

## Les lentilles minces

### Situation - problème

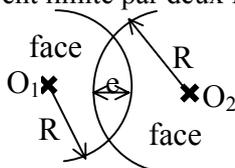
Pour attirer davantage de clients et donner l'immensité de ses pouvoirs à résoudre tous les problèmes qu'on lui présente, un charlatan présente quelques phénomènes spectaculaires à partir d'objets transparents :

- A quelques mal - voyants, il rend une vision à peu près correcte.
- Il brûle des objets à partir de la seule lumière du soleil
- Il arrive à donner de certains objets des images petites et renversées...

Ces phénomènes sont-ils surnaturels ? Et quels sont ces objets ? Qu'est-ce qui fait leurs particularités ?

### 1 - Définition.

Une lentille mince est un milieu transparent limité par deux faces sphériques



$R_1$  et  $R_2$  sont les rayons de courbures respectifs des faces 1 et 2

$e$  est l'épaisseur de la lentille

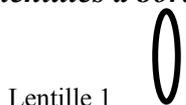
**N.B.** Une lentille est dite mince si son épaisseur au centre  $e$  est infiniment petite devant ses rayons de courbures

### 2 - Identifications

#### 2-1 Distinction géométrique :

On distingue deux sortes de lentilles minces :

⇨ Des lentilles à bords minces (1)  
bords minces



Symbole



⇨ Des lentilles à bords épais (2)  
bords épais

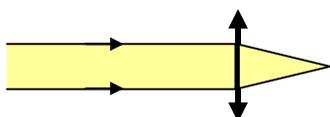


Symbole

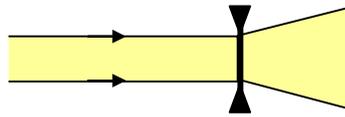


#### 2-2 Distinction physique :

Envoyons des faisceaux cylindriques sur chacune des deux sortes de lentilles.



La lentille à bords minces transforme le faisceau cylindrique en faisceau convergent : c'est une lentille convergente

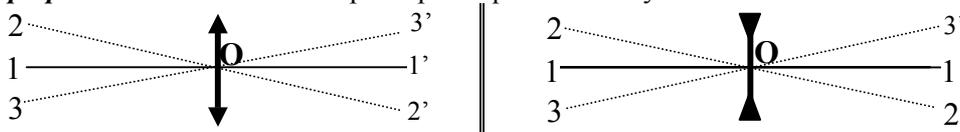


La lentille à bords épais transforme le faisceau cylindrique en faisceau divergent : c'est une lentille divergente

### 3 - Caractéristiques d'une lentille mince.

#### 3-1 Le centre optique :

Le **centre optique O** d'une lentille est le point par lequel aucun rayon incident n'est dévié.



#### 3-2 Les axes optiques

On appelle **axe optique** d'une lentille la trajectoire du rayon lumineux passant par son centre optique.

**Exemples** : les droites (1,1') ; (2,2') ; (3,3') ...

L'axe optique (1,1') perpendiculaire à la lentille est son **axe optique principal (A.O.P.)**

**N.B.** Pour une lentille, il existe une infinité d'axes optiques.

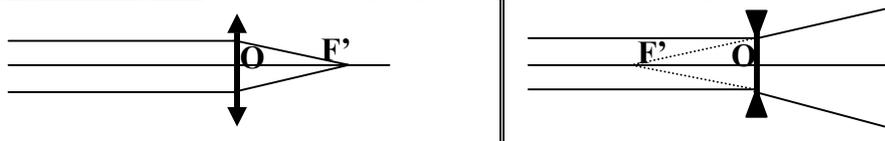
#### 3-3 Les foyers.

Une lentille possède toujours deux **points focaux** que l'on appelle **les foyers** de la lentille.

**3.3-1 Le foyer - Objet F** : C'est l'objet dont l'image par la lentille est à l'infini.

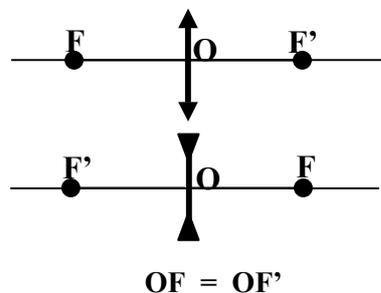


**3.3-2 Le foyer - image F'** : C'est l'image, par la lentille, d'un objet situé à l'infini.



#### Remarques :

- Le **foyer - objet F** est du côté des rayons incidents pour la lentille convergente et du côté des rayons émergents pour la lentille divergente
- Le **foyer - image F'** est du côté des rayons émergents pour la lentille convergente et du côté des rayons incidents pour la lentille divergente.
- Ces foyers **F** et **F'** sont **symétriques** par rapport à la lentille et situés sur son axe optique.



#### Les rayons particuliers d'une lentille.

a) - **l'axe optique secondaire**

Il passe par un point de l'objet et par le centre optique et n'est pas dévié

b) - **le rayon incident parallèle à l'axe optique principal :**

Il sort de la lentille en passant ou son prolongement passerait par le foyer - image F'

c) - **Le rayon incident passant ou dont le prolongement passerait par le foyer - objet F**

Il émerge parallèle à l'axe optique principal.

#### 3-4 La distance focale.

La **distance focale f** est la distance qui sépare le centre optique O de chacun des foyers de la lentille

$$f = OF = OF'$$

**N.B.** La distance focale  $f$  est une grandeur algébrique :  $\left\| \begin{array}{l} f > 0 \text{ pour la lentille convergente} \\ f < 0 \text{ pour la lentille divergente.} \end{array} \right.$

**3-5 La convergence ou vergence**

La **convergence ou vergence C** d'une lentille est l'inverse de sa distance focale.

$$C = \frac{1}{f}$$

C est en dioptrie ( $\delta$ )  
f en mètre (m)

$C > 0$  pour la lentille convergente  
 $C < 0$  pour la lentille divergente

**4 - L'image donnée par une lentille**

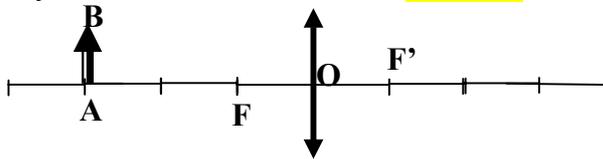
Partout où on la trouve, la lentille sert à donner ou à améliorer une image.

**Exemple** : Observer et caractériser l'image donnée par une lentille d'un objet réel AB placé perpendiculairement à son axe optique principal à différentes distances de son centre optique.

**N.B.** Les principales conclusions et solutions de cet exercice sont à obtenir à partir :

- ⇒ d'observations expérimentales
- ⇒ de constructions graphiques

L'objet est situé à une distance **OA > 2 f**



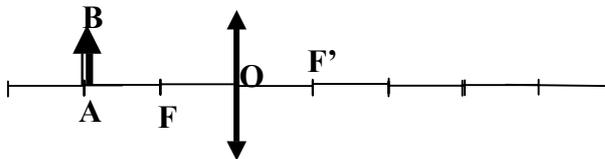
Caractéristiques : l'image A'B' de l'objet AB est :

.....

.....

.....

L'objet est situé à une distance **OA = 2 f**



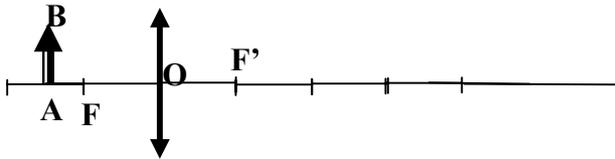
Caractéristiques : l'image A'B' de l'objet AB est :

.....

.....

.....

L'objet est situé à une distance **f < OA < 2 f**



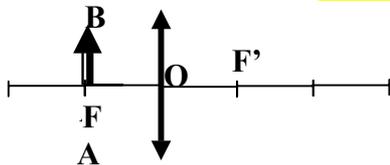
Caractéristiques : l'image A'B' de l'objet AB est :

.....

.....

.....

