0}$

On projette selon l'axe (Ox) : $-f_2 - T_2\cos\alpha + F_2 = 0$

On en déduit : $F_2 = f_2 + T_2\cos\alpha$

F_2 = 2,50 × 10³ + 508 × cos(10,0°) = 3,00 × 10³ N

Ainsi, la force $\vec{F}_2$ est dirigée selon l'axe horizontal, orientée dans le sens du mouvement et a pour norme F_2 = 3,00 × 10³ N.

45 1. a. Le poids de la bille d'acier vaut :
$P = mg$ = 1,1 × 10⁻¹ × 9,81 = 1,1 N

b. Au moment où on lâche la bille, elle est soumise :
- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme P = 1,1 N ;
- à la somme des forces pressantes $\vec{F}_A$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut, de norme F_A = 0,14 N ;
- à cet instant, il n'y a pas de forces de frottement.

Voir schéma en page suivante.

c. D'après la deuxième loi de Newton, on peut écrire, après avoir lâché la bille : $\vec{P} + \vec{F}_A = m\vec{a}$

On projette selon l'axe (Oy) : $-P + F_A = ma$

d'où $a = \dfrac{-P + F_A}{m} = \dfrac{-1{,}1 + 0{,}14}{1{,}1 \times 10^{-1}} = -8{,}5$ m·s⁻².

L'accélération est non nulle et négative. Elle est donc dirigée vers le bas et la bille coule.

2. a. Le poids de la bille de liège vaut :
$P' = m'g$ = 2,8 × 10⁻³ × 9,81 = 2,7 × 10⁻² N

b. Après avoir lâché la bille, elle est soumise :
- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme P = 2,7 ×10⁻² N ;
- à la somme des forces pressantes $\vec{F}_A$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut, de norme F_A = 0,14 N ;
- à cet instant, il n'y a pas de forces de frottement.

Voir schéma en page suivante.

c. D'après la deuxième loi de Newton, on peut écrire, au moment où on lâche la bille : $\vec{P} + \vec{F}_A = m\vec{a}$

On projette selon l'axe (Oy) : $-P + F_A = ma$

d'où $a = \dfrac{-P + F_A}{m} = \dfrac{-0{,}027 + 0{,}14}{2{,}8 \times 10^{-3}} = 40$ m·s⁻².

L'accélération est non nulle et positive. Elle est donc dirigée vers le haut et la bille remonte.

3. Pour que la bille reste immobile, il faudrait une accélération nulle.

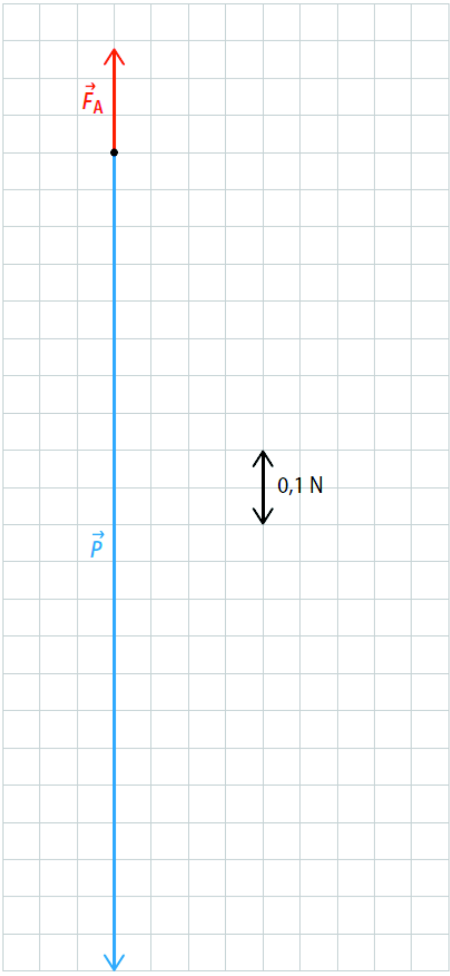
D'après la première loi de Newton :

$\vec{P} + \vec{F}_A = \vec{0}$ soit $-P + F_A = 0$

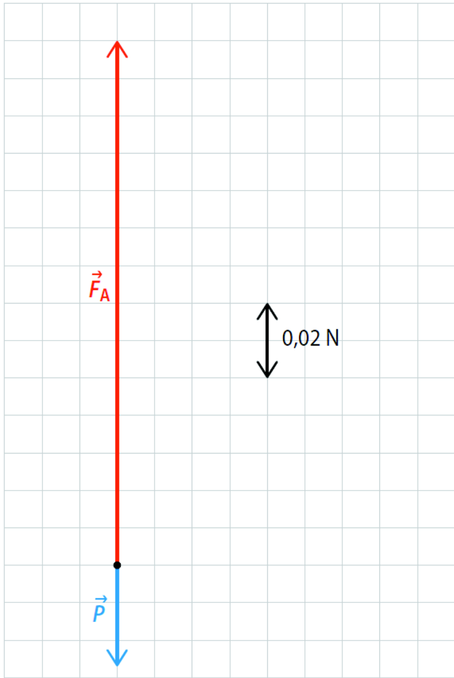
donc $P = mg = F_A$ = 0,14 N.

