

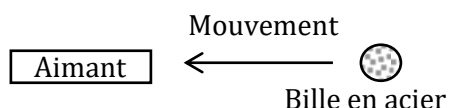


## THÈME 1 : MÉCANIQUE

## TITRE DE LA LEÇON : ACTIONS MÉCANIQUES OU FORCES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Lors de la finale d'interclasses du Lycée Moderne de Bouafle qui opposait la classe de 2<sup>nd</sup>e A à celle de la 2<sup>nd</sup>e C, l'arbitre a accordé un coup franc à la 2<sup>nd</sup>e C. Avant le tir, le joueur pose son pied sur le ballon et constate que celui-ci se déforme légèrement. Il donne par la suite un coup de pied au ballon. Le ballon heurte un joueur de la 2<sup>nd</sup>e A avant de se loger au fond des filets. Les élèves s'interrogent sur l'auteur du but. Pour cela ils décident avec le professeur, d'identifier les actions mécaniques qui se sont exercées sur le ballon à partir de leurs effets, de définir et de modéliser une action mécanique.

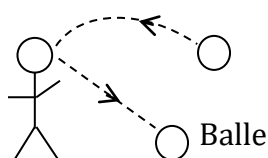
II. CONTENU DE LA LEÇON1. LES MANIFESTATIONS D'UNE ACTION MECANIQUE1.1. Expériences➤ Expérience 1 : Création du mouvement d'une bille d'acier

La bille est mise en mouvement sous l'action de l'aimant.

L'aimant exerce une action mécanique sur la bille.

L'**auteur** de l'action mécanique est : **l'aimant**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **la bille**

➤ Expérience 2 : Modification du mouvement d'une balle

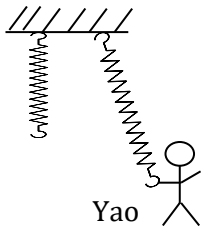
La balle est déviée sous l'action mécanique de la tête.

Le mouvement de la balle a été modifié.

L'**auteur** de l'action mécanique est : **la tête**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **la balle**

➤ Expériences 3 : Déformation d'un ressort

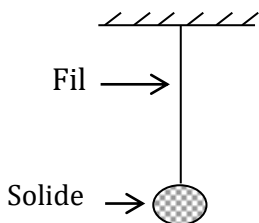


Le ressort s'allonge (se déforme) sous l'action mécanique exercée par Yao.

L'**auteur** de l'action mécanique est : **Yao**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **Le ressort**

➤ **Expériences 4 : Equilibre d'un solide accroché à un fil**



Le solide est en équilibre. Il ne tombe pas à cause de l'action mécanique exercée par le fil.

L'**auteur** de l'action mécanique est : **le fil**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **Le solide**

1.2. Conclusion

Une action mécanique est capable de mettre en mouvement un corps, de modifier le mouvement d'un corps, de déformer un corps et de maintenir en équilibre un corps.

1.3. Notion de forces

Les manifestations d'une action mécanique d'un corps A sur un corps B, sont dues à la force exercée par A sur B.

La force est une grandeur vectorielle caractérisée par :

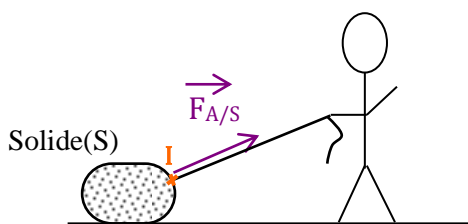
- **un point d'application** : c'est le point où la force agit.
- **une direction** : la droite suivant laquelle la force agit.
- **un sens** : celui du mouvement qu'elle est susceptible de créer.
- **une intensité (norme ou valeur)** qui s'exprime en **newton** (symbole **N**).

La force exercée par un corps A sur un corps B est notée  $\vec{F}_{A/B}$  et représentée par un vecteur force.

On mesure l'intensité d'une force avec **un dynamomètre**.

2. **ACTION MECANIQUE LOCALISEE**

2.1. Action d'un fil sur un solide



Ali (A) exerce sur le solide (S), par l'intermédiaire du fil, une force  $\vec{F}_{A/S}$ . Cette force s'applique en un point bien déterminé du solide : c'est le point I (point d'attache du fil). La force  $\vec{F}_{A/S}$  est dite **force localisée**.

