

QUANTUM

2^e cycle du secondaire • 3^e année

PHYSIQUE

POUR FAIRE LE POINT

Corrigé

Table des matières

Rappels (En pratique)	1
Module 1 L'optique géométrique	
Chapitre 1 Les ondes	3
Chapitre 2 La réflexion de la lumière	5
Chapitre 3 La réfraction de la lumière	10
Chapitre 4 Les lentilles	17
Chapitre 5 L'optique géométrique appliquée	29
Module 2 Les notions préalables à la mécanique	
Chapitre 6 Les systèmes de référence	34
Chapitre 7 Les grandeurs et les unités	38
Chapitre 8 Les vecteurs	41
Module 3 La cinématique	
Chapitre 9 Le mouvement rectiligne uniforme	49
Chapitre 10 Le mouvement rectiligne uniformément accéléré	53
Chapitre 11 Le mouvement des projectiles	61
Module 4 La dynamique	
Chapitre 12 Les différents types de forces	67
Chapitre 13 Les corps soumis à plusieurs forces	72
Chapitre 14 Les lois de Newton	80
Module 5 L'énergie et ses transformations	
Chapitre 15 Le travail et la puissance mécanique	86
Chapitre 16 L'énergie mécanique	89
Chapitre 17 L'énergie potentielle élastique	99

Chapitre 12 Les différents types de forces

Manuel, p. 265 à 286

POUR FAIRE LE POINT

Section 12.2

La force gravitationnelle

Manuel, p. 272

1. a) $m_1 = 0,150 \text{ kg}$ $m_2 = 6,37 \times 10^{23} \text{ kg}$
 $r = 3,4 \times 10^6 \text{ m}$

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$$= \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (0,150 \text{ kg}) \times (6,37 \times 10^{23} \text{ kg})}{(3,4 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$= 0,55 \text{ N}$$

- b) $m_1 = 70\,000 \text{ kg}$ $m_2 = 100 \text{ kg}$ $r = 15 \text{ m}$

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$$= \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (70\,000 \text{ kg}) \times (100 \text{ kg})}{(15 \text{ m})^2}$$

$$= 2,1 \times 10^{-6} \text{ N}$$

- c) $m_1 = 77 \text{ kg}$ $m_2 = 56 \text{ kg}$ $r = 1,5 \text{ m}$

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$$= \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (77 \text{ kg}) \times (56 \text{ kg})}{(1,5 \text{ m})^2}$$

$$= 1,3 \times 10^{-7} \text{ N}$$

2. a) Le poids, mesuré en newtons, est la mesure de la force gravitationnelle exercée par un astre. La masse, mesurée en kilogrammes, représente la quantité de matière.

- b) Une balance mesure la masse en la comparant avec d'autres masses. Un dynamomètre mesure une force en étirant ou en comprimant un ressort.

3. $m = 79 \text{ kg}$

$$F_g = mg = 79 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 774 \text{ N} = 0,77 \text{ kN}$$

4. Note : Dans la première impression du manuel, on devrait lire : « Un mousqueton d'escalade est en mesure de supporter différentes forces selon son orientation. [...] Est-ce que ce mousqueton résistera indépendamment de son orientation, [...] ? »

Il faut calculer le poids exercé par l'équipe de grimpeurs :

$$m = 72 \text{ kg} + 84 \text{ kg} + 81 \text{ kg} = 237 \text{ kg}$$

$$F_g = mg = 237 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 2\,323 \text{ N} = 2,32 \text{ kN}.$$

Le poids est plus petit que 9 kN, donc le mousqueton résistera.

5. $m_1 = 4,83 \times 10^{24} \text{ kg}$ $r = 6,05 \times 10^6 \text{ m}$ $g_v = ?$

Soit une masse m_2 à la surface de la planète Vénus, de masse m_1 .

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = m_2g_v$$

$$\Rightarrow g_v = \frac{Gm_1}{r^2} = \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (4,83 \times 10^{24} \text{ kg})}{(6,05 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$= 8,80 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 8,80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

6. Si la résistance de l'air est négligeable, l'accélération est toujours de $9,80 \text{ m/s}^2$ vers le bas.

7. Note : Dans la première impression du manuel, on devrait lire : « Quel serait son poids sur Pluton (la masse de Pluton étant de $1,31 \times 10^{22} \text{ kg}$ et son rayon, de $1,15 \times 10^6 \text{ m}$) ? »

Sur Mercure :

$$F_g = 650 \text{ N} \quad m_{\text{Mercure}} = m_1 = 3,28 \times 10^{23} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Mercure}} = r = 2,44 \times 10^6 \text{ m}$$

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \Rightarrow m_2 = \frac{F_g r^2}{Gm_1}$$

$$m^2 = \frac{650 \text{ N} \times (2,44 \times 10^6 \text{ m})^2}{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (3,28 \times 10^{23} \text{ kg})} = 177 \text{ kg}$$

La masse de la sonde vaut 177 kg. Maintenant qu'on la connaît, on peut déterminer le poids de la sonde sur Pluton.

Sur Pluton :

$$m_{\text{Pluton}} = m_1 = 1,31 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Pluton}} = r = 1,15 \times 10^6 \text{ m} \quad F_g = ?$$

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$$= \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (1,31 \times 10^{22} \text{ kg}) \times 177 \text{ kg}}{(1,15 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$= 117 \text{ N}$$

8. Les moteurs doivent produire une force au moins légèrement supérieure au poids de la fusée, qui vaut :

$$F_g = mg = 750\,000 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 7,35 \times 10^6 \text{ N}.$$

Section 12.3

La force normale

 Manuel, p. 274

1. a) $m = 60 \text{ kg} + 8,6 \text{ kg} = 68,6 \text{ kg}$

$$F_g = mg = 68,6 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 672 \text{ N}$$

$$\vec{F}_N = -\vec{F}_g = 672 \text{ N vers le haut}$$

- b) La force normale exercée par le poteau sur la voiture est égale en grandeur à la force exercée par la voiture sur le poteau, mais elle est dirigée en sens opposé :

$$\vec{F}_N = 4\,500 \text{ N vers l'arrière de la voiture.}$$

- c) La force normale exercée par la bande sur la balle est égale en grandeur à la force exercée par la balle sur la bande, mais elle est dirigée en sens opposé :

$$\vec{F}_N = 4 \text{ N à } 150^\circ \text{ en considérant l'axe des } x \text{ dirigé vers la droite.}$$

2. $m = 1\,750 \text{ kg}$

$$F_g = mg = 1\,750 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 17\,150 \text{ N}$$

$$= 17,2 \text{ kN vers le bas}$$

$$\vec{F}_N = -\vec{F}_g = 17,2 \text{ kN vers le haut}$$

3. $\vec{F}_N = -\vec{F}_g = 38 \text{ N à } 155^\circ$

Section 12.4

La force de frottement

 Manuel, p. 277

1. Note : Dans la première impression du manuel, on devrait lire en b : « Un adolescent tire un traîneau à vitesse constante sur la neige en exerçant une force horizontale de 150 N. »

Lorsqu'il n'y a pas de mouvement ou que le mouvement se fait à vitesse constante, le frottement est de même grandeur que la force appliquée, mais il est orienté en sens opposé.

- a) Il s'agit d'une force de frottement statique.

$$\vec{F}_f = 400 \text{ N vers la droite}$$

- b) Il s'agit d'une force de frottement cinétique

$$\vec{F}_f = 150 \text{ N vers l'arrière.}$$

2. La force maximale qu'on peut appliquer horizontalement sur les objets sans qu'ils se déplacent est égale en grandeur à la valeur maximale du frottement statique.

- a) $m = 0,345 \text{ kg}$

$\mu_s = 0,5$ (Chêne sec sur chêne sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_N = F_g = mg = 0,345 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 3,38 \text{ N}$$

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,5 \times 3,38 \text{ N} = 1,69 \text{ N}$$

- b) $m = 125 \text{ kg}$

$\mu_s = 1,0$ (Caoutchouc sur béton sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_N = F_g = mg = 125 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 1\,225 \text{ N}$$

$$= 1,23 \text{ kN}$$

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N = 1,0 \times 1,23 \text{ kN} = 1,23 \text{ kN}$$

- c) $F_N = 0,80 \text{ N}$

$\mu_s = 0,41$ (Acier sur acier sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,41 \times 0,80 \text{ N} = 0,33 \text{ N}$$

3. Le frottement résulte de l'interaction entre les particules de surface de deux corps en contact. Plus la force normale est grande, plus les interactions entre les particules sont importantes : le frottement est donc plus grand.

4. $m = 160 \text{ g} = 0,160 \text{ kg}$

a) $F_N = F_g = mg = 0,160 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 1,57 \text{ N}$

Comme la rondelle glisse, le frottement est cinétique.

$\mu_c = 0,005$ (Caoutchouc sur glace. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{cinétique})} = \mu_c F_N = 0,005 \times 1,57 \text{ N} = 0,008 \text{ N}$$

- b) Si on suppose que la force mettant la rondelle en mouvement est horizontale, cette force doit être plus grande que la valeur maximale du frottement statique.

$\mu_s = 0,006$ (Caoutchouc sur glace. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,006 \times 1,57 \text{ N} = 0,009 \text{ N}$$

La force nécessaire pour mettre la rondelle en mouvement est supérieure à 0,009 N.

5. Si on suppose que la force mettant la voiture en mouvement est horizontale, cette force doit être plus grande que la valeur maximale du frottement statique.

$$m = 1\,200 \text{ kg}$$

$$F_N = F_g = mg = 1\,200 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 11\,760 \text{ N} = 11,8 \text{ kN}$$

$\mu_s = 0,006$ (Caoutchouc sur glace. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,006 \times 11,8 \text{ kN} = 0,071 \text{ kN} = 71 \text{ N}$$

Une force d'au moins 71 N est nécessaire pour déplacer la voiture.

6. On détermine la force que l'homme fort a dû appliquer pour mettre le pneu en mouvement.

$$m = 415 \text{ kg}$$

$$F_N = F_g = mg = 415 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 4\,067 \text{ N} = 4,07 \text{ kN}$$

$\mu_s = 0,7$ (Caoutchouc sur béton mouillé.

Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,7 \times 4,07 \text{ kN} = 2,85 \text{ kN}$$

L'homme fort est donc capable d'appliquer une force de 2,85 kN.

