Corrigé des exercices du livre – Chapitre 11 : Forces et mouvements

Exercice 13 : Calculer une valeur de vitesse

$$\vec{v} = \frac{d}{dt}(\overrightarrow{OM}) = \frac{d}{dt}\begin{pmatrix} t^2 + 15 \\ 10t \end{pmatrix} \Rightarrow \vec{v}\begin{pmatrix} 2t \\ 10 \end{pmatrix}$$

$$v(t) = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2} = \sqrt{(2t)^2 + 10^2} = \sqrt{4t^2 + 100} \Rightarrow v(10) = \sqrt{4 \times 10^2 + 100} = 22\ m.s^{-1}$$

Exercice 14 : Déterminer les coordonnées d'un vecteur accélération

$$\vec{a} = \frac{d}{dt}(\vec{v}) = \frac{d}{dt}\left(\frac{d}{dt}(\overrightarrow{OM})\right) = \frac{d^2}{dt^2}(\overrightarrow{OM}) = \frac{d^2}{dt^2}\begin{pmatrix} 24t^2 + 12t + 3 \\ 3t + 2 \end{pmatrix} \Rightarrow \vec{a}\begin{pmatrix} 48 \\ 0 \end{pmatrix}$$

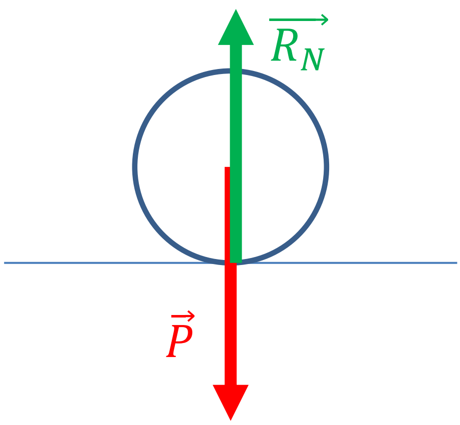
Exercice 21 : Comprendre l'influence de la masse

a. La balle dont la masse est la plus grande est celle pour laquelle la vitesse de déplacement est la plus faible, c'est-à-dire celle pour laquelle la distance parcourue entre deux relevés successifs est la plus courte. Il s'agit donc de la balle A.

b. Lors de la phase de lancer, la balle est soumise à trois forces : son poids et la réaction normale de la table, qui se compensent, et la force du lanceur.
D'après la deuxième loi de Newton, on a donc $\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F}$
Pour une même force, plus la masse est importante, plus l'accélération est faible, et donc plus la vitesse de la balle après avoir quitté le lanceur est faible.

Exercice 24 : Discuter du caractère galiléen d'un référentiel

a. La balle est soumise à deux forces : son poids et la réaction normale du support.

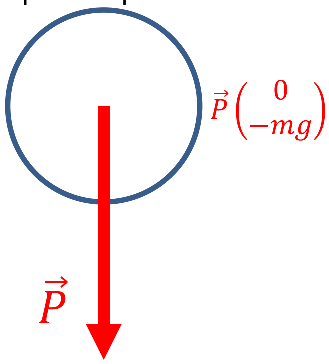


Ces deux forces se compensent, et la balle est immobile : le principe d'inertie est vérifié. Le référentiel peut donc être considéré comme galiléen.

b. La balle n'est toujours soumise qu'aux deux mêmes forces, qui se compensent encore. Toutefois, la balle n'est plus immobile. Le principe d'inertie n'est donc plus vérifié. Le référentiel du siège du passager ne peut donc plus être considéré comme galiléen.

Exercice 37 : Chute de Philae

Philae est en chute libre. Il n'est donc soumis qu'à son poids :



a. D'après la deuxième loi de Newton, on a :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{1}{m}\vec{P} = \frac{1}{m}\begin{pmatrix}0\\-mg\end{pmatrix} \Rightarrow \vec{a}\begin{pmatrix}0\\-g\end{pmatrix}$$

b. Philae se détache de la sonde Rosetta sans vitesse initiale. Son vecteur vitesse initiale est donc $\overrightarrow{v_0}\begin{pmatrix}0\\0\end{pmatrix}$. La composante horizontale de son accélération est nulle. La composante horizontale du vecteur vitesse de l'atterrisseur reste donc nulle tout au long de la descente. Le mouvement de Philae est donc rectiligne, vertical. La composante verticale de son accélération est non-nulle, mais constante. La composante verticale du vecteur vitesse varie donc au cours du temps. Le mouvement est uniformément accéléré.
L'atterrisseur a donc un mouvement rectiligne (vertical) uniformément accéléré.

