

Athénée royal du Condroz Jules Delot
Ciney

Module 2

Activité : masse et poids

3ème générale

Physique 2h/semaine

Ir Jacques COLLOT

1. Objectifs

- Mise en commun des compétences (savoirs et savoir-faire) lors d'un travail en équipe ou par 2.
- Utilisation correcte du dynamomètre.
- Identification sur un graphique cartésien, au départ de résultats expérimentaux, d'une fonction du type $y = k \cdot x$.
- Calcul, au départ d'un graphique cartésien, du coefficient directeur k de la droite $y = k \cdot x$.
- Identification, au départ d'un tableau de données, de deux grandeurs directement proportionnelles.
- Calcul, au départ d'un tableau de données, du coefficient de proportionnalité de deux grandeurs directement proportionnelles.
- Calcul d'une grandeur dans les formules identifiées, les deux autres étant fournies.
- Transformation d'unités
- Transformation de formules

2. Compétences

Vous devrez avoir acquis les **compétences** suivantes

- Interpréter les phénomènes électrostatiques par les transferts d'électrons.
- Montrer que le corps humain est conducteur d'électricité et que l'humidité accroît cette conductibilité.
- Identifier les dangers de l'électricité statique dans des situations quotidiennes.
- Expliquer et appliquer la loi de Coulomb.
- Représenter la force électrique s'exerçant sur une charge placée en un point où le champ électrique est connu.
- Relier les propriétés de conductibilité électrique des métaux au comportement des électrons dans la matière.
- Prévoir le mouvement d'une charge électrique dans un champ électrique.
- Expliquer la stabilité des atomes et des molécules par l'existence de forces électriques.

3. Poids et dynamomètre

Je mets un écrou (voir activité 1- Module n°1) dans ma main. Je sens que cet écrou a un certain poids. La Terre l'attire vers elle.

Le poids d'un objet est la force exercée par la Terre sur l'objet. On peut aussi l'appeler « force de pesanteur » ou « force de gravité ».

Cette force est exercée suivant la **verticale** et orientée **vers le centre de la Terre**.

Je prends maintenant une pièce de monnaie. Elle aussi est attirée par la Terre. Elle a un certain poids.

Quel est, de l'écrou ou de la pièce de monnaie, l'objet qui a le poids le plus important ?

Soupeser n'est pas assez précis pour le savoir. Je dois utiliser un ressort.

Je suspends la pièce au ressort et mesure l'allongement. Je fais la même chose avec l'écrou.

Le plus lourd est celui qui allonge le plus le ressort !

Le poids de A est plus important que celui de B s'il allonge plus le ressort.

(Représentation de ces 2 forces)

Je prends un deuxième écrou. Les deux écrous, identiques, ont le même poids. Ensemble, ils ont un poids double... Trois, quatre, cinq écrous ont, ensemble, un poids trois, quatre, cinq fois plus grand.

Le poids d'un ensemble d'objets identiques est proportionnel au nombre d'objets.

Lors de l'activité 1 du Module n°1, nous avons suspendu des pièces identiques à un ressort. 2, 4, 6, 8... pièces ont, ensemble, un poids 2, 4, 6, 8 fois plus grand qu'une seule pièce. Nous avons vu que le ressort s'allonge de plus en plus, proportionnellement au nombre de pièces suspendues. Ceci montre que l'allongement d'un ressort permet non seulement de dire si un objet est plus lourd qu'un autre, mais aussi combien de fois il est plus lourd.

Le poids de A est « x » fois plus grand que celui de B s'il allonge « x » fois plus le ressort.

Les **dynamomètres** que nous utilisons sont basés sur cette propriété : l'allongement d'un ressort est proportionnel à la force qu'il subit.

Il faut prendre certaines précautions avec un ressort :

→ les spires ne peuvent pas se toucher (la nacelle de la première activité permettait de les écarter)

→ il ne faut pas tirer trop fort, sous peine de dépasser « la limite d'élasticité » au-delà de laquelle le ressort perd sa belle propriété (et est définitivement abîmé).

Cette propriété ne se retrouve pas dans un élastique : son allongement n'est pas proportionnel à la force qu'il subit. Il ne peut pas servir de dynamomètre.

