

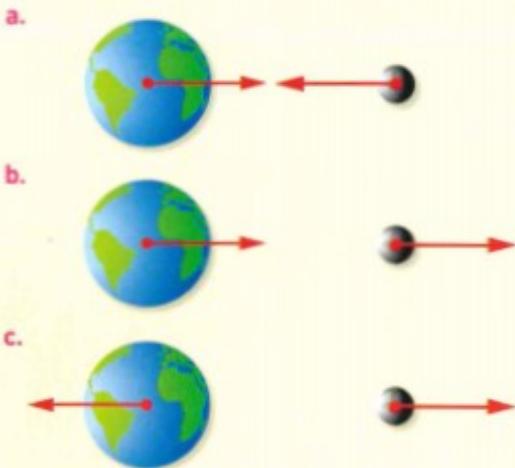
EXERCICES – Module 5 : Interactions et forces – L'interaction gravitationnelle

Exercice n°1

QCM Pour chaque question, choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s).

- 10** La valeur de la force d'attraction du Soleil sur la Terre :
- est plus grande que celle de la Terre sur le Soleil.
 - est égale à celle de la Terre sur le Soleil.
 - est plus petite que celle de la Terre sur le Soleil.
- 11** L'interaction gravitationnelle entre deux astres :
- est constituée de deux actions opposées.
 - est attractive.
 - est répulsive.
- 12** L'interaction gravitationnelle entre deux astres est modélisée :
- par deux forces de même valeur.
 - par deux forces de directions différentes.
 - par deux forces de sens opposés.

- 13** Quel schéma représente correctement l'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune ?



- 14** La force d'attraction gravitationnelle entre deux astres a pour expression :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

- Jupiter a une masse de $1,9 \times 10^{27}$ kg.
- Ganymède, l'un de ses satellites, est situé à $1,1 \times 10^9$ m de Jupiter. Sa masse est de $1,5 \times 10^{23}$ kg. La force d'attraction exercée par Jupiter sur Ganymède :

 - dépend de la distance entre Jupiter et le Soleil.
 - a une valeur d'environ $1,6 \times 10^{22}$ N.
 - a une valeur d'environ $1,7 \times 10^{31}$ N.

Exercice n°2

Calculer la valeur d'une force d'attraction gravitationnelle



Le centre de la Lune, satellite naturel de la Terre, se situe à une distance moyenne $d = 3,8 \times 10^8$ m du centre de la Terre.

L'expression de la force d'attraction gravitationnelle $F_{T/L}$ exercée par la Terre sur la Lune est donnée par

la relation $F_{T/L} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{m_T \times m_L}{d^2}$

- Calculer sa valeur.

Données :

- Masse de la Terre : $m_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg.
- Masse de la Lune : $m_L = 7,35 \times 10^{22}$ kg.

Exercice n°3

Poids et force d'attraction gravitationnelle

Un éléphant d'Afrique peut atteindre 6 000 kg.

- Calculer son poids à la surface de la Terre.
- Calculer la valeur de la force d'attraction gravitationnelle F exercée par la Terre sur l'éléphant.
- Comparer les valeurs de la force d'attraction gravitationnelle et du poids.

Données :

- $g_T = 9,8$ N/kg.
- $F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{m_{\text{éléphant}} \times m_{\text{Terre}}}{R_T^2}$
- Masse de la Terre : $m_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg.
- Rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \times 10^6$ m.

Exercice n°4

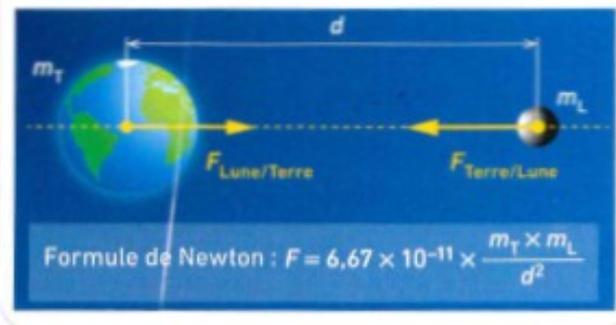
Newton et l'interaction gravitationnelle

Doc. 1 Les Principes mathématiques de la philosophie naturelle de Newton

Dans son ouvrage de 1687, Newton énonce que **tous les corps s'attirent mutuellement et que la gravitation augmente avec la masse des corps et diminue rapidement quand on les éloigne.** Cette force étant exercée par chaque corps, la Terre attire la Lune, mais la Lune attire également la Terre avec la même intensité ! De la même façon, votre stylo chute parce que la Terre l'attire, mais le minis attire aussi la maousse...