c. $\overrightarrow{OM}\begin{pmatrix}0\\bt^2+c\end{pmatrix} \Rightarrow \vec{v} = \frac{d}{dt}\left(\overrightarrow{OM}\right) = \frac{d}{dt}\begin{pmatrix}0\\bt^2+c\end{pmatrix} \Rightarrow \vec{v}\begin{pmatrix}0\\2bt\end{pmatrix}$

$\Rightarrow \vec{a} = \dfrac{d}{dt}(\vec{v}) = \dfrac{d}{dt}\begin{pmatrix}0\\2bt\end{pmatrix} \Rightarrow \vec{a}\begin{pmatrix}0\\2b = 2\times(-7{,}5.10^{-6}) = -1{,}5.10^{-5} = -g\end{pmatrix}$

d. La durée de chute Δt correspond à la date à laquelle l'ordonnée du vecteur position est nulle :

$$0 = b\Delta t^2 + c \Rightarrow \Delta t = \sqrt{\frac{-c}{b}} = \sqrt{\frac{-20000}{-7{,}5.10^{-6}}} = 5{,}2.10^4\ s$$

e. La durée réelle de la chute est inférieure à la durée de chute théorique. Plusieurs hypothèses peuvent justifier cet écart : le référentiel d'étude n'est pas considéré comme galiléen la comète étant en mouvement pendant la durée de la chute ; la vitesse initiale de l'atterrisseur n'est pas nulle ; L'intensité de la pesanteur de la comète, g, n'est pas constante durant la durée de la chute, mais augmente au fur et à mesure que l'atterrisseur s'approche de la surface.

Exercice 38 : Une échelle mal fixée

a. Avant que le conducteur du camion freine, l'échelle a un mouvement rectiligne uniforme par rapport au référentiel terrestre, et est immobile par rapport au référentiel du camion.

b. Avant que le conducteur du camion freine, l'échelle est soumise à son poids et à la réaction normale du camion.
Étant en mouvement rectiligne uniforme par rapport au référentiel terrestre, on peut en déduire que l'accélération du centre de masse de l'échelle est nulle et que la somme vectorielle des forces est nulle.

c. Lorsque le conducteur freine, le centre de masse de l'échelle reste en mouvement rectiligne uniforme par rapport au référentiel terrestre, et est en mouvement rectiligne accéléré par rapport au référentiel du camion.

d. L'inventaire des forces qui s'exercent sur l'échelle reste inchangé lorsque le conducteur du camion freine.

e. Lorsque le conducteur du camion freine, le principe d'inertie reste vérifié dans le référentiel terrestre, mais ne l'est plus dans le référentiel du camion. Le référentiel terrestre peut donc toujours être considéré comme galiléen, alors que ce n'est plus le cas pour le référentiel du camion.

Exercice 39 : Badminton, un sport dans le vent

a. La plus grande partie de la masse du volant étant concentrée dans sa tête, le point qui correspond à son centre de masse est le point G3.

b. Sur la portion AB, le mouvement du centre de masse du volant peut être considéré comme rectiligne décéléré : les points sont alignés et de plus en plus rapprochés les uns des autres.

c. D'après la deuxième loi de Newton, $\vec{F} = m\vec{a}$

Considérons que l'accélération est constante sur la portion AB de la trajectoire, et déterminons sa valeur au point M_3, point médian de la trajectoire AB :

$$a_3 = \frac{v_4 - v_2}{2\Delta t}$$

$$\left.\begin{matrix} v_2 = \dfrac{M_1M_3}{2\Delta t} \\ v_4 = \dfrac{M_3M_5}{2\Delta t} \end{matrix}\right\} \Rightarrow a_3 = \frac{M_3M_5 - M_1M_3}{4\Delta t^2}$$

$$\left.\begin{matrix} M_1(0\,;2) \\ M_3(2\,;4{,}3) \\ M_1(3{,}1\,;5{,}6) \end{matrix}\right\} \Rightarrow \begin{Bmatrix} M_1M_3 = \sqrt{(2-0)^2 + (4{,}3-2)^2} = 3{,}0\ m \\ M_3M_5 = \sqrt{(3{,}1-2)^2 + (5{,}6-4{,}3)^2} = 1{,}7\ m \end{Bmatrix}$$

$$\Rightarrow a_3 = \frac{1{,}7 - 3{,}0}{4(50.10^{-3})^2} = -130\ m.s^{-2}$$

$$\Rightarrow F = ma = |5{,}0.10^{-3} \times (-130)| = 0{,}65\ N$$

d. Au-delà de la date t = 6 s, le mouvement du volant ne peut plus être considéré comme rectiligne. Le poids du volant ne peut donc plus être négligé.

