
LES LOIS DE LA DYNAMIQUE DE NEWTON

1ère loi : inertie

En l'absence de force extérieure non équilibrée, un corps demeure au repos ou conserve un mouvement rectiligne uniforme.

Exemples

- 1) On peut tirer brusquement sur une nappe sans faire tomber les verres et assiettes qui se trouvent sur la nappe. Ces objets ont tendance à rester au repos si la force exercée par la nappe n'est pas assez grande.
- 2) Un passager debout dans un autobus aura tendance à basculer vers l'arrière lorsque l'autobus démarre et à basculer vers l'avant lorsqu'il s'arrête. Le passager a tendance à continuer son mouvement, soit à rester au repos, soit à continuer à vitesse constante.

Exercices :

- 1) Les astronautes sont assis horizontalement dans leur capsule spatiale lors de la mise à feu de la fusée. Explique pourquoi il s'agit là d'un bon exemple de la première loi de Newton.

- 2) Une masse est suspendue au plafond par un fil. Un autre fil, de longueur égale, est accroché à la masse (figure 5-11). Quel fil craquera si l'on tire doucement sur le fil inférieur? si l'on tire brusquement? Explique.

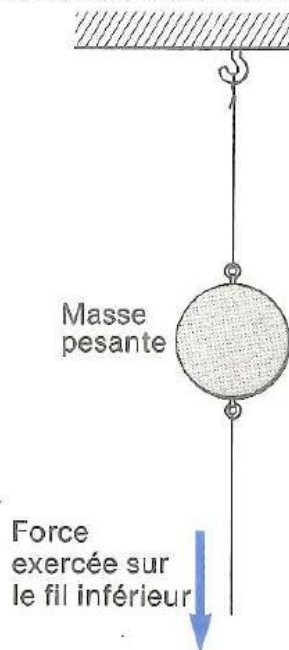


Figure 5-11

- 3) Explique pourquoi il serait possible d'appliquer la première loi de Newton lorsqu'on essaie d'enlever un tas de neige d'une pelle.
- 4) Certains manèges provoquent des sensations que l'on pourrait expliquer en faisant appel à la première loi de Newton. Décris deux de ces manèges et explique comment la loi s'applique dans chaque cas.

2^e loi de Newton : $F = ma$

L'accélération d'un objet est directement proportionnelle à la force extérieure non équilibrée qui s'exerce sur l'objet et inversement proportionnelle à la masse de l'objet. L'accélération a le même sens que la force non équilibrée.

Mathématiquement :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{n.éq.}}{m}$$

On peut transformer cette équation de cette manière :

$$\vec{F}_{n.éq.} = m \vec{a}$$

Exemple :

Une force non équilibrée de 48 N [O.] s'exerce sur un chariot de 4,0 kg. Calcule l'accélération du chariot.

Solution

$$\begin{aligned}\vec{a} &= \frac{\vec{F}_{n.éq.}}{m} \\ &= \frac{48 \text{ N [O.]}}{4,0 \text{ kg}} \quad \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg}} \\ &= 12 \text{ m/s}^2 \text{ [O.]}\end{aligned}$$

L'accélération du chariot est donc égale à 12 m/s² [O.].

Exemple 2 :

Une voiture de 2 200 kg qui se déplace avec un vecteur vitesse de 25 m/s [S.] s'arrête en 10 s. Calcule a) l'accélération de la voiture et b) la force non équilibrée nécessaire pour produire cette accélération.

Solution

$$\begin{aligned} \text{a) } \vec{a} &= \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t} = \frac{0 - 25 \text{ m/s [S.]}}{10 \text{ s}} \\ &= -2,5 \text{ m/s}^2 \text{ [S.]} \end{aligned}$$

L'accélération de la voiture est donc égale à $-2,5 \text{ m/s}^2$ [S.], ce qui est équivalent à $2,5 \text{ m/s}^2$ [N].

$$\begin{aligned} \text{b) } \vec{F}_{\text{n. éq.}} &= m\vec{a} \\ &= (2\,200 \text{ kg}) (2,5 \text{ m/s}^2 \text{ [N.]}) \\ &= 5\,500 \text{ N [N.]} \end{aligned}$$

La force non équilibrée est donc égale à $5,5 \times 10^3 \text{ N [N.]}$.

La première loi de Newton est un cas particulier où l'accélération est nulle et donc la force non équilibrée est de 0.

Exercices

- 1) Calcule l'accélération dans chacune des situations suivantes.
 - a) Une force non équilibrée de 15 N [O.] s'exerce sur un cycliste et sa bicyclette. La masse totale est de 63 kg.

 - b) Un joueur de quilles exerce une force non équilibrée de 18 N [vers l'avant] sur une boule de 7,5 kg.

 - c) Une force non équilibrée de 32 N [vers le haut] s'exerce sur une maquette de fusée de 100 g.

