Solutionnaire du chapitre 3

1. Avec un axe des x vers la droite, on a

$$\sum F_x = ma_x$$
$$120N = 80kg \cdot a_x$$
$$a_x = 1{,}5\tfrac{m}{s^2}$$

2. On va trouver la force avec

$$\sum F_x = ma_x$$

Pour la trouver, il nous faut l'accélération. Avec un axe positif dans le sens de la vitesse, l'accélération de la voiture est

$$2a(x - x_0) = v^2 - v_0^2$$
$$2 \cdot a \cdot (80m - 0m) = \left(0\tfrac{m}{s}\right)^2 - \left(27{,}78\tfrac{m}{s}\right)^2$$
$$a = -4{,}823\tfrac{m}{s^2}$$

Ainsi, la force est

$$\sum F_x = ma_x$$
$$F = 1200kg \cdot \left(-4{,}823\tfrac{m}{s^2}\right)$$
$$F = -5787N$$

Elle est négative, car elle est dans la direction opposée à la vitesse, qu'on avait mis positive. La grandeur de la force est donc 5787 N.

3. On va trouver le temps avec l'accélération. Pour trouver cette accélération, on doit savoir avec quelle force le camion peut tirer. On peut trouver cette information avec ce qu'on sait du camion quand il n'y a pas de remorque.

Sans remorque, l'accélération est (on utilise un axe dans le sens de la vitesse)

$$v = v_0 + at$$
$$8\tfrac{m}{s} = 0\tfrac{m}{s} + a \cdot 1s$$
$$a = 8\tfrac{m}{s^2}$$

La force qui accélère le camion est donc

$$\sum F_x = ma_x$$
$$F = 1800kg \cdot 8\tfrac{m}{s^2}$$
$$F = 14\,400N$$

Avec la remorque, la masse totale est maintenant de 134 800 kg. L'accélération est donc

$$\sum F_x = ma_x$$
$$14\,400N = 134\,800kg \cdot a$$
$$a = 0{,}1068\tfrac{m}{s^2}$$

Pour atteindre 10 km/h, il faudra donc

$$v = v_0 + at$$
$$2{,}778\tfrac{m}{s} = 0\tfrac{m}{s} + 0{,}1068\tfrac{m}{s^2} \cdot t$$
$$t = 26s$$

4. L'accélération de l'avion est

$$\sum F_x = ma_x$$
$$48\,900N \cdot 2 = 23\,500kg \cdot a$$
$$a = 4{,}16\tfrac{m}{s^2}$$

La longueur de piste se trouve donc avec

$$2a_x\left(x - x_0\right) = v_x^2 - v_{x0}^2$$
$$2 \cdot 4{,}16\tfrac{m}{s^2} \cdot \left(x - 0m\right) = \left(79{,}8\tfrac{m}{s}\right)^2 - \left(0\tfrac{m}{s}\right)^2$$
$$x = 765{,}1m$$

5. On va séparer en composantes x et y en utilisant un axe x vers la droite et un axe y vers le haut.

Somme des forces

Les composantes de la force de 25 N à 0° sont

$$F_{1x} = 25N \cdot \cos\left(0°\right) = 25N$$
$$F_{1y} = 25N \cdot \sin\left(0°\right) = 0N$$

Les composantes de la force de 30 N à 45° sont

$$F_{2x} = 30N \cdot \cos\left(45°\right) = 15\sqrt{2}N$$
$$F_{2y} = 30N \cdot \sin\left(45°\right) = 15\sqrt{2}N$$

Les composantes de la force de 20 N à 90° sont

$$F_{3x} = 20N \cdot \cos\left(90°\right) = 0N$$
$$F_{3y} = 20N \cdot \sin\left(90°\right) = 20N$$

Les composantes de la force de 25 N à 225° sont

$$F_{4x} = 20N \cdot \cos\left(225°\right) = -10\sqrt{2}N$$
$$F_{4y} = 20N \cdot \sin\left(225°\right) = -10\sqrt{2}N$$