On en déduit : $m = \dfrac{F_A}{g} = \dfrac{0{,}14}{9{,}81}$ = 1,4 × 10⁻² kg = 14 g.

1. b.



2. b.



46 D'après la deuxième loi de Newton : $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

a. $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ soit $\begin{cases} a_x = \dfrac{F_{1x} + F_{2x}}{m} = \dfrac{2-1}{1} = 1 \text{ m·s}^{-2} \\ a_y = \dfrac{F_{1y} + F_{2y}}{m} = 0 \text{ m·s}^{-2} \end{cases}$

b. $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ soit $\begin{cases} a_x = \dfrac{F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}}{m} = \dfrac{-1}{1} = -1 \text{ m·s}^{-2} \\ a_y = \dfrac{F_{1y} + F_{2y} + F_{3y}}{m} = \dfrac{1{,}5 - 0{,}5}{1} = 1 \text{ m·s}^{-2} \end{cases}$

c. $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ soit $\begin{cases} a_x = \dfrac{F_{1x} + F_{2x}}{m} = \dfrac{-1-1}{1} = -2 \text{ m·s}^{-2} \\ a_y = \dfrac{F_{1y} + F_{2y}}{m} = \dfrac{0{,}5 - 1{,}5}{1} = -1 \text{ m·s}^{-2} \end{cases}$

*Exercice **47** corrigé à la fin du manuel de l'élève.*

48 a. Par définition, une accélération est une variation de vitesse en une durée donnée.

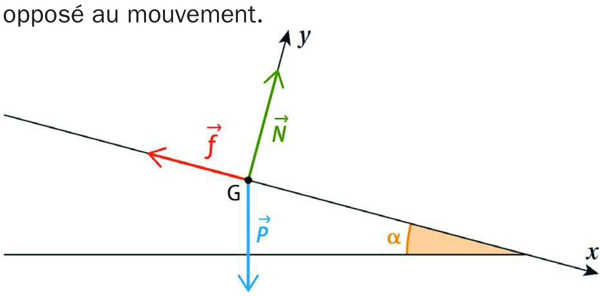
Ici, $a = \dfrac{v_f - v_0}{\Delta t} = \dfrac{-v_0}{\Delta t} = \dfrac{-9{,}0}{3{,}0} = -3{,}0 \text{ m·s}^{-2}$.

Le vecteur accélération est dirigé selon l'axe de la pente, orienté vers le haut de la pente, dans le sens opposé à (Ox) et a pour norme 3,0 m·s^{-2}.

On a donc $a_x = -3{,}0$ m·s^{-2} et $a_y = 0$ m·s^{-2}.

b. Le skieur est soumis :

- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme $P = mg = 785$ N ;
- à la réaction normale du sol $\vec{N}$, dirigée selon (Oy) et orientée vers le haut ;
- à la force de frottement $\vec{f}$, dirigée selon (Ox) et orientée vers le haut de la pente, dans le sens opposé au mouvement.



On utilise la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen, sur le système {skieur} : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{N} = m\vec{a}$

On projette selon l'axe (Ox) : $-f + P\sin\alpha = ma_x$

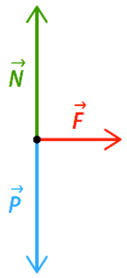
On en déduit :

$f = mg\sin\alpha - m\,a_x = 80 \times 9{,}81 \times \sin(15°) + 80 \times 3{,}0$

$f = 4{,}4 \times 10^2$ N

49 a. La voiture est soumise :

- à son poids $\vec{P}$, force verticale dirigée vers le bas de norme $P = mg$;
- à la réaction normale du sol $\vec{N}$, force verticale dirigée vers le haut ;
- à la force de frottement des roues avec le sol $\vec{F}$, force horizontale dirigée dans le sens du mouvement.



b. La deuxième loi de Newton s'écrit :

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F} = m\vec{a}$$

Selon l'axe vertical, on peut écrire $-P + N = 0$ puisqu'il n'y a pas d'accélération verticale. Les forces $\vec{P}$ et $\vec{N}$ se compensent.

On projette selon l'axe horizontal : $F = ma$

donc $F = 950 \times 3{,}2 = 3{,}04 \times 10^3$ N. Cette force est horizontale et dirigée dans le sens du mouvement.

c. $a_x = \dfrac{dv_x}{dt}$ donc par intégration :

$v_x = \dfrac{F}{m}t + A$ où A est une constante.

D'après les conditions initiales, $v_x(t = 0) = A = 0$

donc $v_x(t) = \dfrac{F}{m}t$.

Au bout de $t_1 = 5$ s, la vitesse vaut :

$$v_x(t_1) = \frac{F}{m}t_1 = \frac{3{,}04 \times 10^3}{950} \times 5{,}0 = 16 \text{ m·s}^{-1}$$

d. De même, $v_x = \dfrac{dx}{dt}$ donc par intégration :

$x = \dfrac{F}{2m}t^2 + B$ où B est une constante.

D'après les conditions initiales, $x(t = 0) = B = 0$

donc $x(t) = \dfrac{F}{2m}t^2$.