Si la surface de béton avait été sèche :

$\mu_s = 1,0$ (Caoutchouc sur béton sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = 2,85 \text{ kN} = \mu_s F_N \Rightarrow$$

$$F_N = \frac{F_{f(\text{statique})\text{MAX}}}{\mu_s} = \frac{2,85 \text{ kN}}{1,0} = 2,85 \text{ kN}.$$

La force normale s'appliquant sur le plus gros pneu que l'homme fort mettrait en mouvement sur du béton sec serait égale à 2,85 kN. Il reste à calculer la masse du pneu subissant une telle force normale :

$$F_N = F_g = mg \Rightarrow m = \frac{F_g}{g} = \frac{F_N}{g} = \frac{2\,850 \text{ N}}{9,80 \text{ m/s}^2} = 291 \text{ kg}.$$

Section 12.5

La tension



Manuel, p. 278

1. $m = 8 \text{ kg}$

$$F_g = mg = 8 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 78 \text{ N vers le bas}$$

Comme la tension empêche la masse de tomber, elle est égale au poids, mais elle est dirigée vers le haut :

$$F_T = 78 \text{ N vers le haut}.$$

2. La corde va glisser puis tomber sur le sol.

On considère que la corde est constituée de deux parties. La première partie est sur la table et subit une force de frottement au contact de la table. La seconde partie pend au-dessus du sol et subit une force gravitationnelle dirigée vers le bas. Plus la seconde partie de la corde sera longue, plus la masse de cette partie sera grande et plus la force gravitationnelle qui s'exerce sur cette partie sera grande. À partir du moment où la force gravitationnelle qui s'exerce sur cette partie sera plus grande que la force de frottement, la corde va glisser puis tomber sur le sol.

Section 12.6

La force centripète



Manuel, p. 281

1. $m = 81 \text{ kg}$ $v = 50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$

$$r = 22 \text{ m} \quad F_c = ?$$

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{81 \text{ kg} \times (13,9 \text{ m/s})^2}{22 \text{ m}} = 711 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} = 0,71 \text{ kN}$$

2. $m = 40 \text{ kg}$ $v = 8,0 \text{ m/s}$ $r = 3,2 \text{ m}$ $F_c = ?$

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{40 \text{ kg} \times (8,0 \text{ m/s})^2}{3,2 \text{ m}} = 800 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} = 0,80 \text{ kN}$$

3. $v = 19\,481 \text{ m/s}$ $m_{\text{Saturne}} = 5,69 \times 10^{26} \text{ kg}$ $r = ?$
C'est la force gravitationnelle qui joue le rôle de force centripète. Ainsi :

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = F_g = \frac{Gm_{\text{Saturne}}m}{r^2}$$

où m est la masse du satellite.

$$\frac{v^2}{r} = \frac{Gm_{\text{Saturne}}}{r^2} \Rightarrow$$

$$r = \frac{Gm_{\text{Saturne}}}{v^2} = \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times 5,69 \times 10^{26} \text{ kg}}{(19\,481 \text{ m/s})^2} = 1,00 \times 10^8 \text{ m}$$

Chapitre 12

Les différents types de forces

 Manuel, p. 286

1. Le poids maximal que le mousqueton peut supporter s'il est orienté horizontalement et que la traction est verticale est $F_g = 9\,000 \text{ N}$.

La masse correspondant à ce poids est :

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{9\,000 \text{ N}}{9,80 \text{ m/s}^2} = 918 \text{ kg}.$$

2. Note : Dans la première impression du manuel, on devrait lire : « La masse d'Uranus est de $8,8 \times 10^{25} \text{ kg}$ et son rayon est de $2,56 \times 10^7 \text{ m}$. »

$$m_1 = 629 \text{ kg} \quad m_2 = 8,8 \times 10^{25} \text{ kg}$$

Le rayon d'Uranus est $r_{\text{Uranus}} = 2,56 \times 10^7 \text{ m}$. Ainsi, la distance entre le centre d'Uranus et la sonde est :

$$r = 2,56 \times 10^4 \text{ km} + 1500 \text{ km} = 2,71 \times 10^4 \text{ km} = 2,71 \times 10^7 \text{ m}$$

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (629 \text{ kg}) \times (8,8 \times 10^{25} \text{ kg})}{(2,71 \times 10^7 \text{ m})^2} = 5,0 \times 10^3 \text{ N}$$

3. Pour que l'homme arrive à déplacer le piano si celui-ci est immobile, la force qu'il exerce doit être supérieure au frottement statique maximal, qu'il faut calculer.

$$F_g = mg = 230 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 2\,254 \text{ N}$$

$$\text{Puisque } \vec{F}_N = -\vec{F}_g, F_N = 2\,254 \text{ N}.$$

Sachant que le piano et le plancher sont en chêne, $\mu_s = 0,5$ et $\mu_c = 0,3$ (Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel).

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,5 \times 2\,254 \text{ N} = 1\,127 \text{ N}$$

$$F_{f(\text{cinétique})} = \mu_c F_N = 0,3 \times 2\,254 \text{ N} = 676 \text{ N}$$

Si le piano est immobile, l'homme ne peut pas le déplacer, car la force qu'il exerce est inférieure à la valeur maximale du frottement statique.

En revanche, l'homme est capable de continuer à déplacer le piano si celui-ci est déjà en mouvement puisque la force qu'il exerce dépasse le frottement cinétique.

4. Pour arriver à déplacer le bloc, il faut exercer une force supérieure au frottement statique maximal. On pose donc celui-ci égal à 150 N .

$\mu_s = 1,6$ (Cuivre sur cuivre. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N \Rightarrow$$

$$F_N = \frac{F_{f(\text{statique})\text{MAX}}}{\mu_s} = \frac{150 \text{ N}}{1,6} = 94 \text{ N}$$

$$F_N = F_g = mg \Rightarrow$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{94 \text{ N}}{9,80 \text{ m/s}^2} = 9,6 \text{ kg}$$

5. Pour arriver à déplacer le bloc, il faut exercer une tension de grandeur supérieure à celle du frottement.

Si le bloc n'est pas en mouvement au départ, la tension doit être supérieure au frottement statique maximal, qu'on pose donc égal à $3\,500 \text{ N}$.

$\mu_s = 1,2$ (Caoutchouc sur asphalte sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N \Rightarrow$$

$$F_N = \frac{F_{f(\text{statique})\text{MAX}}}{\mu_s} = \frac{3\,500 \text{ N}}{1,2} = 2\,917 \text{ N}$$

$$F_N = F_g = mg \Rightarrow$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{2\,917 \text{ N}}{9,80 \text{ m/s}^2} = 298 \text{ kg}$$

Si le bloc est en mouvement au départ, la tension doit être supérieure au frottement cinétique, qui vaut donc 3 500 N.

$\mu_c = 0,8$ (Caoutchouc sur asphalte sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{\text{statique}}^{\text{MAX}} = \mu_s F_N \Rightarrow$$

$$F_N = \frac{F_{\text{cinétique}}}{\mu_c} = \frac{3\,500\text{ N}}{0,8} = 4\,375\text{ N}$$

$$F_N = F_g = mg \Rightarrow$$

$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{4\,375\text{ N}}{9,80\text{ m/s}^2} = 446\text{ kg}$$

La masse maximale est de 298 kg si le bloc est immobile et de 446 kg s'il est initialement en mouvement.

- 6. Note : Dans la première impression du manuel, on devrait lire : « Calculez la différence d'accélération gravitationnelle entre un point se situant au niveau de la mer, à environ 6 380 km du centre de la Terre, et un point se trouvant 2 200 m plus haut. Négligez les variations de l'accélération gravitationnelle apparente, associées à la rotation de la Terre. »

Pour répondre à cette question, il faut comparer l'accélération gravitationnelle à Mexico et l'accélération gravitationnelle au niveau de la mer.

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = m_2g \Rightarrow g = \frac{Gm_1}{r^2}$$

où m_1 est la masse de la Terre : $m_1 = 5,98 \times 10^{24}\text{ kg}$
(Voir l'annexe 6.3, à la page 414 du manuel.)

Au niveau de la mer, $r_{\text{mer}} = 6,38 \times 10^6\text{ m}$
(Voir l'annexe 6.3, à la page 414 du manuel.)

$$g_{\text{mer}} = \frac{Gm_1}{r_{\text{mer}}^2} = \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (5,98 \times 10^{24}\text{ kg})}{(6\,380 \times 10^3\text{ m})^2}$$

$$= 9,799 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

À Mexico, $r_{\text{Mexico}} = (6\,380 \times 10^3\text{ m}) + 2,2 \times 10^3\text{ m}$
 $= 6\,382,2 \times 10^3\text{ m}$

$$g_{\text{Mexico}} = \frac{Gm_1}{r_{\text{Mexico}}^2}$$

$$= \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \times \text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) \times (5,98 \times 10^{24}\text{ kg})}{(6\,382,2 \times 10^3\text{ m})^2}$$

$$= 9,792 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

En proportion, la différence d'accélération gravitationnelle vaut :

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{0,007\text{ m/s}^2}{9,799\text{ m/s}^2} \times 100\% = 0,07\%$$

La hauteur atteinte par un sauteur en hauteur augmenterait ainsi de 0,07 %. Pour un saut de 2,24 m, cette augmentation correspond à 1,5 mm, ce qui est peu.

- 7. Si les roues tournent sans glisser, il y a frottement statique entre les pneus et la chaussée. Quand on freine, c'est ce frottement statique, dirigé vers l'arrière, qui immobilise l'automobile. Si les roues bloquent, les pneus vont glisser sur la chaussée : le frottement sera alors cinétique. Puisque le frottement cinétique est toujours plus faible que le frottement statique, la voiture prendra une plus grande distance pour s'immobiliser.

- 8. $m = 1\,250\text{ kg}$
 $F_N = F_g = mg = 1\,250\text{ kg} \times 9,80\text{ m/s}^2 = 12\,250\text{ N}$
 $= 12,3\text{ kN}$

a) $\mu_{\text{s(aspalte)}} = 1,2$ (Caoutchouc sur asphalte sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$\mu_{\text{s(béton)}} = 1,0$ (Caoutchouc sur béton sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

Pour l'asphalte,

$$F_{\text{statique}}^{\text{MAX}} = \mu_s F_N = 1,2 \times 12,3\text{ N} = 14,8\text{ kN.}$$

Pour le béton,

$$F_{\text{statique}}^{\text{MAX}} = \mu_s F_N = 1,0 \times 12,3\text{ N} = 12,3\text{ kN.}$$

La chaussée en béton est plus glissante, car le frottement statique maximal y est plus faible.

b) $\mu_{\text{s(aspalte)}} = 0,6$ (Caoutchouc sur asphalte mouillé. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$\mu_{\text{s(béton)}} = 0,7$ (Caoutchouc sur béton mouillé. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

Pour l'asphalte,

$$F_{\text{statique}}^{\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,6 \times 12,3\text{ N} = 7,4\text{ kN.}$$

Pour le béton,

$$F_{\text{statique}}^{\text{MAX}} = \mu_s F_N = 0,7 \times 12,3\text{ N} = 8,6\text{ kN.}$$

La chaussée en asphalte est plus glissante.

