

Évaluation 2 – Mouvement et interactions

Exercice 1 : Impesanteur

16

Document 1 – Station spatiale internationale (ISS)

On lit parfois que les spationautes flottent dans les stations spatiales, car la gravité terrestre n'agit plus sur les spationautes, ce qui est faux. On s'intéresse à la station spatiale internationale, notée ISS, en orbite circulaire autour de la Terre à une distance d du centre de la Terre. L'ISS a une vitesse constante v .

Données :

- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- $M_{\text{Terre}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
- $d = 6,784 \times 10^6 \text{ m}$
- $v = 7,66 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Masse de la spationaute $m = 65,0 \text{ kg}$



↑ Deux spationautes dans l'ISS

1 — Quel est le mouvement de l'ISS dans le référentiel lié au centre de la Terre ? (APP)

L'ISS a une trajectoire circulaire avec une vitesse constante, c'est donc un mouvement circulaire uniforme.

1

2 — Faire un schéma propre et lisible faisant figurer l'ISS, la Terre et la trajectoire décrite par l'ISS. (REA)

2

3 — Dans la station les spationautes ont un poids $P_{\text{ISS}} = m \times g_{\text{ISS}}$. Calculer la valeur de g_{ISS} sachant que

$$g_{\text{ISS}} = \frac{G \times M_{\text{Terre}}}{d^2}$$

(APP, REA)

$$g_{\text{ISS}} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6,37 \times 10^6 + 4,14 \times 10^5 \text{ m})^2} = 8,65 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

1,5

4 — Calculer le poids d'une spationaute dans l'ISS, sachant que $g_{\text{ISS}} = 8,65 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$. (REA)

$$P_{\text{ISS}} = 65 \text{ kg} \times 8,65 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 562 \text{ N}$$

1,5

5 — Calculer le poids de la même spationaute sur Terre avec $g_{\text{Terre}} = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$. En comparant ces deux forces, indiquer si on peut vraiment dire que la gravité terrestre n'agit plus sur les spationautes au sein de l'ISS. (VAL, ANA/RAI)

$$P_{\text{Terre}} = 65 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 638 \text{ N}$$

1,5

On voit que P_{ISS} n'est pas beaucoup plus petit que P_{Terre} (10 % plus faible), donc la gravité terrestre attire toujours fortement les spationautes.

Document 2 – Force centrifuge

Un système dans un référentiel en rotation est soumis à une force **relative** qui dépend du référentiel, qu'on appelle **force centrifuge** $\vec{F}_{centrifuge}$

Cette force a pour direction la **droite reliant le centre du cercle et le centre du système**. Son sens est dirigé **vers l'extérieur du cercle**. C'est cette force qui explique pourquoi les passagers d'une voiture dans un rond-point sentent leur corps projeté vers l'extérieur du rond-point.

Rappel : le principe d'inertie dit que tout objet immobile ou avec un mouvement rectiligne uniforme est soumis à des forces dont la somme est nulle.

6 — Expliquer avec vos mots le principe d'inertie. (COM)

Il faut exercer une force sur un objet pour changer son mouvement, par défaut les objets se déplacent en ligne droite.

3

7 — Dans le référentiel lié à l'ISS, la spationaute est immobile. En utilisant le principe d'inertie et en justifiant clairement, donner la relation entre $\vec{F}_{centrifuge}$ et \vec{P}_{ISS} . (APP, ANA/RAI)

Comme la spationaute est immobile, la somme des forces qui s'exercent sur elle est nulle et $F_{centrifuge} = P_{ISS} = 562 \text{ N}$

2

8 — Compléter le schéma de la question 2 en représentant les forces s'exerçant sur la spationaute dans le référentiel lié à l'ISS. (APP, REA)

1

9 — La valeur de la force d'inertie d'entraînement exercée sur la spationaute est

$$F_{centrifuge} = m \times \frac{v^2}{d}$$

où v est la vitesse du référentiel tournant. Vérifier le principe d'inertie en calculant la vitesse de l'ISS et en comparant ce résultat avec les données de l'énoncé. (APP, REA, VAL, ANA/RAI)

Prendre des initiatives et les écrire, même si le raisonnement n'est pas complet. Tout début de réflexion sera valorisé.