Science & Vie Junior, mai 2010.

Doc. 2 La loi de gravitation universelle



1. Expliquer pourquoi l'expression de la force d'attraction gravitationnelle (doc. 2) est en accord avec la phrase en gras du doc. 1.
2. Justifier l'expression : « le minis attire aussi la maousse ».

Exercice n°5

La découverte de la planète Neptune

Doc. 1 La planète inconnue

Au début du XIX^e siècle, un astronome de l'Observatoire de Paris, Alexis Bouvard, chargé de calculer les éphémérides* d'Uranus, constata qu'il était impossible de représenter correctement par le calcul le mouvement de cette planète. Il eut l'idée que ce mouvement pouvait être perturbé par l'attraction d'une autre planète inconnue. Plusieurs astronomes s'employèrent à essayer de vérifier cette hypothèse et de trouver cette nouvelle planète. François Arago, qui était en charge de l'Observatoire, demanda à un jeune astronome, Urbain Le Verrier (1811-1877) de s'occuper du problème. Le Verrier le résolut en 1846 grâce à de lourds calculs, et prédit la position de la nouvelle planète. [Elle] fut trouvée presque immédiatement à l'observatoire de Berlin. C'est Neptune, la plus lointaine des huit planètes du Système solaire.

Le Verrier devint alors célèbre dans le monde entier. Il succéda en 1854 à Arago à la direction de l'Observatoire de Paris.

Site de l'observatoire de Paris.
www.obspm.fr, novembre 2016.

* position d'astres à intervalles réguliers

1. À partir du doc. 1, montrer que les évolutions en sciences se font progressivement et par enrichissement de théories scientifiques.
2. a. En admettant que les trajectoires d'Uranus et de Neptune sont circulaires autour du Soleil, représenter les trajectoires de ces deux planètes. Positionner ces planètes sur leur orbite de façon à ce que la distance qui les sépare soit minimale.
b. Calculer la valeur de la force exercée par Neptune sur Uranus dans cette situation.
3. Formuler une hypothèse permettant d'expliquer pourquoi cette force varie au cours du déplacement des planètes sur leur orbite.
4. Justifier alors les perturbations du mouvement d'Uranus.

Données :

• Expression de la force d'attraction gravitationnelle :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{m_N \times m_U}{d^2}$$

- Masse de Neptune : $m_N = 1,024 \times 10^{26}$ kg.
- Masse d'Uranus : $m_U = 8,681 \times 10^{25}$ kg.
- Distance Soleil-Neptune : $d_{S-N} = 4,498$ milliards de km.
- Distance Soleil-Uranus : $d_{S-U} = 2,877$ milliards de km.

Exercice n°6

Poumon-ballast

Doc. 1 Le poumon-ballast

Le poumon-ballast est une technique qui permet à un plongeur de faire varier la profondeur à laquelle il évolue.

- Pour descendre, il suffit de vider les poumons de l'air qu'ils contiennent.
- Pour monter, il suffit de remplir les poumons d'air en inspirant.

Doc. 2 La poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède est la force que subit un corps immergé*. Elle est verticale et orientée vers le haut. Cette force est opposée au poids du liquide déplacé.



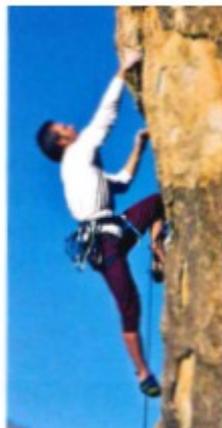
1. Nommer les forces qui s'appliquent sur le plongeur immobile. Les schématiser en respectant la même échelle de représentation.
2. Rappeler les conditions d'équilibre d'un système soumis à deux forces.
3. Lorsque les poumons se remplissent d'air, comment évolue la poussée d'Archimède ?
4. Lorsque les poumons se vident, comment évolue la poussée d'Archimède ?
5. Expliquer comment fonctionne la technique du poumon-ballast.

Exercice n°8

En escalade

Un alpiniste se fait la réflexion suivante : « Plus on s'éloigne du centre de la Terre, et plus l'influence de la gravitation diminue. L'altitude peut donc faciliter l'escalade. »

- Commenter cette réflexion en argumentant.