Reprenons nos pièces, nos écrous et notre ressort gradué (= notre dynamomètre). Imaginons que nous pouvons nous déplacer sur la Lune et recommencer les expériences.

Suspendons un écrou. Le ressort s'allonge six fois moins que sur la Terre.

Suspendons une pièce. Même constat : le ressort s'allonge six fois moins que sur la Terre.

Le poids de l'écrou, de la pièce de monnaie est six fois plus petit sur la Lune que sur la Terre.

Sur la Lune, les poids de tous les objets sont 6 fois plus faibles que sur la Terre. Si, sur la Terre, A est « x » fois plus lourd que B, il est aussi « x » fois plus lourd que B sur la Lune.

Que se passerait-il si nous recommencions l'activité 1 sur la Lune ?

Suspendons 2, 4, 6, 8... pièces au ressort. Chaque fois, l'allongement du ressort est 6 fois plus petit que celui qui avait été mesuré sur la Terre.

Si nous refaisons le graphique, nous obtenons à nouveau une droite. Mais cette droite est 6 fois moins inclinée que celle obtenue sur la Terre. Sur la Lune, l'allongement est aussi proportionnel au nombre de pièces suspendues, mais il est 6 fois plus petit que sur Terre.

Le dynamomètre peut aussi être utilisé sur la Lune.

Il indique que le poids est 6 fois plus faible.

(Représentation de ces forces)

4. Masse

Nous venons de voir que le poids dépend non seulement de l'objet, mais aussi de l'astre sur lequel il se trouve. Puisqu'il n'est pas partout le même, le poids ne peut être caractéristique de l'objet.

La masse est une grandeur qui, par définition, caractérise l'objet sans dépendre de l'endroit où il se trouve.

Il y a environ 200 ans, un objet courant a été choisi comme référence : un litre d'eau pure à 4°C. Cela définit l'unité de masse : le kilogramme.

Cette référence a été remplacée depuis par une autre : un cylindre d'un alliage de platine et d'iridium de 39 mm de diamètre sur 39 mm de haut. Si ce cylindre est transporté sur la Lune (ou n'importe où dans l'Univers), son poids varie, mais, **par définition**, sa masse reste égale à 1 kg.

Prenons un sac contenant 1 kg d'eau (ou 1 kg étalon en platine). Suspendons-le à un ressort. Il s'allonge.

Prenons maintenant un sac contenant d'écrous. Suspendons-le au même ressort. Si le ressort s'allonge de la même manière qu'avec le kg d'eau, c'est que les deux sacs ont le même poids. Mais en plus, nous dirons que, par définition, le sac d'écrous a la même masse que le sac d'eau : 1 kg.

Deux objets qui ont le même poids (au même endroit) ont la même masse.

Puisque le **poids** d'un ensemble d'objets identiques est proportionnel au nombre d'objets, il est clair que 3 paquets de sucre (identiques) de 1kg chacun ont, ensemble, une **masse** de 3 kg.

Il existe un autre instrument, plus simple, qui permet de connaître la masse d'un objet : la balance à deux plateaux et à bras de même longueur.

Quand elle est en équilibre, c'est que les masses des charges des deux plateaux sont identiques. Il suffit de mettre d'un côté des masses connues. Pour cela, on utilise des « masses marquées ».

Un avantage de cette balance est de comparer les masses en une seule opération.

Cette balance peut-elle fonctionner aussi bien sur la Lune que sur la Terre ? Deux objets qui ont le même poids sur la Terre exercent la même force sur les plateaux. La balance est en équilibre.



Sur la Lune, les poids des deux objets sont divisés par 6.

Les deux forces sont donc 6 fois plus faibles. La balance reste en équilibre.

Notons pour terminer que la solidité de la balance est évidemment un avantage bien plus important !

Résumé :

La masse d'un objet est la même partout, elle ne dépend que de l'objet. Elle est liée à la quantité de matière, c'est une des caractéristiques de l'objet. Elle s'exprime en kg. Deux objets qui ont le même poids à un endroit ont la même masse. On peut connaître sa valeur en comparant, à l'aide d'une balance, l'objet à des objets de masse connue. Le kilogramme étalon a été défini d'abord en utilisant de l'eau puis un cylindre de platine.