- c) Si les roues bloquent, le frottement entre les pneus et la chaussée devient cinétique. Sur une chaussée sèche :

$\mu_{\text{c(aspalte)}} = 0,8$ (Caoutchouc sur asphalte sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$\mu_{\text{c(béton)}} = 0,7$ (Caoutchouc sur béton sec. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

Pour l'asphalte,

$$F_{\text{cinétique}} = \mu_c F_N = 0,8 \times 12,3 \text{ N} = 9,8 \text{ kN.}$$

Pour le béton,

$$F_{\text{cinétique}} = \mu_c F_N = 0,7 \times 12,3 \text{ N} = 8,6 \text{ kN.}$$

La chaussée en béton est plus glissante.

$\mu_s = 0,6$ (Caoutchouc sur asphalte mouillé. Voir le tableau 1, à la page 276 du manuel.)

$$F_{\text{statique MAX}} = \mu_s F_N = 0,6 \times 12,3 \text{ N} = 7,4 \text{ kN}$$

Donc, la force centripète maximale vaut 7,4 kN.

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

$$\Rightarrow v_{\text{max}}^2 = \frac{F_{\text{cmax}} r}{m} = \frac{7,4 \times 10^3 \text{ N} \times 50 \text{ m}}{1250 \text{ kg}}$$

$$= 296 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} \times \frac{\text{m}}{\text{kg}} = 296 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$v_{\text{max}} = 17 \text{ m/s} = 61 \text{ km/h}$$

9. La force normale joue ici le rôle de force centripète.

$$F_N = F_c = 120\,000 \text{ N} \quad v = 250 \text{ km/h} = 69,4 \text{ m/s}$$

$$r = 12,5 \text{ m}$$

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow m = \frac{F_c r}{v^2} = \frac{120\,000 \text{ N} \times 12,5 \text{ m}}{(69,4 \text{ m/s})^2}$$

$$= 311 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} \times \frac{\text{m}}{\text{m}^2/\text{s}^2} = 311 \text{ kg}$$

10. Le frottement joue ici le rôle de force centripète : c'est lui qui fait tourner la voiture. Si la voiture ne dérape pas, le frottement est statique.

Puisque la question demande la vitesse maximale du véhicule, le frottement statique est maximal.

$$m = 1\,250 \text{ kg} \quad r = 50 \text{ m}$$

$$F_N = F_g = mg = 1\,250 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 12,3 \text{ kN}$$

11. $r = 175 \text{ m}$

Pour que la gravité artificielle soit semblable à celle de la Terre, les habitants de la station doivent subir une force normale, exercée par le plancher du corridor circulaire, égale à celle qu'ils ressentiraient sur Terre (où la force normale est exercée par le sol). Comme la station tourne, la force normale dans la station joue le rôle de force centripète.

$$F_{N(\text{station})} = F_{N(\text{Terre})} = F_{g(\text{Terre})} = F_c$$

Donc,

$$F_{g(\text{Terre})} = F_c$$

$$mg = \frac{mv^2}{r}$$

$$\Rightarrow v^2 = rg = 175 \text{ m} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 1\,715 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v = 41,4 \text{ m/s}$$

Cette vitesse est celle du plancher (extérieur) du corridor circulaire.

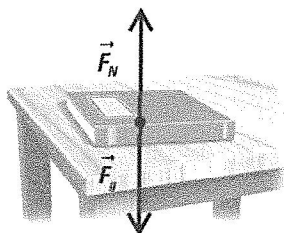
Chapitre 13 Les corps soumis à plusieurs forces Manuel, p. 287 à 302

POUR FAIRE LE POINT

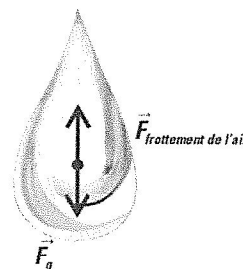
Section 13.1

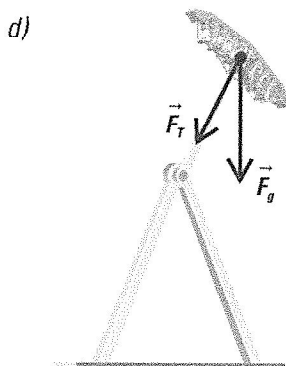
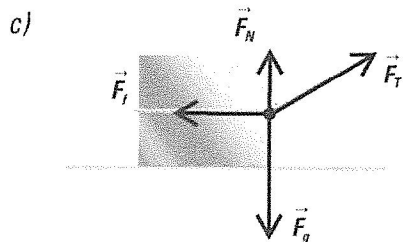
Le diagramme de corps libre Manuel, p. 289

1. a)



b)





2. a) Le frottement dû au contact avec le sol et l'air.
- b) La force de gravité. Il n'y a pas de tension dans la corde horizontale, car autrement, le bloc s'en irait vers la gauche, ce qui n'a pas de sens.
- c) La force normale et le frottement.
- d) Le frottement.

Section 13.2

La résultante de plusieurs forces

Manuel, p. 292

1. Pour tout l'exercice, on utilise un système de coordonnées cartésiennes avec l'axe des x dirigé vers la droite et l'axe des y dirigé vers le haut de la feuille.

- a) Soit $\vec{F}_1 = 6,0 \text{ N}$ vers la gauche et $\vec{F}_2 = 8,0 \text{ N}$ vers la droite.

$$F_{1x} = -6,0 \text{ N} \quad F_{2x} = 8,0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} = -6,0 \text{ N} + 8,0 \text{ N} = 2,0 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = 0$$

$$\vec{F}_R = 2,0 \text{ N à } 0^\circ$$

- b) Soit $\vec{F}_1 = 6,0 \text{ N}$ vers le haut et $\vec{F}_2 = 4,0 \text{ N}$ vers le bas.

$$F_{1y} = 6,0 \text{ N} \quad F_{2y} = -4,0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} = 6,0 \text{ N} - 4,0 \text{ N} = 2,0 \text{ N}$$

$$F_{Rx} = 0$$

$$\vec{F}_R = 2,0 \text{ N à } 90^\circ$$

- c) Soit $\vec{F}_1 = 4,0 \text{ N}$ vers la gauche, $\vec{F}_2 = 3,0 \text{ N}$ vers le haut, $\vec{F}_3 = 6,0 \text{ N}$ vers la droite et $\vec{F}_4 = 3,0 \text{ N}$ vers le bas.

$F_{1x} = -4,0 \text{ N}$	$F_{2x} = 0 \text{ N}$	$F_{3x} = 6,0 \text{ N}$	$F_{4x} = 0 \text{ N}$
$F_{1y} = 0 \text{ N}$	$F_{2y} = 3,0 \text{ N}$	$F_{3y} = 0 \text{ N}$	$F_{4y} = -3,0 \text{ N}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}$$

$$= -4,0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 6,0 \text{ N} + 0 \text{ N} = 2,0 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y}$$

$$= 0 \text{ N} + 3,0 \text{ N} + 0 \text{ N} - 3,0 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = 2,0 \text{ N à } 0^\circ$$

- d) Soit $\vec{F}_1 = 6,0 \text{ N}$ vers la gauche, $\vec{F}_2 = 4,0 \text{ N}$ vers le bas et $\vec{F}_3 = 10,0 \text{ N}$ à 53° .

$$F_{3x} = F_3 \cos \theta_3 = 10,0 \text{ N} \times \cos 53^\circ = 6,0 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_3 \sin \theta_3 = 10,0 \text{ N} \times \sin 53^\circ = 8,0 \text{ N}$$

$F_{1x} = -6,0 \text{ N}$	$F_{2x} = 0 \text{ N}$	$F_{3x} = 6,0 \text{ N}$
$F_{1y} = 0 \text{ N}$	$F_{2y} = -4,0 \text{ N}$	$F_{3y} = 8,0 \text{ N}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = -6,0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 6,0 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0 \text{ N} - 4,0 \text{ N} + 8,0 \text{ N} = 4,0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = 4,0 \text{ N à } 90^\circ$$

- e) Soit $\vec{F}_1 = 15,0 \text{ N}$ à 143° , $\vec{F}_2 = 2,0 \text{ N}$ vers la droite et $\vec{F}_3 = 9,0 \text{ N}$ vers le bas.

$$F_{1x} = F_1 \cos \theta_1 = 15,0 \text{ N} \times \cos 143^\circ = -12,0 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \theta_1 = 15,0 \text{ N} \times \sin 143^\circ = 9,0 \text{ N}$$

$F_{1x} = -12,0 \text{ N}$	$F_{2x} = 2,0 \text{ N}$	$F_{3x} = 0 \text{ N}$
$F_{1y} = 9,0 \text{ N}$	$F_{2y} = 0 \text{ N}$	$F_{3y} = -9,0 \text{ N}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x}$$

$$= -12,0 \text{ N} + 2,0 \text{ N} + 0 \text{ N} = -10,0 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 9,0 \text{ N} + 0 \text{ N} - 9,0 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = 10,0 \text{ N à } 180^\circ$$

- f) Soit $\vec{F}_1 = 15,0 \text{ N}$ à 45° , $\vec{F}_2 = 9,0 \text{ N}$ vers la droite, $\vec{F}_3 = 12,0 \text{ N}$ vers le bas et $\vec{F}_4 = 15,0 \text{ N}$ à 225° .

$$F_{1x} = F_1 \cos \theta_1 = 15,0 \text{ N} \times \cos 45^\circ = 10,6 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \theta_1 = 15,0 \text{ N} \times \sin 45^\circ = 10,6 \text{ N}$$

$$F_{4x} = F_4 \cos \theta_4 = 15,0 \text{ N} \times \cos 225^\circ = -10,6 \text{ N}$$

$$F_{4y} = F_4 \sin \theta_4 = 15,0 \text{ N} \times \sin 225^\circ = -10,6 \text{ N}$$