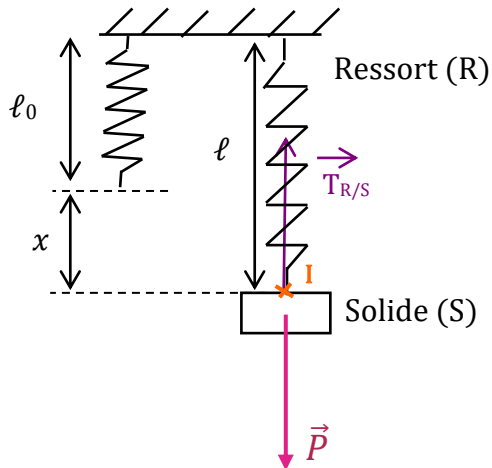
Les caractéristiques de  $\vec{F}_{A/S}$  :

- le point d'application : le point I.
- la direction : c'est la direction du fil.

- le sens : orienté de S vers A.
- l'intensité : notée  $F_{A/S}$

## 2.2. Action mécanique localisée : la tension du ressort

### 2.2.1. Dispositif expérimental

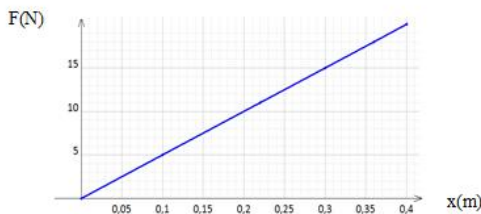


$l_0$  : longueur à vide  
 $l$  : longueur à charge  
 $x = l - l_0$  : allongement du ressort

### 2.2.2. Résultats

T(N)=P	0	5	11	15	18	20
$x = l - l_0$ (m)	0	0,1	0,22	0,3	0,36	0,4

### 2.2.3. Exploitation des résultats



Le graphe  $T = f(x)$  est une droite d'équation :  $T = kx$  avec  $k = \frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{(20-0)}{(0,4-0)} = 50 \text{ N.m}^{-1}$ .

La tension d'un ressort est proportionnelle à son allongement.

Le coefficient de proportionnalité noté  $k$  est appelé constante de raideur du ressort.

### 2.2.4 Conclusion

Les caractéristiques de la tension du ressort sont :

**Direction** : l'axe du ressort

**Sens** : du solide vers le ressort

**Intensité** :  $T = kx$  avec

$T$ (en N)
$x = l - l_0$ (en m)
$k$ (en $\text{N.m}^{-1}$ )

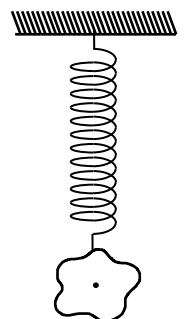
**Point d'application** : la tension du ressort s'applique au point de contact entre le ressort et le solide : c'est donc **une force localisée**.

### Activité d'application

La constante de raideur du ressort est  $k = 25 \text{ N.m}^{-1}$ .

Représente la tension du ressort sachant que sa longueur augmente de 5 cm.

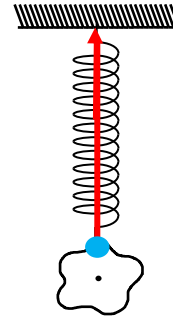
Echelle : 1 cm pour 0,5 N.



## Solution

Dans chaque cas :  $T = kx = 25 \times 0,05 = 1,25 \text{ N}$

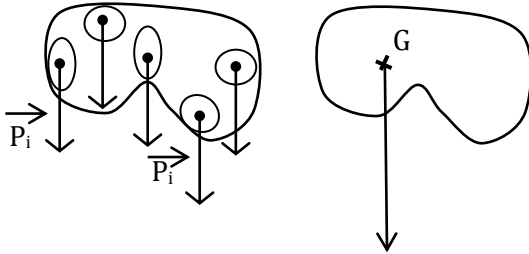
	intensité	Longueur du représentant
$\vec{T}$	1,25 N	2,5 cm



### 3. ACTION MECANIQUE REPARTIE

#### 3.1. En volume : Le poids d'un corps

Le poids  $\vec{P}$ , est l'action mécanique (attraction) que la terre exerce sur un corps.



Chaque portion du solide subit une attraction de la terre, donc un poids  $\vec{P}_i$ .

Le poids  $\vec{P}$  est la somme des poids  $\vec{P}_i$ .

On dit que le poids est **une action mécanique répartie dans le volume** du corps.