Au bout de $t_1 = 5$ s, la distance parcourue vaut :

$$x(t_1) = \frac{F}{2m}t_1^2 = \frac{3{,}04 \times 10^3}{2 \times 950} \times 5{,}0^2 = 40 \text{ m}$$

50 a. Le système est soumis :

- à son poids $\vec{P}$, dirigé selon l'axe vertical et orienté vers le bas, de norme :
$P = mg = 120 \times 9{,}81 = 1{,}18 \times 10^3$ N ;
- à la force de poussée $\vec{F}$, dirigée selon l'axe vertical et orientée vers le haut.

On applique la deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$

Pour que le système décolle, il faut que l'accélération soit positive le long de l'axe vertical ascendant. Il faut donc $a_y > 0$ ce qui implique $P_y + F_y > 0$. En projection le long de l'axe vertical, cette expression donne $F > P$ soit $F > 1{,}18 \times 10^3$ N. La norme de la force de poussée doit donc être supérieure à $1{,}18 \times 10^3$ N.

b. D'après la deuxième loi de Newton, on peut écrire $\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$. On projette cette équation le long de l'axe vertical : $-P + F = ma$

On en déduit :

$$a = \frac{F - P}{m} = \frac{1{,}66 \times 10^3 - 1{,}18 \times 10^3}{120} = 4{,}00 \text{ m·s}^{-2}$$

c. $a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = a$ donc par intégration :

$v_y(t) = at + A$ où A est une constante.

D'après les conditions initiales, $v_y(t = 0) = A = 0$

donc $v_y(t) = at$.

De même, $v_y = \dfrac{dy}{dt}$ donc par intégration :

$y(t) = \dfrac{a}{2}t^2 + B$ où B est une constante.

D'après les conditions initiales, $y(t = 0) = B = 0$

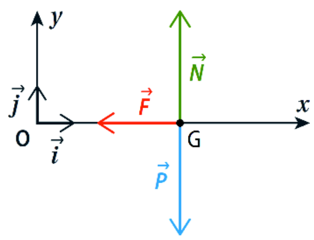
donc $y(t) = \dfrac{a}{2}t^2$.

d. L'ascension est terminée au bout d'un temps $t_1 = 3{,}0$ s. À cet instant, l'altitude atteinte vaut

$y_1(t_1) = \dfrac{a}{2}t_1^2 = \dfrac{4{,}00}{2} \times 3{,}0^2 = 18$ m et la vitesse vaut $v_y(t_1) = v_1 = at_1 = 12 \text{ m·s}^{-1}$.

51 a. Le système est soumis :

- à son poids $\vec{P}$, force verticale dirigée vers le bas de norme $P = mg$;
- à la réaction normale de la route $\vec{N}$, force verticale dirigée vers le haut ;
- à la force de frottement $\vec{F}$, force horizontale dirigée dans le sens opposé au mouvement.



On néglige les frottements avec l'air.

b. La deuxième loi de Newton s'écrit :

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F} = m\vec{a}$$

Selon l'axe (Oy), on peut écrire $-P + N = 0$ puisqu'il n'y a pas d'accélération verticale. Les forces $\vec{P}$ et $\vec{N}$ se compensent. On projette selon l'axe (Ox) :

$-F = ma_x$ soit $a_x = \dfrac{-F}{m}$.

$a_x = \dfrac{dv_x}{dt}$ et $v_x = \dfrac{dx}{dt}$ donc par intégration :

$v_x = \dfrac{-F}{m}t + A$ et $x = \dfrac{-F}{2m}t^2 + At + B$

où A et B sont des constantes.

D'après les conditions initiales :

$v_x(t = 0) = A = v_0$ et $x(t = 0) = B = 0$

Les équations horaires de la vitesse et de la position sont donc : $v_x = \dfrac{-F}{m}t + v_0$ et $x(t) = \dfrac{-F}{2m}t^2 + v_0 t$

c. Le vélo est à l'arrêt après une durée τ au bout de laquelle la vitesse est nulle, soit $v_x(\tau) = \dfrac{-F}{m}\tau + v_0 = 0$

et donc $\tau = \dfrac{mv_0}{F}$.

d. On remplace dans l'équation de x, on obtient :

$$x(\tau) = d = \frac{-F}{2m}\left(\frac{mv_0}{F}\right)^2 + v_0 \times \frac{mv_0}{F} = \frac{mv_0^2}{2F}.$$

On peut donc en déduire l'expression $F = \dfrac{mv_0^2}{2d}$.

En utilisant les valeurs données dans l'énoncé, la norme de la force de frottement vaut alors :

$$F = \frac{mv_0^2}{2d} = \frac{1{,}0 \times 10^2 \times 10^2}{2 \times 5{,}0} = 1{,}0 \times 10^3 \text{ N}$$

52 a. Le système est soumis :

- à son poids $\vec{P}$, force verticale dirigée vers le bas de norme $P = mg$;
- à la réaction normale du support $\vec{N}$, force verticale dirigée vers le haut ;
- à la force de frottement $\vec{f}$, force horizontale dirigée dans le sens opposé au mouvement (selon –(Ox), ici).

b. La deuxième loi de Newton s'écrit $\vec{P} + \vec{N} + \vec{f} = m\vec{a}$.
Selon l'axe (Oy), on peut écrire $-P + N = 0$ puisqu'il n'y a pas d'accélération verticale. Les forces $\vec{P}$ et $\vec{N}$ se compensent.