5. Unité de force : le newton

La masse s'exprime en kg. Nous avons déjà utilisé des dynamomètres et nous avons vu qu'ils sont gradués en « newtons ». Qu'est-ce qu'un newton ?

Le plus simple aurait sans doute été de dire : « **un newton** est le poids, sur la Terre, d'un objet de 1 kg ». Nous allons voir que ce n'est pas le choix qui a été fait...

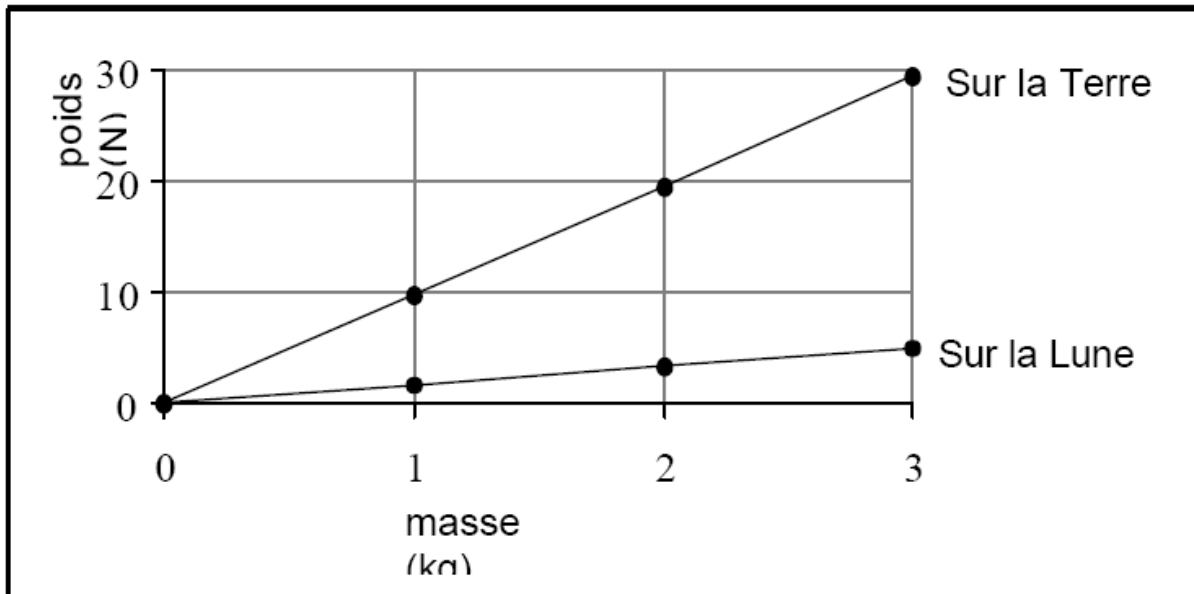
Prenons un dynamomètre gradué jusqu'à 10 N. Suspendons-y une masse marquée de 1 kg (ou un paquet de sucre de même masse). Notre dynamomètre indique... un peu moins de **10 N**.

Le poids, sur la Terre, d'un objet de 1 kg vaut (approximativement) 9,8 N.

Quelle drôle de valeur ! Pour avoir un début d'explication, il faudra lire la première remarque en fin de chapitre...

Bien sûr, si nous suspendons 2 kg puis 3 kg (de sucre ou d'autre chose), le ressort s'allonge 2 puis 3 fois plus. Le poids est 2 puis 3 fois plus important (environ 19,6 N et 29,4 N).

Si l'expérience était refaite sur la Lune, le dynamomètre indiquerait des poids d'environ 1,7 N, 3,3 N et 5,0 N. C'est ce que montre le graphique suivant.



6. Le poids n'est pas le même partout sur la Terre

A l'époque de Newton, beaucoup de gens pensaient déjà que le **poids** d'un objet, la force qui le fait tomber vers la Terre, est causé par la Terre. Ils pensaient que ce poids devait être un peu plus petit au sommet d'une montagne qu'à son pied, qu'il devait diminuer avec l'altitude :

« *Si nous montons, nous nous éloignons de la Terre, elle doit donc nous attirer moins fortement, un peu comme un aimant attire moins fort un clou qui est placé un peu plus loin !* »

Certains pensaient que si on parvenait à monter à une altitude égale au rayon de la Terre (6 400 km environ), donc si on se trouvait à une **distance double de son centre**, le **poids** d'un objet serait **divisé par 2**.