Les composantes de la force de 50 N à 270°

$$F_{5x} = 50N \cdot \cos\left(270°\right) = 0N$$
$$F_{5y} = 50N \cdot \sin\left(270°\right) = -50N$$

La force totale en *x* est donc

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} + F_{5x} \\ &= 25N + 15\sqrt{2}N + 0N + -10\sqrt{2}N + 0N \\ &= 32,07N\end{aligned}$$

La force totale en *y* est donc

$$\begin{aligned}\sum F_y &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} + F_{5y} \\ &= 0N + 15\sqrt{2}N + 20N + -10\sqrt{2}N + -50N \\ &= -22,93N\end{aligned}$$

2^e loi de Newton

L'accélération en *x* est donc

$$\sum F_x = ma_x$$
$$32,07N = 5kg \cdot a_x$$
$$a_x = 6,414 \tfrac{m}{s^2}$$

L'accélération en *y* est donc

$$\sum F_y = ma_y$$
$$-22,93N = 5kg \cdot a_y$$
$$a_y = -4,586 \tfrac{m}{s^2}$$

La grandeur de l'accélération est donc

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \\ &= \sqrt{\left(6,414 \tfrac{m}{s^2}\right)^2 + \left(-4,586 \tfrac{m}{s^2}\right)^2} \\ &= 7.885 \tfrac{m}{s^2} \end{aligned}$$

et sa direction est

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan \frac{a_y}{a_x} \\ &= \arctan \frac{-4,586 \tfrac{m}{s^2}}{6,414 \tfrac{m}{s^2}} \\ &= -35.56° \end{aligned}$$

6. Trouvons premièrement la somme des forces sur le traineau et Aaron. On va séparer en composantes *x* et *y* en utilisant un axe *x* vers la droite et un axe *y* vers le haut.

Somme des forces

Les composantes de la force de 57 N vers la droite sont

$$F_{1x} = 57N \cdot \cos(0°) = 57N$$
$$F_{1y} = 57N \cdot \sin(0°) = 0N$$

Les composantes de la force faite par la maman sont

$$F_{2x} = 55N \cdot \cos(145°) = -45,05N$$
$$F_{2y} = 55N \cdot \sin(145°) = 31,55N$$

Les composantes de la force faite par le papa sont

$$F_{3x} = 55N \cdot \cos(215°) = -45,05N$$
$$F_{3y} = 55N \cdot \sin(215°) = -31,55N$$

La force totale en *x* est donc

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} \\ &= 57N + -45,05N + -45,05N \\ &= -33,11N\end{aligned}$$

La force totale en *y* est donc

$$\begin{aligned}\sum F_y &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} \\ &= 0N + 31,55N + -31,55N \\ &= 0N\end{aligned}$$

2^e^ loi de Newton

Pour trouver la masse avec la 2e loi de Newton, on doit connaitre l'accélération. Si le traineau fait 6 m en 2 secondes, alors son accélération est

$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} a_x t^2$$
$$-6m = 0m + 0\tfrac{m}{s} \cdot 2s + \tfrac{1}{2} \cdot a_x \cdot (2s)^2$$
$$a_x = -3\tfrac{m}{s^2}$$

La 2e loi de Newton donne alors

$$\sum F_x = ma_x$$
$$-33,11N = m \cdot \left(-3\tfrac{m}{s^2}\right)$$
$$m = 11,04kg$$

La masse d'Aaron est donc

$$\begin{aligned} m &= m_{tot} - m_{traineau} \\ &= 11,04kg - 2kg \\ &= 9,04kg \end{aligned}$$

7. Trouvons premièrement la somme des forces sur la caisse. On va séparer en composantes *x* et *y* en utilisant un axe *x* vers la droite et un axe *y* vers le haut.