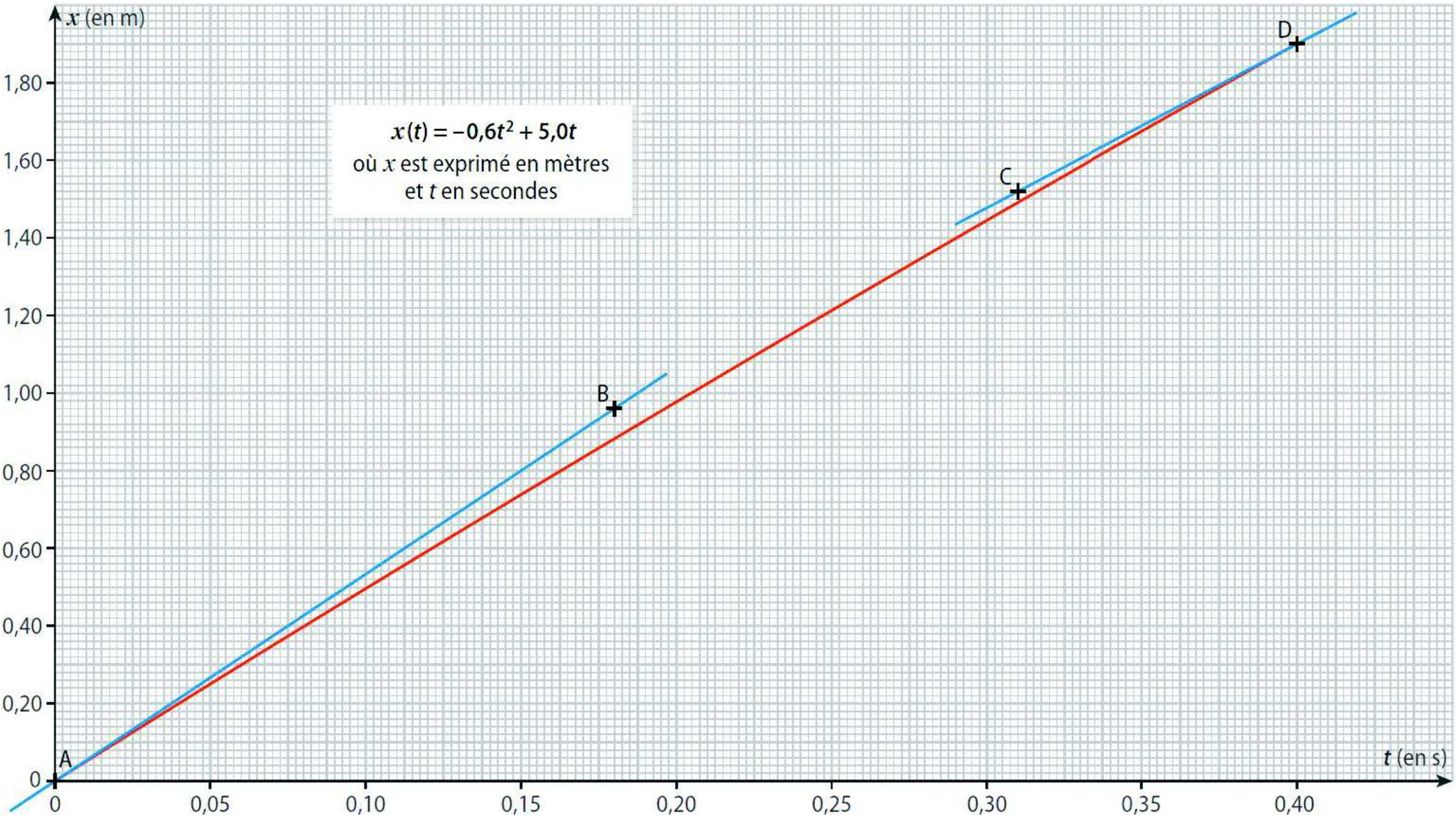
On projette selon l'axe (Ox) : $-f = ma_x$ soit $a_x = \frac{-f}{m}$.

