

Ce corrigé est accompagné de commentaires et explications ayant pour objectifs de « rétablir l'ordre des choses » notamment dans les croyances issues d'un enseignement scientifique parfois simplificateur à outrance quant à l'utilisation de la fameuse valeur numérique 9.81 . . . Portant une grande majorité d'entre vous à confondre la conséquence avec la cause ! Il est de forme très « littéraire », écrit avec des mots intelligibles par tous, et peu de formules alambiquées et indigestes pour ceux qui ne seraient pas issus d'une filière scientifique.

FONDAMENTAUX - Connaissances indispensables

- Donnez, la définition (expliquez ce que sont) des termes et symboles physiques suivants ainsi que, les unités qui leurs sont usuellement attribuées dans le système S.I.

1 - Masse : Première caractéristique d'un objet : masse = objet . Désigne la quantité de matière.

Constante. Donnée en gramme (g) ou kilogramme (kg). Symbole M ou **m** . . .

2 - Gravité : Force, attraction terrestre résultante de la gravitation universelle. Cette force est en moyenne sur Terre de 9.81 Newton par Kilogramme de masse. Ce rapport de 9.81N pour 1kg est appelé coefficient d'attraction terrestre ou coefficient gravitationnel symbolisé par la lettre **g**.

La gravité agit sur tout objet massique en provoquant sa chute en direction du centre de la terre sauf s'il est maintenu par le sol ou par toutes autres forces de sustentation.

La gravitation universelle est la force qui s'exerce entre deux objets en les attirant l'un vers l'autre, proportionnellement à leur masse respective et inversement proportionnel au carré de la distance qui les sépare.

m_A et **m_B** sont ici les deux objets, **d** est la distance qui les sépare et $F_{A/B} = F_{B/A} = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$
G est la « constante de gravitation universelle » qui vaut 6.67×10^{-11} .

- 3 Poids : Force résultante d'une masse soumise à la gravité et posée sur le sol ou sur un plan maintenu à l'horizontal/sol. Non constant sur l'ensemble de la Terre. Symbolisé par la lettre **P**.

C'est dans le MEMO FORMULAIRE de JP Urso (Educavivre) que nous trouvons la définition la plus cohérente du poids. Il y est écrit :

« **P = m x g**

P : intensité du poids en newton (N)

m : masse du corps en kilogramme (kg)

g : coefficient d'attraction terrestre en newton par kilogramme (N/kg) En France $g = 9.81 \text{ N/kg}$ »

Pourquoi cette définition est elle cohérente ?

Car c'est celle qui respecte le mieux les « trois lois de Newton ». En effet **g** y est défini comme un coefficient, ou autrement dit un rapport d'unité de force appliqué à la valeur de masse. **g** = 9.81 N/kg et veut bien dire qu'une force gravitationnelle de 9.81 N s'applique par kg de masse.

Ainsi donc et conformément à sa définition, le poids **P** d'un corps massique est bien la résultat de la valeur de la masse du corps soumis à la force de gravité, avec un rapport : force de gravité/masse de 9.81 N/kg. Il n'est donc pas question d'une accélération !

Comme établi par les **lois de Newton**, et notamment la deuxième loi, l'accélération d'un objet massique ne peut être que la conséquence d'une force appliquée sur cet objet. Or, quand nous avons les « pieds sur terre » et que ceux-ci reposent sur une balance pour « mesurer notre masse », la première constatation, c'est que nous sommes immobiles par rapport au référentiel qui nous entoure, les pieds sur la balance. Donc nous n'accélérons pas, puisque notre position sur la balance est invariable. Sans déplacement, pas de vitesse et encore moins de variation de vitesse (variation de vitesse = accélération). C'est bien la force gravitationnelle qui agit sur notre corps avec une intensité de 9.81 Newton par kg.

$g = 9.81 \text{ N/kg}$.