Les caractéristiques du poids  $\vec{P}$ :

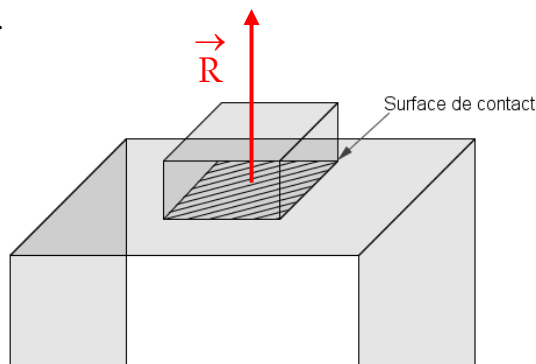
- le point d'application : le centre de gravité G.
- la direction : la verticale.
- le sens : du haut vers le bas
- l'intensité :  $P = mg$  avec  $P$  (en N) ;  $m$ (kg) et  $g$  (N/kg)

#### Remarque :

- $g$  est l'intensité (valeur) du vecteur champ de pesanteur  $\vec{g}$ .

#### 3.2. En surface : la réaction d'un support

La réaction de la table s'exerce sur toute la surface de contact, c'est donc une force répartie en surface. Cette force est assimilée à une force unique  $\vec{R}$  appliquée au centre de la surface de contact et orientée du support vers le solide.



### 4. Catégories de forces

Il existe deux catégories de forces :

- **Les forces de contact** : elles s'exercent entre des corps en contact
  - **Forces musculaires** ; Ex : force exercée par un pousseur sur sa brouette.
  - **Forces de réaction** ; Ex : réaction de la table sur le livre.
  - **Forces de frottement** ; elles existent aux surfaces de contact rugueuses et s'opposent toujours au déplacement.
  - **Forces pressantes** ; forces exercées par les solides, les liquides et les gaz.
- **Les forces à distance** : elles s'exercent à distances

- **Les forces électrostatiques** ; Ex : les grains de poussière capturés par l'écran d'un PC.
- **Forces électromagnétiques** ; Ex : attraction d'objets en fer par un aimant.
- **Forces de gravitation** (Ex : entre les astres).

### Activité d'application

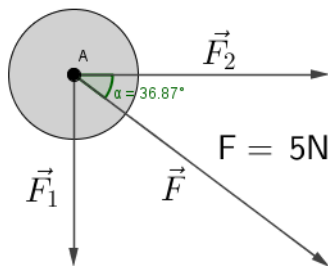
En un point A d'un solide, sont appliquées :

- Une force  $\vec{F}_1$  verticale, dirigée vers le bas d'intensité 3 N.
- Une force  $\vec{F}_2$  horizontale, orientée vers la droite d'intensité 4 N.

Détermine les caractéristiques de la résultante  $\vec{F}$  de ces forces.

Echelle : 1 cm pour 1 N.

### Solution



#### Méthode graphique

	$\vec{F}_1$	$\vec{F}_2$	$\vec{F}$
Force	3 N	4 N	5 N
Représentant	3 cm	4 cm	5 cm

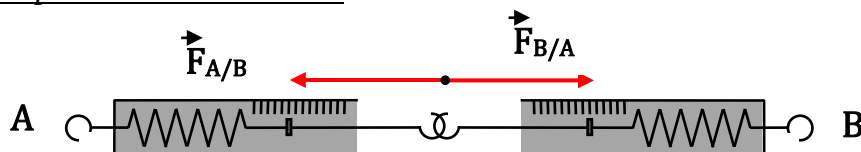
$$\text{Mes}(\vec{F}, \vec{F}_2) \cong 37^\circ$$

#### Méthode algébrique

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(3^2 + 4^2)} = 5 \text{ N} \quad \alpha = \arctan\left(\frac{F_1}{F_2}\right) = \arctan\left(\frac{3}{4}\right) = 36,8 \cong 37^\circ$$

## 5. PRINCIPE DES ACTIONS RECIPROQUES

### 5.1. Expérience et observations



### 5.2. Interprétation

Les dynamomètres A et B exercent simultanément, l'un sur l'autre, une force : on dit qu'ils sont en interaction.