L'objet est situé à une distance **OA = f**



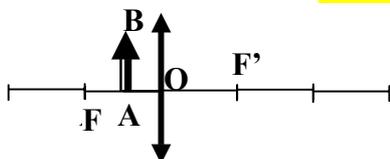
Caractéristiques : l'image A'B' de l'objet AB est :

.....

.....

.....

L'objet est situé à une distance **OA < f**



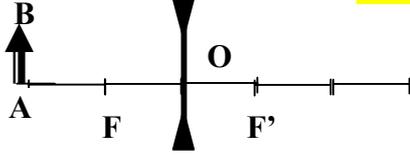
Caractéristiques : l'image A'B' de l'objet AB est :

.....

.....

.....

L'objet est situé à une distance **OA > f**



Caractéristiques : l'image A'B' de l'objet AB est :

.....

.....

.....

.....

#### 4-1 Construction de l'image.

- 4.1-1 Relever les données numériques de l'énoncé et adopter une échelle convenable.
- 4.1-2 Représenter correctement la lentille par son symbole.
- 4.1-3 Indiquer le centre optique O et tracer l'axe optique principal.
- 4.1-4 Placer les foyers F et F' suivant l'échelle adoptée.
- 4.1-5 Placer l'objet comme indiqué dans l'énoncé suivant l'échelle adoptée.

On obtient alors l'image de chaque point de l'objet par la rencontre de deux des trois rayons particuliers issus de ce point.

#### 4-2 Les caractéristiques de l'image.

Caractériser ou donner les caractéristiques d'une image c'est :

- indiquer la nature (réelle ou virtuelle) de l'image.
- préciser la position de l'image (droite ou renversée) par rapport à l'objet.
- comparer la grandeur (taille) de l'image à celle de l'objet.
- calculer l'agrandissement de l'image.
- situer l'image (position de l'image par rapport à celle de l'objet)

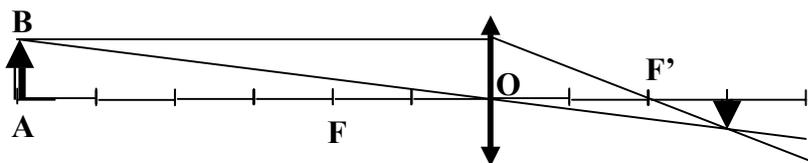
#### Exemple :

Un objet réel AB de hauteur 10 cm est placé perpendiculairement à l'axe optique principal d'une lentille de distance focale  $f = +20$  cm. Le point A est sur l'axe optique principal à 50 cm de son centre optique O.

Construire et caractériser l'image A'B' de l'objet réel AB donnée par cette lentille.

#### Données

$$\left\{ \begin{array}{l} AB = 10 \text{ cm} \\ f = +20 \text{ cm} \\ OA = 60 \text{ cm} \end{array} \right. \quad \text{Echelle: } \frac{1}{10} \quad \left\{ \begin{array}{l} AB = 1 \text{ cm} \\ f = +2 \text{ cm} \\ OA = 6 \text{ cm} \end{array} \right.$$



L'image A'B' de l'objet AB

est :

- Réelle
- Renversée
- Plus petite que l'objet  
( $A'B' = \frac{1}{2} AB$ )

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{1}{2}$$

- sur le côté opposé  
 $OA' = \frac{1}{2} OA$

## 5 - Applications : Quelles utilisations pratiques de lentilles ?

### 5-1 La vision correcte.

La vision d'un objet est correcte quand on image se forme sur la tache jaune située sur la rétine. Cette image est obtenue grâce à la lentille naturelle qu'est le cristallin.

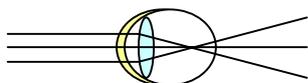
La netteté de l'image est rendue possible grâce à l'accommodation qui permet au cristallin de faire varier sa convergence.

### 5-2 Anomalies et corrections de l'œil.

D'origines diverses des anomalies de la vue adviennent et sont corrigées par le port de lentilles sous forme généralement de verres correcteurs.

#### 5.2-1 La myopie

Le mal : Le cristallin de l'œil myope est trop convergent ; sa distance focale est alors courte : l'image se forme avant la rétine. L'œil voit flou.

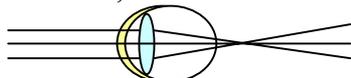


La correction : La correction d'une telle anomalie, la myopie, nécessite le port de lentilles divergentes.



#### 5.2-2 l'hypermétropie

Le mal : L'œil hypermétrope n'est pas assez convergent ; son cristallin a une distance focale longue : l'image se forme derrière la rétine, elle est floue.



La correction : L'hypermétropie se corrige par le port de lentilles convergentes



#### 5.2-3 La presbytie

En vieillissant, le cristallin de l'œil presbyte perd de son élasticité ; son pouvoir d'accommodation diminue : l'image est floue.

Le presbyte comme l'hypermétrope voient nettement les objets éloignés : les personnes atteintes de ces anomalies peuvent conduire leurs voitures sans leurs lunettes de corrections mais ils ne peuvent lire leurs journaux sans correction. La presbytie se corrige avec des lentilles convergentes.

### 5-4 L'appareil photographique.

L'appareil photographique est une chambre noire ayant une pellicule photographique ou film comme écran et un objectif formé de lentilles mobiles à son ouverture réglable.

La netteté de l'image, plus petite que l'objet, sur la pellicule, est obtenue grâce à la translation des lentilles mobiles : c'est la mise au point.

### 5-5 L'appareil de projection.

Un projecteur est un appareil qui, grâce aux lentilles logées dans son objectif, donne d'un objet petit, la diapositive, une image grande sur un écran.

## Dispersion de la lumière blanche

### Situation - problème

Par une après-midi pluvieuse, votre sœur s'émerveille devant la beauté de l'arc-en-ciel qu'elle observe à l'est et vous pose des questions :

- 1) - S'il était, à côté du soleil, ne serait-il pas plus beau ?
- 2) - Pourquoi disparaît-il dès la tombée de la nuit ?
- 3) - Est-ce qu'on peut l'observer en saison sèche ?
- 4) - Quelles sont les couleurs qui sont présentes dans l'arc-en-ciel ?

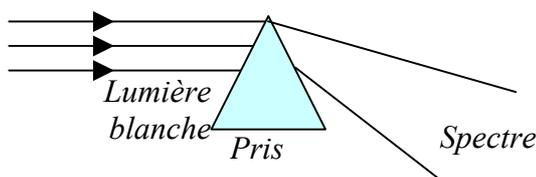
### **1 - Expériences**

#### **1-1 Dispersion par le prisme**

Un prisme est une pyramide en matière transparente à bases rectangulaires non parallèles.

Faisons arriver un faisceau de lumière sur un prisme et observons

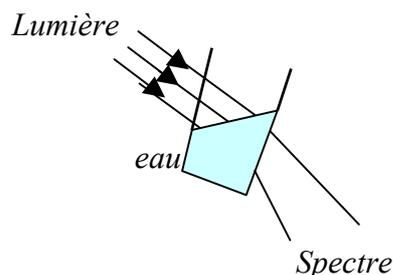
On note l'apparition d'une bande colorée : le spectre de la lumière blanche.



#### **1-2 Dispersion par l'eau.**

Inclinez un verre d'eau à moitié rempli d'eau dans la lumière du soleil et observez.

On voit apparaître le même spectre de la lumière blanche.



#### **1-3 Autres dispersions**

Ce spectre de la lumière blanche est souvent obtenu sous forme de belles irisations avec :

- ⇒ L'arc-en-ciel que l'on observe dans le ciel par temps pluvieux quand nous avons le soleil dans le dos.
- ⇒ Des bulles de savon dans la lumière solaire.
- ⇒ Le bord biseauté d'une règle transparente traversé par une lumière blanche.
- ⇒ Une mince pellicule d'huile dans la lumière du soleil.

### **2 - Le spectre de la lumière blanche**

Elle est une bande colorée ou irisation : c'est à dire une succession de différentes couleurs.

Chacune de ces couleurs correspond à une **lumière monochromatique**.