Le **coefficient d'attraction terrestre** varie selon la latitude, de 9,83 aux Pôles à 9,78 à l'Equateur.

Or, pour établir ce coefficient, Isaac NEWTON a pris pour référence le chiffre de l'accélération d'un corps en chute libre, telle que Galilée l'avait mesuré en 1610 en Italie, soit 9.81 m/s^2 .

Voilà d'où sort ce fameux **9.81**, quantifiant à la fois l'accélération d'un corps en chute libre (**$g = 9.81 \text{ m/s}^2$**) et le coefficient d'attraction terrestre (**$g = 9.81 \text{ N/kg}$**) et pour embrouiller encore plus les esprits et créer ainsi de la confusion, le symbole **g** est identique pour désigner deux entités physiquement distinctes, une accélération pour l'une et un coefficient ou rapport de force à masse pour l'autre !

Ainsi, pour nous qui avons les pieds sur terre, notre masse ne subit pas une force résultante de notre inertie, car nous ne sommes pas accélérés !

Statiques, nous ne bougeons pas par rapport à notre référentiel, la terre. C'est bien la force de Gravitation, qui, comme celle d'un aimant, nous maintient les pieds sur le sol . . .

Comment a été défini l'unité de force, le Newton ?

Le Newton (N), est la force qui, appliquée à une masse de 1 kg, va l'accélérer de 1 m/s^2 .

Ou, selon le principe des trois lois de Newton :

$F = m \times \gamma$, si **$m = 1 \text{ kg}$** et **$\gamma = 1 \text{ m/s}^2$** alors **$F = 1 \text{ N}$** . . . Tout simplement !

Et comme la gravité appliquée sur tout objet massique qui ne reposerait pas sur le sol, le fait chuter en lui procurant une accélération $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ on en a déduit que :

- La force de gravité est directement proportionnelle à la valeur de la masse de l'objet .

- Puisque l'accélération gravitationnelle **$g = 9.81 \text{ m/s}^2$** alors on en déduit que le coefficient de force gravitationnelle (ou coefficient d'attraction terrestre) est de **9.81 N par kg**.

D'où $P = m \times g$

P : intensité du poids en newton (N)

m : masse du corps en kilogramme (kg)

g : coefficient d'attraction terrestre en newton par kilogramme (N/kg) En France $g = 9.81 \text{ N/kg}$

QUELQUES CONFUSIONS AUTOUR DE LA MESURE DU POIDS DANS LE LANGAGE COURANT

Le langage courant porte parfois à confusion :

A la question « Combien pèses-tu ? » ou « Quel est votre poids ? », nous répondons tous, par un chiffre quantifiant des kilogrammes ! Il y a là, et ce depuis notre petite enfance une invitation à la confusion. . .

Le poids étant une force appliquée à une masse, son unité est le Newton. Or, toutes les balances de type « peson » ou « pèse personne » nous indiquent une valeur de « poids » en gramme et kilogramme !

En fait, elles nous donnent la masse en kg en la déduisant de l'intensité mesurée du poids :

($\text{masse} = \text{poids} / \text{coefficient gravitationnel}$ ou $m = P/g$).

Mais, comme le coefficient gravitationnel (g) est variable suivant la latitude, l'utilisation d'un peson pour mesurer une masse, n'est pas rigoureusement précise.

L'utilisation d'une balance « romaine » qui elle, utilise la comparaison d'une masse de référence à celle que l'on mesure en les soumettant toutes deux à la gravité du lieu, est rigoureusement précise à condition que la masse de référence soit parfaitement étalonnée.

Nous ne devrions pas dire « Combien pèses-tu ? » mais plutôt « Quelle masse as tu ? » . . .

Et autres confusions . . .