D'après le principe d'inertie, $F_{centrifuge} = P_{ISS}$, donc

$$\begin{aligned} \frac{m \times v^2}{d} &= m \times g_{ISS} \\ m \times v^2 &= m \times g_{ISS} \times d \\ v^2 &= g_{ISS} \times d \end{aligned}$$

Finalement

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{g_{ISS} \times d} \\ &= \sqrt{8,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 6,784 \times 10^6 \text{ m}} \\ &= 7,66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

On retrouve la même valeur que celle fournie dans l'énoncé, cette valeur est donc cohérente.

3

Exercice 2 : Penalty au football

13

Document 1 – Forces de frottements

Un objet en mouvement dans un fluide comme l'air subit des forces de frottements. Les forces de frottements \vec{f} sont opposées au vecteur vitesse \vec{v} de l'objet.

Pour un objet en mouvement dans l'air, on peut calculer la valeur des frottements de l'air sur l'objet, en Newton, à l'aide de la relation suivante :

$$f = \frac{1}{2} \times k \times S \times v^2$$

Avec :

- $k = 0,246 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4}$ un coefficient de frottement ;
- v la vitesse de l'objet en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- S la surface de l'objet en m^2 .

Document 2 – Ballon de football

Un ballon de football est une sphère de 70 cm de circonférence et pesant 450 g, avec une pression interne de 1,5 bar. On cherche à étudier les forces qui s'exercent sur un ballon de football pendant un penalty, d'abords quand il est posé au sol, puis quand le tir est effectué.

Données :

- Circonference d'une sphère de rayon r : $c = 2\pi r$.
- Surface d'une sphère de rayon r : $S = 4\pi r^2$.
- $v = 50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pendant un penalty.
- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

1 — Indiquer quel est le système étudié et donner un référentiel approprié pour analyser son mouvement. (APP)

On étudie le mouvement du ballon de football, dans le référentiel terrestre.

1

2 — Citer la ou les forces qui s'exercent sur le ballon quand il est posé au sol, puis calculer leurs valeurs. (APP, REA)

On a le poids \vec{P} et la réaction du support \vec{R} qui s'exerce sur le ballon. Pour le poids on a

$$P = m \times g = 0,450 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 4,41 \text{ N}.$$

Par définition de la réaction du support $R = P = 4,41 \text{ N}$.

2

3 — Représenter ces forces sur un schéma propre et lisible. (REA)

2

4 — Les forces se compensent-elles ? Justifier à l'aide du principe d'inertie. (ANA/RAI, VAL)

Oui, car le ballon est immobile, donc les forces doivent se compenser.

1

5 — Pour tirer un penalty, un joueur frappe dans le ballon posé au sol. Décrire les forces s'exerçant sur le ballon lorsque celui-ci est en l'air. (APP)

Il y a toujours le poids \vec{P} et il y a les frottements de l'air \vec{f} .

1

6 — Représenter ces forces sur un autre schéma. (REA)

2

7 — Indiquer, en justifiant, si Le ballon de football a un mouvement rectiligne uniforme lorsqu'il est en l'air. (VAL, ANA/RAI)

Les forces ne se compensent pas, donc d'après le principe d'inertie le ballon n'a pas un mouvement rectiligne uniforme.

1

8 — Calculer la valeur des forces de frottements s'exerçant sur le ballon. (APP, ANA/RAI)

Prendre des initiatives et les écrire, même si le raisonnement n'est pas complet. Tout début de réflexion sera valorisé.

Pour calculer l'intensité des forces de frottements, il faut calculer la surface du ballon, et donc connaître le rayon du ballon. Le rayon se calcule à partir de la circonférence c :

$$2\pi r = c$$

$$r = \frac{c}{2\pi}$$

et donc

$$S = 4\pi r^2 = 4\pi \left(\frac{c}{2\pi}\right)^2 = \frac{c^2}{\pi} = \frac{(0,7 \text{ m})^2}{3,1415} = 0,16 \text{ m}^2$$

Finalement on peut calculer la valeur de f :

$$f = \frac{1}{2} k S v^2 = \frac{1}{2} \times 0,246 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4} \times 0,16 \text{ m}^2 \times (50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 = 49,2 \text{ N}$$

3

Évaluation 2 – Mouvement et interactions

Exercice 1 : Penalty au footbal

13

Document 1 – Forces de frottements

Un objet en mouvement dans un fluide comme l'air subit des forces de frottements. Les forces de frottements \vec{f} sont opposées au vecteur vitesse \vec{v} de l'objet.