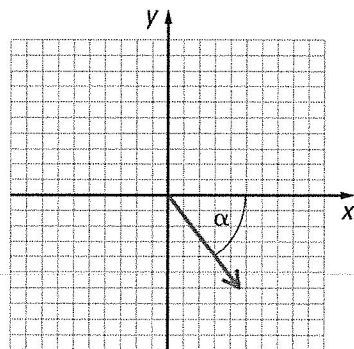
$F_{1x} = 10,6 \text{ N}$	$F_{2x} = 9,0 \text{ N}$	$F_{3x} = 0 \text{ N}$	$F_{4x} = -10,6 \text{ N}$
$F_{1y} = 10,6 \text{ N}$	$F_{2y} = 0 \text{ N}$	$F_{3y} = -12,0 \text{ N}$	$F_{4y} = -10,6 \text{ N}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = 10,6 \text{ N} + 9,0 \text{ N} + 0 \text{ N} - 10,6 \text{ N} = 9,0 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = 10,6 \text{ N} + 0 \text{ N} - 12,0 \text{ N} - 10,6 \text{ N} = -12,0 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(9,0 \text{ N})^2 + (-12,0 \text{ N})^2} = 15,0 \text{ N}$$



$$\tan \alpha = \frac{|F_{Ry}|}{|F_{Rx}|} = \frac{12,0 \text{ N}}{9,0 \text{ N}} = 1,33$$

$$\Rightarrow \alpha = \tan^{-1}(1,33) = 53^\circ$$

$$\vec{F}_R = 15,0 \text{ N} \text{ à } 307^\circ$$

- g) Soit $\vec{F}_1 = 15,0 \text{ N}$ vers la gauche, $\vec{F}_2 = 8,0 \text{ N}$ vers le haut, $\vec{F}_3 = 12,0 \text{ N}$ à 30° et $\vec{F}_4 = 10,0 \text{ N}$ à 295° .

$$F_{3x} = F_3 \cos \theta_3 = 12,0 \text{ N} \times \cos 30^\circ = 10,4 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_3 \sin \theta_3 = 12,0 \text{ N} \times \sin 30^\circ = 6,0 \text{ N}$$

$$F_{4x} = F_4 \cos \theta_4 = 10,0 \text{ N} \times \cos 295^\circ = 4,2 \text{ N}$$

$$F_{4y} = F_4 \sin \theta_4 = 10,0 \text{ N} \times \sin 295^\circ = -9,1 \text{ N}$$

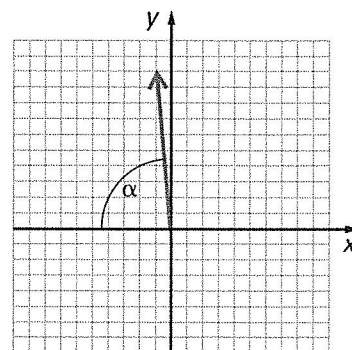
$F_{1x} = -15,0 \text{ N}$	$F_{2x} = 0 \text{ N}$	$F_{3x} = 10,4 \text{ N}$	$F_{4x} = 4,2 \text{ N}$
$F_{1y} = 0 \text{ N}$	$F_{2y} = 8,0 \text{ N}$	$F_{3y} = 6,0 \text{ N}$	$F_{4y} = -9,1 \text{ N}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = -15,0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 10,4 \text{ N} + 4,2 \text{ N} = -0,4 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = 0 \text{ N} + 8,0 \text{ N} + 6,0 \text{ N} - 9,1 \text{ N} = 4,9 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(-0,4 \text{ N})^2 + (4,9 \text{ N})^2} = 4,9 \text{ N}$$



$$\tan \alpha = \frac{|F_{Ry}|}{|F_{Rx}|} = \frac{4,9 \text{ N}}{0,4 \text{ N}} = 12 \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}(12) = 85^\circ$$

$$\vec{F}_R = 4,9 \text{ N} \text{ à } 85^\circ$$

- h) Soit $\vec{F}_1 = 5,0 \text{ N}$ à 135° , $\vec{F}_2 = 5,0 \text{ N}$ à 45° et $\vec{F}_3 = 3,0 \text{ N}$ vers la droite.

$$F_{1x} = F_1 \cos \theta_1 = 5,0 \text{ N} \times \cos 135^\circ = -3,5 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \theta_1 = 5,0 \text{ N} \times \sin 135^\circ = 3,5 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \theta_2 = 5,0 \text{ N} \times \cos 45^\circ = 3,5 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin \theta_2 = 5,0 \text{ N} \times \sin 45^\circ = 3,5 \text{ N}$$

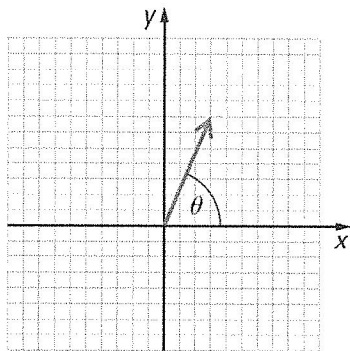
$F_{1x} = -3,5 \text{ N}$	$F_{2x} = 3,5 \text{ N}$	$F_{3x} = 3,0 \text{ N}$
$F_{1y} = 3,5 \text{ N}$	$F_{2y} = 3,5 \text{ N}$	$F_{3y} = 0 \text{ N}$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = -3,5 \text{ N} + 3,5 \text{ N} + 3,0 \text{ N} = 3,0 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 3,5 \text{ N} + 3,5 \text{ N} + 0 \text{ N} = 7,0 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(3,0 \text{ N})^2 + (7,0 \text{ N})^2} = 7,6 \text{ N}$$



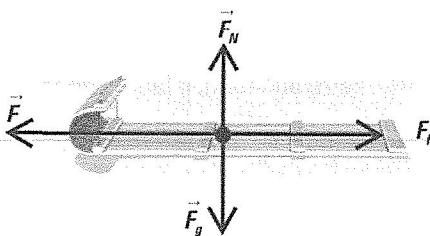
$$\tan \theta = \frac{|F_{Ry}|}{|F_{Rx}|} = \frac{7,0 \text{ N}}{3,0 \text{ N}} = 2,33$$

$$\Rightarrow \theta = \tan^{-1}(2,33) = 67^\circ$$

$$\vec{F}_R = 7,6 \text{ N à } 67^\circ$$

2. Pour les quatre situations, on utilise un système de coordonnées cartésiennes avec l'axe des x dirigé vers la droite et avec l'axe des y dirigé vers le haut de la feuille.

- a) Le frottement est en sens inverse du mouvement ou de la tendance au mouvement, donc il est orienté vers la droite.



Les normes des forces sont: $F = 10 \text{ N}$, $F_f = 8,0 \text{ N}$.

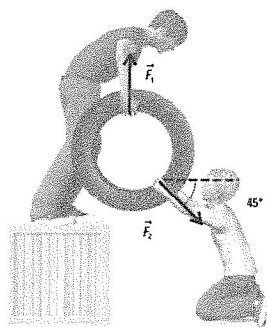
Les composantes des forces selon x sont:

$$F_x = -10 \text{ N}, F_{fx} = 8,0 \text{ N}$$

$$F_{Rx} = F_x + F_{fx} = -10 \text{ N} + 8,0 \text{ N} = -2 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = 2 \text{ N à } 180^\circ$$

b) $F_1 = 45 \text{ N}$ $\theta_1 = 90^\circ$ $F_2 = 60 \text{ N}$ $\theta_2 = 315^\circ$



$$F_{2x} = F_2 \cos \theta_2 = 60 \text{ N} \times \cos 315^\circ = 42 \text{ N}$$

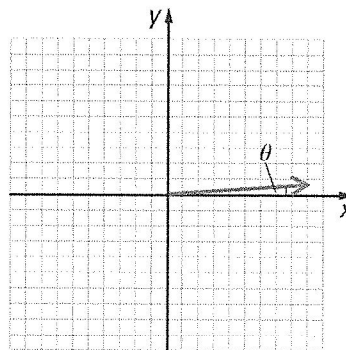
$$F_{2y} = F_2 \sin \theta_2 = 60 \text{ N} \times \sin 315^\circ = -42 \text{ N}$$

$F_{1x} = 0 \text{ N}$	$F_{1y} = 45 \text{ N}$	$F_{2x} = 42 \text{ N}$	$F_{2y} = -42 \text{ N}$
------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} = 0 \text{ N} + 42 \text{ N} = 42 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} = 45 \text{ N} - 42 \text{ N} = 3 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(42 \text{ N})^2 + (3 \text{ N})^2} = 42,1 \text{ N}$$



$$\tan \theta = \frac{|F_{Ry}|}{|F_{Rx}|} = \frac{3 \text{ N}}{42 \text{ N}} = 0,07 \Rightarrow \theta = 4^\circ$$

$$\vec{F}_R = 42 \text{ N à } 4^\circ$$

c) $\vec{F}_1 = 300 \text{ N à } 180^\circ$, $\vec{F}_2 = 500 \text{ N à } 200^\circ$

et $\vec{F}_3 = 400 \text{ N à } 170^\circ$

$$F_{1x} = 300 \text{ N} \cos 180^\circ = -300 \text{ N}$$

$$F_{1y} = 300 \text{ N} \sin 180^\circ = 0 \text{ N}$$

$$F_{2x} = 500 \text{ N} \cos 200^\circ = -470 \text{ N}$$

$$F_{2y} = 500 \text{ N} \sin 200^\circ = -171 \text{ N}$$

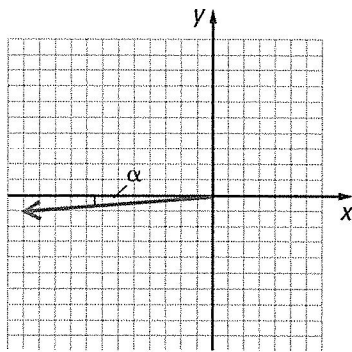
$$F_{3x} = 400 \text{ N} \cos 170^\circ = -394 \text{ N}$$

$$F_{3y} = 400 \text{ N} \sin 170^\circ = 69,5 \text{ N}$$

$$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = -300 \text{ N} - 470 \text{ N} - 394 \text{ N} = -1\,164 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0 \text{ N} - 171 \text{ N} + 69,5 \text{ N} = -102 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(-1\,164 \text{ N})^2 + (-102 \text{ N})^2} = 1\,168 \text{ N}$$



$$\tan \alpha = \frac{|F_{Ry}|}{|F_{Rx}|} = \frac{102 \text{ N}}{1164 \text{ N}} = 0,0876 \Rightarrow \alpha = 5,0^\circ$$

$$\vec{F}_R = 1168 \text{ N à } 185^\circ$$

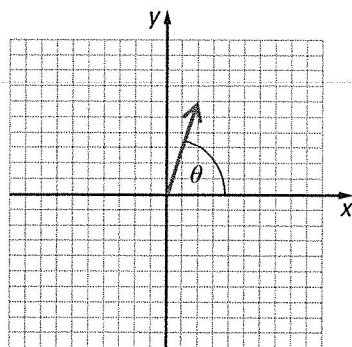
d) Par lecture directe sur le graphique, on a :

$$\vec{F}_1 = (-5, 6) \text{ N} \quad \vec{F}_2 = (2, 4) \text{ N} \quad \vec{F}_3 = (4, -3) \text{ N} \quad \vec{F}_4 = (0, -4) \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_{Rx} &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} \\ &= -5 \text{ N} + 2 \text{ N} + 4 \text{ N} + 0 \text{ N} = 1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{Ry} &= F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} \\ &= 6 \text{ N} + 4 \text{ N} - 3 \text{ N} - 4 \text{ N} = 3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(1 \text{ N})^2 + (3 \text{ N})^2} = 3,2 \text{ N}$$



$$\tan \theta = \frac{|F_{Ry}|}{|F_{Rx}|} = \frac{3 \text{ N}}{1 \text{ N}} = 3 \Rightarrow \theta = 72^\circ$$