Les deux forces ont la même direction, la même valeur et des sens opposés :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

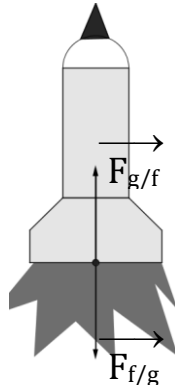
### 5.3. Conclusion

Lorsque deux corps A et B sont en interaction (de contact ou à distance), le corps A exerce une force  $\vec{F}_{A/B}$  sur le corps B et en retour, le corps B exerce une force  $\vec{F}_{B/A}$  sur le corps A telle que :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

#### 5.4. Application : Principe de la fusée

La fusée propulse les gaz brûlés avec une force  $\vec{F}_{f/g}$  et en retour les gaz exercent une force  $\vec{F}_{g/f}$  sur la fusée.



### 6. SYSTEME MECANIQUE

#### 6.1. Définition

Un système est le corps ou l'ensemble de corps que l'on désire étudier.

**Remarque :** Tout ce qui n'appartient pas au système constitue le **milieu extérieur**.

#### 6.2. Système indéformable, système déformable

- Un système est dit **indéformable** lorsque la distance entre deux de ses points quelconques reste invariable au cours du temps. *Ex : une bille, deux solides rigidement liés.*
- Un système est **déformable** lorsque la distance entre deux ou plusieurs parties de ce système varie au cours du temps. *Ex : deux solides liés par un fil élastique, système Terre/Objet en chute.*

#### 6.3. Inventaire de forces extérieures appliquées à un système

##### 6.3.1. Définition

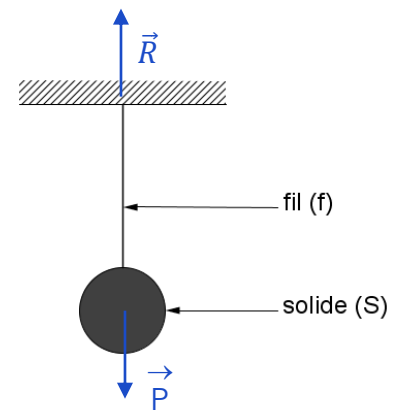
On appelle force extérieure, une force exercée par le milieu extérieur sur le système défini.

##### 6.3.2. Inventaire de forces extérieures

**Exemple :**

- Pour le système  $\{solide(S)\}$  les forces extérieures sont :
  - Le poids  $\vec{P}$  du solide (S)
  - La tension  $\vec{T}$  du fil.
- Pour le système  $\{solide(S) + fil(f)\}$  les forces extérieures sont :
  - Le poids  $\vec{P}$  du solide
  - La réaction  $\vec{R}$  du support

**Remarque :** L'inventaire des forces dépend du système choisi.



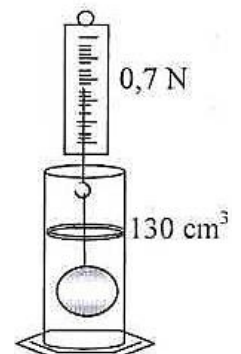
### SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de Travaux Pratiques, le professeur demande aux élèves d'une classe de 2<sup>nd</sup>e de déterminer l'intensité de la poussée d'Archimède exercée par un liquide sur un solide et de la représenter.

L'éprouvette contenait avant l'expérience  $80 \text{ cm}^3$  d'alcool de masse volumique  $\rho_a = 0,8 \text{ g/cm}^3$ . Après l'expérience, on observe la figure ci-contre et le dynamomètre empêche aussi le solide de couler.

On donne  $g = 10 \text{ N/kg}$ ; Echelle : 1cm pour 0,5 N.

1. Fais l'inventaire des forces extérieures appliquées au solide.
- 2 Dédus de la figure :
  - 2.1 le volume  $V$  de l'objet ;



2.2 la valeur  $P'$  du poids apparent de l'objet.

3- Détermine :

3 1 la valeur  $P_A$  de la poussée d'Archimède subie par l'objet ;

3 2 la valeur  $P$  du poids de l'objet immergé.

4. Représente sur la figure à l'échelle 1cm pour 0,5 N le poids, la poussée d'Archimède et la tension du fil.

### Solution

1. le poids  $\vec{P}$  de l'objet ; la poussée d'Archimède  $\vec{P}_A$  et la tension  $\vec{T}$  du dynamomètre.