e. Dans le référentiel lié à l'ISS, le mouvement du centre de masse du volant est rectiligne uniforme. Dans ce référentiel, l'accélération du centre de masse du volant est donc nulle.

f. Dans l'ISS, le volant n'est soumis qu'à une seule force non-négligeable : l'attraction gravitationnelle due à la Terre. N'étant soumis qu'à une seule force, le volant ne devrait pas pouvoir avoir de mouvement rectiligne uniforme (les forces ne peuvent pas se compenser). La deuxième loi de Newton n'est donc pas valable dans le référentiel de l'ISS, qui ne peut donc pas être considéré comme galiléen.

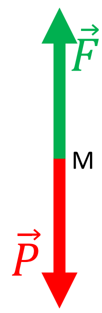
Exercice 41 : Rocketeer

a. Phase 1 : Le mouvement est vertical. La direction du vecteur accélération est donc verticale. La vitesse augmente lorsque l'altitude augmente. Le vecteur accélération est donc orienté vers le haut.

Dans la phase 2, la vitesse est constante, et le mouvement reste vertical. L'accélération est donc nulle.

b. Juste après le décollage, le système {Rocketeer + équipement} est soumis à deux forces :

- Son poids, $\vec{P}$
- La force de poussée, $\vec{F}$.



c. En appliquant la deuxième loi de Newton, on a $\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$

En projetant sur un axe vertical, cela donne :

$$-P + F = ma \Rightarrow a = \frac{F-P}{m} = \frac{F-mg}{m} = \frac{F}{m} - g = \frac{1600}{120} - 10 = 3{,}3\ m.s^{-1}$$

d. Après la panne du Jet-Pack, Rocketeer est en chute libre. Il n'est donc soumis qu'à son poids, et son vecteur accélération est orienté vers le bas. La vitesse va donc diminuer. Par ailleurs, la vitesse initiale est nulle. Seule la représentation A correspond à cette situation.

e. D'après le graphe A, on a $v_y(t) = -10t \Rightarrow a(t) = \frac{d}{dt}\left(v_y(t)\right) = -10$

Exercice 44 : Décollage d'Ariane V

1.

a. Sur l'image 1 du document 1, on mesure une hauteur $h_1 = 2{,}10\ cm$ pour une altitude $y_1 = 30{,}1\ m$.
Sur l'image 5 du document 1, on mesure une hauteur $h_5 = 2{,}85\ cm$.
Cela correspond à une altitude $y_5 = \frac{h_5}{h_1} y_1 = \frac{2{,}85}{2{,}10} \times 30{,}1 = 40{,}9\ m$.
$v_{y,2} = \frac{h_3 - h_1}{t_3 - t_1} = \frac{33{,}3 - 30{,}1}{1{,}00 - 0{,}20} = 4{,}0\ m.s^{-1}$.
Cette valeur est confirmée par lecture graphique sur le document 3.

b. Lors de son décollage, la fusée est soumise à 2 forces : son poids, orienté vers le bas, et la force de poussée, orientée vers le haut.
Pour que la fusée décolle et que sa vitesse augmente, il faut que son vecteur accélération soit orienté vers le haut. D'après la deuxième loi de Newton, il faut donc que la force de poussée soit plus intense que son poids.
Lorsqu'on représente les forces agissant sur un objet, on peut le faire à partir du centre de masse de cet objet. La fusée ayant une symétrie axiale, son centre de masse se trouve sur cet axe de symétrie.
Le schéma compatible avec le décollage de la fusée est donc le schéma 4.

2. D'après le document 3, la composante verticale de la vitesse de la fusée évolue linéairement en fonction du temps : $v_y(t) = 6{,}7t$

$$\Rightarrow a_y(t) = \frac{d}{dt}\left(v_y(t)\right) = 6{,}7\ m.s^{-2}$$

D'après la deuxième loi de Newton, $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} + \vec{P} = m\vec{a}$
En projetant cette égalité sur un axe vertical, on a $F - P = ma$
$\Rightarrow F = ma + P = ma + mg = m(a + g)$
$750\ t < m < 780\ t \Rightarrow 750.10^3(6{,}7 + 9{,}8) < F < 780.10^3(6{,}7 + 9{,}8)$
$\Rightarrow 1{,}2.10^7\ N < F < 1{,}3.10^7\ N : F \in [12\ ; 13]\ MN$
Cette estimation de la force de poussée est cohérente avec les valeurs fournies dans les données.