D'autres, comme Newton, pensaient que le poids serait encore plus petit : **divisé par 4** (et pas par 2). On a pu prouver, en faisant des mesures très précises, que le poids d'un objet varie bien avec l'altitude... et exactement de la manière prévue par Newton ! (Si nous montons au sommet d'une montagne, avec notre dynamomètre et un objet à peser, nous ne parvenons pas à voir la moindre différence : la variation du poids est très faible. Il faut des dynamomètres très précis pour la détecter.)

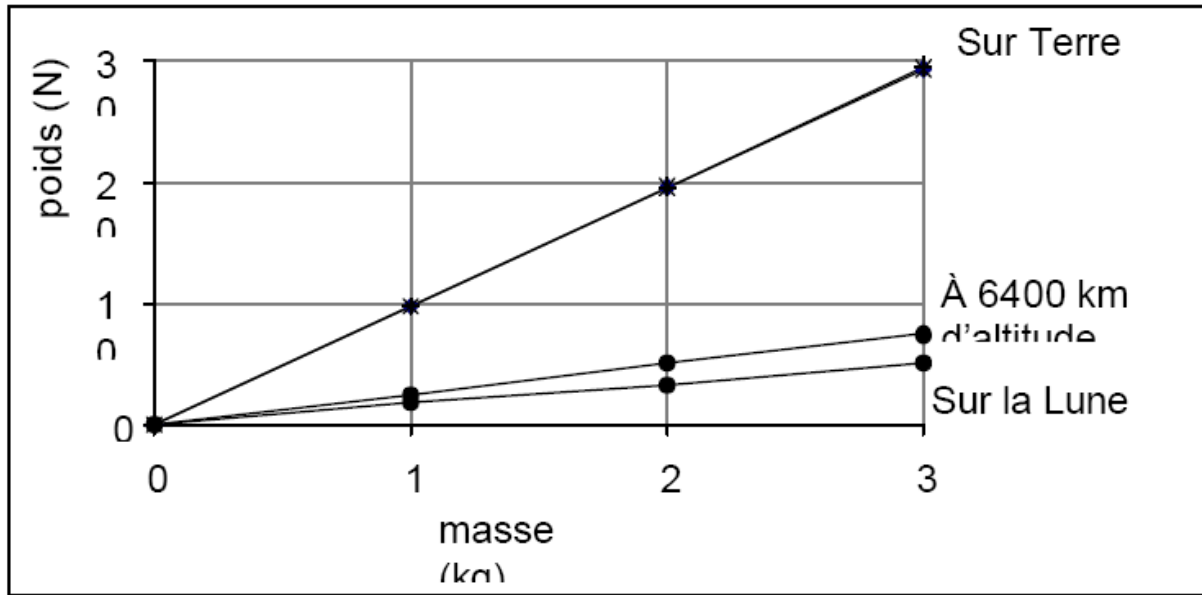
Newton pensait également que la Terre n'est pas sphérique :

« *puisque'elle tourne sur elle-même, notre planète doit être aplatie aux pôles* »

« *si elle est aplatie aux pôles, le poids d'un objet doit être un peu plus important aux pôles qu'à l'équateur* » (parce qu'aux pôles l'objet est plus proche du centre de la Terre).

Tout cela a été vérifié : la Terre est aplatie aux pôles et le poids des objets y est un tout petit peu plus important. Les mesures confirment pratiquement les valeurs prévues par Newton : le poids d'un objet de 1 kg vaut (approximativement) 9,81 N à notre latitude, 9,78 N à l'équateur et 9,83 N aux pôles.

Le graphique suivant reprend les différentes mesures, sur la Terre, en altitude et sur la Lune.



Trois séries de points représentent les valeurs du poids aux pôles, à l'équateur et à notre latitude. Les valeurs sont si proches qu'il est impossible de les distinguer sur le graphique !