La lumière blanche, qui leurs a donné naissance, est une **lumière polychromatique**.

#### **2-1 Le spectre visible**

Dans le spectre de la lumière blanche on distingue sept couleurs visibles qui sont (dans l'ordre) : **Le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orange et le rouge**.

## **2-2 Les radiations invisibles du spectre**

Les sept couleurs visibles du spectre sont encadrées par des radiations invisibles dont *l'infrarouge* et *l'ultraviolet*.

**N.B.** Tout dispositif ou système permettant d'obtenir le spectre d'une lumière est un *spectroscope*

## **3 La lumière blanche**

### **3-1 La recombinaison**

La superposition des couleurs du spectre par des dispositifs appropriés tel que le disque de Newton ou une lentille convergente permet d'obtenir une lumière blanche.

### **3-2 Composition**

La lumière blanche émise par le soleil, le filament de la lampe à incandescence, la flamme d'une bougie est composée d'une infinité de radiations lumineuses correspondantes, pour certaines, aux couleurs du spectre.

## **4 Applications**

### **4-1 Couleurs des objets**

La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire : l'objet filtre la lumière, absorbe certaines couleurs et renvoie celles dites être sa couleur.

Un corps éclairé par une lumière blanche est blanc s'il renvoie de manière équitable toutes les couleurs du spectre de la lumière blanche ; il est rouge s'il les absorbe toutes sauf le rouge. IL est noir s'il les absorbe toutes.

**N.B.** Le rouge, le bleu et le vert sont les trois couleurs fondamentales. Elles permettent d'obtenir toutes les autres couleurs. Ce sont elles que l'on retrouve sur l'écran d'un téléviseur couleur.

On appelle filtre une substance colorée qui absorbe plus ou moins certaines radiations.

### **4-2 La température de surface des corps.**

Le spectre émis par un corps dépend de sa température ; il devient lumineux et s'étend de plus en plus vers le violet quand elle augmente. Le soleil, dont la température de surface est de l'ordre de 6000°C nous paraît jaune.

### **4-3 Composition chimique.**

L'étude du spectre permet aussi de connaître la composition d'une substance. C'est ainsi qu'on a pu déterminer la composition des étoiles qui contiennent principalement du dihydrogène mais aussi de l'hélium, du fer, ... **Exemple** : L'élément sodium donne une lumière jaune.

## Notions de force.

### 1- Mise en évidence d'une force.

#### 1-1 Effets dynamiques.

##### 1.1-1 Mouvement d'un corps

L'application d'une force peut se traduire par :

- ⇒ La mise en mouvement d'un objet : le joueur lance la balle.
- ⇒ La modification du mouvement d'un corps : le goal dévie le ballon.

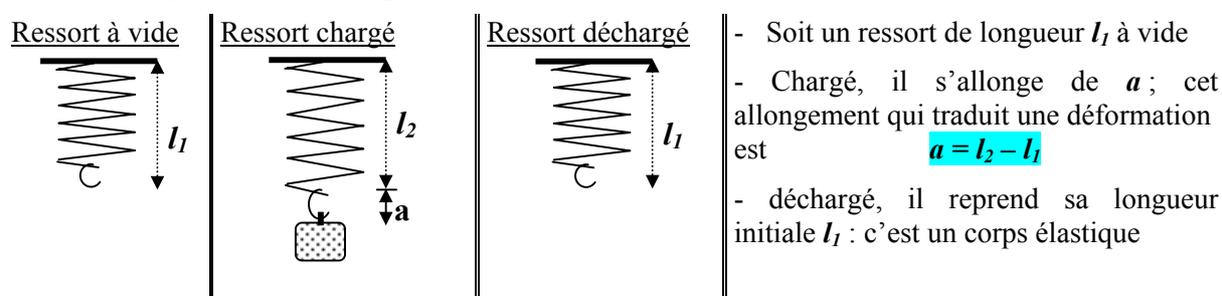
##### 1.1-2 Chute d'un objet

Un objet, abandonné à lui-même, tombe : il va vers la terre. Un objet tombe sous l'effet de son poids : la force d'attraction exercée par la terre sur l'objet. c'est une force de pesanteur.

#### 1-2 Effets statiques

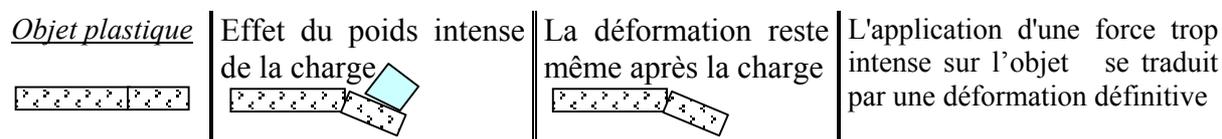
Une force peut engendrer une déformation qui peut être :

##### 1.2-1 Une déformation élastique



La déformation de ce corps élastique est due à une force : le poids de la charge

##### 1.2-2 Une déformation plastique



Exemples : Un grain moulu, une pâte à modeler façonnée...

## 2 Définition de la force

### 2-1 Définition statique.

Une force est toute cause capable de modifier l'état de repos ou de mouvement d'un corps ou de déformer le corps lui-même.

**N.B.** Quand on parle de **force**, il y a toujours **deux corps** : celui qui **l'exerce** et celui qui **la subit**.

### 2-2 Les deux types de forces.

#### 2.1-1 Les forces de contact

La force est une force de contact quand le corps qui l'exerce et celui qui la subit sont en contact direct.

Exemples : Force musculaires, forces de traction, forces de freinage, forces pressantes ...

#### 2.1-2 Forces à distance

Une force à distance existe quand le corps qui l'exerce et celui qui la subit sont distants : ils n'ont aucun contact direct. Exemples : la force de pesanteur : le poids du corps, la force magnétique, les forces électrostatiques...

### 3 Les caractéristiques d'une force

#### 3-1 Le point d'application de la force.

Le **point d'application** d'une force est le point de l'objet sur lequel elle agit. Il correspond :

- ⇒ au **point de contact** pour les forces de contact
- ⇒ au **centre d'inertie** de l'objet pour les forces à distance.

#### 3-2 La droite d'action de la force.

La **droite d'action** est la droite suivant laquelle la force agit.

Elle est toujours dans une direction donnée.

**N.B.** : Il existe trois directions : horizontale, oblique et verticale

#### 3-3 Le sens de la force

Le **sens** d'une force est le sens du mouvement que produirait la force si elle agissait seule.

Le **sens** est une orientation.

#### 3-4 L'intensité de la force.

L'**intensité** de la force est sa valeur numérique exprimée en unités de force. On la détermine avec le **dynamomètre**.

**N.B.** : L'unité internationale de force est le **newton (N)**

### 4 - Représentation graphique d'une force.

#### Exemple pratique

Représenter la force d'intensité 5N exercée horizontalement sur l'extrémité libre d'un ressort couché sur un plan.

Echelle : 2,5 N →



La représentation est le vecteur (d'origine A et d'extrémité B)

$$\vec{F} = \overrightarrow{AB}$$

La force est une grandeur vectorielle : elle a les mêmes caractéristiques que le vecteur. Elle est représentée par le vecteur. On la note par une lettre surmontée d'une flèche

**Exemples**  $\vec{F}$   $\vec{f}$   $\vec{P}$   $\vec{T}$

**N.B.** Sans la flèche, la notation (la lettre sans la flèche) représente l'intensité de la force.

**Exemples** : F ; f ; P ; T...

## Equilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces.

### Situation - problème

Deux groupes d'enfants A et B composés du même nombre d'éléments, jouent à s'attirer chacun un cerceau dans son camp. Ils exercent leurs forces respectives par l'intermédiaire de deux cordes nouées au cerceau dont le poids est négligeable devant les forces appliquées. Ils constatent que la victoire d'un groupe n'est possible qu'avec la défection d'un élément de l'autre groupe.