Et puis, il faut savoir qu'avant l'utilisation du Newton, comme unité de force, en France, l'on utilisait le kilogramme force (kgf) qui vaut environ 9.81 N, et il en reste quelques traces dans le langage courant. De plus, pour un esprit qui a été éduqué et a grandi dans la vie quotidienne avec une valeur de poids en kilogramme (nous tous !), l'estimation de l'intensité d'une force est plus facilement perceptible quand elle est donnée en kg, plutôt qu'en Newton. . .

Vous dire que la force d'inertie d'un piston de 0.4 kg de masse lors de sa « pesée », est de 2 200 kg (2.2 tonnes !) à 8 800 Tours/minutes, est plus « parlante », que de vous donner la valeur en Newton (21 582 N dans notre exemple) . . .

Certains utilisent l'équivalence $1 \text{ kgf} = 1 \text{ daN}$ (daN = déca Newton = 10 Newton) mais, si elle permet de simplifier et faciliter l'estimation des intensités de forces, elle est souvent trop approximative.

Ex: $21\,582 \text{ N} = 2\,158.2 \text{ daN}$ et seraient équivalent à 2 158 kg . . . Il y a quand même près de 42 kgf soit 412 N qui se sont évaporés au passage . . .

Pour des raisons pédagogiques, afin de marquer les esprits, nous utilisons parfois à la place du Newton, la valeur en kilogramme afin de faciliter la perception des ordres de grandeurs.

2.2 tonnes sur un doigt de pied, c'est bien plus parlant que 21 582 N sur ce même doigt ! Non ?

De même, dans le langage courant, notamment le langage du sport automobile, on peut entendre :

« qu'un pilote a subi une force de 2.2 **g** dans tel ou tel virage » . . .

Dans ce cas, la force générée par l'inertie de sa masse, par réaction à l'accélération latérale et centripète donnée par l'adhérence véhicule/sol et l'angle des roues directrices, est 2.2 fois celle du coefficient gravitationnel soit $9.81 \text{ N/kg} \times 2.2$

ex: dans ce cas un pilote de 65 kg subira, ou fera subir latéralement au véhicule qu'il pilote une force de 1402.8N.

Nous pouvons entendre aussi qu'un « pilote de dragster prend 8 **g** sur un run ».

Dans ce cas, **g** désigne l'accélération gravitationnelle, et que le dragster (et donc son pilote !) a accéléré de 78.5 m/s^2 soit 8 fois 9.81 m/s^2 !!!

Ce qui a pour conséquences pour le pilote, « le voile noir » (le sang ne circule plus à cause des forces en jeux) et pour le siège qui le maintient dans le dragster, une force de réaction inertielle de 5 101 N !

5 101 Newton, c'est équivalent en langage « démonstratif » à 520 kg (en effet ! C'est plus parlant . . .)

Dans les deux cas, nous avons à faire à une valeur numérique de 9.81, mais avec des unités différentes.

Suite du corrigé

4 - Centre de Gravité : Le centre de gravité d'un objet massique en état d'équilibre, est le point d'application de la résultante des forces de gravité à laquelle cet objet est soumis. Symbolisé par la lettre G ou par les initiales CdeG associées à un point sur un dessin, .

Par exemple, un objet maintenu sur terre par son centre de gravité, restera statique, en équilibre, quelles qu'en soient ses positions. La résultante verticale de son poids est alors positionnée dans l'axe vertical qui passe par le centre de gravité. En dynamique (étude des masses en mouvements et variations de mouvements), le centre de gravité est le point de l'objet où toute force appliquée, fera varier la vitesse de l'objet, suivant une droite, sans lui imprimer un mouvement de rotation. De même, toute force appliquée sur un autre point que le centre de gravité, donnera à cet objet un mouvement de rotation dont l'axe passera toujours par le centre de gravité. La rotation est alors due à un moment . . .

Suite du corrigé

5 - Vitesse : Distance parcourue dans une référence temporelle. (m/s). Symbolisé par la lettre V .