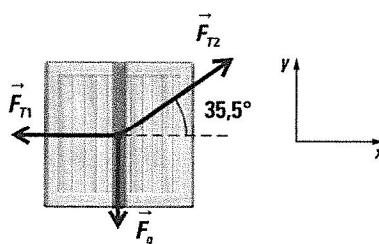
$$\vec{F}_R = 3,2 \text{ N à } 72^\circ$$

Lorsqu'il se laisse aller, le frottement le ralentit et il n'y a pas d'équilibre non plus.

b) Au cours de sa chute libre, avant d'avoir ouvert son parachute, la parachutiste accélère puis, à cause de la résistance de l'air, finit par atteindre une vitesse limite constante durant sa première minute de chute. Il y a équilibre pendant la portion de la chute où la parachutiste descend à vitesse constante. Ensuite, lorsque le parachute est ouvert, la parachutiste descend aussi avec une vitesse constante et il y a encore équilibre.

$$2. \quad F_g = 50 \text{ N} \quad F_{T1} = 70 \text{ N} \quad F_{T2} = ?$$

On trace d'abord le diagramme de corps libre suivant :



La caisse est en équilibre, donc la force résultante s'exerçant sur la caisse est nulle :

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{T1} + \vec{F}_{T2} + \vec{F}_g = 0.$$

Pour utiliser cette équation, il faut la décomposer :

$$F_{Rx} = F_{T1x} + F_{T2x} + F_{gx} = 0 \text{ et}$$

$$F_{Ry} = F_{T1y} + F_{T2y} + F_{gy} = 0.$$

Les composantes des forces sont :

$$\vec{F}_{T1} = (-70, 0) \text{ N} \quad \vec{F}_g = (0, -50) \text{ N}$$

$$\vec{F}_{T2} = (F_{T2} \cos \theta_2, F_{T2} \sin \theta_2) \text{ où } \theta_2 = 35,5^\circ.$$

En considérant l'équilibre en x :

$$\begin{aligned} F_{Rx} &= F_{T1x} + F_{T2x} + F_{gx} \\ &= -70 \text{ N} + F_{T2} \cos 35,5^\circ + 0 \text{ N} = 0, \end{aligned}$$

on déduit directement T_2 :

$$F_{T2} = \frac{70 \text{ N}}{\cos 35,5^\circ} = 86 \text{ N}.$$

On peut vérifier qu'il y a aussi équilibre en y :

$$\begin{aligned} F_{Ry} &= F_{T1y} + F_{T2y} + F_{gy} \\ &= 0 \text{ N} + 86 \text{ N} \times \sin 35,5^\circ - 50 \text{ N} \\ &= 50 \text{ N} - 50 \text{ N} = 0. \end{aligned}$$

Section 13.3 L'équilibre

Manuel, p. 298

- a) Il y a équilibre seulement si le cycliste maintient sa vitesse constante pendant un certain temps. Ici, lorsqu'il accélère, il n'y a pas d'équilibre.

3. Il faut d'abord déterminer la force résultante :

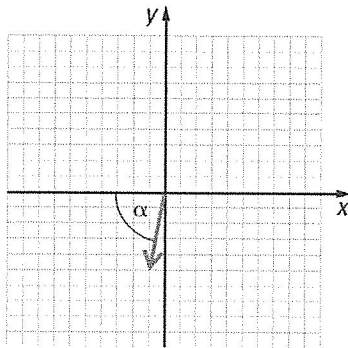
$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$= (-7, 6) \text{ N} + (6, 8) \text{ N} + (2, -9) \text{ N} = (1, 5) \text{ N}.$$

La force équilibrante est l'opposée de la force résultante :

$$\vec{F}_{eq} = -\vec{F}_R = -(1, 5) \text{ N} = (-1, -5) \text{ N}$$

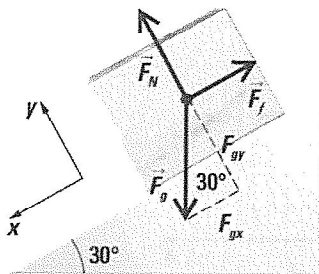
$$F_{eq} = \sqrt{F_{eqx}^2 + F_{eqy}^2} = \sqrt{(-1 \text{ N})^2 + (-5 \text{ N})^2} = 5,1 \text{ N}$$



$$\tan \alpha = \frac{|F_{eqy}|}{|F_{eqx}|} = \frac{5 \text{ N}}{1 \text{ N}} = 5 \Rightarrow \alpha = 79^\circ$$

$$\vec{F}_{eq} = 5,1 \text{ N à } 259^\circ$$

4. La masse est immobile, donc en équilibre. Le frottement est donc dirigé vers le haut du plan incliné, parallèlement à la surface.



$$F_{Rx} = F_{gx} + F_{Nx} + F_{fx} = 0$$

$$F_{Nx} = 0 \Rightarrow F_{fx} = -F_{gx}$$

$$F_{gx} = + mg \sin \theta, \text{ car } \vec{F}_g \text{ est dirigée vers les } x \text{ positifs.}$$

$$F_{fx} = -F_f, \text{ car le frottement est dirigé vers les } x \text{ négatifs.}$$

$$\text{Ainsi, } F_{fx} = -F_f = -F_{gx} = -mg \sin \theta \Rightarrow F_f = mg \sin \theta$$

$$F_f = 25 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times \sin 30^\circ = 123 \text{ N}.$$

Chapitre 13

Les corps soumis à plusieurs forces

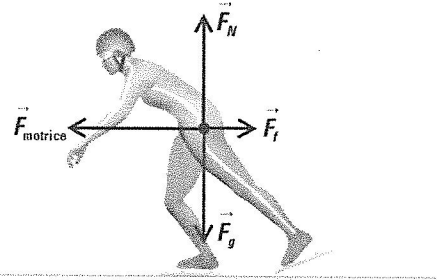


Manuel, p. 302

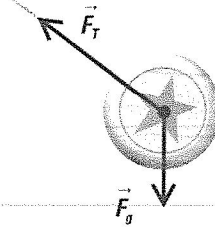
1. a)



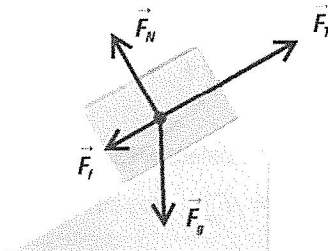
b)



c)

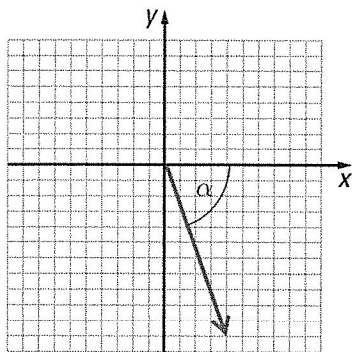


d)



$$\begin{aligned} \blacksquare 2. \vec{F}_R &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \\ &= [(-3, 3) + (10, -4) + (-3, -10)] \times 10^{-6} \text{ N} \\ &= (4, -11) \times 10^{-6} \text{ N} \end{aligned}$$

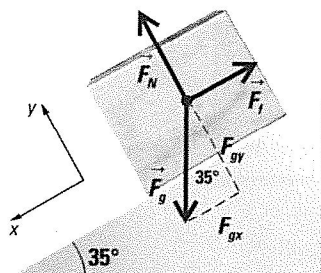
$$\begin{aligned} F_R &= \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(4 \times 10^{-6} \text{ N})^2 + (-11 \times 10^{-6} \text{ N})^2} \\ &= 12 \times 10^{-6} \text{ N} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ N} \end{aligned}$$



$$\tan \alpha = \frac{|F_{Ry}|}{|F_{Rx}|} = \frac{11 \times 10^{-6} \text{ N}}{4 \times 10^{-6} \text{ N}} = 2,75 \Rightarrow \alpha = 70^\circ$$

$$\vec{F}_R = 1,2 \times 10^{-5} \text{ N à } 290^\circ$$

■ 3. $m = 6 \text{ kg}$ $\theta = 35^\circ$



La masse est immobile, donc il y a équilibre :

$$\vec{F}_R = \vec{F}_g + \vec{F}_N + \vec{F}_f = 0$$

$$F_{Rx} = F_{gx} + F_{Nx} + F_{fx} = 0$$

$$F_{Nx} = 0 \Rightarrow F_{fx} = -F_{gx}$$

$F_{gx} = +mg \sin \theta$, car $\vec{F}_g$ est dirigée vers les x positifs.

$F_{fx} = -F_f$, car le frottement est dirigé vers les x négatifs.

$$\text{Ainsi, } F_{fx} = -F_f = -F_{gx} = -mg \sin \theta$$

$$F_f = mg \sin \theta$$

$$\Rightarrow F_f = 6 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times \sin 35^\circ = 34 \text{ N.}$$

On sait que la valeur maximale du frottement statique est : $F_{f(\text{statique})\text{MAX}} = \mu_s F_N$.