1 Pourquoi la défection d'un élément d'un groupe entraîne-t-elle la victoire de l'autre ?

2 Sans une défection, comment est le cerceau ?

3 Comparer, à l'aide du tableau d'inventaire, les deux forces appliquées à ce cerceau.

### 1 - Notions d'équilibre

#### 1-1 Exemples

⇒ Le cycliste, sur son vélo, est en équilibre : il est immobile par rapport à celui-ci.

⇒ Pour le receveur, le chauffeur du bus est en équilibre : il est immobile par rapport à lui.

⇒ Le cartable posé sur la table est en équilibre car il est immobile par rapport à celle-ci.

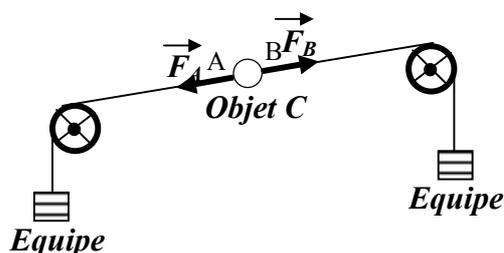
#### 1-2 Définition de l'équilibre d'un solide.

Un solide est en équilibre quand il est immobile par rapport à un repère.

**N.B.** L'équilibre, comme le mouvement, est relatif à un repère.

### 2 - Conditions d'équilibre du solide soumis à deux forces.

#### 2-1 Expériences



Le solide C est en équilibre : il est soumis à l'action de deux forces  $\vec{F}_A$  et  $\vec{F}_B$

#### 2 - Caractéristiques des deux forces $\vec{F}_A$ et $\vec{F}_B$

2.1 **Point d'application** : Les deux forces  $\vec{F}_A$  et  $\vec{F}_B$  ont respectivement appliquées aux points A et B

2.2 **Droite d'action** : Les forces  $\vec{F}_A$  et  $\vec{F}_B$  agissent suivant la même droite (P,N). Elles ont la même droite d'action

2.3 **Sens** : Les forces  $\vec{F}_A$  et  $\vec{F}_B$  ont des sens opposés

2.4 **Intensité** : Les forces  $\vec{F}_A$  et  $\vec{F}_B$  ont la même intensité.  $F_A = F_B$

**N.B.** Deux forces ayant mêmes droites d'actions, mêmes intensités et des sens opposés sont **des forces directement opposées**.

#### Conclusion :

**Un solide, soumis à l'action de deux forces directement opposées, est en équilibre.**

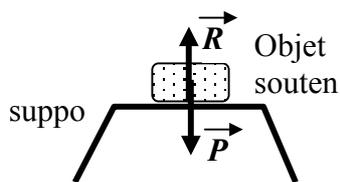
#### Remarque :

Deux forces sont opposées si elles ont même direction, même intensité et des sens opposés.

Des forces directement opposées sont des forces opposées et on note :  $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$

### 3 - Exemples pratiques

#### 3-1 Le corps soutenu



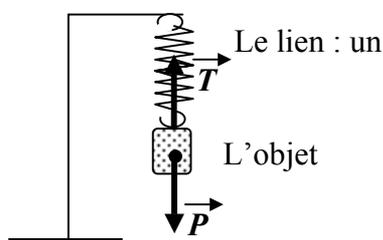
Un corps soutenu est en équilibre car son poids  $\vec{P}$  est directement opposé à la réaction  $\vec{R}$  du support.

**Remarque :**

L'équilibre d'un corps soutenu peut être :

- ⇒ **Stable** : Tout écartement de l'objet de sa position d'équilibre est suivi d'oscillations qui tendent à rétablir l'équilibre.
- ⇒ **Instable** : Un écartement de la position d'équilibre rompt cet équilibre.
- ⇒ **Indifférent** : Toute nouvelle position est une position d'équilibre.

#### 3-2 Le corps suspendu.



L'objet suspendu est en équilibre car son poids  $\vec{P}$  est directement opposé à la tension  $\vec{T}$  du lien (le ressort)

**Méthode conseillée.**

Le tableau d'inventaire de forces est composé de cinq (5) colonnes pour respectivement la force, son point d'application, sa droite d'action, son sens et son intensité. Il permet une comparaison synoptique d'un ensemble de forces évitant ainsi les longues dissertations souvent très confuses.

**Exemple :** dresser le tableau d'inventaire des forces appliquées au corps suspendu ci-dessus.

Caractéristiques / Forces	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité
Poids $\vec{P}$				
Tension $\vec{T}$				

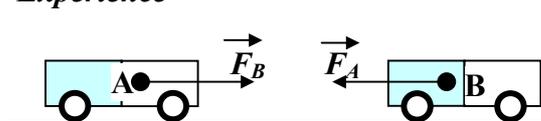
## Principes des actions réciproques

### Situation - problème

Au cours de la battue annuelle d'une région, des jeunes découvrent avec étonnement leur idole le grand chasseur Bouba évanoui à quelques mètres d'un gibier qu'il a abattu avec son fusil couché à ses côtés. Ils se posent alors les questions suivantes :

- 1) - Bouba a-t-il été victime de l'action du gibier ou de son fusil ?
- 2) - Comparer la force qui l'a assommé et celle qui a expédié la balle reçue par le gibier.
- 3) - Comment sont ces actions ?

### 1 – Expérience



Grâce aux aimants, les mobiles A et B interagissent en s'approchant. Ces mouvements résultent des forces :

- ⇒  $\vec{F}_A$  que le mobile A exerce sur le mobile B et
- ⇒  $\vec{F}_B$  que le mobile B exerce sur le mobile A.

Ces deux forces  $\vec{F}_A$  et  $\vec{F}_B$  sont des forces d'actions réciproques.

### Caractéristiques des forces d'actions réciproques

Dresser le tableau d'inventaire des forces appliquées aux deux chariots ci-dessus.

Caractéristiques	Points d'application	Droites d'action	Sens	Intensité
Forces				
Action $\vec{F}_A$				
Réaction $\vec{F}_B$				

Ce sont deux forces appliquées sur des **corps différents** et ayant mêmes intensités, mêmes droites d'actions et des sens opposés : Ce sont des forces directement opposées

**N.B.** Les forces d'interactions sont des forces directement opposées appliquées sur deux **objets différents** qui sont alors en mouvement

### 2 - Principe des actions réciproques.

Quand deux objets interagissent, l'action de l'un et la réaction de l'autre sont des **forces directement opposées**.

**Remarque** : L'action et la réaction sont des actions réciproques qui se produisent simultanément.

### 3 - Applications

Le principe des actions réciproques permet d'interpréter ou d'expliquer de nombreux phénomènes physiques parmi lesquels on peut citer :

- ⇒ La propulsion par réaction des avions et des fusées.
- ⇒ Le recul des armes à feu

## Electrisation par frottement

### Situation - problème

Dimanche, il est 16 h 30 min., Amadou saute de son lit et se rappelle que son équipe de quartier joue dans une quinzaine de minutes. Il constate avec amertume que son pantalon n'avait pas été repassé et se met aussitôt à l'œuvre avec empressement et maladresse. En portant ce pantalon, au repassage forcé, il sent une étreinte au niveau de ses jambes et se pose des questions.

Quel est l'origine de ce phénomène ?

Est-il lié au pantalon ou au repassage de celui-ci ?

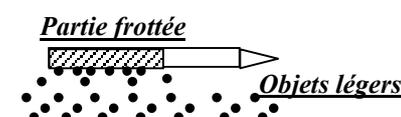
Pourquoi les cheveux de ses jambes se dressent-ils ?

### 1 - Interactions électriques

#### 1-1 Expériences

Frottons un stylo à bille et approchons le d'objets légers (cendres de cigarette, petits morceaux de papiers ...)

On constate que la partie frottée du stylo attire les objets.