Les composantes de la force de 400 N sont

$$F_{1x} = 400N \cdot \cos(30°) = 346,4N$$
$$F_{1y} = 400N \cdot \sin(30°) = 200N$$

Les composantes de la force de 600 N sont

$$F_{2x} = 600N \cdot \cos(140°) = -459,6N$$
$$F_{2y} = 600N \cdot \sin(140°) = 385,7N$$

La force totale en *x* est donc

$$\begin{aligned} \sum F_x &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} \\ 0N &= 346,4N + -459,6N + F_{3x} \\ F_{3x} &= 113,2N \end{aligned}$$

La force totale en *y* est donc

$$\begin{aligned} \sum F_y &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} \\ 850N &= 200N + 385,7N + F_{3y} \\ F_{3y} &= 264,3N \end{aligned}$$

La grandeur de la force 3 est donc

$$F_3 = \sqrt{F_{3x}^2 + F_{3y}^2} = 287,5N$$

et sa direction est

$$\theta = \arctan\frac{F_{3y}}{F_{3x}} = 66,8°$$

8. a) L'accélération de la capsule est

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-200N}{2500kg} = -0,08 \tfrac{m}{s^2}$$

La vitesse au bout de 0,5 s est donc

$$v = at = -0,08 \tfrac{m}{s^2} \cdot 0,5s = -0,04 \tfrac{m}{s}$$

b) L'accélération de l'astronaute est

$$a = \frac{F}{m} = \frac{200N}{100kg} = 2 \tfrac{m}{s^2}$$

La vitesse au bout de 0,5 s est donc

$$v = at = 2 \tfrac{m}{s^2} \cdot 0,5s = 1 \tfrac{m}{s}$$

9. On va utiliser un axe des *x* dans la direction du mouvement de la flèche. La force est

$$\begin{aligned} F_x &= \frac{\Delta p_x}{\Delta t} \\ &= \frac{mv'_x - mv_x}{\Delta t} \\ &= \frac{0,1kg \cdot 150 \tfrac{m}{s} - 0,1kg \cdot 0 \tfrac{m}{s}}{0,05s} \\ &= 300N \end{aligned}$$

10. On va utiliser un axe des *x* dans la direction du mouvement de la balle de fusil. La force est

$$\begin{aligned} F_x &= \frac{\Delta p_x}{\Delta t} \\ &= \frac{mv'_x - mv_x}{\Delta t} \\ &= \frac{0,02kg \cdot 0 \tfrac{m}{s} - 0,02kg \cdot 900 \tfrac{m}{s}}{0,004s} \\ &= -4500N \end{aligned}$$

La grandeur de la force est donc de 4500 N.

11. La force sur la voiture est

$$\begin{aligned} F_x &= \frac{\Delta p_x}{\Delta t} \\ &= \frac{mv'_x - mv_x}{\Delta t} \\ &= \frac{1150kg \cdot 2,6\frac{m}{s} - 1150kg \cdot \left(-15\frac{m}{s}\right)}{0,10s} \\ &= 202\,400N \end{aligned}$$

Comme elle est positive, cette force exercée par le mur sur la voiture est vers la droite.

Par la troisième loi de Newton, la force exercée par la voiture sur le mur est donc de 202 400 N vers la gauche. C'est donc une force de -202 400 N.

12. Avec un axe des *x* vers la droite et un axe des *y* vers le haut, la composante en *x* de la force est

$$\begin{aligned} F_x &= \frac{\Delta p_x}{\Delta t} \\ &= \frac{mv'_x - mv_x}{\Delta t} \\ &= \frac{0,05kg \cdot 8\frac{m}{s} \cdot \cos(25°) - 0,05kg \cdot 12\frac{m}{s} \cdot \cos(-45°)}{0,06s} \\ &= -1,029N \end{aligned}$$

La composante en *y* est

$$\begin{aligned} F_y &= \frac{\Delta p_y}{\Delta t} \\ &= \frac{mv'_y - mv_y}{\Delta t} \\ &= \frac{0,05kg \cdot 8\frac{m}{s} \cdot \sin(25°) - 0,05kg \cdot 12\frac{m}{s} \cdot \sin(-45°)}{0,06s} \\ &= 9,889N \end{aligned}$$

13. On va utiliser un axe des *x* dans la direction du mouvement du ballon. En l'absence de force externe, la quantité de mouvement est conservée.