$a_x = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}$ et $v_x = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ donc par intégration :

$v_x = \frac{-f}{m}t + A$ et $x = \frac{-F}{2m}t^2 + At + B$

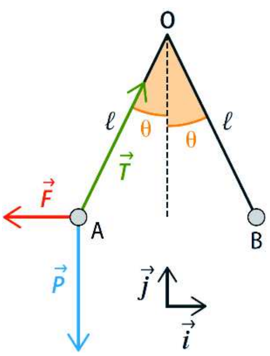
où A et B sont des constantes.
D'après les conditions initiales :
$v_x(t = 0) = A = v_0$ et $x(t = 0) = B = 0$
Les équations horaires de la vitesse et de la position sont donc : $v_x = \frac{-f}{m}t + v_0$ et $x(t) = \frac{-F}{2m}t^2 + v_0t$

c. Par comparaison, on en déduit $\frac{-F}{2m} = -0{,}6\ \mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$
d'où $f = 0{,}6 \times 2 \times m = 0{,}25$ N et $v_0 = 5{,}0\ \mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$.
d. D'après le graphique, la boule touche la paroi au bout d'un temps $t_1 = 0{,}4$ s.
À cet instant, la vitesse de la boule vaut :
$v_1 = v_x(t_1) = \frac{-f}{m}t_1 + v_0 = \frac{-0{,}25}{0{,}209} \times 0{,}4 + 5{,}0 = 4{,}5\ \mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$
e. Graphiquement, on retrouve les valeurs de v_0 et v_1 grâce à leur tangente :
$v_0 = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} = \frac{0{,}96}{0{,}18} = 5{,}3\ \mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$
et $v_1 = \frac{x_D - x_C}{t_D - t_C} = \frac{1{,}90 - 1{,}52}{0{,}40 - 0{,}31} = 4{,}2\ \mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$
On retrouve les résultats attendus aux incertitudes de mesure près.



53 a. La bille A subit :
- son poids $\vec{P} = m\vec{g}$;
- la tension du fil $\vec{T}$;
- la force électrique
$\vec{F} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{\mathrm{AB}^2}\vec{i}$

avec AB = $2\ell\sin\theta$.
b. D'après la première loi de Newton, comme le système est au repos dans le référentiel terrestre supposé galiléen, $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$.



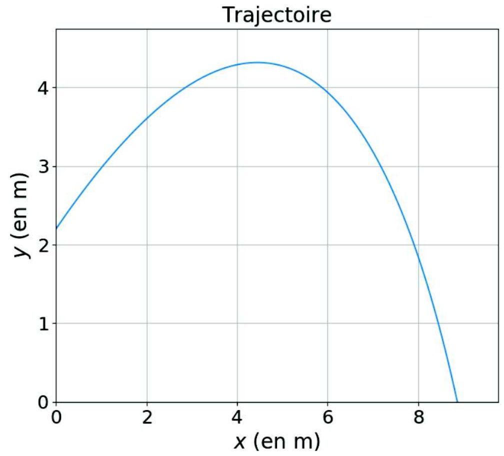
En projection sur $\vec{i}$, cela donne :
$-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{4\ell^2\sin^2\theta} + T\sin\theta = 0$ d'où $T = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{4\ell^2\sin^3\theta}$.
En projection sur $\vec{j}$, on a :
$-mg + T\cos\theta = 0$, d'où $T = \frac{mg}{\cos\theta}$.

Cela donne : $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{4\ell^2\sin^3\theta} = \frac{mg}{\cos\theta}$

d'où $q = \pm\sqrt{\frac{4mg\ell^2\sin^3\theta}{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cos\theta}}$.

c. On calcule $|q| = 4{,}3 \times 10^{-8}$ C.

54



a. • Calcul de la variation du vecteur vitesse : c'est la deuxième loi de Newton qui est utilisée, dans sa version discrète $\Delta\vec{v} = \frac{\Delta t}{m}\vec{F}$, où $\vec{F}$ est la somme des forces subies.

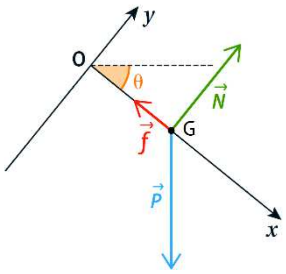
• Calcul du vecteur vitesse à la date $t + \Delta t$: on utilise $\Delta\vec{v}(t) = \vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)$.

• Calcul de la position à la date $t + \Delta t$: on utilise $\vec{v}(t) = \frac{\overrightarrow{OM}(t+\Delta t) - \overrightarrow{OM}(t)}{\Delta t}$.

b. `while y[p] >= 0 :` assure que la boucle tourne tant que le projectile est au-dessus du sol.

c. On ajoute `portee=max(x)`.

55 On étudie le skieur modélisé par son centre de masse G dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Il subit son poids $\vec{P}$, la réaction normale de la piste $\vec{N}$ et les frottements de la piste $\vec{f}$.



En notant $\vec{a}$ l'accélération du système dans le référentiel d'étude, la deuxième loi de Newton s'écrit $m\vec{a} = \vec{P} + \vec{N} + \vec{f}$. En projection sur l'axe (Ox), cela donne $ma_x = -f + mg\sin\theta$.

Si le skieur démarre immobile, alors on peut écrire l'équation horaire de sa vitesse sur l'axe parallèle à la pente, $v_x = \left(g\sin\theta - \frac{f}{m}\right)t$, puis sa position sur cet axe en prenant comme origine la position de démarrage, $x = \frac{1}{2}\left(g\sin\theta - \frac{f}{m}\right)t^2$.

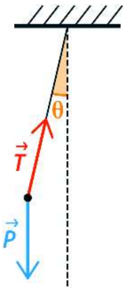
La longueur L est parcourue au bout de la durée t_f telle que $L = \frac{1}{2}\left(g\sin\theta - \frac{f}{m}\right)t_f^2$, d'où $t_f = \sqrt{\frac{2L}{g\sin\theta - \frac{f}{m}}}$.