Pour un objet en mouvement dans l'air, on peut calculer la valeur des frottements de l'air sur l'objet, en Newton, à l'aide de la relation suivante :

$$f = \frac{1}{2} \times k \times S \times v^2$$

Avec :

- $k = 0,185 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4}$ un coefficient de frottement ;
- v la vitesse de l'objet en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- S la surface de l'objet en m^2 .

Document 2 – Ballon de football

Un ballon de football est une sphère de 70 cm de circonférence et pesant 450 g, avec une pression interne de 1,5 bar. On cherche à étudier les forces qui s'exercent sur un ballon de football pendant un penalty, d'abords quand il est posé au sol, puis quand le tir est effectué.

Données :

- Circonference d'une sphère de rayon r : $c = 2\pi r$.
- Surface d'une sphère de rayon r : $S = 4\pi r^2$.
- $v = 45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pendant un penalty.
- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

1 — Indiquer quel est le système étudié et donner un référentiel approprié pour analyser son mouvement. (APP)

On étudie le mouvement du ballon de football, dans le référentiel terrestre. 1

2 — Citer la ou les forces qui s'exercent sur le ballon quand il est posé au sol, puis calculer leurs valeurs. (APP, REA)

On a le poids \vec{P} et la réaction du support \vec{R} qui s'exerce sur le ballon. Pour le poids on a

$$P = m \times g = 0,450 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 4,41 \text{ N}.$$

Par définition de la réaction du support $R = P = 4,41 \text{ N}$. 2

3 — Représenter ces forces sur un schéma propre et lisible. (REA)

4 — Les forces se compensent-elles ? Justifier à l'aide du principe d'inertie. (ANA/RAI, VAL)

Oui, car le ballon est immobile, donc les forces doivent se compenser.

1

5 — Pour tirer un penalty, un joueur frappe dans le ballon posé au sol. Décrire les forces s'exerçant sur le ballon lorsque celui-ci est en l'air. (APP)

Il y a toujours le poids \vec{P} et il y a les frottements de l'air \vec{f} .

1

6 — Représenter ces forces sur un autre schéma. (REA)

2

7 — Indiquer, en justifiant, si Le ballon de football a un mouvement rectiligne uniforme lorsqu'il est en l'air. (VAL, ANA/RAI)

Les forces ne se compensent pas, donc d'après le principe d'inertie le ballon n'a pas un mouvement rectiligne uniforme.

1

8 — Calculer la valeur des forces de frottements s'exerçant sur le ballon. (APP, ANA/RAI)

Prendre des initiatives et les écrire, même si le raisonnement n'est pas complet. Tout début de réflexion sera valorisé.

Pour calculer l'intensité des forces de frottements, il faut calculer la surface du ballon, et donc connaître le rayon du ballon. Le rayon se calcule à partir de la circonférence c :

$$2\pi r = c$$

$$r = \frac{c}{2\pi}$$

et donc

$$S = 4\pi r^2 = 4\pi \left(\frac{c}{2\pi}\right)^2 = \frac{c^2}{\pi} = \frac{(0,7 \text{ m})^2}{3,1415} = 0,16 \text{ m}^2$$

Finalement on peut calculer la valeur de f :

$$f = \frac{1}{2}kSv^2 = \frac{1}{2} \times 0,185 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4} \times 0,16 \text{ m}^2 \times (45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 = 30,0 \text{ N}$$

3

Exercice 2 : Impesanteur

16

Document 1 – Station spatiale internationale (ISS)

On lit parfois que les spationautes flottent dans les stations spatiales, car la gravité terrestre n'agit plus sur les spationautes, ce qui est faux. On s'intéresse à la station spatiale internationale, notée ISS, en orbite circulaire autour de la Terre à une distance d du centre de la Terre. L'ISS a une vitesse constante v .