- 2) Détermine l'intensité et le sens de la force non équilibrée dans chacune des situations suivantes.
- a) Un canon communique une accélération, vers l'avant, de $5,0 \times 10^3 \text{ m/s}^2$ à un obus de 5,0 kg avant que l'obus quitte la gueule du canon.
- b) Une accélération de $2,5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$ [E.] est communiquée à une flèche de 50 g.
- c) Un Boeing 747 qui transporte 500 passagers (masse totale = $1,6 \times 10^5 \text{ kg}$) est soumis à une accélération de $1,2 \text{ m/s}^2$ [S.] sur une piste d'envol.
- 3) Écris une équation exprimant la masse d'un objet accéléré en fonction de son accélération et de la force non équilibrée qui provoque cette accélération.
- 4) On suppose que, lors de chaque battement, le coeur d'un mammifère accélère 20 g de sang de 20 cm/s à 30 cm/s pendant un intervalle de temps de 0,10 s. Calcule la force (en newtons) exercée sur le sang par le muscle cardiaque.

- 5) Dans le code de la route publié par un ministère provincial des transports, il est écrit que, pour éviter les accidents, les véhicules doivent maintenir entre eux une distance minimale égale à la distance qu'un véhicule peut parcourir en 2,0 s à vitesse constante. Soit une voiture de 1 200 kg roulant à 72 km/h [S.]. Le camion qui la précède entre en collision avec un camion qui se dirige vers le nord et s'arrête brusquement.
- Si la distance minimale est respectée, à quelle distance derrière le camion se trouve la voiture?
 - Si la force de freinage exercée par la voiture est égale à 6 400 N [N.], au bout de combien de temps la voiture s'arrête-t-elle?
 - Détermine s'il y a ou non collision. (Suppose que le chauffeur a d'excellents réflexes et que son temps de réaction est égal à 0,10 s.)

La pesanteur est un cas spécial de force qui s'exerce à partir de l'accélération gravitationnelle (g) vers le milieu de la Terre (vers le bas). On la note ainsi :

$$\overrightarrow{P_{n.éq.}} = m \vec{g}$$

$$\text{où } \vec{g} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

L'accélération gravitationnelle n'est pas la même partout sur la planète. Il y a de légères différences, mais en moyenne, 9,8 m/s² peut être utilisée comme valeur d'accélération si elle n'est pas autrement indiquée.

Tableau comparatif de l'accélération gravitationnelle à différents endroits sur la Terre

Lieu	Latitude	Altitude (m)	g (m/s ² [vers le bas])
Équateur	0° [N.]	0	9,780
Pôle Nord	90° [N.]	0	9,832
Java	6° [S.]	7	9,782
Toronto	44° [N.]	162	9,805
Bruxelles	51° [N.]	102	9,811
Denver	40° [N.]	1 638	9,796

L'accélération gravitationnelle est évidemment différente sur différents corps célestes. Sur la Lune, par exemple, la pesanteur correspond à $1/6^e$ celle de la Terre pour une masse égale, soit une accélération gravitationnelle de $1,6 \text{ m/s}^2$ vers le bas.

Poids et masse

En physique, le poids réfère à la pesanteur. Le poids est donc mesuré en newtons. La masse réfère à la quantité de matière et elle est mesurée en grammes ou en kilogrammes.

Exercices

- 1) Quel est le poids d'une pierre de curling de 15 kg ?

- 2) Quelle force faut-il exercer pour soulever la pierre de curling sans accélération?

- 3) Dans certains films de science-fiction et dans certaines émissions de télévision, on voit des personnes qui se déplacent dans un vaisseau spatial de la même façon que nous marchons dans une pièce. Ces images sont-elles scientifiquement plausibles?

- 4) Une voiture dont le poids est de $1,8 \times 10^4 \text{ N}$, initialement au repos, est accélérée uniformément par une force non équilibrée de $5,0 \times 10^3 \text{ N [E.]}$ pendant $6,0 \text{ s}$. Calcule
 - a) la masse de la voiture;
 - b) son accélération;
 - c) le déplacement par rapport à la position initiale.

3^e loi de Newton : action – réaction

À chaque action exercée par un corps A sur un corps B correspond une réaction égale et opposée exercée par le corps B sur le corps A.

Imagine que tu es sur une patinoire avec un ami de même masse en face de toi. Tu pousses ton ami. Que se passe-t-il ? Ton ami se déplace sous l'action de ta poussée, mais toi aussi tu pourrais être déplacé dans l'autre direction. La force que tu appliques sur ton ami est l'action. La réaction est que ton ami te repousse dans la direction opposée simplement par le fait que sa masse est semblable à la tienne. Si ton ami avait une masse plus élevée que toi, c'est toi qui subirais en fait le plus de déplacement.

En fait, si tu es présentement assis sans déplacement, c'est parce que ta chaise réagit à la force gravitationnelle que tu lui imposes en te repoussant vers le haut avec la même force. Ton action sur la chaise entraîne une réaction de ta chaise sur toi.