La vitesse à cette date-là est $v_f = \left(g\sin\theta - \frac{f}{m}\right)t_f$, soit $v_f = \sqrt{2L\left(g\sin\theta - \frac{f}{m}\right)}$.

La norme de la force de frottements de la piste est donc $f = mg\sin\theta - \frac{v_f^2}{2L} = 4{,}9 \times 10^2$ N.

56 1. On étudie le sapin modélisé par un point dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Il subit son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ et la tension du fil $\vec{T}$. D'après la deuxième loi de Newton, $m\vec{a} = \vec{P} + \vec{T}$, où $\vec{a}$ est l'accélération du sapin dans le référentiel terrestre.

En projection sur un axe vertical ascendant, cela donne $0 = -mg + T\cos\theta = 0$, d'où $T = \frac{mg}{\cos\theta}$.



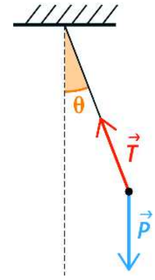
a. L'accélération a pour norme, dans ce cas, $a = \frac{100}{3{,}6 \times 12} = 2{,}3$ m·s^{-2}.

En projection sur un axe horizontal dans le sens de la marche, la deuxième loi de Newton donne :

$ma_x = T\sin\theta$ avec $a_x = a$.

On obtient donc $ma = \frac{mg}{\cos\theta}\sin\theta$

d'où $\tan\theta = \frac{a}{g}$ puis $\theta = 13°$.



b. En projection sur un axe horizontal dans le sens de la marche, la deuxième loi de Newton donne :

$ma_x = -T\sin\theta$ avec $a_x = -a$.

On peut obtenir $v_x = -at + v_0$

avec $v_0 = 100$ km·h^{-1} = 27,8 m·s^{-1}.

Puis $x = -\frac{1}{2}at^2 + v_0t$, distance parcourue pendant le freinage.

L'arrêt a lieu à la date t_f telle que $v_x(t_f) = 0$ d'où $t_f = \frac{v_0}{a}$. La distance d'arrêt est donc :

$L = x(t_f) = -\frac{1}{2}at_f^2 + v_0t_f = \frac{{v_0}^2}{2a}$.

Comme $L = 100$ m, on en déduit $a = \frac{v_0^2}{2L} = 3{,}9$ m·s^{-2}.

On obtient, comme précédemment, $-ma = -\frac{mg}{\cos\theta}\sin\theta$

d'où $\tan\theta = \frac{a}{g}$ puis $\theta = 21°$.

2. L'accélération est alors centripète, de norme $a = \frac{v^2}{R}$ avec $v = 70$ km·h^{-1} = 19 m·s^{-1}.

Le même raisonnement que précédemment en projetant la deuxième loi de Newton sur le vecteur normal du repère de Frenet donne de même $\tan\theta = \frac{a}{g}$ puis $\theta = 21°$.

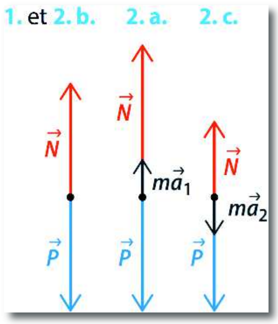
57 1. On étudie la personne dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Elle subit son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ et la réaction normale du support $\vec{N}$. La personne étant immobile dans un référentiel galiléen, $\vec{P} + \vec{N} = \vec{0}$, d'où $\vec{N} = -\vec{P}$. D'après la troisième loi de Newton, la force exercée par la personne sur le pèse-personne est $-\vec{N} = \vec{P}$. La norme de cette force est donc mg, ce qui fait que le pèse-personne affiche bien la masse m de la personne.

2. a. Cette fois-ci, on applique la deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}$ d'où $\vec{N} = m\vec{a}_1 - \vec{P}$.

Le pèse-personne subit donc la force $-\vec{N} = -m\vec{a}_1 + \vec{P}$, de norme $m(g + a_1)$.

La masse affichée est donc $\frac{m(g + a_1)}{g} = 1{,}0 \times 10^2$ kg.

b. Quand l'ascenseur est en mouvement rectiligne et uniforme, tout se passe comme s'il était à l'arrêt, donc le pèse-personne affiche bien m.



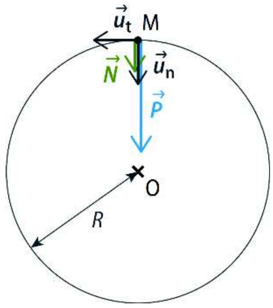
c. Lorsque l'ascenseur freine en arrivant en haut, avec une accélération $\vec{a}_2 = -\vec{a}_1$, on procède de la même façon qu'à la question **2a** : le pèse-personne subit la force $-\vec{N} = -m\vec{a}_2 + \vec{P}$, de norme $m(g - a_2)$.

La masse affichée est donc $\dfrac{m(g-a_2)}{g} = 85$ kg.

d. Lorsque le câble est rompu, si l'accélération est $\vec{a}_3 = \vec{g}$, alors $\vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}_3 = m\vec{g}$ donne $\vec{N} = \vec{0}$: la balance affiche 0 kg.