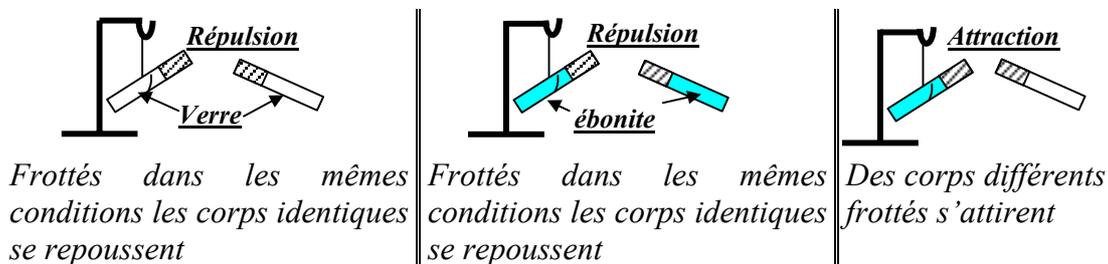
Le même phénomène explique :

- ⇒ Les cheveux qui se collent sur le peigne après usage.
- ⇒ La poussière recouvrant le disque joué
- ⇒ Les vêtements collant après repassage.

### Conclusion :

Tout corps frotté s'électrise. L'électricité qui naît du frottement peut se manifester alors par l'apparition de forces.

#### 1-2 Attraction et répulsion.



Frottés dans les mêmes conditions les corps identiques se repoussent

Frottés dans les mêmes conditions les corps identiques se repoussent

Des corps différents frottés s'attirent

L'expérience montre qu'il n'existe que deux interactions entre des porteurs de charges électriques :

- ⇒ Ils se repoussent quand les électricités sont de même nature.
- ⇒ Ils s'attirent quand ils portent des électricités de natures différentes.

### Conclusions :

Les interactions électriques montrent qu'il existe **deux sortes d'électricités** :

- ⇒ Une électricité **positive (+)** ; celle qui naît sur le verre frotté avec de la laine.
- ⇒ Une électricité **négative (-)** ; celle qui naît sur l'ébonite frotté avec de la fourrure.

### 2 - L'électricité.

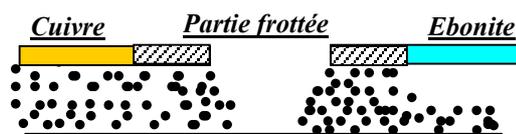
#### 2-1 La charge électrique.

L'électricité est l'ensemble des charges électriques. Le porteur de charges électriques notées ( $q$ ) est une grandeur mesurable dont l'unité est le **coulomb (C)**. La charge  $q$  du porteur, pouvant être positive ( $+q$ ) ou négative ( $-q$ ), est un multiple de la charge élémentaire ( $e$ )  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$$Q = n \cdot e$$

## 2-2 Conducteurs et isolants électriques.

Approchons un bâton de verre et un bâton de cuivre électrisés chacun sur une extrémité, d'objets légers répandus sur la table.



On constate que :

- ⇒ Le verre frotté n'attire les objets légers que sur sa partie frottée : C'est un **isolant électrique**.
- ⇒ Le bâton de cuivre attire les objets légers sur tout son corps même en dehors de la partie frottée : C'est un **conducteur électrique**.

**Conclusion** : L'expérience montre que :

- ⇒ Sur un **conducteur**, les charges électriques se déplacent.
- ⇒ Sur un **isolant**, les charges électriques restent immobiles.

## 3 - Interprétation de l'électrisation par frottement.

**3-1 Structure de la matière** : La matière est faite d'atomes.

**3-2 Constitution d'un atome** : Un atome est constitué :

- ⇒ **d'un noyau central** chargé positivement (+) dans lequel on trouve plusieurs particules (les nucléons) dont les **protons** qui sont des charges élémentaires positives notées  $e^+ = +1,6 \cdot 10^{-19}C$ .
- ⇒ **d'électrons** qui sont des charges élémentaires négatives qui gravitent autour du noyau dans un désordre ordonné. On les note  $e^- = -1,6 \cdot 10^{-19}C$ .

**N.B.** Un atome, dans son état normal, est électriquement neutre. Il n'est pas porteur de charges électriques : le nombre de protons dans le noyau est égal au nombre d'électrons qui gravitent autour de ce noyau..

$$n \cdot e^+ = n \cdot e^-$$

### 3-2 Formation d'ions

En frottant une matière, ses atomes deviennent des porteurs de charges électriques par la perte ou le gain d'électrons.

Atomes	Bilan de l'échange électronique		Ions
	Nombre d'électrons gagnés	Nombre d'électrons perdus	
H		$- 1 e^{-1}$	$H^+$
Cl	$+1 e^{-1}$		$Cl^{-1}$
Na		$- 1 e^{-1}$	$Na^{+1}$
O	$+ 2 e^{-1}$		$O^{2-}$
Ca		$- 2 e^{-1}$	$Ca^{2+}$
Al	$+3 e^{-1}$		$Al^{3+}$
N		$+3 e^{-1}$	$N^{3-}$

Un ion est atome ou un groupe d'atomes ayant gagné ou perdu un ou des électrons.

- ⇒ Il est un **porteur positif** s'il subit une perte d'électrons : On l'appelle **cation**.
- ⇒ Il est un **porteur négatif** s'il subit un gain d'électrons : On l'appelle **anion**.

**Conclusion** :

L'électrisation par frottement est un simple transfert d'électrons donc une formation d'ions.

## Le courant électrique

### Situation - problème

Après une pluie abondante dans la région, un journal rapporte qu'un enfant s'est tué par électrocution en traversant un courant d'eau qui déverse ses eaux de ruissellement dans un lac artificiel. C'est à une cinquantaine de mètres du lieu de l'accident qu'il a été remarqué un fil électrique tombé dans l'eau.. Comment peut-on expliquer ce phénomène ?

### 1- Définition

Le courant électrique est un mouvement d'ensemble d'électricité. Il peut être :

- ⇒ **Continu** si ce mouvement a lieu continuellement dans le même sens. (-)
- ⇒ **Alternatif** si le mouvement s'effectue alternativement dans un sens et dans l'autre. (~)

**N.B.** Le courant continu a un sens : On dit qu'il est polarisé contrairement au courant alternatif.

### 1-1 La quantité d'électricité.

Les porteurs de charges en mouvement transportent une quantité d'électricité  $q$  multiple de la charge électrique  $e$

$$q = n \cdot e$$

### 1-2 L'intensité du courant électrique

#### 1.2-1 Expressions

L'intensité  $I$  du courant électrique mesure la quantité d'électricité  $q$  par unité de temps  $t$ .

$$I = \frac{q}{t} \quad q = n \cdot e \quad \Rightarrow \quad I = \frac{n \cdot e}{t}$$

#### 1.2-2 Mesure.

On détermine l'intensité  $I$  d'un courant électrique à l'aide d'un **ampèremètre** qui est toujours monté en **série** dans le circuit

### 1-3 Unités.

L'unité internationale d'intensité du courant électrique est l'**ampère** (A). Il a principalement des sous multiples et des multiples plus rarement utilisés

**N.B.** Les porteurs de charges électriques sont :

- ⇒ Des électrons dans les conducteurs métalliques.
- ⇒ Des ions dans les électrolytes.

## 2 - Le circuit électrique

C'est le chemin que suit le courant électrique pour aller du générateur aux récepteurs à travers les fils conducteurs.

### 2-1 Les générateurs de courant électrique.

Ce sont des dispositifs électriques qui entretiennent le courant. Il existe divers générateurs électriques :

- ⇒ Pile, batterie d'accumulateurs..., ils fournissent du **courant continu**.
- ⇒ Alternateur, génératrice de vélo..., ils fournissent un **courant variable**.

Quelque soit sa nature, un générateur a toujours deux bornes : c'est un **dipôle actif**.

### 2-2 Les récepteurs électriques.

Ce sont les autres appareils du circuit que le courant électrique fait fonctionner

Quelque soit sa nature, un récepteur électrique a toujours deux bornes : c'est un **dipôle passif**.

### 2-3 Les fils électriques.

Ce sont les fils conducteurs qui relient les différents appareils d'un circuit ; ils permettent le passage du courant. On les appelle aussi les fils de connexions.