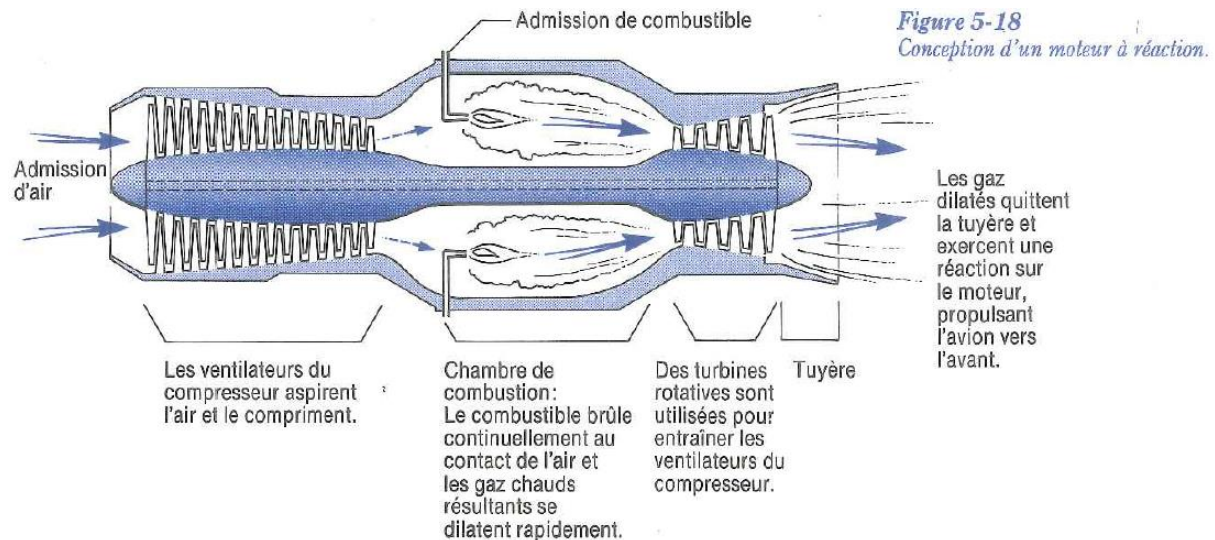
À la limite, la Pesanteur peut elle-même être décrite par la troisième loi de Newton. Newton avait d'ailleurs exprimé la loi de gravitation universelle en termes d'action/réaction :

Deux corps exercent l'un sur l'autre une force d'attraction directement proportionnelle à leurs masse et indirectement proportionnelle au carré de leurs distances.

En d'autre mot, la Terre pose une action d'attraction sur les corps, mais en réaction, les corps ont une attraction sur la Terre. Voici quelques exemples d'application de cette loi :

- a) Les bras et les jambes d'un nageur exercent sur l'eau une *action* dirigée vers l'arrière. L'eau exerce une *réaction* dirigée vers l'avant sur les bras et les jambes du nageur, poussant le corps de ce dernier vers l'avant.
- b) Les pales d'un hélicoptère sont conçues pour pousser l'air dans un sens lorsqu'elles tournent rapidement. Ainsi, les pales exercent sur l'air une *action* dirigée vers le bas. La *réaction* est exercée par l'air sur les pales, vers le haut. L'hélicoptère est poussé dans le sens opposé à celui du mouvement de l'air.

- c) Dans un réacteur d'avion, l'air entre à l'avant du moteur par une grande ouverture. Le moteur comprime l'air, le réchauffe puis l'éjecte rapidement à l'arrière (figure 5-18). L'action est exercée par le moteur sur l'air, vers l'arrière. L'air éjecté exerce sur le moteur une réaction dirigée vers l'avant, poussant le moteur, donc tout l'avion, vers l'avant.



C'est de cette loi que le moteur à réaction a obtenu son nom.

Exercices

- 1) Explique chaque phénomène décrit ci-dessous en fonction de la troisième loi de Newton. Dans chaque cas, indique l'objet qui exerce l'action et celui qui exerce la réaction.
 - a) Une navette spatiale telle que celle que l'on voit sur la photographie au début du chapitre est mise à feu.
 - b) Lorsqu'on gonfle un ballon et qu'on le lâche, il se met à zigzaguer dans la pièce.
 - c) Une personne qui porte des chaussures ordinaires est capable de marcher sur un trottoir.

- 2) Qu'entend-on par l'expression «coup du lapin» dans un accident d'automobile? Explique pourquoi et comment ce phénomène se produit.
- 3) a) Une corde casse sous l'effet d'une force de 200 N. Si deux personnes tirent sur chaque extrémité de la corde avec une force de 150 N chacune, la corde cassera-t-elle? Explique.
- b) Trace un diagramme des forces qui représentent toutes les paires action-réaction dans la situation a).