7. Relation mathématique entre poids et masse

A partir de graphiques et de tableaux de données fournis, nous pouvons maintenant écrire la relation liant le poids d'un objet à un endroit à sa masse. C'est simplement l'équation de la droite (correspondant à cet endroit) apparaissant sur le graphique :

$$\frac{\text{poids}}{\text{masse}} = k \quad \Rightarrow \quad \frac{G}{m} = k$$

$$\text{poids} = k \cdot \text{masse} \quad G = m \cdot k$$

Le coefficient de proportionnalité entre les deux grandeurs est le coefficient directeur de la droite. Sa valeur dépend évidemment de l'endroit où l'objet se trouve : 9,78 à l'équateur, 9,83 aux pôles, 9,81 dans notre laboratoire, environ 2,45 à 6 400 km d'altitude et 1,67 sur la Lune.

Son unité est facilement déduite de la loi :

$$\frac{\text{N}}{\text{kg}} = \frac{\text{poids}}{\text{masse}} = k \quad \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

Ce coefficient est assez important en physique. Il est représenté par une lettre particulière : « g » (cela vient de « gravité »), g est « la valeur du champ de pesanteur ».

Nous pouvons donc réécrire la loi liant le poids à la masse :

$$\text{poids} = \text{masse} \times g \quad \Rightarrow \quad G = mg$$

où « g » dépend de l'endroit où l'objet se trouve.

8. Remarques (Pour information)

- D'où vient la définition du **newton** ? D'où vient cette valeur bizarre de 9,8 pour « g » (à la surface de la Terre) ?
Imaginons un objet de **UN** kg, immobile. Imaginons qu'une force lui est appliquée pendant **UNE** seconde. Il se met en mouvement. Au bout de cette période d'une seconde, il atteint une certaine vitesse. Réglons la valeur de la force pour que cette vitesse soit exactement égale à **UN** m/s. C'est ça une force de **UN** newton. Voilà comment le newton est défini !
Nous pouvons encore ajouter une clé de l'énigme du « 9,81 » : si nous lâchons un paquet de 2 kg de sucre (ou d'autre chose), il tombe, sous l'effet de son poids. Son poids a une valeur de 19,6 N.
Au bout d'une seconde, le paquet atteint une vitesse de... 9,8 m/s (environ 10 m/s) ! De même, n'importe quel objet qui tombe vers la Terre, tombe avec une vitesse de 9,8 m/s.
Tout cela sera étudié en détail en 4e et en 5e.
- Nous avons dit que la masse est une **caractéristique de l'objet** (elle ne dépend pas de l'endroit où il se trouve). On dit aussi souvent que la masse « **est liée** » à la quantité de matière. On veut dire que la masse dépend du nombre de molécules que l'objet contient. Deux kg de sucre contiennent bien sûr deux fois plus de molécules de sucre qu'un kg de sucre. **Mais...** un kg de sel ne contient pas le même nombre de molécules que un kg de sucre : les molécules de sucre sont beaucoup plus grosses, « massives » que celles de sel... et il faut beaucoup plus de molécules de sel que de sucre pour faire un kg ! Le **nombre** de molécules ne détermine pas tout seul la masse, leur **nature** compte aussi.
Nous verrons plus tard (entre autre au cours de chimie qui s'intéresse particulièrement aux molécules) que les **molécules** sont formées **d'atomes** dont la masse est essentiellement formée par un « **noyau** ». Les noyaux des atomes sont composés de particules appelées « **nucléons** » (le nom vient de noyau). Les physiciens et les chimistes savent maintenant que le nombre de nucléons est le même dans un kg de sel, de sucre, de plume, de plomb, d'eau...
Retenons simplement que la masse **est liée** au **nombre** de molécules et à leur **nature**, mais que nous ne pouvons pas dire que la masse **EST** la quantité de matière. Ce n'est pas ça la définition de la masse. Cette définition précise sera vue en 4e.
- On parle souvent de « **kilo** ». C'est une erreur (en fait, un abus de langage). Il faut savoir que « kilo » veut simplement dire « **mille** ». Ainsi, il y a des **kilomètres**, des **kilogrammes**, des **kilonewtons**, des **kilowatts**... Dans le cas d'une masse, il s'agit donc de « **kilogrammes** » (noté kg, une abréviation pour 1000 g). Connaissez-vous les préfixes voulant dire **cent** ? Un **million** ? Un **milliard** ?
- Nous avons vu que le poids dépend de l'endroit où l'objet se trouve. En particulier, comme la Terre est un peu aplatie aux pôles, « g » y est un peu plus grand (on y est plus près du centre). Il n'y a pas que la distance au centre de la Terre qui influence la valeur du poids mesurée par un dynamomètre : la rotation de la Terre sur elle-même produit un petit effet centrifuge qui diminue la valeur de la force exercée sur le ressort par l'objet suspendu. A l'équateur, le poids apparent, celui qui est mesuré par le dynamomètre, est un peu plus petit que la force qui est réellement exercée par la Terre sur l'objet. Mais la différence est tellement faible que nous n'en tiendrons pas compte. Il faut noter que Newton avait prévu correctement cet effet !

