

# Solutionnaire du chapitre 1

1. Si l'angle entre l'horizon et Polaris est de  $46,8^\circ$  et que cet angle est de  $42,35^\circ$  à Boston, c'est que la différence de latitude entre Québec et Boston est

$$\theta = 46,80^\circ - 42,35^\circ = 4,45^\circ$$

Puisque la distance est de 435 km, la circonférence de la Terre se trouve avec

$$\frac{495\text{km}}{4,45^\circ} = \frac{\text{circonférence}}{360^\circ}$$
$$\text{circonférence} = 40\,045\text{km}$$

2. On trouve la période de rotation avec

$$f = \frac{15\pi}{4GT^2\rho}$$
$$0,1 = \frac{15\pi}{4 \cdot 6,6743 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot T^2 \cdot 5514 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$
$$T = 17\,892\text{s} = 4,97\text{h}$$

3. Avec une période de 6 h = 21 600 s, l'aplatissement serait

$$f = \frac{15\pi}{4GT^2\rho}$$
$$= \frac{15\pi}{4 \cdot 6,6743 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot (21600\text{s})^2 \cdot 5514 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$
$$= 0,06861$$

On aurait alors

$$\frac{a-b}{a} = 0,06861$$
$$a-b = 0,06861a$$
$$a - 0,06861a = b$$
$$0,93139a = b$$

Ainsi, on aurait

$$\begin{aligned}
 R^3 &= a^2b \\
 (6371\text{km})^3 &= a^2 \cdot (0,93139a) \\
 (6371\text{km})^3 &= 0,93139a^3 \\
 6371\text{km} &= 0,97659a \\
 a &= 6523,8\text{km}
 \end{aligned}$$

De là, on trouve que

$$\begin{aligned}
 b &= 0,93139a \\
 &= 6076,2\text{km}
 \end{aligned}$$

**4.** Le champ est

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{GM_{\oplus}}{r^2} \\
 &= \frac{6,6743 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 5,9722 \times 10^{24} \text{kg}}{(6,471 \times 10^6 \text{m})^2} \\
 &= 9,52 \frac{\text{N}}{\text{kg}}
 \end{aligned}$$

**5.** a) Le champ est

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{GM_{\text{mars}}}{r^2} \\
 &= \frac{6,6743 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 6,4185 \times 10^{23} \text{kg}}{(3,386 \times 10^6 \text{m})^2} \\
 &= 3,737 \frac{\text{N}}{\text{kg}}
 \end{aligned}$$

b) Le poids est

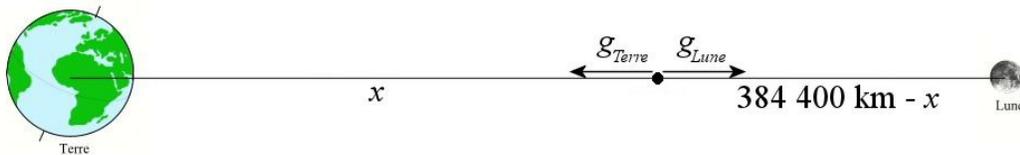
$$\begin{aligned}
 P &= mg \\
 &= 70\text{kg} \cdot 3,737 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \\
 &= 261,6\text{N}
 \end{aligned}$$

c) Le rapport des poids est

$$\frac{P_{\text{sur Mars}}}{P_{\text{sur Terre}}} = \frac{261,6N}{686N} = 0,381$$

Le poids sur Mars est donc 38,1 % du poids sur Terre.

**6.** Entre la Terre et la Lune, le champ est la somme des champs.



Si le champ est nul, c'est que le champ fait par la Terre est de même grandeur que celui de la Lune. On a donc

En posant que la position initiale de Richard était à  $x = 0$ , on a

$$\begin{aligned} g_{\text{Terre}} &= g_{\text{Lune}} \\ \frac{GM_{\text{Terre}}}{r_{\text{Terre}}^2} &= \frac{GM_{\text{Lune}}}{r_{\text{Lune}}^2} \\ \frac{5,9722 \times 10^{24} \text{ kg}}{x^2} &= \frac{7,346 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3,844 \times 10^8 \text{ m} - x)^2} \end{aligned}$$

$$\frac{81,299}{x^2} = \frac{1}{(3,844 \times 10^8 \text{ m} - x)^2}$$

$$81,299 \cdot (3,844 \times 10^8 \text{ m} - x)^2 = x^2$$

$$81,299x^2 - 6,25024 \times 10^{10} \text{ m} \cdot x + 1,20130 \times 10^{19} = x^2$$

$$80,299 \cdot x^2 - 6,25024 \times 10^{10} \text{ m} \cdot x + 1,20130 \times 10^{19} = 0$$

Les solutions de cette équation sont

$$x = 346\,024 \text{ km et } x = 432\,350 \text{ km.}$$

La deuxième solution correspond à un point qui n'est pas entre la Terre et la Lune et ce n'est donc pas une bonne solution. Il est vrai que les champs sont égaux à cet endroit, mais ils sont dans la même direction, ce qui fait que les champs s'additionnent et ne peuvent pas donner un champ nul. La bonne réponse est donc 346 024 km.

