Chapitre 5 La deuxième loi de Newton

5.1 La relation entre la force, la masse et l'accélération

1. L'accélération mesure un changement de vitesse. Si la vitesse est constante, elle ne change pas, donc l'accélération est nulle.

2. Cette situation est impossible : un des instruments de la sonde est sûrement défectueux. Si la vitesse de l'objet est nulle et demeure nulle, alors son accélération est aussi nulle et, par conséquent, la force résultante est nulle. Il ne peut donc pas y avoir une seule force qui s'exerce car, si c'était le cas, la force résultante ne serait pas nulle.

3. Comme les deux véhicules subissent des forces de même grandeur $(F_1 = F_2)$ et que l'on connait le rapport de leurs masses $(3m_1 = m_2)$, on peut écrire :

$F_1 = m_1a_1$

$F_2 = m_2a_2$

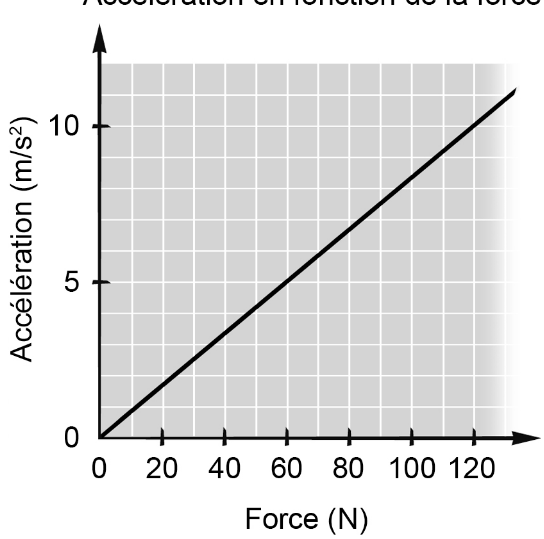
D'où $m_1a_1 = m_2a_2$

On peut alors isoler l'accélération de la première voiture :

$$a_1 = \frac{m_2a_2}{m_1} = \frac{3m_1a_2}{m_1} = 3a_2$$

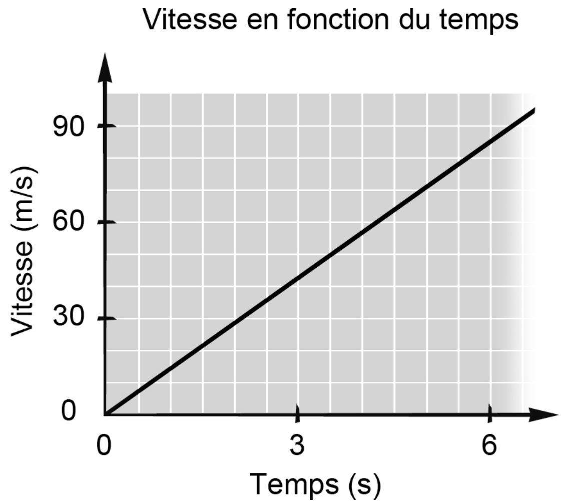
L'accélération de la petite voiture sera trois fois plus grande que celle du camion. Pour un passager prenant place dans la petite voiture, le choc ressenti sera donc trois fois plus important que s'il se trouvait à bord du camion.

4. Accélération en fonction de la force



5.1 La relation entre la force, la masse et l'accélération (*suite*)

5.



6. 1. $a = ?$

2. $m = 15$ kg

$F = 300$ N

3. $F = ma$, d'où $a = F/m$

4. $a = \dfrac{300 \text{ N}}{15 \text{ kg}}$

$= 20 \text{ m/s}^2$

5. La grandeur de l'accélération de cet objet est de 20 m/s^2.

7. 1. $F = ?$

2. $m = 200$ kg

$a = 4{,}5 \text{ m/s}^2$

3. $F = ma$

4. $F = 200 \text{ kg} \times 4{,}5 \text{ m/s}^2$

$= 900$ N

5. La grandeur de la force exercée sur cet objet est de 900 N.

8. 1. $F = ?$

2. $m = 160$ g, soit 0,160 kg

$v_i = 5$ m/s

$v_f = 0$ m/s

$\Delta t = 0{,}01$ s

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$

$F = ma$

4. $a = \left(\dfrac{0 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s}}{0{,}01 \text{ s}}\right)$

$= -500 \text{ m/s}^2$

$F = 0{,}160 \text{ kg} \times -500 \text{ m/s}^2$

$= -80$ N

5. La grandeur de la force exercée par le gant de la gardienne sur la rondelle est de 80 N et elle est orientée en sens inverse du déplacement de la rondelle.

5.1 La relation entre la force, la masse et l'accélération (*suite*)

9. 1. $F_é = ?$

2. $v_i = 0$ m/s
$v_f = 2{,}65 \times 10^{7}$ m/s
$\Delta t = 3{,}77 \times 10^{-8}$ s
$m = 9{,}109 \times 10^{-31}$ kg

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$
$F = ma$

4. $a = \dfrac{(2{,}65 \times 10^{7}\ \text{m/s}) - 0\ \text{m/s}}{3{,}77 \times 10^{-8}\ \text{s}}$
$= 7{,}029 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2$
$F_é = 9{,}109 \times 10^{-31}\ \text{kg} \times 7{,}029 \times 10^{14}\ \text{m/s}^2$
$= 6{,}403 \times 10^{-16}$ N

5. La grandeur de la force électrique exercée sur cet électron est de $6{,}40 \times 10^{-16}$ N.

10. a) 1. $F = ?$

2. $m = 80$ kg
$v_i = 0$ m/s
$v_f = 4$ m/s
$\Delta t = 0{,}5$ s

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$
$F = ma$

4. $a = \dfrac{(4\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s})}{0{,}5\ \text{s}}$
$= 8\ \text{m/s}^2$
$F = 80\ \text{kg} \times 8\ \text{m/s}^2$
$= 640$ N

5. La grandeur de la force exercée par les jambes du joueur sur la patinoire est de 640 N.

b) 1. $F = ?$

2. $v_i = 0$ m/s
$v_f = 10$ m/s
$m = 80$ kg
$\Delta t = 0{,}5$ s

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$
$F = ma$

4. $a = \dfrac{(10\ \text{m/s} - 0\ \text{m/s})}{0{,}5\ \text{s}}$
$= 20\ \text{m/s}^2$
$F = 80\ \text{kg} \times 20\ \text{m/s}^2$
$= 1600$ N

5. La grandeur de la force nécessaire pour atteindre 10 m/s en 0,5 s est de 1600 N.

5.1 La relation entre la force, la masse et l'accélération (*suite*)

11. 1. $v_f = ?$

2. $v_i = 12$ m/s
$\Delta t = 2$ s
$F = -195$ N
$m = 55$ kg + 10 kg, soit 65 kg

3. $F = ma$, d'où $a = F/m$
$a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$, d'où $v_f = a\Delta t + v_i$

4. $a = \dfrac{-195\text{ N}}{65\text{ kg}}$
$= -3$ m/s^2
$v_f = (-3\text{ m/s}^2 \times 2\text{ s}) + 12\text{ m/s}$
$= 6$ m/s