9. Modèles d'exercices d'application ou d'évaluation

Sur la Terre, « g » vaut toujours environ 9,8 N/kg.

« g » diminue avec l'altitude et a une valeur complètement différente sur les autres astres.

Pour simplifier les calculs

- des ex. 1 à 4, utiliser : $g = 10$ N/kg sur la Terre et $g = 1,7$ N/kg sur la Lune.
- des ex. 8 à 17 utiliser : $g_{\text{Paris}} = 9,81$ N/kg ; $g_{\text{Lune}} = 1,66$ N/kg ; $g_{\text{Mars}} = 3,72$ N/kg ; $g_{\text{Pôle}} = 9,83$ N/kg ; $g_{\text{équateur}} = 9,81$ N/kg ;

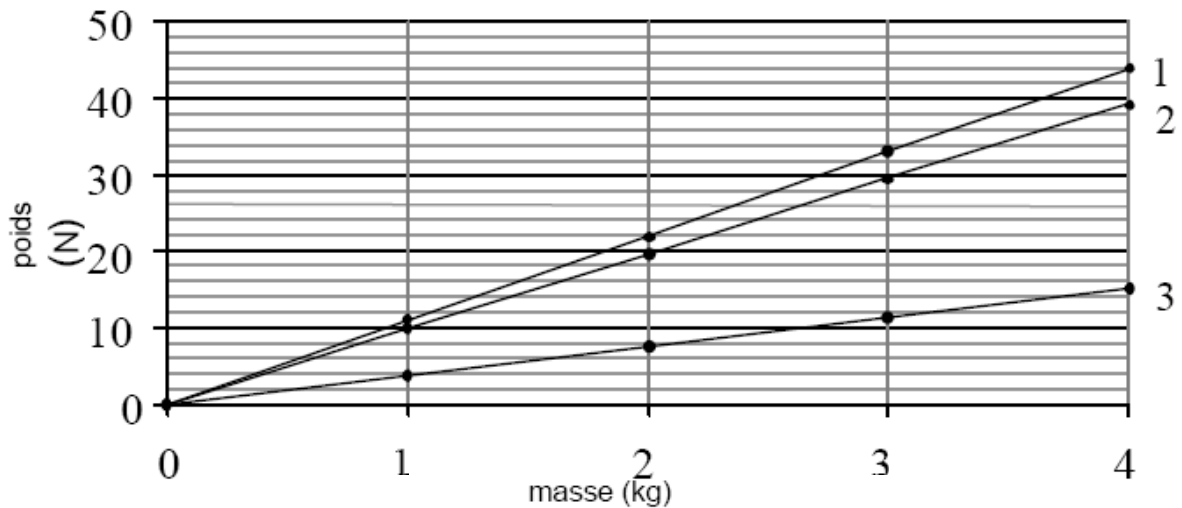
- Je vais chez l'épicier acheter « un kilo d'oranges ».
Quelle est la masse d'orange que je rapporte à la maison ?
Quelle est la valeur du poids de ces oranges ?
- Comme je suis souvent dans la Lune (il faut dire que tout y est bien plus léger !), j'ai décidé d'aller y faire mes courses. Je vais chez l'épicier du coin acheter « un kilo d'oranges ». Cet épicier utilise une balance à 2 plateaux.
Quelle est la masse d'orange que je reçois ?

Quelle est la valeur du poids des oranges que me donne l'épicier lunaire ?
 Je rentre à la maison, sur Terre. Quelle est la masse d'orange que je rapporte ?
 Quel est le poids de ces oranges ?