Données :

- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
- $M_{\text{Terre}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$



- $d = 6,784 \times 10^6 \text{ m}$
- $v = 7,66 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Masse de la spationaute $m = 70 \text{ kg}$

1 — Quel est le mouvement de l'ISS dans le référentiel lié au centre de la Terre ? (APP)

L'ISS a une trajectoire circulaire avec une vitesse constante, c'est donc un mouvement circulaire uniforme.

1

2 — Faire un schéma propre et lisible faisant figurer l'ISS, la Terre et la trajectoire décrite par l'ISS. (REA)

2

3 — Dans la station les spationautes ont un poids $P_{\text{ISS}} = m \times g_{\text{ISS}}$. Calculer la valeur de g_{ISS} sachant que

$$g_{\text{ISS}} = \frac{G \times M_{\text{Terre}}}{d^2}$$

(APP, REA)

$$g_{\text{ISS}} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \frac{5,97 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6,37 \times 10^6 + 4,14 \times 10^5 \text{ m})^2} = 8,65 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

1,5

4 — Calculer le poids d'une spationaute dans l'ISS, sachant que $g_{\text{ISS}} = 8,65 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$. (REA)

$$P_{\text{ISS}} = 65 \text{ kg} \times 8,65 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 562 \text{ N}$$

1,5

5 — Calculer le poids de la même spationaute sur Terre avec $g_{\text{Terre}} = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$. En comparant ces deux forces, indiquer si on peut vraiment dire que la gravité terrestre n'agit plus sur les spationautes au sein de l'ISS. (VAL, ANA/RAI)

$$P_{\text{Terre}} = 65 \text{ kg} \times 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 638 \text{ N}$$

1,5

On voit que P_{ISS} n'est pas beaucoup plus petit que P_{Terre} (10 % plus faible), donc la gravité terrestre attire toujours fortement les spationautes.

Document 2 – Force centrifuge

Un système dans un référentiel en rotation est soumis à une force **relative** qui dépend du référentiel, qu'on appelle **force centrifuge** $\vec{F}_{\text{centrifuge}}$

Cette force a pour direction la **droite reliant le centre du cercle et le centre du système**. Son sens est dirigé **vers l'extérieur du cercle**. C'est cette force qui explique pourquoi les passagers d'une voiture dans un rond-point sentent leur corps projeté vers l'extérieur du rond-point.

Rappel : le principe d'inertie dit que tout objet immobile ou avec un mouvement rectiligne uniforme est soumis à des forces dont la somme est nulle.

6 — Expliquer avec vos mots le principe d'inertie. (COM)

Il faut exercer une force sur un objet pour changer son mouvement, par défaut les objets se déplacent en ligne droite.

3

7 — Dans le référentiel lié à l'ISS, la spationaute est immobile. En utilisant le principe d'inertie et en justifiant clairement, donner la relation entre $\vec{F}_{centrifuge}$ et \vec{P}_{ISS} . (APP, ANA/RAI)

Comme la spationaute est immobile, la somme des forces qui s'exercent sur elle est nulle et $F_{centrifuge} = P_{\text{ISS}} = 562 \text{ N}$

2

8 — Compléter le schéma de la question 2 en représentant les forces s'exerçant sur la spationaute dans le référentiel lié à l'ISS. (APP, REA)

1

9 — La valeur de la force d'inertie d'entraînement exercée sur la spationaute est

$$F_{centrifuge} = m \times \frac{v^2}{d}$$

où v est la vitesse du référentiel tournant. Vérifier le principe d'inertie en calculant la vitesse de l'ISS et en comparant ce résultat avec les données de l'énoncé. (APP, REA, VAL, ANA/RAI)

Prendre des initiatives et les écrire, même si le raisonnement n'est pas complet. Tout début de réflexion sera valorisé.

D'après le principe d'inertie, $F_{centrifuge} = P_{\text{ISS}}$, donc

$$\begin{aligned} \frac{m \times v^2}{d} &= m \times g_{\text{ISS}} \\ m \times v^2 &= m \times g_{\text{ISS}} \times d \\ v^2 &= g_{\text{ISS}} \times d \end{aligned}$$

Finalement

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{g_{\text{ISS}} \times d} \\ &= \sqrt{8,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 6,784 \times 10^6 \text{ m}} \\ &= 7,66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

On retrouve la même valeur que celle fournie dans l'énoncé, cette valeur est donc cohérente.

3