

1 Satellisation

Objectif Étudier l'influence des conditions initiales sur le mouvement des solides dans le champ de gravitation.

- Rendez-vous à l'adresse :

www.edumedia-sciences.com

Dans le menu « Toutes nos animations », cliquer sur Physique, Mécanique, Gravitation.

- Essayez en premier l'animation « Gravitation universelle » (celle avec le canon). Distinguer trois cas :
 - vitesse de lancé inférieure à $v_1 = 7,92 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$;
 - vitesse comprise entre v_1 et $v_2 = 11,2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$;
 - vitesse supérieure à v_2 .
 Recharger (touche F5) pour avoir le « droit » de rejouer.
- Ne manquez pas « Chute libre n° 2 » (celle avec la tour de Pise), normalement sur la page suivante ;

- En quatrième regardez « Lois de Képler ».
- Ne quittez pas la page sans avoir essayé « Comète de Halley ». Remarquez bien l'orientation et la taille de la queue de la comète par rapport au Soleil.
- Sous Terre et espace > Astronomie > Le système solaire, vous avez aussi les animations « Mouvement rétrograde n° 1 » et « Mouvement rétrograde n° 2 », illustrant le mouvement apparent d'une planète comme Mars, vue depuis la Terre.

a. Dans la simulation « Gravitation universelle », indiquer le mouvement du projectile dans chacun des trois cas. Quelle est la forme de la trajectoire quand la vitesse de lancement vaut exactement $v_1 = 7,92 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$?

b. Dans la simulation « Comète de Halley », que peut-on dire sur la vitesse de la comète lorsqu'elle passe au point le plus proche du Soleil ? Nommer ce point.

Exercices du chapitre 15

15.1 N° 8 p. 240

15.2 N° 12 p. 241

15.3 N° 15 p. 241

Correction des exercices du chapitre 14

14.8 N° 18 p. 225

- a.** Trouvons la longueur d'une orbite du satellite, c'est-à-dire le périmètre du cercle décrit par le satellite. Le rayon de la Terre est $R_T = 6380 \text{ km}$. L'altitude du satellite lors de son exploitation est $h = 832 \text{ km}$. Par conséquent, le satellite décrit un cercle de rayon $R = R_T + h = 6380 + 832 = 7,21 \times 10^3 \text{ km}$. Le périmètre du cercle est donné par $P = 2\pi R$. L'orbite a donc une longueur de $P = 2 \times 7,21 \times 10^3 = 4,53 \times 10^4 \text{ km}$. La distance parcourue par le satellite lors de $100\,000 = 10^5$ est donc $d = 4,53 \times 10^4 \times 10^5 = 4,53 \times 10^9 \text{ km}$. La distance Terre-Soleil, telle que trouvée en rabat de couverture, est $d_{TS} = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$. Le satellite a donc parcouru un nombre d'aller-retour Terre-Soleil égal à :

$$N = \frac{d}{2d_{TS}} = \frac{4,53 \times 10^9}{2 \times 149,6 \times 10^6} = 15,1$$

Le satellite a donc parcouru l'équivalent de quinze fois l'aller-retour Terre-Soleil.

- b.** La surface photographiée par le satellite vaut $23,4 \times 10^9 \text{ km}^2$.

La surface de la Terre est :

$$S = 4\pi R_T^2 = 4\pi (6380)^2 = 5,12 \times 10^8 \text{ km}^2$$

Le rapport des deux vaut :

$$\frac{23,4 \times 10^9}{5,12 \times 10^8} = 45,7$$

Le satellite a donc photographié pratiquement 46 fois la totalité de la surface terrestre.

- c.** Les satellites doivent revenir dans l'atmosphère en moins de 25 ans, afin de ne pas encombrer les orbites basses autour de la Terre et limiter les risques de collision.

14.9 N° 20 p. 225

- a.** Dans le référentiel géocentrique.

- b. Le satellite doit avoir exactement la même période de rotation que la Terre, pour conserver toujours la même position par rapport au sol. Donc 23 h56 min.
- c. Le signal vidéo doit parcourir la distance New York-satellite, puis satellite-Paris, donc une distance totale $d = 40\,400 + 38\,400 = 78\,800$ km.