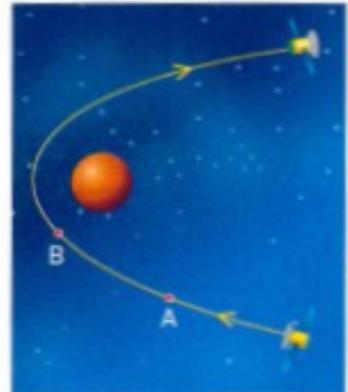
Exercice n°7

En route vers Jupiter

Galileo est une sonde spatiale lancée en 1989 pour étudier la planète Jupiter et ses satellites. Lors de son voyage, la sonde Galileo a eu recours à l'assistance gravitationnelle de la Terre ainsi qu'à celle de Vénus. Elle s'est placée en orbite autour de Jupiter en 1995.

Doc. 1 L'assistance gravitationnelle

L'assistance gravitationnelle est une technique qui permet à une sonde de voyager d'une planète à une autre en économisant du carburant. Cette technique donne un supplément de vitesse à la sonde.



Son efficacité dépend de la masse de la planète et de la distance à laquelle la sonde passe de la planète.

1. Reproduire le schéma du doc. 1 puis représenter la force d'attraction gravitationnelle $F_{V/G}$ exercée par Vénus sur Galileo lorsque la sonde est au point A.
2. Cette force a-t-elle une valeur plus grande ou plus petite au point B qu'au point A ? Justifier.
3. Quels sont les effets de la force $F_{V/G}$ sur le mouvement de la sonde Galileo ?
4. Pourquoi nomme-t-on cette technique « assistance gravitationnelle » ?

Exercice n°9

Les corps révolvants selon Newton

Dans la traduction des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* d'Isaac Newton, on peut lire les extraits suivants.

① Les satellites de Jupiter gravitent vers Jupiter, ceux de Saturne vers Saturne et les planètes principales vers le Soleil, et c'est par la force de leur gravité que ces corps révolvants* sont retirés à tout moment de la ligne droite et qu'ils sont retenus dans des orbites curvilignes.

* qui opèrent un mouvement de révolution

② Comme toute attraction est mutuelle [...] Jupiter doit graviter vers tous ses satellites, Saturne vers tous les siens, la Terre vers la Lune, et le Soleil vers toutes les planètes principales.

③ Toutes les planètes gravitent les unes vers les autres, ainsi Jupiter et Saturne en s'attirant mutuellement, troublent sensiblement leurs mouvements vers leur conjonction*, le Soleil trouble ceux de la Lune, et le Soleil et la Lune ceux de notre mer.

* Situation dans laquelle deux planètes sont proches l'une de l'autre.

1. Dans l'extrait ①, à quoi Newton fait-il référence lorsqu'il parle de « la force de leur gravité » ?
2. En prenant l'exemple de la Terre et la Lune, expliquer le passage de l'extrait ② : « toute attraction est mutuelle ».
3. Que signifie le verbe « graviter » dans les extraits ② et ③ ? Comment le sens de ce verbe a-t-il évolué de nos jours ?
4. Dans l'extrait ③, pourquoi Newton affirme-t-il que les planètes troublent le mouvement des autres ?
5. À quel phénomène Newton fait-il référence dans l'extrait ③ lorsqu'il écrit que le Soleil et la Lune troublent les mouvements de la mer ?

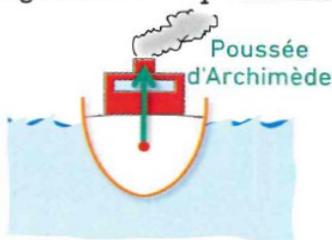
Exercice n°10

Le triangle des Bermudes

Le Triangle des Bermudes est une zone de l'océan Atlantique connue pour ses mystérieuses disparitions de bateaux.

Doc. 1 La poussée d'Archimède

- La poussée d'Archimède est la force que subit un corps immergé dans un liquide. Elle est verticale et orientée vers le haut. Sa valeur est proportionnelle au volume immergé et à la masse volumique du liquide.
- Lorsqu'un bateau flotte, la valeur de la poussée d'Archimède est égale à la valeur du poids du bateau.