5. La vitesse finale de la cycliste et de son vélo est de 6 m/s.

12. 1. $m = ?$

2. $F = 1{,}5$ N
$\Delta t = 0{,}2$ s
$v_i = 0$ m/s
$v_f = 100$ km/h, soit 27,78 m/s

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$
$F = ma$, d'où $m = F/a$

4. $a = \dfrac{(27{,}78\text{ m/s} - 0\text{ m/s})}{0{,}2\text{ s}}$
$= 138{,}9$ m/s^2
$m = \dfrac{1{,}5\text{ N}}{138{,}9\text{ m/s}^2}$
$= 0{,}011$ kg

5. La masse de la pierre doit être de 11 g.

13. **a)** 1. $a = ?$

2. $m = 1200$ kg
$v_i = 0$ m/s
$v_f = 60$ km/h, soit 16,7 m/s
$\Delta t = 6{,}5$ s

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$

4. $a = \dfrac{(16{,}7\text{ m/s} - 0\text{ m/s})}{6{,}5\text{ s}}$
$= 2{,}6$ m/s^2

5. La grandeur de l'accélération de l'auto est de 2,6 m/s^2.

b) 1. $F = ?$

2. $m = 1200$ kg
$a = 2{,}6$ m/s^2

3. $F = ma$

4. $F = 1200\text{ kg} \times 2{,}6\text{ m/s}^2$
$= 3120$ N

5. La grandeur de la force résultante exercée sur l'auto est de 3100 N.

14. 1. $m = ?$

2. $F = 3200$ N
$a = 40$ m/s^2

3. $F = ma$, d'où $m = F/a$

4. $m = \dfrac{3200\text{ N}}{40\text{ m/s}^2}$
$= 80$ kg

5. La masse de ce pilote est égale à 80 kg.

5.1 La relation entre la force, la masse et l'accélération (*suite*)

15. 1. $F_R = ?$

2. $m = 87$ kg
$v_i = 0$ m/s
$v_f = 4{,}1$ m/s
$\Delta x = 12$ m

3. $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$, d'où $a = \dfrac{(v_f^2 - v_i^2)}{2\Delta x}$
$F = ma$

4. $a = \dfrac{(4{,}1 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{2 \times 12 \text{ m}}$
$= 0{,}7 \text{ m/s}^2$
$F_R = 87 \text{ kg} \times 0{,}7 \text{ m/s}^2$
$= 60{,}9$ N

5. La grandeur de la force résultante exercée sur ce skieur est de 61 N.

5.2 Les diagrammes de corps libre

16. a) La force résultante a la même orientation que la force $\vec{F}_3$. Les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ forment donc un vecteur force résultante dans le sens opposé à $\vec{F}_3$, mais de grandeur plus petite que cette dernière. De plus, puisque $\vec{F}_1$ est perpendiculaire à $\vec{F}_3$, il faut que la composante de $\vec{F}_2$ parallèle à $\vec{F}_1$ annule $\vec{F}_1$ (donc qu'elle soit de même grandeur mais de sens opposé) et que la composante de $\vec{F}_2$ parallèle à $\vec{F}_3$ soit plus petite que $\vec{F}_3$. La grandeur de $\vec{F}_2$ est donc supérieure à celle de $\vec{F}_1$.

b) La vitesse étant constante, la force résultante s'exerçant sur la pièce de bois est donc nulle. Puisque $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_3$ sont perpendiculaires l'une à l'autre, il faut donc que la composante de $\vec{F}_2$ parallèle à $\vec{F}_1$ annule $\vec{F}_1$ (qu'elle soit de même grandeur mais de sens opposé) et que la composante de $\vec{F}_2$ parallèle à $\vec{F}_3$ annule $\vec{F}_2$ (qu'elle soit de même grandeur mais de sens opposé). Par conséquent, la grandeur de $\vec{F}_2$ doit être intermédiaire entre celle de $\vec{F}_1$ et celle de $\vec{F}_3$.

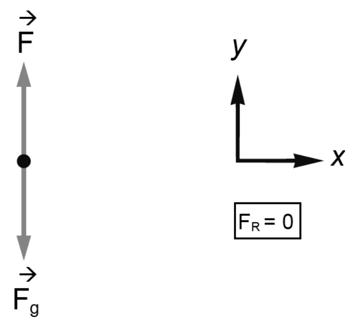
5.2 Les diagrammes de corps libre (*suite*)

17. a) Deux forces s’exercent sur le luminaire :

1) la force gravitationnelle exercée par la Terre $(\vec{F}_g)$;

2) la force de traction exercée par la corde $(\vec{F})$.

La force résultante est nulle.

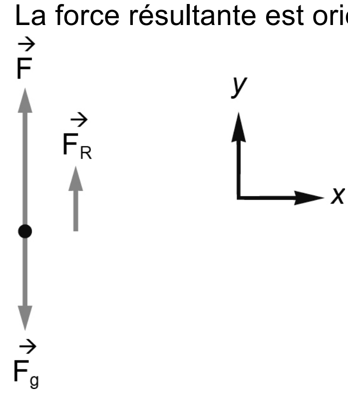


b) Deux forces s’exercent sur la cage :

1) la force gravitationnelle $(\vec{F}_g)$;

2) la force de traction exercée par le câble $(\vec{F})$.

La force résultante est orientée vers le haut.

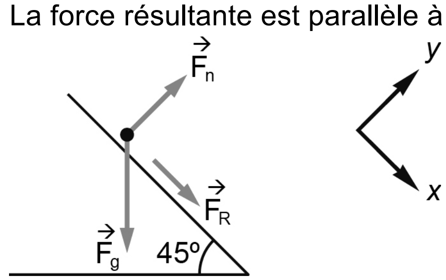


c) Deux forces s’exercent sur Aya :

1) la force gravitationnelle $(\vec{F}_g)$;

2) la force normale exercée par la glissade $(\vec{F}_n)$.

La force résultante est parallèle à la glissade et orientée vers le bas.



5.2 Les diagrammes de corps libre (*suite*)

18. Trois forces s'exercent sur la pilote :

1) la force horizontale exercée par la voiture (par le siège, en fait) ($\vec{F}_{pv}$) ;

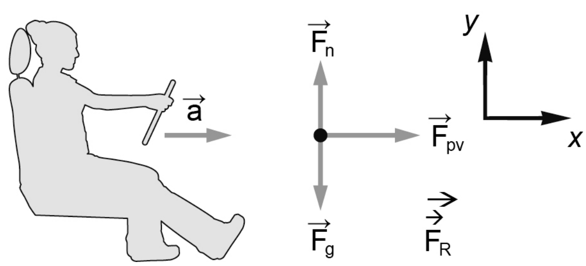
2) la force gravitationnelle exercée par la Terre ($\vec{F}_g$) ;

3) la force verticale exercée par la voiture (par le siège, encore une fois) ($\vec{F}_n$).

La force résultante est orientée vers l'avant.

Croquis de la situation

Diagramme de corps libre



19. Quatre forces s'exercent sur l'avion :

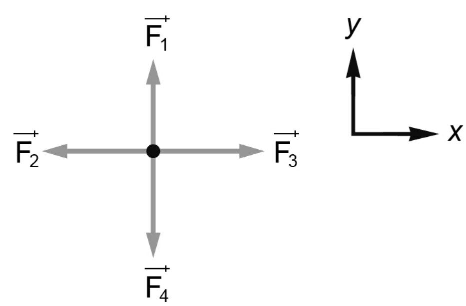
1) la force exercée par l'air (portance) ($\vec{F}_1$)

2) la force exercée par l'air (frottement) ($\vec{F}_2$)

3) la poussée des moteurs ($\vec{F}_3$)

4) la force gravitationnelle ($\vec{F}_4$)

La force résultante est nulle.