Lien entre la vitesse c de propagation des ondes lumineuses, la distance d et la durée Δt :

$$\begin{aligned} v = \frac{d}{\Delta t} &\Rightarrow c = \frac{d}{\Delta t} \\ &\Leftrightarrow \Delta t = \frac{d}{c} \\ &\Rightarrow \Delta t = \frac{78\,800}{300\,000} \\ &\Rightarrow \Delta t = 0,26 \text{ s} \end{aligned}$$

Ce retard est perceptible lors des transmissions en direct.

14.10 N° 21 p. 225

- a. Notations pour la force gravitationnelle exercée sur l'objet O placé à la surface de Sirius B :

- $F_{\text{Sirius/O}}$ force gravitationnelle de Sirius sur O ;
- G constante de gravitation universelle ;
- m masse de l'objet ;
- M_{Sirius} masse de Sirius B ;
- R_{Sirius} rayon de Sirius B.

Expression littérale :

$$F_{\text{Sirius/O}} = G \frac{m \cdot M_{\text{Sirius}}}{R_{\text{Sirius}}^2}$$

Notations pour la force gravitationnelle exercée sur l'objet O placé à la surface de la Terre :

- $F_{\text{T/O}}$ force gravitationnelle de la Terre sur O ;
- G constante de gravitation universelle ;
- m masse de l'objet ;
- M_{T} masse de la Terre ;
- R_{T} rayon de la Terre.

Expression littérale :

$$F_{\text{T/O}} = G \frac{m \cdot M_{\text{T}}}{R_{\text{T}}^2}$$

D'autre part, l'énoncé indique que la masse de Sirius vaut 98 % de la masse du Soleil, donc $M_{\text{Sirius}} = 0,98M_{\text{Soleil}}$; et que la masse de la Terre vaut $M_{\text{T}} = 3 \times 10^{-6}M_{\text{Soleil}}$. On remplace les deux masses dans les expressions précédentes :

$$F_{\text{Sirius/O}} = G \frac{m \cdot 0,98M_{\text{Soleil}}}{R_{\text{Sirius}}^2}$$

$$F_{\text{T/O}} = G \frac{m \cdot 3 \times 10^{-6}M_{\text{Soleil}}}{R_{\text{T}}^2}$$

- b. L'énoncé indique que la force gravitationnelle sur Sirius B est 350 000 fois plus grande que sur Terre, donc :

$$F_{\text{Sirius/O}} = 350\,000F_{\text{T/O}}$$

On remplace les valeurs des forces par leurs expressions :

$$G \frac{m \cdot 0,98M_{\text{Soleil}}}{R_{\text{Sirius}}^2} = 350\,000 G \frac{m \cdot 3 \times 10^{-6}M_{\text{Soleil}}}{R_{\text{T}}^2}$$

On simplifie par G et par les masses m et M_{Soleil} :

$$\frac{0,98}{R_{\text{Sirius}}^2} = \frac{350\,000 \times 3 \times 10^{-6}}{R_{\text{T}}^2}$$

En calculant le produit à gauche :

$$\frac{0,98}{R_{\text{Sirius}}^2} = \frac{1,05}{R_{\text{T}}^2}$$

On prends l'inverse des deux membres :

$$\Leftrightarrow \frac{R_{\text{Sirius}}^2}{0,98} = \frac{R_{\text{T}}^2}{1,05}$$

On isole R_{Sirius} :

$$\Leftrightarrow R_{\text{Sirius}}^2 = \frac{0,98}{1,05} R_{\text{T}}^2$$

On calcule la fraction :

$$\Rightarrow R_{\text{Sirius}}^2 = 0,93R_{\text{T}}^2$$

On prends la racine carrée des deux membres :

$$\Rightarrow R_{\text{Sirius}} = \sqrt{0,93}R_{\text{T}}$$

Application numérique :

$$R_{\text{Sirius}} = \sqrt{0,93} \times 6380 = 6153 \text{ km}$$

Le rayon de Sirius est pratiquement égal à celui de la Terre.