2.1 Volume  $V$  de l'objet ;

$$V = 130 - 80 = 50 \text{ cm}^3$$

.2 2 Valeur  $P'$  du poids apparent.

$$P' = 0,7 \text{ N}$$

31 la poussée d'Archimède  $P_A$

$$P_A = \rho_a \cdot V_a \cdot g$$

$$P_A = 0,8 \times 50 \times 10^{-3} = 0,4 \text{ N}$$

3 2 Valeur  $P$  du poids de l'objet immergé.

$$P = P_A + P' = 0,4 + 0,7 = 1,1 \text{ N}$$

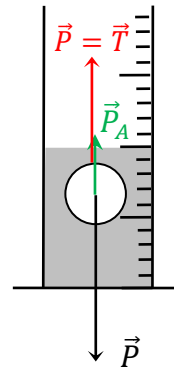
3. Représentation des forces

Echelle : 1 cm pour 0,5 N.

$$\vec{P}_A \rightarrow 0,8 \text{ cm}$$

$$\vec{P} \rightarrow 2,2 \text{ cm}$$

$$\vec{P}' = \vec{T} \rightarrow 1,4 \text{ cm}$$



### III .EXERCICES

#### Exercice 1

Observe la photo ci-contre.

1. Donne :

- 1.1 le nom de cet appareil de mesure ;
- 1.2 l'unité de graduation de cet appareil ;
- 1.3 la valeur de la force.

2. Représente qualitativement:

- 2.1 la force exercée par la pomme sur le fil ;
- 2.2 la force exercée par le fil sur la pomme.



#### Solution

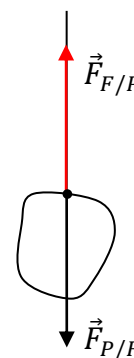
1.

- 1.1 Nom de l'appareil de mesure : dynamomètre
- 1.2 Unité de graduation de cet appareil : le Newton (N)
- 1.3 Valeur de la force :  $F = 2 \text{ N}$

2. Représentation des forces

La force exercée par la pomme sur le fil est notée :  $\vec{F}_{P/F}$  ;

La force exercée par le fil sur la pomme est notée :  $\vec{F}_{F/P}$



### Exercice 2

Détermine les types d'actions mécaniques correspondant aux situations définies dans le tableau ci-dessous en mettant des croix dans les cases correspondantes.

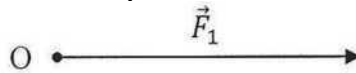
Situation	Force à action localisée	Force à action répartie	Force de contact	Force à distance
Crayon à bille écrivant sur une feuille de papier				
Action de la Terre sur les objets				
Action du vent sur les voiles d'un bateau				
Action d'un aimant sur un clou en fer				

### Solution

Situation	Force à action localisée	Force à action répartie	Force de contact	Force à distance
Crayon à bille écrivant sur une feuille de papier	x		x	
Action de la Terre sur les objets		x		x
Action du vent sur les voiles d'un bateau		x	x	
Action d'un aimant sur un clou en fer		x		x

### Exercice 3

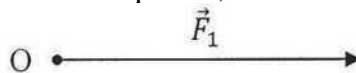
Le vecteur représenté ci-dessous à l'échelle 1 cm pour 2,5 N modélise une force  $\vec{F}_1$



- Détermine la valeur de la force  $\vec{F}_1$ .
- Reproduis le schéma et complète-le en ajoutant, à la même échelle, un vecteur  $\vec{F}_2$  ayant le même point d'application O et une valeur de 2,5 N dans les cas suivants.
  - $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont le même sens ;
  - $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont des sens opposés ;
  - $\vec{F}_2$  est perpendiculaire à  $\vec{F}_1$  et dirigée vers le bas.
- Pour chacun des cas ci-dessous :
  - construis le vecteur résultant  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  ;
  - détermine la valeur de la force résultante  $\vec{F}$ .

### Solution

Le vecteur représenté ci-dessous à l'échelle 1 cm pour 2,5 N modélise une force  $\vec{F}_1$



- Valeur de la force  $\vec{F}_1$ .  
 $\vec{F}_1 \leftrightarrow 4 \text{ cm}$   $F_1 = 4 \times 2,5 = 10 \text{ N}$
- Représentations des forces

2.1  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont le même sens ;

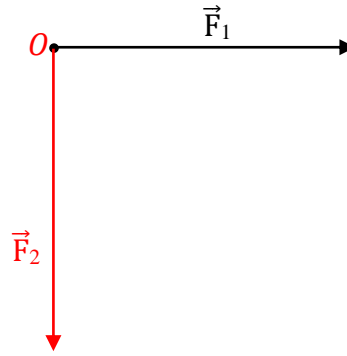


2.2  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont des sens opposés ;



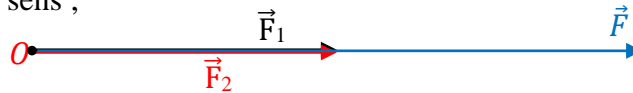


2.3  $\vec{F}_2$  est perpendiculaire à  $\vec{F}_1$  et dirigée vers le bas.