58 a. L'accélération du système est : $\vec{a} = \dfrac{v^2}{R}\vec{u}_n$

où R est le rayon de la trajectoire et v la norme de la vitesse de la moto.



b. Le système subit son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ et la réaction normale du support $\vec{N}$.

La deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre s'écrit $m\vec{a} = \vec{P} + \vec{N}$, d'où $\vec{N} = m\vec{a} - \vec{P} = m(\vec{a} - \vec{g})$. En projection sur $\vec{u}_n$, cela donne : $N = m(a - g) = m\left(\dfrac{v^2}{R} - g\right)$

Le contact existe tant que $N > 0$, c'est-à-dire tant que $\dfrac{v^2}{R} > g$. La vitesse minimale à laquelle doit rouler le motard est donc $v_{min} = \sqrt{Rg}$.

c. Le rayon de la trajectoire semble voisin de $R = 2$ m. On calcule donc $v_{min} = 4$ m·s^{-1}, voisine de 16 km·h^{-1}.

59 1. a. On étudie la bille ramenée à son centre de masse G dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Elle subit son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ et la force de frottement $\vec{f}$.

La deuxième loi de Newton s'écrit donc :

$m\dfrac{d\vec{v}}{dt} = \vec{P} + \vec{f}$ soit $\dfrac{d\vec{v}}{dt} = \vec{g} - \dfrac{k}{m}\vec{v}$.

On peut écrire aussi ceci : $\dfrac{d\vec{v}}{dt} = -\dfrac{k}{m}\left(\vec{v} - \dfrac{m}{k}\vec{g}\right)$,

qui est bien de la forme proposée avec $\tau = \dfrac{m}{k}$

et $\vec{v}_\ell = \dfrac{m}{k}\vec{g}$.

τ est en secondes puisque $\dfrac{1}{\tau}\vec{v}$ est homogène à une accélération. Et v_ℓ est en mètres par seconde puisque c'est homogène à une vitesse.

b. D'après les expressions du cours, on en déduit $\vec{v} = \vec{v}_\ell + \vec{A}e^{-t/\tau}$.

À $t = 0$ s, $\vec{v} = \vec{0}$, d'où $\vec{A} = -\vec{v}_\ell$ puis $\vec{v} = \vec{v}_\ell\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$.

2. a. On détermine graphiquement τ comme l'abscisse de l'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote horizontale : $\tau = 0{,}09$ s

On détermine v_ℓ comme l'ordonnée de l'asymptote horizontale : $v_\ell = 0{,}9$ m·s^{-1}

b. On en déduit $k = \dfrac{m}{\tau} = 2 \times 10^{-2}$ kg·s^{-1}.

60 1. La goutte subit son poids $\vec{P} = m\vec{g} = \dfrac{4}{3}\pi\rho_h r^3\vec{g}$, la force de frottement $\vec{f} = -6\pi\eta r\vec{v}$ et la force électrique $\vec{F} = q\vec{E}$.

2. Si la goutte est en mouvement rectiligne et uniforme dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, alors : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{F} = \vec{0}$ d'où $\dfrac{4}{3}\pi\rho_h r^3\vec{g} - 6\pi\eta r\vec{v} + q\vec{E} = \vec{0}$.

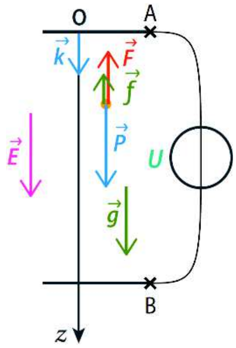
En projection sur l'axe (Oz), cela donne :

$\dfrac{4}{3}\pi\rho_h r^3 g - 6\pi\eta r v_z + qE_z = 0$

d'où $v_z = \dfrac{1}{6\pi\eta r}\left(\dfrac{4}{3}\pi r^3\rho_h g + qE_z\right)$

3. a. Si le champ électrostatique est nul, alors la vitesse s'écrit $v_0 = \dfrac{1}{6\pi\eta r}\left(\dfrac{4}{3}\pi r^3\rho_h g\right)$, d'où l'on déduit :

$r = \sqrt{\dfrac{9\eta v_0}{2\rho_h g}}$



b. La goutte est immobile si la force électrostatique est vers le haut. Comme elle est chargée négativement, cela impose que $\vec{E}$ soit orienté vers le bas. La borne A doit donc être la borne positive du générateur.

La relation de la question **2** avec $v_z = 0$ donne :

$\dfrac{4}{3}\pi r^3\rho_h g + qE_0$ d'où $q = -\dfrac{\frac{4}{3}\pi r^3\rho_h g}{E_0}$.