Correction des questions 5 à 10 de la séance « 15 Mouvements et inertie 1 »

R5 Le voilier est en mouvement rectiligne uniforme, c'est donc, d'après la réciproque du Principe d'inertie, qu'il est soumis à des forces qui se compensent. Il en est de même du boulet qui appartient au voilier, même lâché dans le vide depuis le haut du mât. Le boulet persiste dans son mouvement rectiligne uniforme, exactement comme le voilier, donc tombera à la base du mât : réponse (b).

R6 En théorie une fois les volatiles en train de voler, elles s'appuient sur l'air et plus sur le camion, donc le camion se trouve allégé du poids des oiseaux. En pratique, ce poids est très certainement négligeable par rapport à celui du camion chargé de toutes les caisses, sans même parler qu'il est peu probable que les oiseaux voyagent dans des caisses suffisamment grandes pour pouvoir s'envoler sans en sortir.

R7 La pièce va glisser de façon rectiligne décélérée sur l'une de ses faces. Le mouvement sera rectiligne dès lors que la table est parfaitement lisse et horizontale ; il sera décéléré car les frottements de la table sur la pièce ne sont pas négligeables.

R8 Un corps immobile posé sur une table est, d'après le principe d'inertie, soumis à des forces qui se compensent :

son poids, direction verticale, sens vers le bas, point d'application en son centre de gravité G , valeur $P = mg$; la réaction du support, c'est-à-dire la force de la table sur le corps, direction verticale, sens vers le haut, point d'application au centre de la surface de contact entre le corps et la table, valeur $N = P$.

Un corps en mouvement rectiligne uniforme est lui aussi, d'après le principe d'inertie, soumis à des forces qui se compensent. C'est d'ailleurs exactement les mêmes forces, puisque la réalisation d'un tel mouvement rectiligne uniforme suppose l'absence de toute force de frottement non compensée.

R9 Lors du démarrage de l'ascenseur vers le haut, on passe brusquement d'un état d'immobilité où toutes les forces sont compensées, à une accélération vers le haut. Cette accélération doit être transmise au cartable tenu en main, donc pendant une fraction de secondes, il paraîtra plus lourd.

R10 D'après la réciproque du Principe d'inertie, la luge est soumise à des forces se compensent si elle est en mouvement rectiligne uniforme ou si elle est immobile. Donc lors de la deuxième et la quatrième étape du mouvement.

Correction des exercices du chapitre 13

13.3 N° 18 p. 209 – Satellite géostationnaire

- Immobile.
- Un cercle dans le plan équatorial, et centré sur le centre de la Terre.

13.4 N° 19 p. 209 – Référentiel lunaire

- Immobile.
- Un cercle.

2 Fin de la séance « 15 Mouvements et inertie 1 »

Q 11 FEYNMAN est dans la Lune

Dans son cours de Mécanique destiné aux premières années de faculté (*The Feynman Lectures on Physics*, section 7.3), que vous pouvez lire dès que vous en sentez le besoin, le génial Professeur FEYNMAN (prix Nobel de Physique 1965) écrit :

« The idea that the moon “falls” is somewhat confusing, because, as you see, it does not come any *closer*. The idea is sufficiently interesting to merit further explanation : the moon falls in the sense that *it falls away from the straight line that it would pursue if there were no forces.* »

- À quelle force la Lune est-elle soumise ? Pourquoi peut-on considérer la Lune comme un projectile en chute libre ?
- Pourquoi la Lune ne tombe-t-elle pas sur la Terre ?

Q 12 Le principe de la propulsion par réaction

Observez l'expérience imaginée par Constantin TSIOLKOVSKI, instituteur et professeur de physique Russe (1857-1935).



Tsiolkovski avait des idées très novatrices sur la conquête spatiale : il est considéré comme le père de l'aéronautique moderne !

Expliquer la relation entre cette expérience et la conquête spatiale (remarquez bien la date de naissance de ce type).

Q 13 L'impesanteur

- Un extrait d'une célèbre bande dessinée publiée le 1^{er} mars 1950 :



- Une image de l'Airbus Zéro G en pleine phase de vol parabolique :



- Une vue de l'ascenseur du centre de recherche sur l'impesanteur à Brême :



- Une photo de l'intérieur de l'ISS (International Space Station), située à 330 km d'altitude :



Question : est-il correct de dire que l'impesanteur correspond à l'absence de gravité ?