5.3 La force gravitationnelle

20. **a)** 1. $F_g = ?$

2. $m_S = 1{,}99 \times 10^{30}$ kg
$m_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg
$d = 1{,}5 \times 10^{11}$ m

3. $F_g = \dfrac{Gm_1m_2}{d^2}$

5.3 La force gravitationnelle (*suite*)

4. $F_g = \dfrac{6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2/\text{kg}^2 \times 1{,}99 \times 10^{30}\ \text{kg} \times 5{,}98 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(1{,}5 \times 10^{11}\ \text{m})^2}$

   $= 3{,}528 \times 10^{22}\ \text{N}$

5. La grandeur de la force gravitationnelle qui retient la Terre en orbite autour du Soleil est de $3{,}5 \times 10^{22}$ N.

b) 1. $a = ?$

2. $m_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg
   $F_g = 3{,}528 \times 10^{22}$ N

3. $F = ma$, d'où $a = \dfrac{F}{m}$

4. $a = \dfrac{F_g}{m_T}$

   $= \dfrac{3{,}528 \times 10^{22}\ \text{N}}{5{,}98 \times 10^{24}\ \text{kg}}$

   $= 0{,}0059\ \text{m/s}^2$

5. La grandeur de l'accélération de la Terre sur son orbite est de $0{,}0059\ \text{m/s}^2$.

21. a) 1. $F_g = ?$

2. $m = 100$ kg
   $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$

3. $F_g = mg$

4. $F_g = 100\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2$
   $= 980$ N

5. Le poids de cet objet sur la Terre est de 980 N.

b) 1. $F_{gM} = ?$

2. $m = 100$ kg
   $F_{gT} = 980$ N
   $d_M = 0{,}533 d_T$
   $m_M = 0{,}107 m_T$

3. $F_g = \dfrac{Gm_1m_2}{d^2}$

4. Pour la Terre :

   $F_{gT} = \dfrac{Gm_1m_T}{d_T{}^2}$

Pour Mars :

$$F_{gM} = \frac{(Gm_1 \times 0{,}107m_T)}{(0{,}533d_T)^2}$$
$$= \frac{0{,}377 \times Gm_1m_T}{d_T{}^2}$$
$$= 0{,}377 \times F_{gT}$$
$$= 0{,}377 \times 980\ \text{N}$$
$$= 369{,}5\ \text{N}$$

5. Le poids de cet objet sur Mars serait de 370 N.

c) Le poids de cet objet sur Mars serait alors égal à 0,107 fois celui sur Terre. Dans le cas de notre objet de 100 kg, son poids serait alors de 105 N.

22. a) 1. $F_{gL} = ?$

2. $F_{gT} = 12{,}4$ N

   $F_{gL} = \dfrac{1}{6} \times F_{gT}$

3. Ne s'applique pas.

4. $F_{gL} = \dfrac{1}{6} \times 12{,}4\ \text{N}$
   $= 2{,}1$ N

5. Le poids de ce caillou sur la Lune est de 2,1 N.

5.3 La force gravitationnelle (*suite*)

b) 1. $m = ?$

2. $F_{gT} = 12{,}4$ N
$g = 9{,}8$ m/s^2

3. $F_{gT} = mg$, d'où $m = \dfrac{F_g}{g}$

4. La masse étant constante, elle est la même sur la Lune et sur la Terre.
$$m = \frac{12{,}4 \text{ N}}{9{,}8 \text{ m/s}^2}$$
$$= 1{,}3 \text{ kg}$$

5. La masse de ce caillou sur la Lune est de 1,3 kg.

23. 1. $F_g = ?$

2. $m_1 = 26{,}0$ kg
$m_2 = 2500$ kg
$d = 3{,}0$ m
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

3. $F_g = \dfrac{Gm_1m_2}{d^2}$

4. $$F_g = \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 26{,}0 \text{ kg} \times 2500{,}0 \text{ kg}}{(3{,}0 \text{ m})^2}$$
$$= 4{,}8 \times 10^{-7} \text{ N}$$

5. L'intensité de la force gravitationnelle qui s'exerce entre le bloc de pierre et l'enfant est de $4{,}8 \times 10^{-7}$ N.

24. 1. $F_g = ?$

2. $m_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg
$m = 1850$ kg
Altitude $= 1{,}5 \times 10^6$ km, soit $1{,}5 \times 10^9$ m
$R_T = 6{,}37 \times 10^6$ m
$G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

3. $F_g = \dfrac{Gm_1m_2}{d^2}$

4. $d = \text{Altitude} + R_T$
$= (1{,}5 \times 10^9 \text{ m}) + (6{,}37 \times 10^6 \text{ m})$
$= 1{,}5 \times 10^9$ m
$$F_g = \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 1850 \text{ kg} \times 5{,}97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(1{,}5 \times 10^9 \text{ m})^2}$$
$$= 0{,}33 \text{ N}$$

5. Le poids de ce satellite par rapport à la Terre est de 0,33 N.

5.4 La force normale

25. 1. $F_n = ?$

2. $\theta_1 = 220°$
$\theta_2 = 320°$
$F_1 = 400 \text{ N}$
$F_2 = 400 \text{ N}$
$m = 1 \text{ kg}$

3. $F_y = F \sin \theta$
$F_g = mg$
$F = ma$

4. La somme des forces doit être nulle en y parce qu'il n'y a pas d'accélération verticale :
$F_{1y} + F_{2y} + F_{gy} + F_n = 0 \text{ N}$
$F_{1y} = F_1 \sin \theta_1$
$= 400 \text{ N} \times \sin 220°$
$= -257{,}1 \text{ N}$
$F_{2y} = F_2 \sin \theta_2$
$= 400 \text{ N} \times \sin 320°$
$= -257{,}1 \text{ N}$
$F_g = 1 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$
$= 9{,}8 \text{ N}$
$F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
$= 9{,}8 \text{ N} \times \sin 270°$
$= -9{,}8 \text{ N}$
$F_n = -F_{1y} - F_{2y} - F_{gy}$
$= 257{,}1 \text{ N} + 257{,}1 \text{ N} + 9{,}8 \text{ N}$
$= 524 \text{ N}$

5. La grandeur de la force normale exercée sur la guitare est de 524 N. Cette force est plus grande que les 350 N nécessaires pour recoller le manche.

26. 1. $F_n = ?$

2. $a = 1{,}6\, g$
$g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$
$m = 92{,}0 \text{ kg}$

3. $F_g = mg$
$F = ma$

4. $F_g = 92{,}0 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$
$= 901{,}6 \text{ N}$

La force résultante exercée sur l'astronaute est de :
$F_R = 92{,}0 \text{ kg} \times (1{,}6 \times 9{,}8 \text{ m/s}^2)$
$= 1442{,}6 \text{ N}$
$= F_n - F_g$
$F_n = F_R + F_g$
$= 1442{,}6 \text{ N} + 901{,}6 \text{ N}$
$= 2344{,}2 \text{ N}$

5. La force normale exercée sur l'astronaute est de 2300 N.

27. **a)** Un pèse-personne indique la grandeur de la force normale qu'il exerce, donc, ici, le pèse-personne exerce sur la masse une force normale de 75 N vers le haut.