**7.** Le champ est

$$\begin{aligned}
 g &= 9,780\,327 \frac{N}{kg} \cdot (1 + 0,005\,279 \cdot \sin^2 \phi + 0,000\,023 \sin^4 \phi) \\
 &= 9,780\,327 \frac{N}{kg} \cdot (1 + 0,005\,279 \cdot \sin^2 28,62^\circ + 0,000\,023 \sin^4 28,62^\circ) \\
 &= 9,780\,327 \frac{N}{kg} \cdot (1,001\,212) \\
 &= 9,792\,185 \frac{N}{kg}
 \end{aligned}$$

**8.** La vitesse de libération est

$$\begin{aligned}
 v_{lib} &= \sqrt{\frac{2GM}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 6,6743 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot 6,4185 \times 10^{23} kg}{3,386 \times 10^6 m}} \\
 &= 5030 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

**9.** La vitesse de libération est

$$\begin{aligned}
 v_{lib} &= \sqrt{\frac{2GM}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 6,6743 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot 6,4185 \times 10^{23} kg}{5,386 \times 10^6 m}} \\
 &= 3988 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

**10.** a) La vitesse des molécules de CO<sub>2</sub> est

$$\begin{aligned}
 v_{mol} &= \sqrt{\frac{2kT}{m_{mol}}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 210K}{44 \cdot 1,661 \times 10^{-27} kg}} \\
 &= 281,7 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

Puisque la vitesse de libération sur Mars est de 5030 m/s (exercice précédent), on a

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{v_{lib}}{v_{mol}} \\ &= \frac{5030 \frac{m}{s}}{280,7 \frac{m}{s}} \\ &= 17,9\end{aligned}$$

Puisque cette valeur est supérieure à 8, le CO<sub>2</sub> peut donc rester dans l'atmosphère de Mars.

b) La vitesse des molécules d'hélium est

$$\begin{aligned}v_{mol} &= \sqrt{\frac{2kT}{m_{mol}}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 210K}{4 \cdot 1,661 \times 10^{-27} kg}} \\ &= 934,4 \frac{m}{s}\end{aligned}$$

Puisque la vitesse de libération sur Mars est de 5030 m/s, on a

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{v_{lib}}{v_{mol}} \\ &= \frac{5030 \frac{m}{s}}{934,4 \frac{m}{s}} \\ &= 5,4\end{aligned}$$

Puisque cette valeur est inférieure à 8, l'hélium ne peut donc pas rester dans l'atmosphère de Mars.

## 11. L'énergie est

$$\begin{aligned}
 U_g &= -\frac{3 GM^2}{5 R} \\
 &= -\frac{3}{5} \cdot \frac{6,6743 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot (7,346 \times 10^{22} kg)^2}{1,737 \times 10^6 m} \\
 &= -1,244 \times 10^{29} J
 \end{aligned}$$

**12.** La chaleur est

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{3 GM^2}{5 R} \\
 &= \frac{3}{5} \cdot \frac{6,6743 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot (6,4185 \times 10^{23} kg)^2}{3,386 \times 10^6 m} \\
 &= 4,872 \times 10^{30} J
 \end{aligned}$$

**13.** La chaleur par unité de masse est

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{3 GM}{5 R} \\
 &= \frac{3}{5} \cdot \frac{6,6743 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot 6,4185 \times 10^{23} kg}{3,386 \times 10^6 m} \\
 &= 7,591 \times 10^6 \frac{J}{kg}
 \end{aligned}$$

**14.** Nous avons 7,591 millions de J pour chaque kg. Examinons si cette énergie est suffisante pour faire fondre la roche.

Premièrement, il faut chauffer la roche de  $-63\text{ }^\circ\text{C}$  à  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , soit une augmentation de  $1063\text{ }^\circ\text{C}$ . À  $1000\text{ J par }^\circ\text{C}$ , il faut donc  $1\,063\,000\text{ J}$  pour chauffer le kilo de roche à  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . Après ce chauffage, il nous reste encore  $6,528$  millions de J. Cette quantité est amplement suffisante pour fournir les  $250\,000\text{ J}$  nécessaires pour faire fondre la roche.