Mais le terme de vitesse désigne aussi un nombre d'évènements apparus ou réalisés dans une référence temporelle (ex: des tours/minutes pour une vitesse de rotation)

6 - Accélération : Variation de vitesse (m/s^2). Symbolisée par la lettre a ou γ (Gama).

Selon la seconde loi de Newton, toute variation d'état (accélérations) d'objet massique est la conséquence de l'application d'une force sur cet objet (où de plusieurs forces dont la résultante est non nulle).

7 - Energie Cinétique : C'est l'énergie que possède un corps du fait de son **mouvement** par rapport à un référentiel donné. L'énergie cinétique E_c (en Joule) d'une masse m (en kg)

se déplaçant à une **vitesse v** (en m/s) dans un référentiel donné s'exprime ainsi :
$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

8 - Force d'inertie : Force de réaction ou d'opposition au changement d'état (accélération) générée par tout objet massique soumis à l'application d'une force motrice. Cette force **Fi** est proportionnelle à la masse **m** de l'objet et à la valeur de l'accélération **γ** générée par l'application de la force motrice. Sa direction est de sens contraire ou opposé à celui de la force motrice appliquée. **$Fi = m \times \gamma$** .

9 - Les "trois lois de Newton" ? Complétez ci-dessous :

- Première loi : Tout corps massique persévère soit, dans un état de repos (sans mouvement) ou soit, dans un mouvement rectiligne uniforme (vitesse constante suivant la trajectoire d'une droite) dans lequel il se trouve, sauf si quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état.

- Deuxième loi : La variation d'état de l'objet, est proportionnelle à sa masse et à l'intensité de la force appliquée. La direction de la variation d'état est celle de la force appliquée.

- Troisième loi : Pour chaque action, est produit de la part de l'objet massique, une réaction **s'y opposant**. Cette réaction est de même intensité que l'action mais sa direction est contraire à celle de la variation d'état, conséquence de l'action de la force motrice.

Pour rappel, les trois lois de NEWTON. (sources : Cahier des Science spécial Isaac Newton par Sciences & Vie et Wikipédia)

Première loi : Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état.

Cette première loi définit le « principe d'inertie » liée à tout objet massique.

Deuxième loi : La variation d'état de l'objet, ou l'altération de son mouvement (accélération) est proportionnelle à la force qui lui est imprimée ; et cette altération se fait suivant la droite d'application de la force et dans la direction de la force.

Troisième loi : Pour chaque action, il existe une réaction égale et opposée : l'action est toujours égale à la réaction; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales, et de sens opposés.

*Des deux dernières lois, est déduit ce que l'on appelle « la force d'inertie ou force de réaction inertielle » soit : **$Fi = m \times \gamma$** .*

Les trois lois de Newton (suite et fin)

Ecrit en termes scientifiques actuels, cela donne :

Première loi : Dans un référentiel galiléen, le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un système est constant si et seulement si la somme des vecteurs forces qui s'exercent sur le système est un vecteur nul.

Deuxième loi : Dans un référentiel galiléen, la variation de la quantité de mouvement est égale à la somme des forces extérieures qui s'exercent sur le solide

Dans le cas où la masse est constante : Soit un corps de masse m (constante) : l'accélération subie par ce corps dans un référentiel galiléen est proportionnelle à la résultante des forces qu'il subit, et inversement proportionnelle à sa masse m .

Troisième loi : Tout corps A exerçant une force sur un corps B subit une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé, exercée par le corps B. Ces forces ont la même droite d'action, des sens opposés et la même norme. Ces deux forces sont toujours directement opposées, que A et B soient immobiles ou en mouvement.

Savoir les lois de Newton est un bon début, pour qui veut comprendre la Mécanique et agir sur les mécanismes, comme le fait tout bon « Préparateur et Développeur de véhicules de compétition ».

Une fois sues, vous devez vous exercer tous les jours à regarder la vie des objets mobiles avec les « lunettes » de Mr Newton . . .

C'est la clé de la compréhension de la Mécanique !