Doc. 2 Remontée de méthane

Des chercheurs ont émis l'hypothèse que les fonds des océans relâchent de gigantesques quantités de gaz méthane qui remonte à la surface. Ce phénomène est dû à la fonte du fond sous-marin gelé : le méthane, jusqu'alors stabilisé sous forme solide, est transformé en gaz à cause du réchauffement climatique.

Données :

- Masse volumique de l'océan : $\rho_0 = 1,02 \text{ kg/L}$.
- Masse volumique du méthane : $\rho_M = 0,000\ 656 \text{ kg/L}$.
- Intensité de la pesanteur terrestre : $g_T = 9,8 \text{ N/kg}$.

1. Un bateau de 18 460 kg flotte dans l'océan. Le volume immergé de sa coque est de $1,81 \times 10^4 \text{ L}$.
 - a. Faire la liste des interactions dans lesquelles est engagé ce bateau.
 - b. Calculer le poids de ce bateau.
 - c. En déduire la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'eau sur ce bateau.
 - d. Schématiser les forces exercées sur ce bateau sans souci d'échelle.
2. Proposer une explication à la disparition de certains bateaux dans le triangle des Bermudes. Cette explication devra comporter un calcul.

Exercice n°11

Voyage spatial

Doc. 1 La sonde Voyager I



- La sonde *Voyager I* a été lancée en 1977 dans le but de mieux connaître le système solaire. Sa masse est de 825 kg.
- En 2007, elle était à environ 15 millions de kilomètres du Soleil.
- En 2017, cette distance était d'environ 21 millions de kilomètres.



Données :

- Masse du Soleil : $m_s = 1,99 \times 10^{30}$ kg.
- Force d'attraction gravitationnelle entre deux corps de masses m_1 et m_2 distants de d :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

- Intensité de la pesanteur terrestre : $g_T = 9,8$ N/kg.

Doc. 2 La fusée Titan

La fusée *Titan 3E* utilisée pour lancer la sonde *Voyager I* avait une hauteur de 48 m et une masse de 633 tonnes. La poussée de ses moteurs était de 12×10^6 N.

- Faire la liste des interactions dans lesquelles est engagée la fusée *Titan* lorsqu'elle est immobile, avant son lancement. Préciser s'il s'agit d'interaction de contact ou à distance.
- Calculer le poids de la fusée *Titan* lors de son décollage.
- Schématiser les forces exercées sur la fusée *Titan* lorsqu'elle vient de quitter le sol, pendant son décollage. Échelle : 1 cm correspond à 2×10^6 N.
 - Pourquoi la fusée *Titan* peut-elle décoller ?
- Schématiser les forces d'attraction gravitationnelle exercées entre le Soleil et *Voyager I*.
 - Comment la valeur de ces forces a-t-elle évolué entre 2007 et 2017 ? Justifier.
 - Calculer la valeur de la force d'attraction gravitationnelle exercée par le Soleil sur *Voyager I* en 2017.

Exercice n°12

Mission Apollo

- Si Armstrong avait pesé les échantillons de sol lunaire sur la Lune, avec la même balance que celle utilisée sur la Terre, aurait-il obtenu la même valeur ?

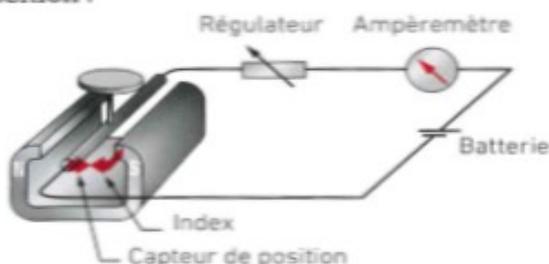
Doc. 1 Des échantillons du sol lunaire

En 1969, lors de la mission *Apollo 11*, l'astronaute Neil Armstrong et ses compagnons ont récolté 21,7 kg d'échantillons de sol lunaire. Sur Terre, les échantillons ont été pesés avec des balances à compensation électrique.

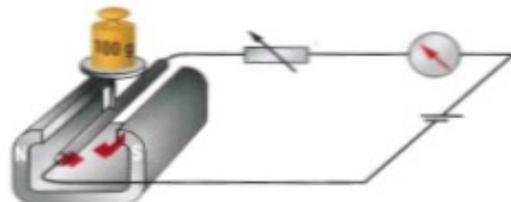
Doc. 2 Fonctionnement d'une balance

Certaines balances fonctionnent sur le principe de compensation électrique des forces.