5.4 La force normale (*suite*)

b) 1. $F_r = ?$ (force exercée par le ressort)

2. $m = 15$ kg
$g = 9{,}8$ m/s^2
$F_n = 75$ N
$F_R = 0$ N

3. $F_g = mg$

4. $F_g = 15 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$
$= 147$ N

La force résultante exercée sur la masse est de :
$F_R = F_n - F_g + F_r$
$F_r = F_R + F_g - F_n$
$= 0 \text{ N} + 147 \text{ N} - 75 \text{ N}$
$= 72$ N

5. La grandeur de la force exercée par le ressort est de 72 N.

28. 1. $F = ?$

2. $m = 30$ kg

3. $F_g = mg$

4. La somme des forces (la force résultante) doit être nulle :
$F_g - F = 0$ N
D'où $F = mg = 30 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2 = 294$ N

5. La grandeur de la force que doit exercer Jasmine pour maintenir le téléviseur en équilibre sera de 290 N.

29. a) 1. $F_n = ?$

2. $m = 35$ kg
$F_N = 100$ N
$\theta_N = 40°$

3. $F_y = F \sin \theta$
$F_g = mg$
$F = ma$

5.4 La force normale (*suite*)

4. La somme des forces doit être nulle à la verticale parce qu'il n'y a pas d'accélération verticale :

$F_n + F_{Ny} + F_{gy} = 0\ \text{N}$

$F_{Ny} = F_N \sin \theta_N$
$= 100\ \text{N} \times \sin 40°$
$= 64{,}28\ \text{N}$

$F_g = 35\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2$
$= 343\ \text{N}$

$F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
$= 343\ \text{N} \times \sin 270°$
$= -343\ \text{N}$

$F_n = -F_{Ny} - F_g$
$= -64{,}28\ \text{N} + 343\ \text{N}$
$= 278{,}72\ \text{N}$

5. La grandeur de la force normale est de 280 N.

b) 1. $a = ?$

2. $m = 35\ \text{kg}$
$F_N = 100\ \text{N}$
$\theta_N = 40°$
$F_n = 278{,}7\ \text{N}$

3. $F_x = F \cos \theta$
$F = ma$, d'où $a = F/m$

4. $F_{Nx} = F_N \cos \theta_N$
$= 100\ \text{N} \times \cos 40°$
$= 76{,}6\ \text{N}$

$a = \dfrac{76{,}6\ \text{N}}{35\ \text{kg}}$
$= 2{,}19\ \text{m/s}^2$

5. La grandeur de l'accélération horizontale du chien est de $2{,}2\ \text{m/s}^2$.

30. 1. $F_n = ?$

2. $m = 170\ \text{kg}$
$\theta = 20°$

3. $F_g = mg$
$F_y = F \sin \theta$
$F = ma$

4. La somme des forces doit être nulle en y parce qu'il n'y a pas d'accélération perpendiculairement au plan de la passerelle :

$F_n + F_{gy} = 0\ \text{N}$

$F_g = 170\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2$
$= 1666\ \text{N}$

$F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
$= 1666\ \text{N} \times \sin 250°$
$= -1566\ \text{N}$

$F_n = -F_{gy}$
$= 1566\ \text{N}$

5. La grandeur de la force normale est de 1,57 kN.

5.4 La force normale (*suite*)

31. a) 1. $F_n = ?$

2. $m = 50$ kg
$a = 2{,}0$ m/s^2 (vers le haut)

3. $F_g = mg$
$F = ma$

4. La somme des forces verticales est égale à l'accélération verticale multipliée par la masse :
$F_R = ma$
$= F_n + F_{gy}$
D'où $F_n = F_R - F_{gy}$
$F_R = 50\text{ kg} \times 2{,}0\text{ m/s}^2$
$= 100\text{ N}$
$F_g = 50\text{ kg} \times 9{,}8\text{ m/s}^2$
$= 490\text{ N}$
$F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
$= 490\text{ N} \times \sin 270°$
$= -490\text{ N}$
$F_n = 100\text{ N} + 490\text{ N}$
$= 590\text{ N}$
Pour transformer des newtons en kilogrammes, on divise par la constante $g = 9{,}8$ N/kg :
$$m_{apparente} = \frac{590\text{ N}}{9{,}8\text{ N/kg}}$$
$$= 60\text{ kg}$$

5. La grandeur de la force normale est de 590 N. Le pèse-personne indiquera 60 kg et cela, même si Jérôme a toujours une masse réelle de 50 kg.

b) 1. $F_n = ?$

2. $m = 50$ kg
$a = -5{,}0$ m/s^2 (vers le bas)

3. $F_g = mg$
$F = ma$

4. La somme des forces verticales est égale à l'accélération verticale multipliée par la masse :
$F_R = ma$
$= F_n + F_{gy}$
D'où $F_n = F_R - F_{gy}$
$F_R = 50\text{ kg} \times -5{,}0\text{ m/s}^2$
$= -250\text{ N}$
$F_g = 50\text{ kg} \times 9{,}8\text{ m/s}^2$
$= 490\text{ N}$
$F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
$= 490\text{ N} \times \sin 270°$
$= -490\text{ N}$
$F_n = -250\text{ N} + 490\text{ N}$
$= 240\text{ N}$
Pour transformer des newtons en kilogrammes, on divise par la constante $g = 9{,}8$ N/kg :
$$m_{apparente} = \frac{240\text{ N}}{9{,}8\text{ N/kg}}$$
$$= 24{,}5\text{ kg}$$

5. La grandeur de la force normale est de 240 N. Le pèse-personne indiquera 25 kg et cela, même si Jérôme a toujours une masse réelle de 50 kg.

5.4 La force normale (*suite*)

32. a) 1. F_c = ? (force appliquée par Caleb sur la voiture)

2. $a = 1{,}00\ \text{m/s}^2$
$m = 1440\ \text{kg}$
$\theta = 10°$

3. $F_x = F\cos\theta$
$F_g = mg$
$F = ma$

4. La somme des forces en *x* est égale à l'accélération horizontale multipliée par la masse :
$F_R = ma$
$\quad = F_c + F_{gx}$
D'où $F_c = F_R - F_{gx}$
$F_R = 1440\ \text{kg} \times 1{,}00\ \text{m/s}^2$
$\quad = 1440\ \text{N}$
$F_g = 1440\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{m/s}^2$
$\quad = 14\,112\ \text{N}$
$F_{gx} = F_g \cos\theta_g$
$\quad = 14\,112\ \text{N} \times \cos 260°$
$\quad = -2451\ \text{N}$
$F_c = 1440\ \text{N} + 2451\ \text{N}$
$\quad = 3891\ \text{N}$

5. La grandeur de la force que Caleb devrait appliquer sur la voiture est de 3,89 kN. (Ce qui équivaut à soulever environ 400 kg !)

b) 1. F_n = ?