**2-4 - Le montage électrique.**

Le montage électrique est la réalisation pratique d'un circuit électrique. Il peut être :

- ⇒ Un montage en **série**. Le courant électrique est partout le même : des appareils en série sont parcourus par le même courant.
- ⇒ Un montage en **parallèle** (en **dérivation**) Des appareils montés en parallèle ou en dérivation sont à la même tension électrique.

**4 – Sens du courant électrique**

**4-1 le courant électrique a un sens**

Des phénomènes tels que l'électrolyse, des mouvements d'origine électrique. montrent que le courant électrique a un sens.

**4-2 le sens conventionnel**

Le sens conventionnel du courant est tel qu'il sort par la borne positive et entre par la borne négative du générateur.

**5 - Quelques grandeurs électriques :**

Dans un circuit électrique, on peut mesurer des grandeurs tel que :

Grandeurs	Appareils de mesures	Unité (SI)	Notations
Intensité	Ampèremètre	Ampère : <i>A</i>	<i>I</i>
Tension	Voltmètre	Volt : <i>V</i>	<i>U</i>
Puissance électrique		Watt : <i>W</i>	$P = U \times I$
Energie électrique		Joule : <i>J</i>	$E = P.t = U.I.t$

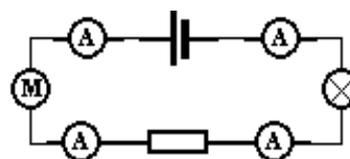
De nos jours, les appareils de mesures électriques sont de plus en plus à affichage numériques ; il en existe encore à aiguille

$$\text{Valeur mesurée} = \frac{\text{calibre} \times \text{lecture}}{\text{graduations}}$$

**5 - L'intensité dans le circuit**

**5-1 Loi d'unicité.**

L'expérience montre que dans le circuit série, le courant électrique est partout le même : Son intensité *I* est constante ; l'ampèremètre donne la même valeur aux différents endroits.

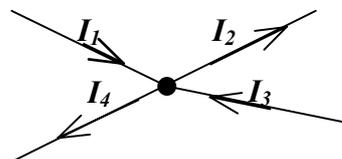


**5-2 Loi des nœuds**

On appelle nœud le point de raccordement d'au moins trois branchements.

L'intensité des courants qui arrivent à un nœud est toujours égale celle des courants qui en partent.

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$



## La résistance électrique

### Situation - problème.

Au cours d'une séance de TP, un groupe d'élèves, en montant une lampe aux bornes d'un générateur remarque :

⇒ La lampe brille moins quand ils utilisent un fil mince.

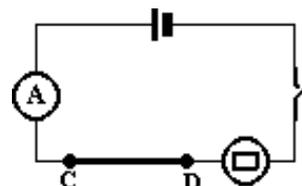
⇒ Qu'en mettant ensemble 2, 3, ...10 fils la lampe brille davantage.

Ces élèves cherchent à comprendre ce phénomène physique. Expliquer.

### 1 - Etude expérimentale

Dans le montage ci-contre où un générateur alimente une lampe (de poche), intercalons différents conducteurs entre C et D.

L'ampèremètre placé dans le montage montre que l'intensité du courant qui passe dépend du conducteur placé.



### 2 - Conclusions

Tout conducteur possède une résistance électrique  $R$  qui est sa manière de résister au passage du courant électrique.

### 3 - Unité de mesure.

L'unité internationale de résistance électrique est **l'ohm ( $\Omega$ )**, il a des multiples et sous multiples.

### 4 - Appareil de mesure

L'appareil de mesure de la résistance électrique est l'ohmmètre. Il est mis en parallèle avec le conducteur non alimenté dont on veut connaître la résistance.

### 5 - La résistance d'un fil homogène

#### Rappels :

Un fil, généralement cylindrique, a pour dimensions :

⇒ Une longueur  $l$ .

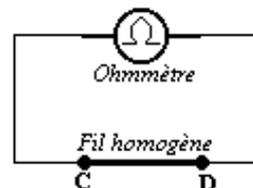
⇒ Un diamètre  $d$  qui est le double de son rayon  $r$  ;  $d = 2r$ .

Sa section  $S$  est la surface de base qui est un disque  $S = \pi r^2$  ou  $S = \pi \frac{d^2}{4}$

#### 5-1 Etude expérimentale

##### 5.1-1 Mesure de la résistance $R$ d'un fil.

Mesurons, à l'aide d'un ohmmètre, les résistances respectives de fils ayant :



#### a) Même nature, même section et des longueurs différentes $l_1 ; l_2 ; l_3...$

L'expérience montre que si  $l_1 = 2 l_2 = 3 l_3$  alors  $R_1 = 2R_2 = 3R_3$

**b) Même nature, même longueur et des sections différentes  $S_1 ; S_2 ; S_3 \dots$**

L'expérience montre que si  $S_1 = 2 S_2 = 3 S_3$  alors  $R_1 = \frac{R_2}{2} = \frac{R_3}{3}$

**c) Même longueur, même section et de natures différentes.**

Les résistances respectives de fils de mêmes dimensions de natures différentes ont des valeurs différentes.

**5.1-2 Conclusions.**

**a) Résistance et longueur du fil.**

La résistance  $R$  d'un fil homogène est proportionnelle à sa longueur  $l$ .

**c) Résistance et section du fil.**

La résistance  $R$  d'un fil homogène est proportionnelle à l'inverse de sa section  $\frac{1}{S}$

**d) Résistance et nature du fil.**

La résistance  $R$  dépend de la nature du fil caractérisée par sa résistivité  $\rho$  : elle est proportionnelle à cette résistance  $\rho$ .

**5 -2 Expression de la résistance d'un fil homogène.**

La résistance  $R$  d'un fil homogène à section constante  $S$  est égale au produit de sa résistivité  $\rho$  par sa longueur  $l$  que divise sa section  $S$ .

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

**Conséquence** : Unité de la résistivité  $\rho$ .

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

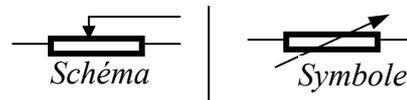
$$\begin{aligned} R &= 1 \Omega \\ S &= 1 \text{ m}^2 \\ l &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1 \Omega \cdot 1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} = 1 \Omega \text{ m}$$

La résistivité s'exprime en **ohm-mètre ( $\Omega \text{ m}$ )**.

**6 - La résistance variable.**

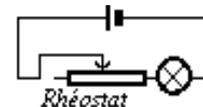
C'est un conducteur dont la résistance  $R$  varie plus généralement avec la longueur du fil qui le constitue. Il est noté :



Suivant son montage dans un circuit électrique, la résistance variable est appelée :

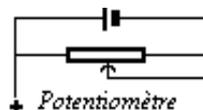
**6-1 Un rhéostat**

Un rhéostat est une résistance variable montée en série dans un circuit. Il permet de régler l'intensité du courant électrique dans le circuit.



**6-2 Un potentiomètre.**

Un potentiomètre est une résistance variable montée en parallèle dans le circuit. Il permet de régler la tension électrique



## La loi d'Ohm

### 1 - Etude de la loi

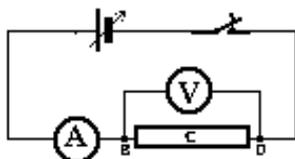
#### 1-1 Montage expérimental

Le montage comprend :

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un générateur</li> <li>▪ Un rhéostat</li> <li>▪ Un conducteur ohmique</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ des fils de connexion</li> <li>▪ un interrupteur</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un voltmètre.</li> <li>▪ Un ampèremètre</li> </ul> |
|---|--|---|

**N.B.** Un conducteur *ohmique* est un conducteur qui transforme l'énergie électrique en chaleur.

**Exemples** : le résistor, le fer à repasser, le réchaud, le radiateur...



Donnons différentes valeurs à  $U_{BD}$  aux bornes du conducteur ohmique et notons, pour chacune d'elles la valeur correspondante de l'intensité du courant qui traverse alors le conducteur C

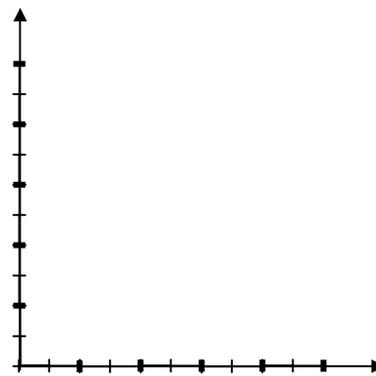
#### 1-2 Résultats expérimentaux.