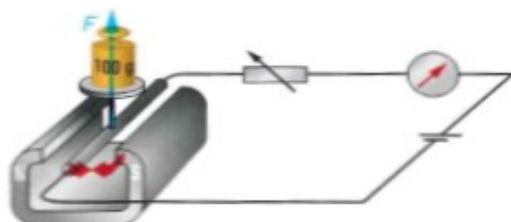
- Au repos, l'index est en face du capteur de position :



- Lorsqu'une masse est déposée sur le plateau, le capteur de position s'éloigne de l'index :



- Le régulateur fait circuler un courant électrique. Une force électrique verticale, proportionnelle à l'intensité du courant électrique est créée. Cette force s'oppose au poids de la masse et le capteur revient en face de l'index. La mesure de l'intensité du courant électrique permet de calculer la force électrique et d'en déduire la masse dont la valeur s'affiche :



Exercice n°13

À chacun son rythme

Dans un premier temps, essayer de résoudre l'énoncé compact.

En cas de difficulté, passer à l'énoncé détaillé.

Entre 1969 et 1972, les explorations du sol lunaire des missions Apollo ont permis de ramener sur Terre 390 kg d'échantillons de roches et de poussières de la Lune. Les images filmées lors de ces missions sur la Lune montrent que les astronautes se lançaient des gros blocs rocheux comme des footballeurs se font une passe.



Données :

- Rayon d'un ballon de football : $r_B = 11 \text{ cm}$.
- Intensité de la pesanteur : $g_{\text{Terre}} = 9,8 \text{ N/kg}$.
- Volume d'une sphère de rayon R : $V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$.
- Masse volumique de la roche lunaire : $\rho = 3\,300 \text{ kg/m}^3$.
- Force d'attraction gravitationnelle d'un objet A (de masse m_A) sur un objet B (de masse m_B) séparés d'une distance d : $F_{A/B} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$.
- Rayon de la Lune : $r_L = 1\,737 \text{ km}$.
- Masse de la Lune : $m_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$.

Énoncé compact

Tâche complexe

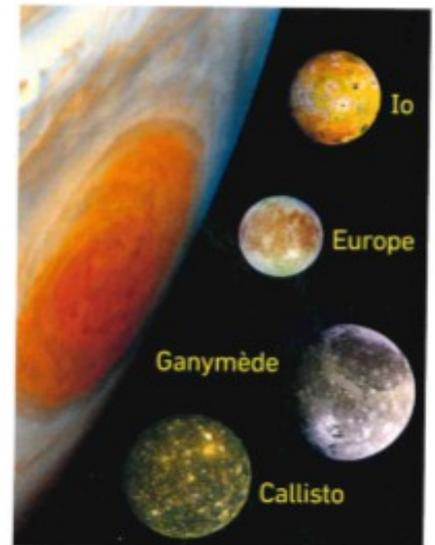
- Expliquer, par des calculs, pourquoi les astronautes ont pu déplacer facilement les blocs rocheux.

Énoncé détaillé

1. Calculer le volume V d'un ballon de football en m^3 .
2. En déduire la masse m , en kilogramme, d'une roche lunaire de même volume que le ballon.
3. Exprimer la relation entre le poids P , la masse m et l'intensité de la pesanteur g_{Terre} .
4. Calculer le poids P_{Terre} de la roche lunaire sur Terre.
5. La roche lunaire se trouvant à la surface de la Lune, calculer la force d'attraction gravitationnelle que la Lune exerce sur cette roche lunaire.
6. Calculer le rapport des poids de la roche lunaire sur Terre et sur la Lune.
7. Expliquer comment les astronautes ont pu déplacer facilement les blocs rocheux.

Jupiter et ses satellites

La planète Jupiter possède de très nombreux satellites naturels. En 1610, Galilée observa les quatre plus gros de ces satellites : Io, Europe, Ganymède et Callisto.



1. Faire un schéma où apparaissent Jupiter et Io. Représenter, sans souci d'échelle, la force $F_{J/I}$ exercée par Jupiter sur Io.

2. Calculer la valeur de cette force.

Données :

- Expression de la force d'attraction gravitationnelle :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{m_1 \times m_2}{R^2}$$

- Masse de Jupiter : $m_1 = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$.
- Masse de Io : $m_2 = 8,93 \times 10^{22} \text{ kg}$.
- Rayon de l'orbite de Io : $R = 421\,700 \text{ km}$.

Exercice n°14