2. $a = 1{,}00\ \text{m/s}^2$
$m = 1440\ \text{kg}$
$\theta = 10°$
$F_g = 14\,112\ \text{N}$

3. $F_g = mg$
$F = ma$
$F_y = F\sin\theta$

4. La somme des forces doit être nulle en *y* parce qu'il n'y a pas d'accélération perpendiculairement au plan de la pente :
$F_n + F_{gy} = 0\ \text{N}$, d'où $F_n = -F_{gy}$
$F_{gy} = F_g \sin\theta_g$
$\quad = 14\,112\ \text{N} \times \sin 260°$
$\quad = -13\,898\ \text{N}$
$F_n = 13\,898\ \text{N}$

5. La grandeur de la force normale sur la voiture est de 13,9 kN.

5.5 Les forces de frottement

33. Si les deux objets subissent uniquement l'effet de la force gravitationnelle, la force de frottement de l'air étant nulle, alors ils auront la même accélération, soit $9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

34. Parce que la force de frottement statique entre le sol et l'auto annule la force que nous y exerçons. Nous ne pouvons généralement pas pousser suffisamment fort pour dépasser la valeur de la force de frottement statique maximale.

35. Ces freins utilisent le principe du frottement pour exercer une force sur l'auto. Si la friction n'existait pas, il n'y aurait pas de force de frottement entre les pneus et les freins, ce qui signifie qu'il serait impossible de décélérer de cette manière.

36. La force exercée sur le colis pour l'accélérer en même temps que le camion est plus petite que la force de frottement statique maximale. C'est pourquoi il ne bouge pas. Par contre, la force nécessaire pour le décélérer lors d'un freinage brusque est plus grande que cette même force de frottement statique maximale. C'est pourquoi il se déplace.

37. **a)** Cette force de frottement sera orientée vers la gauche, soit dans le sens inverse du mouvement de la table.

b) Cette force de frottement sera orientée vers la droite.

c) Il est question de frottement cinétique parce que les deux surfaces sont en mouvement l'une par rapport à l'autre.

38. Mathilde devra privilégier des matériaux qui seront capables de supporter de très grandes forces de friction statique avant de passer en régime de frottement cinétique. Plus particulièrement, elle devra rechercher des matériaux qui peuvent exercer de grandes forces de frottement cinétique lorsqu'ils sont en contact avec de la glace ou de l'asphalte humide.

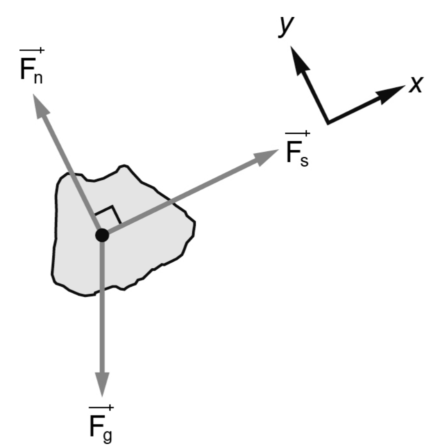
39. **a)** Trois forces s'exercent sur la pierre :

1) la force gravitationnelle ($\vec{F}_g$)

2) la force normale ($\vec{F}_n$)

3) la force de frottement statique ($\vec{F}_s$)

La force résultante est nulle.



5.5 Les forces de frottement (*suite*)

b) 1. $F_s = ?$

2. $m = 300$ kg
$\theta = 26°$

3. $F_g = mg$
$F_x = F \cos \theta$

4. La force de frottement doit annuler la composante selon l'axe des x de la force gravitationnelle.

$F_s + F_{gx} = 0$ N, d'où $F_s = -F_{gx}$
$F_g = 300 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$
$= 2940$ N
$F_{gx} = F_g \cos \theta_g$
$= 2940 \text{ N} \times \cos 244°$
$= -1288{,}8$ N
$F_s = 1288{,}8$ N

5. La force de frottement doit être égale à 1290 N.

40. 1. $\Delta t = ?$

2. $m = 3{,}6$ kg
$v_f = 0$ m/s
$v_i = 5{,}0$ m/s
$F_k = -0{,}72$ N (négatif, car en sens opposé à la vitesse)

3. $F = ma$, d'où $a = F/m$
$a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$, d'où $\Delta t = \dfrac{(v_f - v_i)}{a}$

4. $a = \dfrac{-0{,}72 \text{ N}}{3{,}6 \text{ kg}}$
$= -0{,}2 \text{ m/s}^2$
$\Delta t = \dfrac{(0 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s})}{-0{,}2 \text{ m/s}^2}$
$= 25$ s

5. Le bloc de glace mettra 25 s à s'arrêter.

41. 1. $F_k = ?$

2. $m = 0{,}125$ kg
$v_i = 3{,}6$ m/s
$v_f = 0$ m/s
$\Delta t = 2{,}1$ s

3. $F = ma$
$a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$

4. $a = \dfrac{(0 \text{ m/s} - 3{,}6 \text{ m/s})}{2{,}1 \text{ s}}$
$= -1{,}7 \text{ m/s}^2$
$F_k = 0{,}125 \text{ kg} \times 1{,}7 \text{ m/s}^2$
$= 0{,}21$ N

5. La force de frottement exercée sur le jouet est de 0,21 N.

5.5 Les forces de frottement (*suite*)

42. 1. $F_s = ?$

2. $F_g = 80{,}0\ \text{N}$
$F_n = 69{,}3\ \text{N}$
$\theta_g = 240°$

3. $F_x = F \cos \theta$

4. La force de frottement recherchée doit annuler les forces en *x*.

$F_s + F_{gx} = 0\ \text{N}$, d'où $F_s = -F_{gx}$
$F_g = 80{,}0\ \text{N}$
$F_{gx} = F_g \cos \theta_g$
$= 80{,}0\ \text{N} \times \cos 240°$
$= -40\ \text{N}$
$F_s = 40\ \text{N}$

5. La force de frottement recherchée est de 40,0 N.

Exercices sur l'ensemble du chapitre 5

43. Si aucune force extérieure n'agit sur la sonde, elle gardera son état de mouvement sans qu'il soit nécessaire de l'entretenir avec une force de propulsion.

44. L'accélération étant égale à F/m, pour une masse donnée, si la masse double, alors l'accélération diminuera de moitié. L'accélération maximale deviendra donc de $0{,}7\ \text{m/s}^2$.

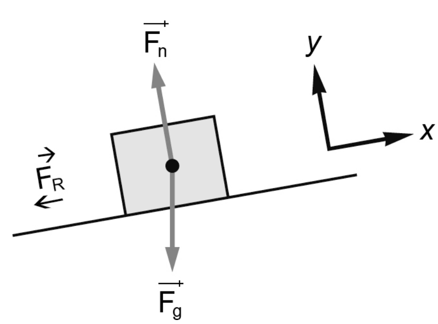
45. Oui, car une troisième force entre en jeu, soit la force de frottement statique. Celle-ci peut annuler la force résultante formée par les deux premières forces.

46. Si la force de frottement statique maximale est de 40 N, on doit comprendre que si l'on applique plus de 40 N à chaque roue, il n'y aura plus de frottement statique, mais bien du frottement cinétique (dérapage). La fermière ne doit donc pas fournir plus de 40 N à chacune des roues de son tracteur.