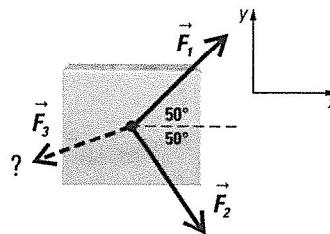
On suppose que le frottement statique est maximal. Pour trouver μ_s , il faut donc déterminer la valeur de la force normale, ce qu'on fait en considérant l'équilibre en y :

$$F_{Ry} = F_{gy} + F_{Ny} + F_{fy} = -mg \cos \theta + F_N + 0 = 0$$

$$\Rightarrow F_N = mg \cos \theta = 6 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times \cos 35^\circ = 48 \text{ N.}$$

$$\text{Ainsi, } \mu_s = \frac{F_{f(\text{statique})\text{MAX}}}{F_N} = \frac{34 \text{ N}}{48 \text{ N}} = 0,7.$$

◆ 4. $\vec{F}_1 = 0,5 \text{ N à } 50^\circ$ $\vec{F}_2 = 1 \text{ N à } 310^\circ$
 $\vec{F}_{eq} = 0,8 \text{ N à } 110^\circ$



$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = -\vec{F}_{eq} \Rightarrow \vec{F}_3 = -\vec{F}_1 - \vec{F}_2 - \vec{F}_{eq}$$

On trouve les composantes des forces :

$$F_{1x} = F_1 \cos \theta_1 = 0,5 \text{ N} \cos 50^\circ = 0,32 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \sin \theta_1 = 0,5 \text{ N} \sin 50^\circ = 0,38 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cos \theta_2 = 1 \text{ N} \cos 310^\circ = 0,64 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \sin \theta_2 = 1 \text{ N} \sin 310^\circ = -0,77 \text{ N}$$

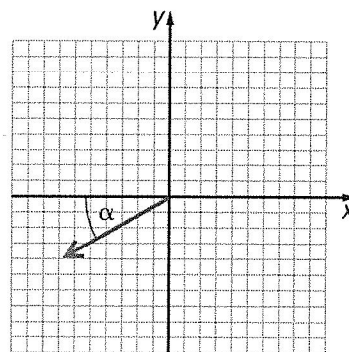
$$F_{eqx} = F_{eq} \cos \theta_{eq} = 0,8 \text{ N} \cos 110^\circ = -0,27 \text{ N}$$

$$F_{eqy} = F_{eq} \sin \theta_{eq} = 0,8 \text{ N} \sin 110^\circ = 0,75 \text{ N}$$

$$F_{3x} = -F_{1x} - F_{2x} - F_{eqx} = -0,32 \text{ N} - 0,64 \text{ N} - (-0,27 \text{ N}) = -0,69 \text{ N}$$

$$F_{3y} = -F_{1y} - F_{2y} - F_{eqy} = -0,38 \text{ N} - (-0,77 \text{ N}) - 0,75 \text{ N} = -0,36 \text{ N}$$

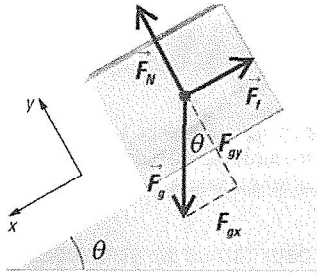
$$F_3 = \sqrt{F_{3x}^2 + F_{3y}^2} = \sqrt{(-0,69 \text{ N})^2 + (-0,36 \text{ N})^2} = 0,78 \text{ N}$$



$$\tan \alpha = \frac{|F_{3y}|}{|F_{3x}|} = \frac{0,36 \text{ N}}{0,69 \text{ N}} = 0,52 \Rightarrow \alpha = 27^\circ$$

$$\vec{F}_3 = 0,78 \text{ N à } 207^\circ$$

- ◆ 5. $m = 15 \text{ kg}$ $F_N = 90,5 \text{ N}$ $F_f = ?$



Il y a équilibre (donc la masse glisse à vitesse constante): $\vec{F}_R = \vec{F}_g + \vec{F}_N + \vec{F}_f = 0$.

$$F_{Rx} = F_{gx} + F_{Nx} + F_{fx} = 0$$

$$F_{Ry} = F_{gy} + F_{Ny} + F_{fy} = 0$$

En x:

$$F_{gx} = +mg \sin \theta, \text{ car } \vec{F}_g \text{ est dirigée vers les } x \text{ positifs.}$$

$$F_{Nx} = 0$$

$$F_{fx} = -F_f, \text{ car le frottement est dirigé vers les } x \text{ négatifs.}$$

$$\text{Ainsi, } F_{fx} = -F_f = -F_{gx} = -mg \sin \theta \\ \Rightarrow F_f = mg \sin \theta.$$

En y:

$$F_{gy} = -mg \cos \theta \quad F_{Ny} = F_N \quad F_{fy} = 0$$

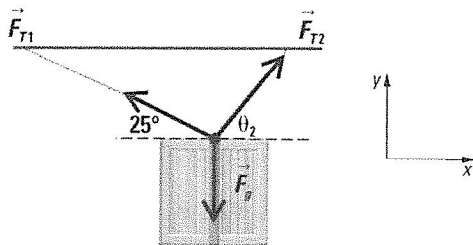
$$\text{Ainsi, } F_N = mg \cos \theta.$$

$$\cos \theta = \frac{F_N}{mg} = \frac{90,5 \text{ N}}{15 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2} = 0,62$$

$$\Rightarrow \theta = \cos^{-1}(0,62) = 52^\circ$$

$$F_f = mg \sin \theta = 15 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times \sin 52^\circ = 116 \text{ N}$$

- ★ 6. $m = 75 \text{ kg}$ $F_N = 500 \text{ N}$



La masse est immobile et se trouve en équilibre:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{T1} + \vec{F}_{T2} + \vec{F}_g = 0.$$

On détermine les composantes des forces connues:

$$F_{T1x} = F_{T1} \cos \theta_1 = 500 \text{ N} \cos 155^\circ = -453 \text{ N}$$

$$F_{T1y} = F_{T1} \sin \theta_1 = 500 \text{ N} \sin 155^\circ = 211 \text{ N}$$

$$F_{gx} = 0$$

$$F_{gy} = -mg = -75 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = -735 \text{ N.}$$

En x:

$$F_{Rx} = F_{T1x} + F_{T2x} + F_{gx} = 0$$

$$\Rightarrow -453 \text{ N} + F_{T2} \cos \theta_2 + 0 \text{ N} = 0$$

$$\Rightarrow F_{T2} \cos \theta_2 = 453 \text{ N.}$$

Cette équation comporte deux inconnues et on ne peut donc pas trouver θ_2 pour l'instant. Il faut considérer l'équilibre en y:

$$F_{Ry} = F_{T1y} + F_{T2y} + F_{gy} = 0$$

$$\Rightarrow 211 \text{ N} + F_{T2} \sin \theta_2 - 735 \text{ N} = 0$$

$$\Rightarrow F_{T2} \sin \theta_2 = 524 \text{ N.}$$

Cette équation comporte aussi deux inconnues, les mêmes que dans l'équation précédente. On a donc un système de deux équations à deux inconnues.

On isole F_{T2} dans la première équation:

$$F_{T2} = \frac{453 \text{ N}}{\cos \theta_2}$$

et on remplace cette expression dans la

deuxième équation:

$$\frac{453 \text{ N}}{\cos \theta_2} \times \sin \theta_2 = 524 \text{ N.}$$

Il ne reste plus que l'inconnue recherchée:

$$\tan \theta_2 = \frac{524 \text{ N}}{453 \text{ N}} = 1,16 \Rightarrow \theta_2 = 49,2^\circ.$$

POUR FAIRE LE POINT

Section 14.1

La première loi de Newton et l'inertie

Manuel, p. 308

- On met les mains en mouvement et on arrête brusquement ce mouvement avec les muscles des bras. L'inertie de l'eau fait en sorte qu'elle continue tout droit, se détachant ainsi des mains.
- B. Quand on lâche la corde, la balle ne subit plus aucune force dans un plan horizontal (verticalement, la balle subit la force gravitationnelle). D'après la première loi, la balle demeure en mouvement rectiligne uniforme, donc continue tangentiellement au cercle (vu de haut).
- L'inertie du héros tend à le faire aller en ligne droite alors que le vaisseau se déplace selon une courbe. En conséquence, le héros devrait sembler être projeté contre une paroi.

Note: $F_{rés}$ est la force de résistance totale. La résistance inclut le frottement et la résistance de l'air. Elle correspond à tout ce qui s'oppose au mouvement de la voiture.

- Dans les trois cas, deux forces sont présentes: la tension F_T , dirigée vers le haut, et la gravité F_g , dirigée vers le bas. Avec un axe des y dirigé vers le haut:

$$F_{Ry} = F_{Ty} + F_{gy} = F_T - F_g = ma_y$$

a) $a_y = 0$, donc

$$F_T = F_g = mg = 0,0102 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 0,100 \text{ N}$$

b) $a_y = +2,0 \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow F_T = F_g + ma_y = 0,100 \text{ N} + 0,0102 \text{ kg} \times 2,0 \text{ m/s}^2 = 0,120 \text{ N}$$

c) $a_y = -2,0 \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow F_T = F_g + ma_y = 0,100 \text{ N} + 0,0102 \text{ kg} \times -2,0 \text{ m/s}^2 = 0,080 \text{ N}$$

- Avec un axe des y dirigé vers le haut:

$$F_{Ry} = F_{Ny} + F_{gy} = F_N - F_g = ma_y$$

a) $a_y = +1,0 \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow F_N = mg + ma_y = 60 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 + 60 \text{ kg} \times 1,0 \text{ m/s}^2 = 648 \text{ N}$$

b) $a_y = 0$, donc $F_N = F_g = mg = 60 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2$

$$F_N = 588 \text{ N}$$

c) $a_y = \frac{F_N - mg}{m} = \frac{500 \text{ N} - 60 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2}{60 \text{ kg}} = -1,47 \text{ m/s}^2$

La grandeur (ou module) de la décélération est donc de $1,47 \text{ m/s}^2$.

- $m = 170 \text{ g}$ $F_f = 0,5 \text{ N}$

Dans la direction horizontale, seule la force de frottement agit sur la rondelle, en sens opposé au mouvement. L'axe des x est orienté dans le sens du mouvement.

a) $a = ?$

$$F_{Rx} = -F_f = ma_x \Rightarrow a_x = \frac{-F_f}{m} = \frac{-0,5 \text{ N}}{0,170 \text{ kg}} = -2,9 \text{ m/s}^2$$

b) $\Delta x = ?$

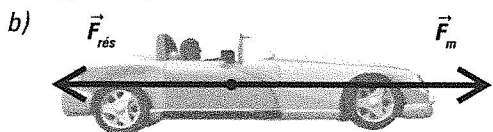
Section 14.2

La notion de force et la deuxième loi de Newton

Manuel, p. 314

- À force de propulsion égale, si la masse de la voiture est plus grande, son accélération est plus faible selon la deuxième loi de Newton.
- Soit un système de coordonnées avec l'axe des x horizontal, dirigé dans le sens du mouvement de la voiture.

a) $F_{Rx} = ma_x = 1\,100 \text{ kg} \times 3 \text{ m/s}^2 = 3\,300 \text{ N} = 3,3 \text{ kN}$



$$F_{Rx} = F_m - F_{rés}$$

$$\Rightarrow F_{rés} = F_m - F_{Rx} = 5,0 \text{ kN} - 3,3 \text{ kN} = 1,7 \text{ kN}$$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 15 \text{ m/s}$	$a_x = -2,9 \text{ m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 0$	

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a_x \Delta x,$$

$$\text{donc } \Delta x = \frac{-v_i^2}{2a_x} = \frac{-(15 \text{ m/s})^2}{2 \times (-2,9 \text{ m/s}^2)} = 39 \text{ m}$$

6. $m = 50 \text{ kg} + 10 \text{ kg} = 60 \text{ kg}$ $v_i = 0$ $v_f = 4,0 \text{ m/s}$

$$F_R = 48 \text{ N} \quad \Delta t = ?$$

L'axe des x est orienté dans la direction du mouvement.