3. a. Je suis à la maison. Je monte sur ma « balance ». Elle indique « 50 kg ».
 Quelle est ma masse ? Quel est mon poids ?
 Note importante : ma « balance » est en réalité un « pèse-personne », c'est-à-dire un dynamomètre !
- b. Je suis à nouveau « dans » la Lune... Avant de partir, je suis monté sur mon pèse-personne (qui est un dynamomètre). Il indiquait 50 kg.
 Cette fois, je l'ai emporté avec moi. Sur la Lune, je monte sur lui. Qu'indique-t-il ?
4. J'achète 20 N d'oranges à un épicier lunaire, je rentre sur Terre et j'y achète aussi 20 N d'oranges.
 Compare les deux paquets.
5. L'or se vend-t-ils au poids ou à la masse ?
 Si l'or se vend au poids, où est-il le plus avantageux de l'acheter sur Terre ?
6. Compléter le tableau suivant :

Astre	g (N/kg)	masse (kg)	poids (N)
Terre	9,8		800
Lune	1,7	500	
Mars		100	372
Vénus		0,4	3,44

7. Le graphique ci-dessous représente des données pour trois astres différents choisis parmi les six repris plus bas (les valeurs du champ de pesanteur indiquées entre parenthèses sont en N/kg).
 Indiquer quel astre correspond à chaque série.



8. Quel est dans nos régions, le poids d'un corps de 45 kg ?
9. Un astronaute de 85 kg a un poids de 500 N en un lieu A.
 - Quelle est la valeur de g en A ?
 - Quelle est la masse et quel est le poids de cet astronaute à Paris ?
 - Quelle est la masse et quel est le poids de cet astronaute sur le sol lunaire ?
10. Quelle est la masse d'un corps qui a dans nos régions un poids de 750 N ?

11. Un corps de 50 kg a un poids de 300 N en un lieu A. Quel est ce lieu ?
12. Un astronaute de 80 kg se trouve en un lieu B où $g = 2,5 \text{ N/kg}$.
- Quel est son poids en ce lieu ?
 - Quelle est la masse et quel est le poids de cet astronaute sur le sol de Mars ?
 - Quelle est la masse et quel est le poids de cet astronaute dans nos régions ?
13. Quelle est la valeur du champ de pesanteur en un lieu où un corps, de 60 kg a un poids de 360 N ?
14. Une masse de 100 kg est transportée du pôle à l'équateur. Quelle est la perte de poids ?
15. Quelle est la masse d'un corps qui a un poids de 320 N sur le sol lunaire ?
16. Quel est au pôle nord, le poids d'un corps de 50 kg?
17. Quelle est la valeur du champ de pesanteur en un lieu où un corps de 4 kg a un poids de 39,2 N ?
Quelle est en ce lieu, la masse d'un autre corps dont le poids vaut 250 N ?

18. a) Expliquez la situation.

London 1177,2 N
Bombay 1174,8 N
Lima 1170 N
Tokyo 1176 N

Quelle destination ?

b) Quel est le poids de cette dame à l'équateur si $g_{\text{équateur}} = 9,78 \text{ N/kg}$ et si $g_{\text{Londres}} = 9,81 \text{ N/kg}$?

c) Quelle est la constante g à Tokyo ?

19. Pour battre un record de saut en hauteur, quelle ville choisirais-tu, parmi :
- Libreville (altitude : 0 m, latitude : 0°)
 - Quito (altitude : 2 000 m, latitude : 0°)
 - Mexico (altitude : 2 000 m, latitude : 20°)
 - Bombay (altitude : 0 m, latitude : 20°)

Justifie ta réponse.

Annexes

Quelques valeurs de g (en N/kg) sur la Terre		Quelques valeurs de g (N/Kg) dans le système solaire	
Equateur	9.780	Soleil	274
Panama	9.782	Mercure	3.72
Paris	9.809	Venus	8.85
Tokyo	9.798	La Lune	1.57
San Francisco	9.800	Mars	3.72
New York	9.803	Jupiter	24.8
Munich	9.807	Saturne	10.5
Leningrad	9.819	Uranus	9.0
Pôle Nord	9.832	Neptune	11.0