47. Il y a quatre forces qui s'appliquent sur la table :
1) la force gravitationnelle exercée par la Terre ;
2) la force exercée par Pierre-Olivier ;
3) la force exercée par Isabella ;
4) la force normale exercée par le sol.

48. a) Deux forces s'exercent sur la caisse :
1) la force normale ($\vec{F}_n$)
2) la force gravitationnelle ($\vec{F}_g$)

La force résultante est parallèle à la rampe et orientée vers le bas.



Exercices sur l'ensemble du chapitre 5 (*suite*)

b) 1. $F_n = ?$

2. $m = 25,0 \text{ kg}$
$\theta = 10°$

3. $F_g = mg$
$F_y = F \sin \theta$

4. Les forces en y s'annulent. Autrement dit :

$F_n + F_{gy} = 0 \text{ N}$
D'où $F_n = -F_{gy}$
$F_g = 25,0 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$
$= 245,0 \text{ N}$
$F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
$= 245,0 \text{ N} \times \sin 260°$
$= -241,3 \text{ N}$
$F_n = 241,3 \text{ N}$

5. La force normale exercée sur la caisse est de 241 N.

c) 1. $F_s = ?$

2. $m = 25,0 \text{ kg}$
$\theta = 10°$

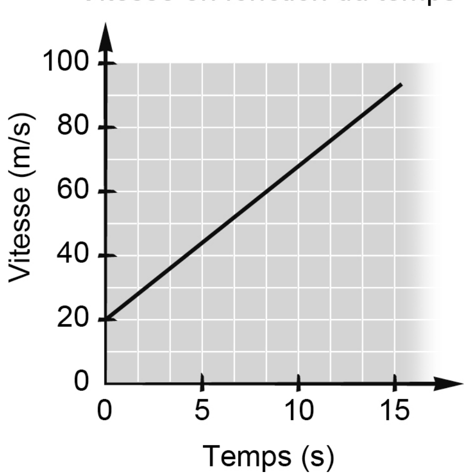
3. $F_g = mg$
$F_x = F \cos \theta$
$F = ma$

4. La composante de F_g selon y est annulée par la force normale. La force résultante est alors égale et opposée à la composante de F_g selon x.

$F_s + F_{gx} = 0 \text{ N}$, d'où $F_s = -F_{gx}$
$F_g = 25,0 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$
$= 245 \text{ N}$
$F_{gx} = F_g \cos \theta_g$
$= 245 \text{ N} \times \cos 260°$
$= -42,5 \text{ N}$
$F_s = 42,5 \text{ N}$

5. La force de frottement qu'il faut appliquer sur la caisse pour la maintenir immobile est de 42,5 N et elle est orientée parallèlement à la rampe, vers le haut.

49. Vitesse en fonction du temps



Exercices sur l'ensemble du chapitre 5 (*suite*)

50. 1. $F_k = ?$

2. $m = 0{,}035$ g, soit $3{,}5 \times 10^{-5}$ kg

3. $F_g = mg$

4. Puisque la goutte descend à vitesse constante, la force résultante est donc nulle. Verticalement, on peut donc écrire :
$F_g + F_k = 0$ N, d'où $F_k = -F_g$
$F_g = 3{,}5 \times 10^{-5}$ kg $\times$ 9,8 m/s²
$= -3{,}4 \times 10^{-4}$ N
$F_k = 3{,}4 \times 10^{-4}$ N

5. La force de frottement qui s'exerce sur la goutte de pluie est de $3{,}4 \times 10^{-4}$ N vers le haut.

51. 1. $\Delta x = ?$

2. $m = 65{,}0$ kg
$v_i = 18{,}0$ km/h, soit 5,0 m/s
$v_f = 0$ m/s
$F = -26{,}0$ N

3. $F = ma$, d'où $a = F/m$
$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$, d'où $\Delta x = \dfrac{(v_f^2 - v_i^2)}{2a}$

4. $a = \dfrac{-26{,}0\text{ N}}{65{,}0\text{ kg}}$
$= -0{,}40$ m/s²
$\Delta x = \dfrac{(0\text{ m/s})^2 - (5{,}0\text{ m/s})^2}{2 \times -0{,}40\text{ m/s}^2}$
$= 31{,}3$ m

5. La distance parcourue par le cycliste pendant le freinage est de 31,3 m.

52. 1. $F = ?$

2. $m = 1560$ kg
$F_n = 12\,400$ N
$\theta = 60°$

3. $F_g = mg$
$F_y = F \sin \theta$

Exercices sur l'ensemble du chapitre 5 (*suite*)

4. Verticalement, les forces s'annulent.
   On peut donc écrire que :
   $F_n + F_y + F_{gy} = 0$ N, d'où $F_y = -F_{gy} - F_n$
   $F_g = 1560 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$
   $= 15\,288$ N
   $F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
   $= 15\,288 \text{ N} \times \sin 270°$
   $= -15\,288$ N
   $F_y = 15\,288 \text{ N} - 12\,400 \text{ N}$
   $= 2888$ N
   $= F \sin \theta$

   On peut donc isoler F :
   $$F = \frac{F_y}{\sin \theta} = \frac{2888 \text{ N}}{\sin 60°} = 3335 \text{ N}$$
5. Le camion tire donc sur la benne avec une force de 3340 N.

53. 1. $F = ?$

2. $v_i = 200$ km/h, soit 55,6 m/s
   $v_f = 0$ km/h
   $\Delta x = 55$ m
   $m = 650$ kg
3. $F = ma$
   $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$, d'où $a = \dfrac{(v_f^2 - v_i^2)}{2\Delta x}$
4. $a = \dfrac{(0 \text{ m/s})^2 - (55{,}6 \text{ m/s})^2}{2 \times 55 \text{ m}}$
   $= -28{,}1 \text{ m/s}^2$
   $F = 650 \text{ kg} \times 28{,}1 \text{ m/s}^2$
   $= 18\,265$ N
5. Pendant le freinage, la monoplace subit une force de 18 300 N.

54. 1. $F = ?$

2. $m = 110$ g, soit 0,110 kg
   $\Delta t = 0{,}03$ s
   $v_i = 5{,}4$ m/s
   $v_f = -4{,}8$ m/s
3. $F = ma$
   $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$
4. $a = \dfrac{5{,}4 \text{ m/s} + 4{,}8 \text{ m/s}}{0{,}03 \text{ s}}$
   $= 340{,}0 \text{ m/s}^2$
   $F = 0{,}110 \text{ kg} \times 340 \text{ m/s}^2$
   $= 37{,}4$ N
5. La force exercée sur la balle est de 37 N.