On détermine d'abord a_x .

$$F_{Rx} = ma_x \Rightarrow a_x = \frac{F_{Rx}}{m} = \frac{48 \text{ N}}{60 \text{ kg}} = 0,80 \text{ m/s}^2$$

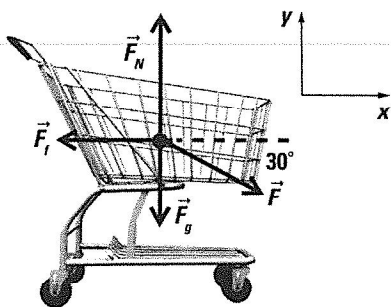
$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a_x = 0,80 \text{ m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 4,0 \text{ m/s}$	

$$v_f = v_i + a_x \Delta t = 0 + a_x \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{v_f}{a_x} = \frac{4,0 \text{ m/s}}{0,80 \text{ m/s}^2} = 5,0 \text{ s}$$

7. $m = 40 \text{ kg}$ $F = 50 \text{ N}$ $\theta = 30^\circ$

$$v \text{ constante} \Rightarrow a_x = 0$$



a) $F_f = ?$

$$F_{Rx} = F \cos \theta - F_f = ma_x = 0$$

$$F_f = F \cos \theta = 50 \text{ N} \cos 30^\circ = 43 \text{ N}$$

b) $F_N = ?$

$$F_{Ry} = F_N - F_g - F \sin \theta = ma_y = 0$$

$$F_N = mg + F \sin \theta$$

$$= 40 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 + 50 \text{ N} \times \sin 30^\circ = 417 \text{ N}$$

8. $m = 75\,000 \text{ kg}$ $F = 2 \times 60\,000 \text{ N} = 120\,000 \text{ N}$

a) $\Delta x = ?$

Avec un axe des x dans la direction du mouvement:

$$F_{Rx} = F = ma_x, \text{ donc } a_x = \frac{F}{m} = \frac{120\,000 \text{ N}}{75\,000 \text{ kg}} = 1,60 \text{ m/s}^2$$

$$v_f = 220 \text{ km/h} = 61,1 \text{ m/s}$$

$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 0$	$a = 1,60 \text{ m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 61,1 \text{ m/s}$	

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x = 0 + 2a\Delta x$$

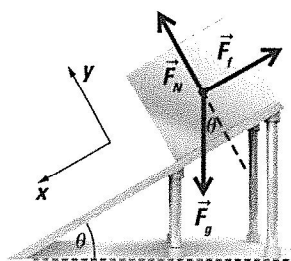
$$\Rightarrow \Delta x = \frac{v_f^2}{2a} = \frac{(61,1 \text{ m/s})^2}{2 \times 1,60 \text{ m/s}^2} = 1\,167 \text{ m}$$

$$\Delta x = 1,17 \text{ km}$$

b) Si l'on tient compte d'une force de résistance, l'accélération résultante sera plus faible et puisque $x_f = \frac{v_f^2}{2a}$, la longueur de la piste nécessaire est plus grande qu'en a).

9. $m = 5,0 \text{ kg}$ $a = 3,0 \text{ m/s}^2$ $\theta = ?$

Si l'axe des x est orienté parallèlement au plan incliné:

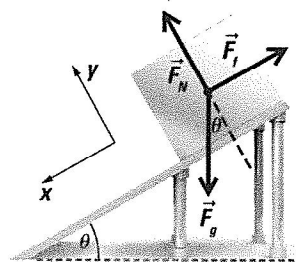


$$F_{Rx} = F_{gx} + F_{Nx} = F \sin \theta + 0 = ma_x$$

$$mg \sin \theta = ma_x, \text{ donc } \sin \theta = \frac{a_x}{g} = \frac{3,0 \text{ m/s}^2}{9,80 \text{ m/s}^2} = 0,31$$

$$\theta = \sin^{-1}(0,31) = 18^\circ$$

10. $m = 5,0 \text{ kg}$ $F_f = 20 \text{ N}$ $\theta = ?$



La vitesse est constante, donc $a_x = a_y = 0$.

L'axe des x est orienté parallèlement au plan incliné.

$$F_{Rx} = F_{gx} + F_{Nx} + F_{fx} = F_g \sin \theta + 0 - F_f = ma_x = 0$$

$$\sin \theta = \frac{F_f}{F_g} = \frac{20 \text{ N}}{5,0 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2} = 0,41$$

$$\theta = \sin^{-1}(0,41) = 24^\circ$$

11. $F_f = 7\,000 \text{ N}$ $m = 1\,000 \text{ kg}$ $v_i = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$

$$v_f = 0$$

a) $\Delta x = ?$

Avec un axe des x dans la direction du mouvement de la voiture :

$$F_{Rx} = -F_f = ma_x, \text{ donc } a_x = \frac{-F_f}{m} = -\frac{7\,000 \text{ N}}{1\,000 \text{ kg}}$$

$$a_x = -7,00 \text{ m/s}^2.$$

Il faut déterminer Δx :

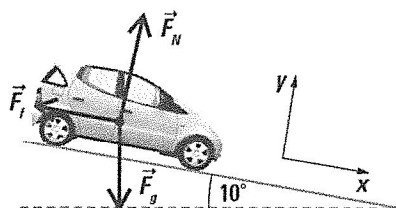
$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 27,8 \text{ m/s}$	$a_x = -7,00 \text{ m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 0$	

$$v_f^2 = 0 = v_i^2 + 2a\Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{-v_i^2}{2a}$$

$$\Delta x = \frac{-(27,8 \text{ m/s})^2}{2 \times (-7,00 \text{ m/s}^2)} = 55,2 \text{ m}.$$

Ce résultat ne tient pas compte de la distance parcourue pendant le temps pris par l'automobiliste pour réagir. Ce temps est d'environ une seconde.

b) $\theta = 10,0^\circ$ $\Delta x = ?$



$$F_{Rx} = F_g \sin \theta - F_f = ma_x$$

$$a_x = \frac{mg \sin \theta - F_f}{m}$$

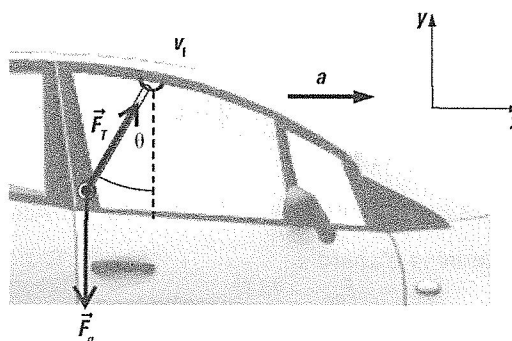
$$= \frac{1\,000 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times \sin 10,0^\circ - 7\,000 \text{ N}}{1\,000 \text{ kg}}$$

$$= -5,30 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta x = \frac{-v_i^2}{2a} = \frac{-(27,8 \text{ m/s})^2}{2 \times (-5,30 \text{ m/s}^2)} = 72,9 \text{ m}$$

12. $\theta = 10^\circ$ $a = ?$

Seules deux forces s'exercent sur le plomb : la tension dans la corde et la gravité. Il n'y a pas de force dirigée vers l'arrière (aucun objet ne peut exercer cette force). Le plomb se retrouve vers l'arrière à cause de son inertie.



$$F_{Rx} = F_T \sin \theta = ma_x$$

$$F_{Ry} = F_T \cos \theta - mg = ma_y = 0$$

On obtient un système de deux équations à deux inconnues : F_T et a_x .

On isole F_T de la seconde équation :

$$F_T \cos \theta - mg = 0$$

$$F_T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

et on insère cette expression dans la première :

$$F_T \sin \theta = ma_x$$

$$\frac{mg}{\cos \theta} \sin \theta = ma_x$$

$$a_x = g \tan \theta = 9,80 \text{ m/s}^2 \times \tan 10^\circ = 1,7 \text{ m/s}^2.$$

Section 14.3

La troisième loi de Newton

Manuel, p. 317

1. a) Non, car la force gravitationnelle qui s'exerce sur la pomme et la force normale s'exercent sur le même objet, la pomme. La force gravitationnelle résulte de l'interaction gravitationnelle de la pomme avec la Terre; la force normale résulte de l'interaction de la pomme avec la table.
- b) La réaction à la force gravitationnelle qui s'exerce sur la pomme est la force gravitationnelle exercée par la pomme sur la Terre.

2. La force normale est une force exercée par la table sur la pomme. La réaction à cette force est une force normale exercée par la pomme sur la table.
3. Même si leurs masses sont différentes, d'après la troisième loi de Newton, les deux véhicules subissent une force de même grandeur.
4. B. En A et en C, les forces sont de grandeurs inégales et n'obéissent pas à la troisième loi de Newton. En D, les forces sont de grandeurs égales, mais l'une des forces n'est pas orientée sur la ligne reliant les deux objets. Cela s'oppose à la troisième loi de Newton (les forces sont d'orientations opposées) et à la nature de la force gravitationnelle.

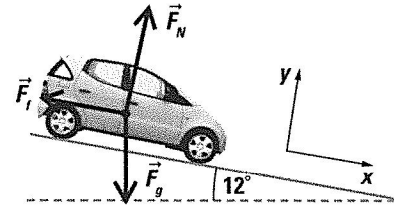
Chapitre 14

Les lois de Newton

 Manuel, p. 321

1. a) La première loi de Newton. Sur une route non verglacée, c'est le frottement entre les pneus et la chaussée qui agit comme force centripète et qui permet à la voiture de suivre la route dans la courbe. Sur une route verglacée, le frottement est très faible et la voiture tend à continuer tout droit.
- b) La troisième loi de Newton. Le ballon subit une force exercée par le pied, le pied subit en même temps une force exercée par le ballon. Ces deux forces sont en sens opposés.
- c) La troisième loi de Newton. Situation semblable à b). Vous exercez une force sur la voiture, la voiture exerce une force sur vous. Si vos pieds sont sur de la glace, vous reculez.
- d) La deuxième loi de Newton. L'accélération est proportionnelle à la force exercée.
2. La petite voiture. Les forces subies sont égales en grandeur (troisième loi de Newton), mais ce n'est pas le cas des accélérations, car selon la deuxième loi de Newton, l'accélération est égale à la force divisée par la masse. La masse de la voiture est plus petite et la voiture subit donc une accélération (une décélération, en fait) plus grande. Autrement dit, la voiture va prendre moins de temps pour arrêter, ce qui rend la collision plus dure pour ses passagers que pour ceux du VUS.