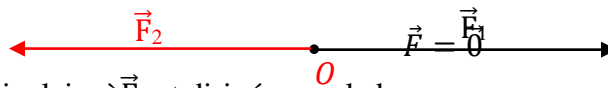


3. Représentation du vecteur résultant  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  ;

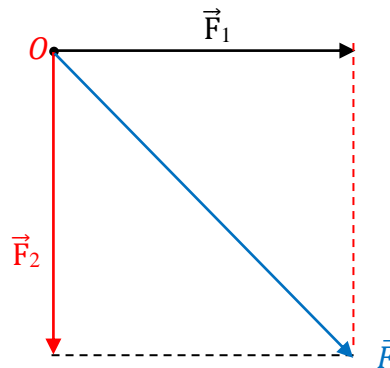
a)  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont le même sens ;



b)  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont des sens opposés ;



c)  $\vec{F}_2$  est perpendiculaire à  $\vec{F}_1$  et dirigée vers le bas.



3.2 Valeur de la force résultante  $\vec{F}$ .

a)  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont le même sens :  $F = 2F_1 = 20 \text{ N}$

b)  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont des sens opposés :  $F = 0 \text{ N}$

c)  $\vec{F}_2$  est perpendiculaire à  $\vec{F}_1$  et dirigée vers le bas.

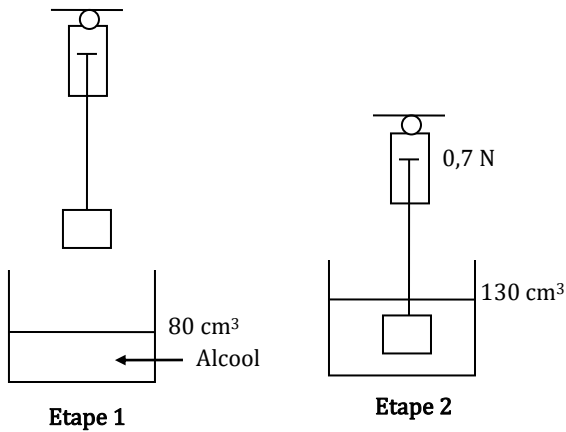
Le triangle ABC est rectangle en B avec AC l'hypoténuse.

$$AC^2 = AB^2 + BC^2 \Rightarrow F^2 = F_1^2 + F_2^2 \Leftrightarrow F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$F = \sqrt{(10)^2 + (10)^2} = 14,1 \text{ N}$$

## Exercice 4

Après l'étude des forces, un groupe d'élèves réalise les expériences schématisées ci-dessous.



Les élèves souhaitent déterminer la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'alcool sur le solide, mais ceux-ci rencontrent des difficultés.

On te donne :

Masse volumique de l'alcool :  $\rho = 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$ .

Valeur de l'intensité de la pesanteur :  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

Ils sollicitent ton aide.

Tu utiliseras au besoin l'échelle de 1 cm pour 0,5 N

1. Détermine :
  - 1.1 le volume de l'objet ;
  - 1.2 la valeur de la poussée d'Archimède subie par l'objet.
2. Calcule :
  - 2.1 le poids de l'objet ;
  - 2.2 la masse de l'objet ;
  - 2.3 la masse volumique de l'objet ;
  - 2.4 la tension du fil.
3. Représente sur la figure les forces qui s'exercent sur l'objet.

## Solution

1.1 Le volume de l'objet :  $V = 120 - 80 = 50 \text{ cm}^3$

1.2  $P_a = P_{\text{liquide déplacé}} \Leftrightarrow P_a = m g = \rho V g$  ;

AN:  $P_a = 0,8 \times \frac{10^{-3}}{10^{-3}} \times 50 \cdot 10^{-3} \times 10 = 0,4 \text{ N}$ .

