

# Chapitre 4

## Les forces

### Définition

Grâce à notre force musculaire, nous pouvons:

- modifier le mouvement d'un corps;
- déformer un corps

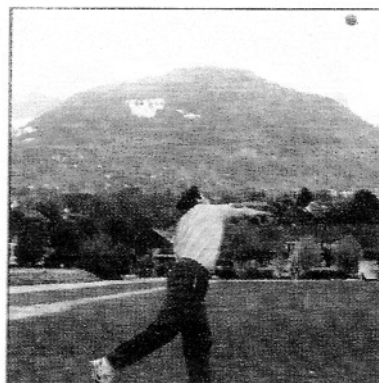
On désignera plus généralement par le mot force toute cause capable de déformer un corps ou de modifier son mouvement.

### Quelques exemples de forces

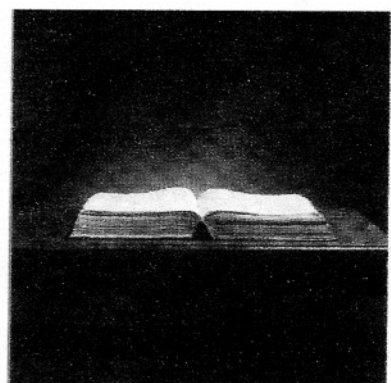
Les illustrations suivantes représentent des situations où interviennent différents types de forces:



*La force de pesanteur.*



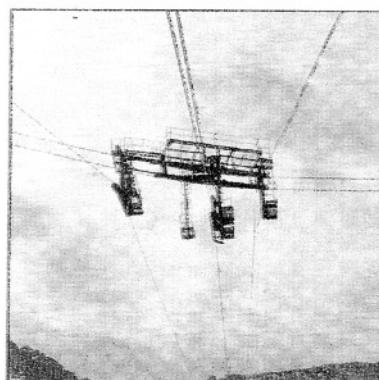
*La force musculaire.*



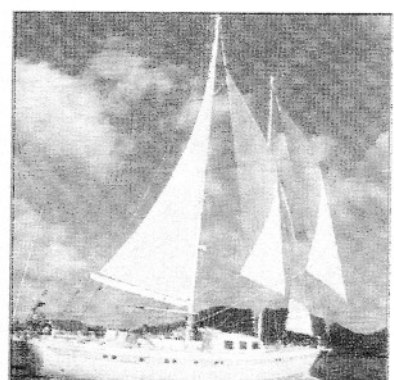
*La force de réaction de la table qui retient le livre.*



*La force de frottement qui empêche le soulier de glisser.*



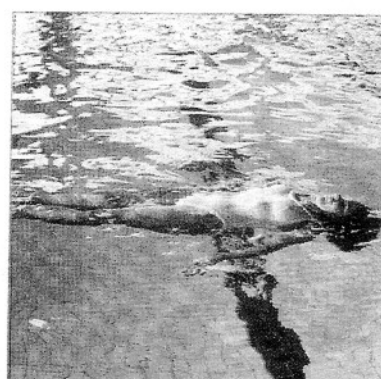
*La tension d'un câble.*



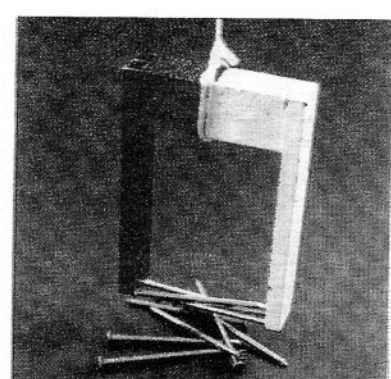
*La force pressante du vent sur les voiles.*



*La force d'interaction électrique qui retient les cheveux contre la brosse.*



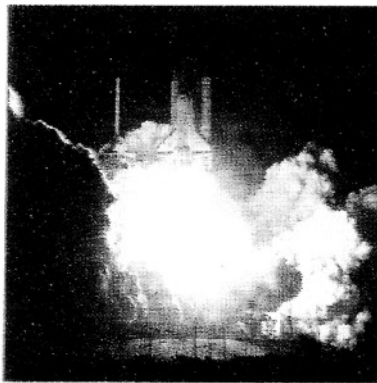
*La force d'Archimède qui soutient la nageuse.*