Quantité de mouvement à l'instant 1 (Avant qu'Édouard lance le ballon)

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= m_{ballon} v_{ballon} + m_{Ed} v_{Ed} \\ &= 0{,}8kg \cdot 0\tfrac{m}{s} + 65kg \cdot 0\tfrac{m}{s} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Quantité de mouvement à l'instant 2 (Après qu'Édouard ait lancé le ballon)

$$\begin{aligned} p'_{tot\,x} &= m_{ballon} v'_{ballon} + m_{Ed} v'_{Ed} \\ &= 0{,}8kg \cdot 20\tfrac{m}{s} + 65kg \cdot v'_{Ed} \\ &= 16\tfrac{kgm}{s} + 65kg \cdot v'_{Ed} \end{aligned}$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= p'_{tot\,x} \\ 0 &= 16\tfrac{kgm}{s} + 65kg \cdot v'_{Ed} \\ v'_{Ed} &= -0{,}246\tfrac{m}{s} \end{aligned}$$

Édouard va donc à 0,246 m/s dans la direction opposée au mouvement du ballon.

14. On va utiliser un axe des *x* dans la direction du mouvement du ballon. En l'absence de force externe, la quantité de mouvement est conservée.

Quantité de mouvement à l'instant 1 (Avant que Marie-Sophie attrape le ballon)

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= m_{MS} v_{MS} + m_{ballon} v_{ballon} \\ &= 60kg \cdot 0\tfrac{km}{h} + 15kg \cdot 20\tfrac{km}{h} \\ &= 15kg \cdot 20\tfrac{km}{h} \end{aligned}$$

Quantité de mouvement à l'instant 2 (Après que Marie-Sophie ait attrapé le ballon)

$$\begin{aligned} p'_{tot\,x} &= m_{MS} v'_{MS} + m_{ballon} v'_{ballon} \\ &= 60kg \cdot v' + 15kg \cdot v' \\ &= 75kg \cdot v' \end{aligned}$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= p'_{tot\,x} \\ 15kg \cdot 20\tfrac{km}{h} &= 75kg \cdot v' \\ v' &= 4\tfrac{km}{h} \end{aligned}$$

Marie-Sophie (avec le ballon dans les mains) va donc à 4 km/h vers la droite.

15. On va utiliser un axe des *x* vers la droite. En l'absence de force externe, la quantité de mouvement est conservée.

Quantité de mouvement à l'instant 1 (Avant qu'Helmut pousse Brunnehilde)

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= m_{Bru}v_{Bru} + m_{Hel}v_{Hel} \\ &= 25kg \cdot 0\tfrac{m}{s} + 70kg \cdot 0\tfrac{m}{s} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Quantité de mouvement à l'instant 2 (Après qu'Helmut ait poussé Brunnehilde)

$$\begin{aligned} p'_{tot\,x} &= m_{Bru}v'_{Bru} + m_{Hel}v'_{Hel} \\ &= 25kg \cdot 10\tfrac{m}{s} + 70kg \cdot v'_{Hel} \\ &= 250\tfrac{kgm}{s} + 70kg \cdot v'_{Hel} \end{aligned}$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= p'_{tot\,x} \\ 0 &= 250\tfrac{kgm}{s} + 70kg \cdot v'_{Hel} \\ v'_{Hel} &= -3,571\tfrac{m}{s} \end{aligned}$$

Helmut va donc à 3,571 m/s vers la gauche.

16. On va utiliser un axe des *x* dans la direction du mouvement des boulets. En l'absence de force externe, la quantité de mouvement est conservée.