Exercices sur l'ensemble du chapitre 5 (*suite*)

55. 1. $F_n = ?$

2. $m = 12$ kg
   $F_1 = 35$ N
   $\theta_1 = 135°$
   $F_2 = 22$ N
   $\theta_2 = 20°$

3. $F_g = mg$
   $F_y = F \sin \theta$

4. Puisque la boîte est immobile, les forces verticales s'annulent. On peut donc écrire :
   $F_n + F_{gy} + F_{1y} + F_{2y} = 0$ N, d'où $F_n = -F_{gy} - F_{1y} - F_{2y}$
   $F_g = 12 \text{ kg} \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$
   $= 117{,}6$ N
   $F_{gy} = F_g \sin \theta_g$
   $= 117{,}6 \text{ N} \times \sin 270°$
   $= -117{,}6$ N
   $F_{1y} = F_1 \sin \theta_1$
   $= 35 \text{ N} \times \sin 135°$
   $= 24{,}7$ N
   $F_{2y} = F_2 \sin \theta_2$
   $= 22 \text{ N} \times \sin 20°$
   $= 7{,}5$ N
   $F_n = 117{,}6 \text{ N} - 24{,}7 \text{ N} - 7{,}5 \text{ N}$
   $= 85{,}4$ N

5. La force normale est de 85 N.

56. 1. $F = ?$

2. $a = 8\,g$
   $m = 90{,}0$ kg

3. $F = ma$

4. $F = 90{,}0 \text{ kg} \times 8 \times 9{,}8 \text{ m/s}^2$
   $= 7056$ N

5. La grandeur de la force exercée sur le pilote est de 7060 N.

57. 1. $F = ?$

2. $m = 3{,}10$ kg
   $\Delta y = 1{,}75$ m (distance totale parcourue)
   $v_1 = 0$ m/s
   $\Delta y_2 = 30$ cm, soit 0,30 m (distance d'arrêt)
   $v_{2f} = 0$ m/s

3. $v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$, d'où $a = \dfrac{(v_f^2 - v_i^2)}{2\Delta x}$
   $F = ma$

Exercices sur l'ensemble du chapitre 5 (*suite*)

4. $\Delta y_1 = \Delta y - \Delta y_2$ (distance parcourue avant de commencer à s'arrêter)
$= 1{,}75\ \text{m} - 0{,}30\ \text{m}$
$= 1{,}45\ \text{m}$
$v_{1f}^2 = (0\ \text{m/s})^2 + (2 \times 9{,}8\ \text{m/s}^2 \times 1{,}45\ \text{m})$
$v_{1f} = 5{,}3\ \text{m/s}$
$v_{2i} = 5{,}3\ \text{m/s}$
$a = \dfrac{(0\ \text{m/s})^2 - (5{,}3\ \text{m/s})^2}{2 \times 0{,}30\ \text{m}}$
$= 46{,}8\ \text{m/s}^2$
$F = 3{,}10\ \text{kg} \times 46{,}8\ \text{m/s}^2$
$= 145{,}1\ \text{N}$

5. La force nécessaire pour immobiliser le chat est de 145 N.

58. 1. $F = ?$

2. $m = 418$ t, soit 418 000 kg
$v_i = 270$ km/h, soit 75 m/s
$v_f = 0$ m/s
$\Delta x = 2650$ m

3. $F = ma$
$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$
$a = \dfrac{(v_f^2 - v_i^2)}{2\Delta x}$

4. $a = \dfrac{(0\ \text{m/s})^2 - (75\ \text{m/s})^2}{2 \times 2650\ \text{m}}$
$= 1{,}1\ \text{m/s}^2$
$F = 418\,000\ \text{kg} \times 1{,}1\ \text{m/s}^2$
$= 459\,800\ \text{N}$

5. La force exercée sur ces rames de TGV pendant l'arrêt est de 460 kN.

59. a) 1. $\vec{a} = ?$

2. $v_i = 10$ m/s
$v_f = -15$ m/s
$\Delta t = 0{,}08$ s

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$

4. $a = \dfrac{(-15\ \text{m/s} - 10\ \text{m/s})}{0{,}08\ \text{s}}$
$= -312{,}5\ \text{m/s}^2$

5. La grandeur de l'accélération du ballon durant le contact est de 310 m/s². L'accélération est orientée vers la gauche, soit dans le même sens que la vitesse finale.

b) 1. $F = ?$

2. $a = -312{,}5\ \text{m/s}^2$
$m = 450$ g, soit 0,450 kg

3. $F = ma$

4. $F = 0{,}450\ \text{kg} \times -312{,}5\ \text{m/s}^2$
$= -140{,}6\ \text{N}$

5. La force exercée sur le ballon est de 140 N vers la gauche.

Exercices sur l'ensemble du chapitre 5 (*suite*)

60. a) 1. $\vec{a} = ?$

2. $v_i = 100$ km/h, soit 27,78 m/s
$v_f = 0$ m/s
$\Delta t = 0{,}075$ s

3. $a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$

4. $a = \dfrac{(0 \text{ m/s} - 27{,}78 \text{ m/s})}{0{,}075 \text{ s}}$
$= -370 \text{ m/s}^2$

5. La grandeur de l'accélération de la voiture (et de ses éventuels passagers) durant le contact est de 370,0 m/s^2. L'accélération est orientée vers l'arrière, soit en sens inverse de la vitesse initiale.

b) 1. $F = ?$

2. $a = -370 \text{ m/s}^2$
$m = 1$ t, soit 1000 kg

3. $F = ma$

4. $F = 1000 \text{ kg} \times -370 \text{ m/s}^2$
$= -370$ kN

5. La grandeur de la force exercée sur la voiture est de 37 kN et elle est orientée vers l'arrière.

61. 1. $F = ?$

2. $\theta = 30°$
$F_k = -120$ N
$m = 40$ kg

3. $F_x = F \cos\theta$

4. La somme des forces horizontales (en x) doit être nulle parce que la vitesse est constante :
$F_k + F_x = 0$ N, d'où $F_x = -F_k$

$F_x = 120$ N
$= F \cos\theta$

$F = \dfrac{F_x}{\cos\theta}$
$= \dfrac{120 \text{ N}}{\cos 30°}$
$= 138{,}6$ N

5. La grandeur de la force qu'Anne-Marie doit exercer sur la corde pour vaincre le frottement est de 140 N.

62. 1. $F_k = ?$

2. $m = 18$ t, soit 18 000 kg
$v_i = 90$ km/h, soit 25 m/s
$v_f = 0$ m/s
$\Delta t = 30$ s

3. $F = ma$
$a = \dfrac{(v_f - v_i)}{\Delta t}$

4. $a = \dfrac{(0 \text{ m/s} - 25 \text{ m/s})}{30 \text{ s}}$
$= -0{,}833 \text{ m/s}^2$
$F_k = ma$
$= 18\,000 \text{ kg} \times -0{,}833 \text{ m/s}^2$
$= -15\,000$ N

5. La grandeur de la force de friction cinétique nécessaire est de 15 kN et elle est orientée en sens inverse du déplacement du camion.

Exercices sur l'ensemble du chapitre 5 (*suite*)

63. 1. $F = ?$

2. $\theta = 345°$

$F_k = -300$ N

3. $F_x = F \cos\theta$

4. La somme des forces horizontales est nulle parce que la vitesse est constante :

$F_k + F_x = 0$ N, d'où $F_x = -F_k$

$F_x = 300$ N

$= F \cos\theta$

$$F = \frac{F_x}{\cos\theta} = \frac{300\text{ N}}{\cos 345°} = 310{,}6\text{ N}$$

5. La grandeur de la force nécessaire pour vaincre le frottement est de 311 N.

64. 1. $a = ?$

2. $m = 68$ kg

$\theta = 25°$

$F_k = 70$ N

3. $F = ma$, d'où $a = \dfrac{F}{m}$

$F_g = mg$

$F_x = F \cos\theta$

4. La force de frottement possède la même direction que l'accélération, mais de sens inverse (on s'attend donc à une composante en x négative pour l'accélération).