$U (V)$					
$I (mA)$					

#### 1-3 Interprétation.

Traçons la courbe représentative des différents couples (U, I) du conducteur C en portant les valeurs de I en abscisse et celles de U en ordonnée.

**N.B.** Choisir une échelle convenable compte tenu des résultats de l'expérience.



La courbe ainsi obtenue, appelée caractéristique intensité - tension du conducteur C, est une droite passant par l'origine O du repère. Elle représente une fonction linéaire de la forme :

$$U = R \cdot I$$

Le coefficient directeur **R** de cette fonction représente la résistance du conducteur ohmique C.

### 2 - La loi d'Ohm

#### 2-1 L'énoncé.

La tension **U** aux bornes d'un conducteur ohmique est égale au produit de sa résistance **R** par l'intensité **I** du courant qui le traverse.

#### 2-2 Conséquences.

2.2-1 Puissance électrique dissipée par un conducteur ohmique.

La puissance électrique d'un conducteur quelconque est donnée par

$$P = U \cdot I$$

Pour un conducteur ohmique

$$U = R \cdot I$$

Donc

$$P = RI \times I = RI^2$$

La **puissance électrique** dissipée par un conducteur ohmique est égale au produit de sa résistance **R** par le carré de l'intensité **I** du courant qui la traverse.

$$\mathbf{P = R \cdot I^2}$$

2.2-2 *L'énergie électrique* du conducteur ohmique.

L'énergie mise en jeu par un conducteur quelconque.

$$\mathbf{E = U \cdot I \cdot t}$$

Pour le conducteur ohmique, nous savons que

$$\mathbf{U = R \cdot I}$$

Donc son énergie électrique est donnée par

$$\mathbf{E = R \cdot I \times I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t}$$

L'énergie électrique consommée par un conducteur ohmique est égale au produit de sa résistance **R** par le carré de l'intensité **I** du courant qui le traverse que multiplie la durée **t** de son fonctionnement.

$$\mathbf{E = R \cdot I^2 \cdot t}$$

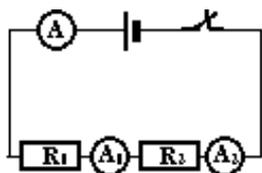
## Associations de conducteurs ohmiques

### Situation - problème

Pour réaliser les  $13.2 \Omega$  devant protéger la lampe témoin de l'alarme de sa maison, un électricien ne dispose que de deux conducteurs de résistances respectives  $R_1 = 22 \Omega$  et  $R_2 = 33 \Omega$ . Quel montage devra-t-il réaliser pour répondre à cette exigence du constructeur ?

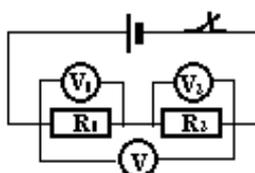
### 1 - Conducteurs en série

#### 1-1 Rappels.



Dans un circuit - série, le courant est partout le même : l'intensité du courant est constante

$$I = I_1 = I_2$$



La tension aux bornes d'un groupement en série est égale à la somme des tensions

$$U = U_1 + U_2$$

#### 1-2 La résistance équivalente du groupement.

On vérifie à l'ohmmètre que la résistance  $R_e$  du groupement que l'on appelle *résistance équivalente* est égale à la somme des résistances respectives des conducteurs en série.

$$R_e = R_1 + R_2$$

#### N.B. Vérification théorique.

Appliquons la loi d'ohm au circuit.

$$U = R_e \cdot I$$

Or nous savons que

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 ; U_2 = R_2 \cdot I_2$$

Et que

$$U = U_1 + U_2$$

Que l'on peut écrire

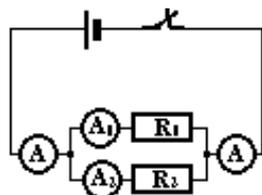
$$R_e \cdot I = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 = (R_1 + R_2) I$$

On trouve donc

$$R_e = R_1 + R_2$$

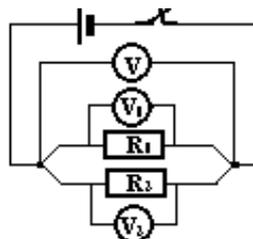
### 2 - Conducteurs en parallèle

#### 2-1 Rappels.



Dans un groupement en parallèle, l'intensité du courant principal est égale à la somme des intensités des courants circulant dans chacune des dérivations.

$$I = I_1 + I_2$$



Dans un groupement en parallèle, la tension est la même aux bornes des différentes dérivations

$$U = U_1 = U_2$$

#### 2-2 La résistance équivalente à un groupement de conducteurs en parallèle.

La mesure à l'ohmmètre montre que la *résistance équivalente* est inférieure à la plus petite des résistances respectives des conducteurs associés en parallèle.

#### N.B. Expression théorique

En appliquant la loi d'ohm, on trouve

$$I = \frac{U}{R_e} ; I_1 = \frac{U}{R_1} ; I_2 = \frac{U}{R_2}$$

Nous savons que

$$I = I_1 + I_2$$

Qu'on peut alors écrire :

$$\frac{U}{R_e} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Ce qui donne :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

**Remarque** : La résistance équivalente est celle du conducteur équivalent. Le conducteur équivalent est le conducteur qui, mis à la place du groupement, ne modifie ni la tension ni le courant dans le circuit.

## Energie et rendement

### 1 - Définition de l'énergie

Un système possède de l'énergie quand il peut produire un travail.

**N.B.** L'énergie **E** d'un système se mesure par le travail qu'il peut fournir.

$$E = W$$

### 2 - Unités d'énergie

L'unité internationale d'énergie est le joule J.

#### Remarques :

Certaines formes d'énergies sont quelquefois exprimées en des unités pratiques :

⇒ Le kilowattheure **kWh** pour l'énergie électrique.

$$\begin{aligned} 1kwh &= 10^3 wh \\ 1wh &= 1 w \times 1h = 1w \times 3600 s \\ 1 wh &= 3600 J. \end{aligned}$$

⇒ La calorie **cal** pour l'énergie calorifique (elle est en voie de disparition). **1cal = 4,18 J.**

### 3 - Les formes d'énergies

#### 3-1 L'énergie mécanique.

##### 3.1-1 L'énergie cinétique.

L'énergie cinétique **Ec** est celle que le corps acquiert dans le mouvement. Cette énergie est fonction de la vitesse **v** et de la masse **m** du corps.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

##### 3.1-2 L'énergie potentielle.

L'énergie potentielle **Ep** d'un système est celle qu'il possède à cause d'une contrainte. On distingue :

⇒ **L'énergie potentielle de pesanteur.**

L'énergie potentielle de pesanteur est celle que possède un objet suspendu. Laisse à lui même cet objet effectue un travail par son poids. Elle est fonction de la hauteur.

$$E_p = P.h = m.g.h$$

⇒ **L'énergie potentielle élastique.**

L'énergie potentielle élastique est l'énergie emmagasinée par un corps élastique contraint. Cette contrainte peut être une compression ou un étirement.

#### Conclusion : L'énergie mécanique.

L'énergie mécanique **Em** d'un système est l'ensemble de son énergie cinétique **Ec** et de son énergie potentielle **Ep**.

$$E_m = E_c + E_p.$$

#### 3-2 L'énergie calorifique

L'énergie calorifique ou thermique est la chaleur que possède un système. Elle peut être entièrement ou partiellement transformée en chaleur.