2.1 Le poids de l'objet:  $P_a = P - P' \Rightarrow P = P_a + P'$

AN :  $P = 0,4 + 0,7 = 1,1 \text{ N}$

2.2 La masse de l'objet :  $m = \frac{P}{g}$  ; AN :  $m = \frac{1,1}{10} = 0,11 \text{ kg}$ .

2.3 La masse volumique de l'objet :  $\rho = \frac{m}{V}$  ;

AN :  $\rho = \frac{110}{(130-80)} = 2,2 \text{ g/cm}^3$ .

2.4 Bilan des forces :

$\vec{P}'$  : le poids apparent de l'objet

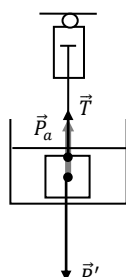
$\vec{T}$  : la tension du fil

$\vec{P}_a$  : la poussée d'Archimède

Calculons la tension du fil T.

$P' = P_a + T \Leftrightarrow T = P' - P_a$  ;

AN :  $T = 0,7 - 0,4 = 0,3 \text{ N}$



$$3. \vec{T} \rightarrow \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ cm} ; \vec{P}' \rightarrow \frac{0,7}{0,5} = 1,4 \text{ cm} ;$$

$$\vec{P}_a \rightarrow \frac{0,4}{0,5} = 0,8 \text{ cm}$$

### Exercice 5

Pendant une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves d'une classe de 2<sup>nd</sup> C dans un Lycée désire déterminer la constante de raideur  $k$  d'un ressort. Pour cela, le groupe fixe une masse  $m_1$  à l'extrémité du ressort qui lui donne une longueur  $l_1$  et une masse  $m_2$  et qui donne au ressort une longueur  $l_2$ .

On donne :  $m_1 = 213 \text{ g}$  ;  $m_2 = 386 \text{ g}$  ;  $l_1 = 23,4 \text{ cm}$  ;  $l_2 = 28,7 \text{ cm}$  ;

$g = 10 \text{ N /kg}$ .

Tu fais partie du groupe d'élèves.

1-Donne la relation entre le poids du corps fixé au ressort et la tension du ressort.

2-Exprime :

2-1- la relation entre  $m_1$  ;  $l_1$  ;  $g$  ;  $k$  ; la longueur à vide  $l_0$  du ressort.

2-2-la relation entre  $m_2$  ;  $l_2$  ;  $g$  ;  $k$  et  $l_0$ .

3-Détermine la longueur à vide  $l_0$  du ressort.

4-Détermine la constante de raideur du ressort.

### Solution

1-Relation entre P et T :  $P = T$  ;  $m g = k (l - l_0)$

2-1- Relation entre  $m_1$  ;  $l_1$  ;  $k$  ;  $g$  et  $l_0$  :  $m_1 g = k (l_1 - l_0)$

2-2 :  $m_2 g = k (l_2 - l_0)$ .

3-Longueur à vide du ressort :

$$\frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{k (l_1 - l_0)}{k (l_2 - l_0)} ; l_0 = \frac{m_2 l_1 - m_1 l_2}{m_2 - m_1} ;$$

$$l_0 = \frac{(0,386 \times 0,234) - (0,213 \times 0,287)}{0,386 - 0,213} ; l_0 = 0,1687 \text{ m} = 16,87 \text{ cm}$$

4-Constante de raideur du ressort.

$$m_1 g = k (l_1 - l_0) ; k = \frac{m_1 \times g}{l_1 - l_0} ; k = \frac{0,213 \times 10}{0,234 - 0,1687} ; k = 32,6 \text{ N/kg}$$

## IV. DOCUMENTATION

### ACTION ET RÉACTION

Newton, célèbre physicien a établi trois lois qui portent son nom.

Voici les **lois du mouvement de Newton** :

- **Première loi de Newton** : Un objet au repos aura tendance à rester au repos à moins qu'une force extérieure n'agisse sur lui. De même, un objet en mouvement aura tendance à se déplacer en ligne droite à moins qu'une force extérieure n'agisse sur lui.
- **Deuxième loi de Newton** : L'accélération d'un objet est proportionnelle à la force appliquée sur lui et suit la même direction que cette force.
- **Troisième loi de Newton** : Pour chaque action, il y a une réaction égale et opposée.

La troisième loi de Newton est probablement la mieux connue. C'est elle qui rend le vol des fusées possible. Les moteurs-fusées fonctionnent en propulsant les gaz d'échappement à l'arrière de l'engin spatial. Étant donné que pour chaque action, il y a une réaction égale et opposée, le vaisseau spatial est propulsé vers le haut.