$F_R = F_k + F_{gx}$

$F_g = 68\text{ kg} \times 9{,}8\text{ m/s}^2$

$= 666{,}4$ N

$F_{gx} = F_g \cos\theta_g$

$= 666{,}4\text{ N} \times \cos 245°$

$= -281{,}6$ N

$F_R = 70\text{ N} - 281{,}6\text{ N}$

$= -211{,}6$ N

$$a = \frac{-211{,}6\text{ N}}{68\text{ kg}} = -3{,}11\text{ m/s}^2$$

5. La grandeur de l'accélération de Claudia est de $3{,}1\text{ m/s}^2$.

65. 1. $F_{gx} = ?$

2. $m = 50$ kg

$\theta = 35°$

$F_s = 300$ N

3. $F_g = mg$

$F_x = F \cos\theta$

4. Pour que Charlie se maintienne sur le toit sans glisser, il faut que la force de friction statique maximale soit supérieure à la composante en x de la force gravitationnelle.

$F_g = 50\text{ kg} \times 9{,}8\text{ m/s}^2$

$= 490$ N

$F_{gx} = F_g \cos\theta_g$

$= 490\text{ N} \times \cos 235°$

$= -281$ N

5. Charlie ne glissera pas. La friction entre ses chaussures et le toit peut s'élever jusqu'à 300 N, tandis que la gravité le tire vers le bas avec une force de 280 N. Par contre, Charlie doit être prudent car il ne dispose pas d'une marge de sécurité importante.

Défis

66. 1. $v_R = ?$

2. $m = 1110$ kg

$v_a = 70$ km/h, soit 19,4 m/s

$\theta_{va} = 0°$

$F_v = 825$ N

$\theta_{Fv} = 90°$

$\Delta t = 12$ s

3. $F = ma$, d'où $a = \frac{F}{m}$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, d'où $\Delta v = a\Delta t$

$A = \sqrt{(A_x^2 + A_y^2)}$

$\tan\theta = \frac{A_y}{A_x}$

4. $a_v = \frac{825 \text{ N}}{1110 \text{ kg}}$

$= 0{,}74 \text{ m/s}^2$

$\theta_{av} = 90°$

$v_v = 0{,}74 \text{ m/s}^2 \times 12 \text{ s}$

$= 8{,}88$ m/s

$\theta_{vv} = 90°$

$v_R = \sqrt{(v_a^2 + v_v^2)}$

$= \sqrt{(19{,}4 \text{ m/s})^2 + (8{,}88 \text{ m/s})^2}$

$= 21{,}3$ m/s

$\tan\theta = \frac{v_v}{v_a}$

$= \frac{8{,}88 \text{ m/s}}{19{,}4 \text{ m/s}}$

$= 0{,}457$

$\theta = 24{,}6°$

5. La vitesse résultante de l'avion est de 21 m/s (ou de 77 km/h) selon un angle de 25° par rapport à son orientation initiale.

67. 1. $F_k = ?$

2. $m_a = 80$ kg (masse de l'astronaute)

$\theta = 10°$

$a = -0{,}5 \text{ m/s}^2$

$m_M = 6{,}419 \times 10^{23}$ kg (masse de la planète Mars)

$r_M = 3402$ km, soit 3 402 000 m (rayon de la planète Mars)

3. $F_g = \frac{Gm_1m_2}{d^2}$

$F_x = F\cos\theta$

$F = ma$

4. $F_{Rx} = F_k + F_{gx}$, d'où $F_k = F_{Rx} - F_{gx}$

$F_g = \frac{Gm_am_M}{r_M^2}$

$= \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 80 \text{ kg} \times 6{,}419 \times 10^{23} \text{ kg}}{(3\,402\,000 \text{ m})^2}$

$= 295{,}9$ N

Défis (*suite*)

$F_{gx} = F_g \cos \theta_g$
$= 295{,}9 \text{ N} \times \cos 260°$
$= -51{,}38 \text{ N}$
$F_{Rx} = 80 \text{ kg} \times -0{,}5 \text{ m/s}^2$
$= -40 \text{ N}$
$F_k = -40 \text{ N} + 51{,}38 \text{ N}$
$= 11{,}38 \text{ N}$

5. La grandeur de la force de friction cinétique exercée sur l'astronaute est de 11,4 N.

68. a) 1. La correction δ à l'accélération gravitationnelle terrestre.

2. $g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$
$r_T = 6378$ km, soit 6 378 000 m
$m_T = 5{,}974 \times 10^{24}$ kg
$\Delta y = 8848$ m

3. $F_g = \dfrac{Gm_1m_2}{d^2}$

4. La constante $g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$ peut être définie comme :

$$g = \frac{Gm_T}{{r_T}^2}$$

À une altitude différente, on redéfinit la constante en ajustant la distance qui sépare l'objet qui subit cette accélération et le centre de la Terre :
$g' = Gm_T/(r_T + \Delta y)^2$
La différence entre g et g' sera la correction, soit :

$$\begin{aligned}\delta &= g' - g\\ &= \frac{Gm_T}{(r_T + \Delta y)^2} - \frac{Gm_T}{{r_T}^2}\\ &= Gm_T \times \left[\frac{1}{(r_T + \Delta y)^2} - \frac{1}{{r_T}^2}\right]\\ &= 6{,}67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5{,}974 \times 10^{24} \text{ kg} \times\\ &\left[\frac{1}{(6\,378\,000 \text{ m} + 8848 \text{ m})^2} - \frac{1}{(6\,378\,000 \text{ m})^2}\right]\\ &= -0{,}0271 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

5. La grandeur de la correction à apporter à l'accélération gravitationnelle est de $-0{,}027 \text{ m/s}^2$.

Défis (*suite*)

b) 1. La correction δ à l'accélération gravitationnelle terrestre.

2. $g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$
   $r_T = 6\,378\,000 \text{ m}$
   $m_T = 5{,}974 \times 10^{24} \text{ kg}$
   $\Delta y = -2191 \text{ m}$

3. $F_g = \dfrac{Gm_1m_2}{d^2}$

4. La constante $g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$ peut être définie comme :
   $$g = \frac{Gm_T}{{r_T}^2}$$
   À une altitude différente, on redéfinit la constante en ajustant la distance qui sépare l'objet qui subit cette accélération et le centre de la Terre :
   $g' = Gm_T/(r_T + \Delta y)^2$
   La différence entre g et g' sera la correction, soit :
   $$\begin{aligned}\delta &= g' - g \\ &= \frac{Gm_T}{(r_T + \Delta y)^2} - \frac{Gm_T}{{r_T}^2} \\ &= Gm_T \times \left[\frac{1}{(r_T + \Delta y)^2} - \frac{1}{{r_T}^2}\right] \\ &= 6{,}67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5{,}974 \times 10^{24} \text{ kg} \times \\ &\quad \left[\frac{1}{(6\,378\,000 \text{ m} - 2191 \text{ m})^2} - \frac{1}{(6\,378\,000 \text{ m})^2}\right] \\ &= 0{,}0067 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

5. La grandeur de la correction à apporter à l'accélération gravitationnelle est de $0{,}0067 \text{ m/s}^2$.