Quantité de mouvement à l'instant 1 (Avant le lancement des boulets)

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= m_{navire}v_{navire} + m_{boulets}v_{boulets} \\ &= 1\,200\,000kg \cdot 0\tfrac{m}{s} + 180kg \cdot 0\tfrac{m}{s} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Quantité de mouvement à l'instant 2 (Après le lancement des boulets)

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= m_{navire}v'_{navire} + m_{boulets}v'_{boulets} \\ &= 1\,200\,000kg \cdot v'_{navire} + 180kg \cdot 425\tfrac{m}{s} \\ &= 1\,200\,000kg \cdot v'_{navire} + 76\,500\tfrac{kgm}{s} \end{aligned}$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= p'_{tot\,x} \\ 0 &= 1\,200\,000kg \cdot v'_{navire} + 76\,500\tfrac{kgm}{s} \\ v'_{navire} &= -0,06375\tfrac{m}{s} \end{aligned}$$

Le navire va donc à 0,06375 m/s dans la direction opposée au mouvement des boulets.

17. On va utiliser un axe des *x* vers la droite et un axe des *y* vers le haut. En l'absence de force externe, la quantité de mouvement est conservée.

Composante en *x*

Quantité de mouvement à l'instant 1 (Avant l'explosion)

$$\begin{aligned} p_{tot\,x} &= m_{boulet}v_{boulet\,x} \\ &= 10kg \cdot v_{boulet\,x} \end{aligned}$$

Quantité de mouvement à l'instant 2 (Après l'explosion)

$$\begin{aligned} p'_{tot\,x} &= m_1v'_{1x} + m_2v'_{2x} + m_3v'_{3x} \\ &= 2kg \cdot 80\tfrac{m}{s} \cdot \cos(80°) + 5kg \cdot 50\tfrac{m}{s} \cdot \cos(-60°) + 3kg \cdot 60\tfrac{m}{s} \cdot \cos(220°) \\ &= 14,896\tfrac{kgm}{s} \end{aligned}$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$
\begin{aligned}
p_{tot\,x} &= p'_{tot\,x} \\
10kg \cdot v_{boulet\,x} &= 14,896 \tfrac{kgm}{s} \\
v_{boulet\,x} &= 1,4896 \tfrac{m}{s}
\end{aligned}
$$

Composante en *y*

Quantité de mouvement à l'instant 1 (Avant l'explosion)

$$
\begin{aligned}
p_{tot\,y} &= m_{boulet} \cdot v_{boulet\,y} \\
&= 10kg \cdot v_{boulet\,y}
\end{aligned}
$$

Quantité de mouvement à l'instant 2 (Après l'explosion)

$$
\begin{aligned}
p'_{tot\,y} &= m_1 v'_{1y} + m_2 v'_{2y} + m_3 v'_{3y} \\
&= 2kg \cdot 80 \tfrac{m}{s} \cdot \sin(80°) + 5kg \cdot 50 \tfrac{m}{s} \cdot \sin(-60°) + 3kg \cdot 60 \tfrac{m}{s} \cdot \sin(220°) \\
&= -174,639 \tfrac{kgm}{s}
\end{aligned}
$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$
\begin{aligned}
p_{tot\,y} &= p'_{tot\,y} \\
10kg \cdot v_{boulet\,y} &= -174,639 \tfrac{kgm}{s} \\
v_{boulet\,y} &= -17,4639 \tfrac{m}{s}
\end{aligned}
$$

Vitesse du boulet

La grandeur de la vitesse est

$$
\begin{aligned}
v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\
&= \sqrt{\left(1,4896 \tfrac{m}{s}\right)^2 + \left(-17,4639 \tfrac{m}{s}\right)^2} \\
&= 17,53 \tfrac{m}{s}
\end{aligned}
$$

et sa direction est

$$
\begin{aligned}
\theta &= \arctan \frac{v_y}{v_x} \\
&= \arctan \frac{-17,4639 \frac{m}{s}}{1,4896 \frac{m}{s}} \\
&= -85,1°
\end{aligned}
$$