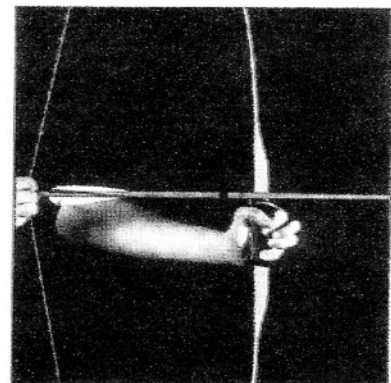
*La force d'interaction magnétique qui retient les clous contre l'aimant.*



*La force de gravitation qui maintient la Lune en orbite autour de la Terre.*



*La force de réaction des gaz éjectés par la tuyère exerçant une poussée sur la fusée.*



*La force élastique de l'arc qui propulse la flèche.*

Parmi toutes ces forces, on peut distinguer les forces de contact (le corps qui subit une force est en contact avec ce qui cause cette force) et les forces à distance (il n'y a aucun contact entre le corps subissant une force et ce qui la cause).

Certaines forces produisent un mouvement, d'autres impliquent une déformation. En réalité, une force produit toujours une déformation, aussi microscopique soit-elle, à laquelle s'ajoute parfois un déplacement. Lorsqu'on pousse une voiture en panne, la tôle se déforme très légèrement au contact de la main.

### **Les caractéristiques d'une force**

Pour connaître complètement une force et prévoir son effet, il est indispensable de préciser:

- la direction suivant laquelle elle s'applique (horizontalement, verticalement, ...); cette direction est représentée par une droite appelée droite d'action;
- son sens (de haut en bas, de bas en haut, de gauche à droite, de droite à gauche, ...);
- son point d'application;
- son intensité.

Ces quatre éléments constituent les caractéristiques d'une force.

Une force est dite constante si aucune de ses quatre caractéristiques ne change durant tout le temps pendant lequel elle agit.

La force qu'il faut exercer pour pousser une voiture en panne, le long d'une route horizontale, n'est pas constante: au moment du démarrage, elle est très intense, puis elle diminue au fur et à mesure que le mouvement s'établit.

Les situations examinées dans la suite ne feront intervenir que des forces constantes.

Deux forces sont dites opposées si elles ont la même droite d'action et la même intensité, mais de sens opposés.

### **L'unité de mesure**

L'intensité d'une force s'exprime en newtons [N].

Pour fixer les idées, précisons que, lorsque nous portons une livre de pain, nous exerçons une force d'environ 5 N alors que pour se maintenir pendu à bout de bras à une barre, il faut une force variant entre 500 N et 1000 N suivant les individus.

### **Les ressorts et les dynamomètres**

Pour mesurer l'intensité d'une force, on utilise un ressort: son allongement  $d$  est proportionnel à l'intensité  $F$  de la force appliquée (si l'intensité de la force double, l'allongement double aussi).

Cette propriété se traduit algébriquement par:  $\frac{F}{d} = k$  ou  $F = k \cdot d$ .

Le nombre  $k$ , exprimé en [N/m] si la force est en [N] et l'allongement en [m], est la raideur du ressort utilisé. Sa valeur représente le "nombre de newtons" qu'il faut appliquer au ressort pour l'allonger de 1m.

Les ressorts se déformant facilement ont une raideur faible alors que les ressorts difficiles à étirer ou à comprimer ont une raideur élevée.

Une trop grande déformation du ressort peut détruire ses propriétés élastiques: sa déformation reste alors permanente. Un ressort utilisé dans de telles circonstances ne permet évidemment pas de mesurer correctement l'intensité d'une force.