4. Posons, pour fixer les idées, $\vec{E}_1 = E_1\vec{k}$, vertical vers le bas. La relation de la question **2** donne :

$v_{1z} = \dfrac{1}{6\pi\eta r}\left(\dfrac{4}{3}\pi r^3\rho_h g + qE_1\right)$ et $v_{2z} = \dfrac{1}{6\pi\eta r}\left(\dfrac{4}{3}\pi r^3\rho_h g - qE_1\right)$

En additionnant ces deux relations, il vient :

$v_{1z} + v_{2z} = \dfrac{2}{6\pi\eta r}\left(\dfrac{4}{3}\pi r^3\rho_h g\right)$ d'où $r = \sqrt{\dfrac{9\eta(v_{1z} + v_{2z})}{4\rho_h g}}$.

En soustrayant la deuxième relation à la première, il vient : $v_{1z} - v_{2z} = \dfrac{1}{6\pi\eta r}(2qE_1)$

On en déduit : $q = \dfrac{3\pi\eta r(v_{1z} - v_{2z})}{E_1}$

*Exercice **61** corrigé à l'adresse hatier-clic.fr/pct338*

62 1.1. D'après la deuxième loi de Newton, la somme vectorielle des forces subies par un système est égale au produit de sa masse par son accélération dans un référentiel galiléen. Appliquée à la balle dans le référentiel terrestre, ne subissant que la force $\vec{F}$ dans son trajet entre A et B, cela s'écrit $m\vec{a} = \vec{F}$, où $\vec{a}$ est l'accélération de la balle.

1.2. Entre A et B, l'accélération de la balle est un vecteur constant et sa trajectoire une ligne droite, donc la balle est en mouvement rectiligne et uniformément accéléré.

2.1. En notant $\vec{v}$ le vecteur vitesse de la balle, on peut écrire $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$.

2.2. L'accélération étant constante, elle est égale à l'accélération moyenne entre A et B, de norme :

$a = \frac{v_B}{\Delta t} = \frac{14}{0{,}11} = 1{,}3 \times 10^2 \text{ m·s}^{-2}$

3. On en déduit $F = ma = 20$ N.

Le poids de la balle ayant pour norme $P = mg = 1{,}6$ N, il est inférieur en norme au dixième de F, ce qui peut justifier qu'on le néglige.

63 On étudie le solide de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Il subit son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ et la force de rappel du ressort $\vec{F}$ de norme $F = k\ell_0$. Le système étant à l'équilibre, on applique la première loi de Newton : $\vec{F} + \vec{P} = \vec{0}$ d'où l'on déduit, en projection verticale :

$k\ell_0 - mg = 0$ puis $\ell_0 = \frac{mg}{k}$.

Le tracé de ℓ_0 en fonction de m donne donc une droite qui passe par l'origine, de coefficient directeur $\frac{g}{k}$.

Sur le graphique, on détermine ce coefficient directeur :

$a = \frac{g}{k} = \frac{20{,}5 \times 10^{-2}}{100 \times 10^{-3}} = 2{,}05 \text{ m·kg}^{-1}$

On en déduit $k = \frac{g}{a} = \frac{9{,}8}{2{,}05} = 4{,}8 \text{ N·kg}^{-1}$.

64 1. Le débit massique total est :
$D = 270 + 2 \times 1{,}8 \times 10^3 = 3{,}87 \times 10^3 \text{ kg·s}^{-1}$

Pendant $\Delta t = 2{,}4$ s, la masse éjectée est donc :
$m_{éj} = D\Delta t = 9{,}3 \times 10^3$ kg soit 9,3 tonnes.

La masse au décollage étant $m = 750$ à 780 tonnes, cette masse éjectée est donc négligeable devant la masse initiale de la fusée. On peut donc considérer que la masse totale de la fusée est constante pendant la durée de l'étude.

2. On mesure sur la photo $y_1 = 2{,}0$ cm, puis $y_5 = 2{,}7$ cm. Comme $y_1 = 30{,}1$ m en réalité, on en déduit $y_5 = 30{,}1 \times \frac{2{,}7}{2{,}0} = 41$ m.

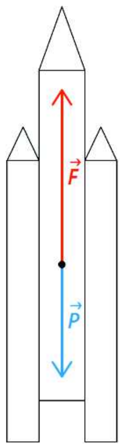
3.1. On peut écrire $v_2 = \frac{33{,}3 - 30{,}1}{1{,}00 - 0{,}20} = 4{,}00 \text{ m·s}^{-1}$.

C'est bien ce qu'on lit sur le graphique à 0,6 s.

3.2. On modélise les points du graphique par une droite. L'accélération de la fusée est le coefficient directeur de la droite et vaut $\frac{15}{2{,}2} = 6{,}8 \text{ m·s}^{-2}$, voisin de 7 m·s^{-2}.

3.3. Le vecteur accélération est vertical car le mouvement est vertical, et orienté vers le haut car la vitesse verticale croît au cours du temps.

4. Voir schéma ci-contre.



5. La fusée subit son poids $\vec{P}$, vertical et vers le bas, de norme $P = mg$, et la force de poussée $\vec{F}$, verticale et vers le haut.

La deuxième loi de Newton s'écrit :
$m\vec{a} = \vec{P} + \vec{F}$ d'où l'on déduit $\vec{F} = m\vec{a} - \vec{P}$, de norme $F = ma + mg = 1{,}3 \times 10^7$ N.

C'est bien cohérent avec les 13 000 kN de poussée annoncés.