3. Si la voiture freine brusquement, ou s'il y a collision, l'objet non retenu laissé sur la plage arrière continue son mouvement à vitesse constante et peut frapper les passagers de la voiture.
4. Selon la troisième loi de Newton, le satellite exerce lui aussi une force de 1 000 N, mais dirigée vers l'espace selon une droite dont l'origine coïncide avec le centre de la Terre.
5. $m = 1\,200\text{ kg}$ $\theta = 12,0^\circ$ $F_f = ?$ $F_N = ?$



$$a_x = a_y = 0$$

$$F_{Rx} = F_g \sin 12,0^\circ - F_f = 0$$

$$F_f = mg \sin 12,0^\circ$$

$$= 1\,200\text{ kg} \times 9,80\text{ m/s}^2 \times \sin 12,0^\circ$$

$$= 2,45\text{ kN}$$

$$F_{Ry} = F_N - F_g \cos 12,0^\circ = 0$$

$$F_N = mg \cos 12,0^\circ$$

$$= 1\,200\text{ kg} \times 9,80\text{ m/s}^2 \times \cos 12,0^\circ$$

$$= 11,5\text{ kN}$$

6. $m = 2,92 \times 10^6\text{ kg}$ $F = 3,34 \times 10^7\text{ N}$

- a) La force gravitationnelle agissant sur la fusée au niveau du sol est:

$$F_g = mg = (2,92 \times 10^6\text{ kg}) \times 9,80\text{ m/s}^2 = 2,86 \times 10^7\text{ N.}$$

- b) Au moment du lancement, les forces agissant sur la fusée sont la force gravitationnelle F_g , dirigée vers le bas, et la poussée F exercée sur la fusée par les gaz qu'elle éjecte, poussée qui est dirigée vers le haut. Avec un axe des y dirigé vers le haut, on a:

$$F_{Ry} = F_{gy} + F_y = -F_g + F$$

$$= -2,86 \times 10^7\text{ N} + 3,34 \times 10^7\text{ N}$$

$$= 0,48 \times 10^7\text{ N}$$

$$= 4,8 \times 10^6\text{ N}$$

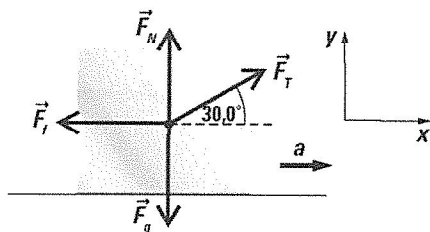
$$c) a_y = \frac{F_{Ry}}{m} = \frac{4,8 \times 10^6 \text{ N}}{2,92 \times 10^6 \text{ kg}} = 1,6 \text{ m/s}^2$$

d) La fusée consomme du carburant (et du comburant) et les gaz produits par la combustion sont éjectés, ce qui diminue la masse de la fusée.

e) Si les moteurs maintiennent leur poussée et que la masse diminue, d'après $a_y = \frac{F_{Ry}}{m}$, l'accélération augmente (de plus, comme la force gravitationnelle diminue, F_{Ry} augmente, ce qui contribue aussi à l'augmentation de a_y).

- 7. Non. Si les gaz sortent droit vers l'arrière du vaisseau spatial, la force (réaction) qu'ils exercent sur le vaisseau est orientée droit vers l'avant. Le vaisseau ne peut donc qu'aller tout droit. Pour tourner, le vaisseau doit éjecter des gaz obliquement.

◆ 8. $m = 20,0 \text{ kg}$ $F_f = 200 \text{ N}$



$$F_{Rx} = F_T \cos 30,0^\circ - F_f = ma_x$$

Au moment où la caisse s'ébranle, l'accélération est juste supérieure à zéro (situation transitoire). On peut donc écrire $a_x \approx 0$. Alors,

$$F_T \cos 30,0^\circ - F_f = 0$$

$$F_T = \frac{F_f}{\cos 30,0^\circ} = \frac{200 \text{ N}}{\cos 30,0^\circ} = 231 \text{ N}.$$

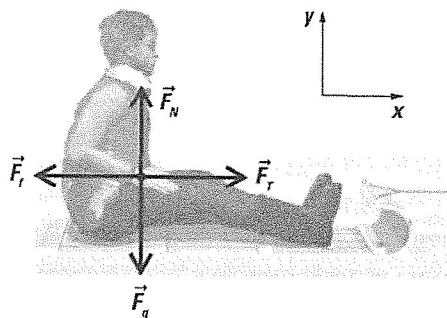
La normale est donnée par l'application de la deuxième loi en y :

$$F_{Ry} = F_T \sin 30,0^\circ + F_N - F_g = ma_y = 0$$

$$F_N = F_g - F_T \sin 30,0^\circ$$

$$= 20,0 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 - 231 \text{ N} \times \sin 30,0^\circ = 80,5 \text{ N}.$$

◆ 9. $m = 20,0 \text{ kg}$ $F_T = 30,0 \text{ N}$



a) Le frottement est cinétique. $\mu_c = ?$

Vitesse constante $\Rightarrow a_x = 0$

$$F_{Rx} = F_T - F_f = ma_x = 0 \Rightarrow F_f = F_T = 30,0 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = F_N - F_g = ma_y = 0$$

$$F_N = F_g = mg = 20,0 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 196 \text{ N}$$

$$F_{f(\text{cinétique})} = \mu_c F_N$$

$$\Rightarrow \mu_c = \frac{F_{f(\text{cinétique})}}{F_N} = \frac{30,0 \text{ N}}{196 \text{ N}} = 0,153$$

b) Le coefficient de frottement, le diagramme de forces et les équations des forces restent les mêmes. Cependant, la masse change, donc la force gravitationnelle aussi, ainsi que la force normale et donc la force de frottement.

$$m = 20,0 \text{ kg} + (2 \times 60,0 \text{ kg}) = 140 \text{ kg}$$

$$F_N - F_g = ma_y = 0$$

$$F_N = mg = 140 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 = 1\,372 \text{ N}$$

$$F_{f(\text{cinétique})} = \mu_c F_N = 0,153 \times 1\,372 \text{ N} = 210 \text{ N}$$

$$F_T - F_f = ma_x = 0 \Rightarrow F_T = F_f = 210 \text{ N}$$

◆ 10. $F_f = 5\,000 \text{ N}$ $m = 1\,500 \text{ kg}$

$$v_i = 90,0 \text{ km/h} = 25,0 \text{ m/s} \quad v_f = 0$$

a) $\Delta x = ?$

Si l'axe des x est dirigé dans le même sens que le mouvement de la voiture:

$$F_{Rx} = -F_f = ma_x$$

$$a_x = \frac{-F_f}{m} = \frac{-5\,000 \text{ N}}{1\,500 \text{ kg}} = -3,33 \text{ m/s}^2.$$

Il faut déterminer x_f :

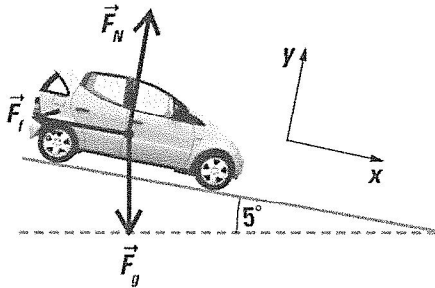
$t_i = 0$	$x_i = 0$	$v_i = 25,0 \text{ m/s}$	$a = -3,33 \text{ m/s}^2$
$t_f = ?$	$x_f = ?$	$v_f = 0$	

$$v_f^2 = 0 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

$$\Delta x = \frac{-v_i^2}{2a} = \frac{-(25,0 \text{ m/s})^2}{2 \times (-3,33 \text{ m/s}^2)} = 93,8 \text{ m}$$

Ce résultat ne tient pas compte de la distance parcourue pendant le temps pris par l'automobiliste pour réagir.

b) $\theta = 5^\circ$ $\Delta x = ?$



$$F_{Rx} = F_g \sin \theta - F_f = ma_x$$

$$a_x = \frac{mg \sin \theta - F_f}{m}$$

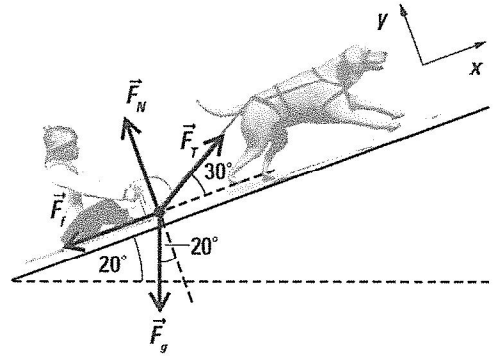
$$= \frac{1\,500 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times \sin 5,0^\circ - 5\,000 \text{ N}}{1\,500 \text{ kg}}$$

$$= -2,48 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta x = \frac{-v_i^2}{2a} = \frac{-(25,0 \text{ m/s})^2}{2 \times (-2,48 \text{ m/s}^2)} = 126 \text{ m}$$

- ★ 11. Note: Dans la première impression du manuel, on devrait lire :
« La corde est orientée à 30° de la pente et le chien exerce une force de 300 N sur la corde. »

$$m = 50 \text{ kg} \quad F_T = 300 \text{ N} \quad F_f = 50 \text{ N}$$



$$\theta = 20^\circ \text{ (inclinaison de la pente)}$$

$$a = ?$$

On place le système de coordonnées de façon que l'axe des x soit parallèle à la pente, donc à l'accélération présumée. On a :

$$F_{Rx} = F_T \cos 30^\circ - F_g \sin 20^\circ - F_f = ma_x$$

$$a_x =$$

$$\frac{300 \text{ N} \times \cos 30^\circ - 50 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2 \times \sin 20^\circ - 50 \text{ N}}{50 \text{ kg}}$$

$$= 0,84 \text{ m/s}^2$$

L'accélération du traîneau est donc de $0,84 \text{ m/s}^2$ vers le haut de la pente.