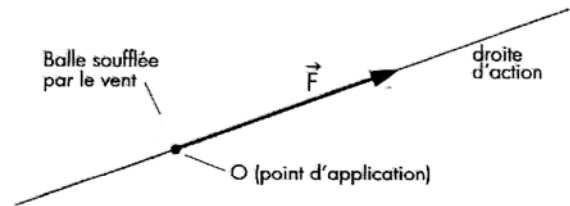
Dans la pratique, on utilise des dynamomètres, constitués d'un ressort et munis d'une graduation en [N].

## Représentation d'une force

Une force est représentée par un vecteur (flèche) dans lequel on retrouve ses quatre caractéristiques. L'intensité de la force est indiquée par la longueur du vecteur et le dessin devra être accompagné d'une échelle.

### Notations:

- Le symbole utilisé pour désigner une force est une lettre majuscule surmontée d'une flèche; exemple:  $\vec{F}$ .
- La même lettre sans la flèche ne désigne que l'intensité de la force; exemple:  $F = 50 \text{ N}$ .



*Représentation d'une force par un vecteur.*

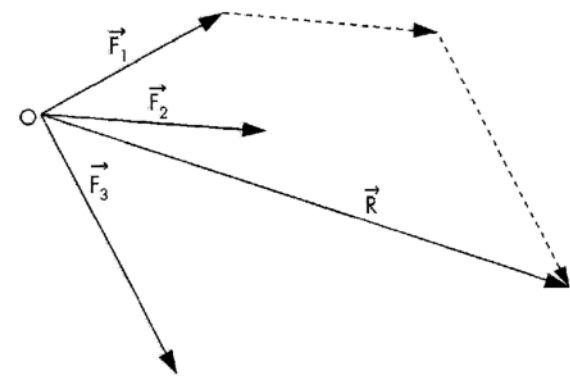
## Forces concourantes

Plusieurs forces peuvent agir simultanément sur un corps. Ces forces sont concourantes si leurs droites d'action se coupent en un même point.

On nomme résultante la force qui aurait sur le corps le même effet que l'ensemble des forces concourantes.

Si toutes les forces ont même point d'application, on construit graphiquement leur résultante en amenant tous les vecteurs bout à bout par des translations.

La résultante est donc une force fictive par laquelle on pourrait remplacer les forces existant réellement sans que l'on puisse constater une différence de comportement du corps sur lequel elles s'appliquent.



*Résultante de trois forces.*

## Force et mouvement

L'effet d'une force sur le mouvement d'un corps est d'en modifier la vitesse.

Si la résultante des forces agissant sur un corps n'est pas nulle, ce corps subit une variation de vitesse.

Si cette résultante est nulle, la vitesse du corps reste constante.

Lorsqu'un corps se déplace à vitesse constante, on dit qu'il est à l'équilibre; cette définition englobe le cas du repos pour lequel la vitesse est nulle.

### Exemple

Un parachutiste saute d'un avion et ouvre son parachute.

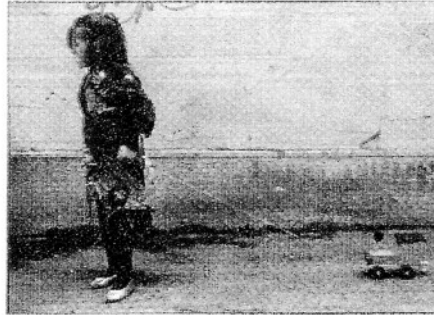
Au début, la force de frottement de l'air n'est pas suffisante pour compenser la force de pesanteur. La résultante de ces forces n'est pas nulle et la vitesse de chute augmente.

L'intensité de la force de frottement augmente avec la vitesse jusqu'à atteindre la valeur de la force de pesanteur. Dès cet instant, leur résultante est nulle et la vitesse de chute reste constante.

## **Exercices sur le chapitre 4**

### **Les forces**

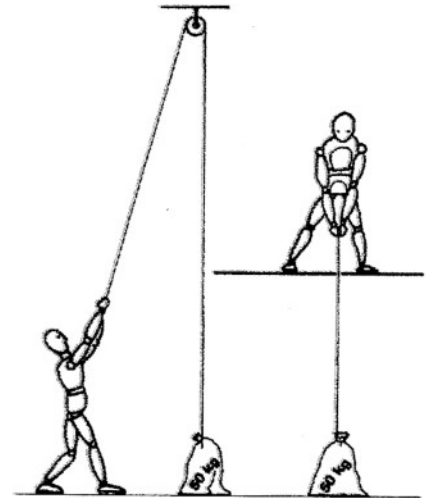
1. Quel personnage doit tirer son chariot avec la force de plus grande intensité?



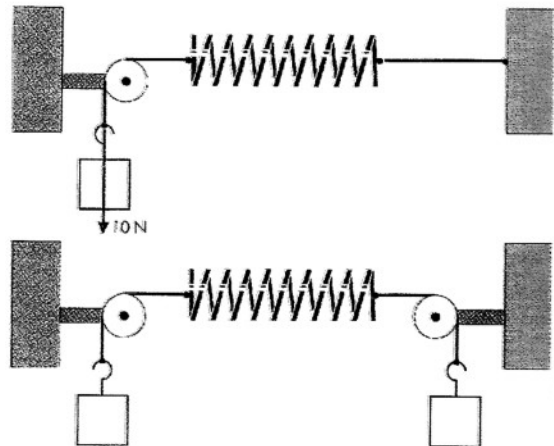
2. Que se passe-t-il lorsqu'on lâche la masse ?



3. Quel personnage doit exercer la plus grande force sur la corde pour hisser le sac ?



4. Dans les deux dessins ci-contre, il s'agit du même ressort.
- Dans le premier cas, une extrémité du ressort est accrochée au mur. La masse suspendue à son autre extrémité par l'intermédiaire d'une poulie tire sur le ressort avec une force de pesanteur dont l'intensité vaut 10 N.
- Dans le second cas, on a mis le ressort en équilibre en suspendant, par l'intermédiaire de poulies, une masse à chacune de ses extrémités.



Indiquer sur le dessin l'intensité de la force de pesanteur que doivent avoir chacune de ces masses de manière à ce que l'allongement du ressort soit le même que dans le premier cas.

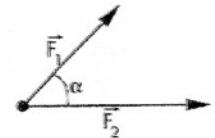
5. Deux personnes tirent en sens contraire sur chaque extrémité d'un dynamomètre. Chacune exerce une force d'intensité égale à 300 N. Quelle est l'intensité indiquée par ce dynamomètre ?

6. Un objet dont l'intensité de sa force de pesanteur vaut 0,3 N est suspendue au moyen d'un fil.  
Dessiner sur une figure (pas ci-contre) les forces s'exerçant au point A.  
Note: Utiliser une échelle faisant correspondre 0,01 N à 1 mm.



7. A) Déterminer graphiquement la résultante  $\vec{F}$  des forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  pour chaque situation représentée sur les figures.

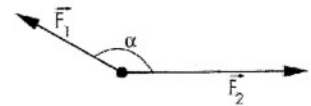
$F_1 = 34 \text{ N}$   
 $F_2 = 46 \text{ N}$   
 $\alpha = 45^\circ$



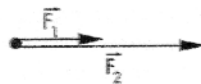
$F_1 = 35 \text{ N}$   
 $F_2 = 60 \text{ N}$



$F_1 = 36 \text{ N}$   
 $F_2 = 56 \text{ N}$   
 $\alpha = 150^\circ$



$F_1 = 22 \text{ N}$   
 $F_2 = 48 \text{ N}$



$F_1 = 44 \text{ N}$   
 $F_2 = 44 \text{ N}$



B) Citer le(s) cas d'équilibre (justifier).

8. Ce voilier, que l'on voit depuis dessus, se déplace dans une direction perpendiculaire au vent. Le vent est dévié par la voile et exerce sur celle-ci une force  $\vec{F}$ .  
Comment se fait-il que le bateau ne se déplace pas dans la direction de la force  $\vec{F}$  ?