#### 3-3 L'énergie électrique

##### 3.3-1 Aspect général.

L'énergie électrique d'un appareil est égale au produit de sa puissance électrique **P** par la durée de son fonctionnement.

$$E = P.t \quad (1)$$

La puissance **P** d'un appareil électrique est donnée par :

$$P = U.I$$

L'égalité (1) peut s'écrire

$$E = U.I.t$$

##### 3.3-2 L'effet - Joule

#### a) - Définition .

On appelle effet-Joule, le dégagement de chaleur qui accompagne toujours le passage du courant électrique dans un conducteur.

**b) - Loi de Joule.**

L'énergie électrique s'écrit

$$E = W = U.I.t$$

Pour le conducteur ohmique parcouru par un courant électrique  $U = R.I$  (d'après la loi d'ohm)

L'énergie calorifique, que le conducteur peut alors dégager, s'écrit :

$$E = W = R.I^2.t$$

**Enoncé de la loi de joule :**

La quantité de chaleur dégagée dans un conducteur par le passage d'un courant électrique est :  
 proportionnelle au temps  $t$  de passage du courant.  
 proportionnelle au carré de l'intensité  $I$  du courant.  
 variable avec la résistance  $R$  du conducteur.

$$E = W = R.I^2.t$$

**c) - Applications de l'effet - Joule**

L'effet - Joule a plusieurs applications pratiques dont la lampe à incandescence, le radiateur, le fusible, le thermoplongeur, le réchaud électrique...

**3-4 L'énergie lumineuse.**

L'énergie lumineuse est celle que transporte un faisceau de lumière.

**3-5 L'énergie chimique.**

Un système possède de l'énergie chimique lorsqu'il peut fournir un travail à partir d'une réaction chimique. Exemples : Le moteur à explosion, la cartouche de dynamite, le mélange tonnant.

**4 - Transformations d'énergies**

**4-1 Principe de la conservation de l'énergie.**

L'énergie ne peut ni se perdre ni se créer ; elle se transforme : Toute énergie qui apparaît sous une forme est le résultat de la transformation d'une énergie équivalente sous une autre forme.

**4-2 Exemples de transformations.**

**4.2-1 Energie mécanique ⇔ Energie électrique**

- La rotation (énergie cinétique) d'une génératrice de vélo fournit du courant (énergie électrique)
- Branché sur le secteur (énergie électrique) le ventilateur tourne (énergie cinétique).

**4.2-2 Energie calorifique ⇔ Energie mécanique.**

- Le fonctionnement de la machine à vapeurs (énergie calorifique) a permis à d'anciens bateaux, trains... de se déplacer (énergie mécanique)
- Le frottement d'un brin d'allumette (énergie cinétique) enflamme ce dernier (énergie calorifique)

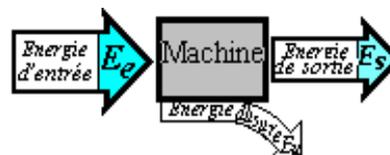
**5 – Rendement.**

**5-1 Fonctionnement d'une machine**

Une machine, pour fonctionner, transforme une énergie d'entrée ou énergie reçue  $E_e$  en une autre forme d'énergie appelée énergie de sortie ou énergie utile  $E_s$ .

L'usure inévitable de la machine rend toujours l'énergie de sortie inférieure à l'énergie d'entrée.

$$E_e = E_s + E_u$$



**5-2 Le rendement d'une machine.**

On appelle rendement d'une machine le rapport de l'énergie de sortie  $E_s$  sur l'énergie d'entrée  $E_e$

$$r = \frac{E_s}{E_e}$$

Le rendement  $r$  est un nombre abstrait (sans unité)

**N.B.** le rendement d'une machine est toujours inférieur à l'unité à cause de l'énergie ***E<sub>u</sub>*** consommée par l'usure qui peut être : les frottements des pièces mobiles, les échauffements dus aux frottements...

$$0 < r < 1.$$

**Remarque** L'énergie étant proportionnelle à la puissance, le rendement d'une machine est aussi égale au rapport de la puissance de sortie ***P<sub>s</sub>*** sur la puissance d'entrée ***P<sub>e</sub>***

$$R = \frac{P_s}{P_e}$$

## La calorimétrie

### Situation - problème.

Pour faire une tisane tiède à son enfant malade, une maman ajoute aux 400 g d'eau à 75 °C contenu dans un pot, 200 g d'un jus à 20 °C. La maman appelle alors la sœur de l'enfant et lui pose les questions suivantes :

Dans le mélange obtenu que perd ou gagne chacun des corps mélangés ?

A quelle température se trouvait le pot qui contenait l'eau avant le mélange ?

Quelle est la température de la tisane obtenue ?

### **1 - Introduction.**

La calorimétrie est la mesure de la quantité de chaleur  $Q$  reçue ( $+Q$ ) ou cédée ( $-Q$ ) par un corps.

**N.B.** Un échange de chaleur peut se traduire entre autre par une variation de température ou changement d'état. Dans la suite, la chaleur échangée ne change pas l'état physique du corps.

### **2 - La quantité de chaleur échangée.**

#### **2-1 Quantité de chaleur et variation de la température.**

L'expérience montre que la quantité de chaleur  $Q$  reçue ou cédée par un corps est proportionnelle à la variation de sa température  $\Delta t$ .

**Remarque** La variation de température d'un corps est égale à la différence entre sa température finale  $t_f$  et sa température initiale  $t_i$

$$\Delta t = t_f - t_i$$

#### **2-2 Quantité de chaleur masse du corps.**

La quantité de chaleur  $Q$  reçue ou cédée par un corps dépend de sa masse  $m$ .

#### **2-3 Quantité de chaleur et chaleur massique du corps.**

La quantité de chaleur reçue ou cédée par un corps dépend de la nature du corps. La nature du corps, dans ce cas, est caractérisée par sa chaleur massique  $c$ . **Exemple** : la chaleur massique de l'eau est :

$$c = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}.$$

#### **Expression de la quantité de chaleur échangée.**

La quantité de chaleur  $Q$  reçue ou cédée par un corps dont l'état physique ne change pas est égale au produit de sa masse  $m$  par sa chaleur massique  $c$  que multiplie la variation de sa température  $\Delta t$ .

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = m \cdot c (t_f - t_i)$$

#### **2-4 Unités.**

L'unité internationale de chaleur est le **joule J**.

La masse est kg.

La chaleur massique  $c$  en  $\text{Jkg}^{-1}\text{C}^\circ$  or  $1^\circ\text{K} = 1^\circ\text{C}$  on a aussi  $c$  en  $\text{J/kg}^\circ\text{C}$

La variation de température  $\Delta t$  est  $^\circ\text{K}$  donc en  $^\circ\text{C}$ .

### **3 - Température d'équilibre d'un mélange.**

#### **3-1 Bilan de l'échange thermique.**

En mélangeant des corps de températures différentes, leur échange de chaleur aboutit à un équilibre thermique. Les corps chauds se refroidissent en cédant de la chaleur ( $-Q_1$ ) : leur température initiale baissent ; les corps froids s'échauffent en gagnant de la chaleur ( $+Q_2$ ) : leur température initiale augmente.

$$-Q_1 = +Q_2$$

#### **3-2 La température d'équilibre.**

A l'équilibre thermique, le mélange a une seule température  $t_{eq}$  appelée température d'équilibre du mélange. Cette température d'équilibre est aussi la température finale de chacun des corps mélangés.

**Remarque.**

Le calorimètre et ses accessoires (thermomètre, agitateur...) participent aussi à l'équilibre thermique. Quand cette participation n'est pas négligée, alors, on donne souvent sa valeur en eau qui est une masse d'eau qui aurait eu la même participation thermique.

**Exemple pratique.**

Un bloc métallique de masse  $m_1 = 400 \text{ g}$  et de chaleur massique  $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$  a une température de  $80^\circ\text{C}$ . On le plonge dans une masse d'eau  $m_2 = 500 \text{ g}$  à la température  $t_2 = 34^\circ\text{C}$ . Trouver la température du mélange obtenu.

La quantité de chaleur cédée par le corps le bloc métallique est :

$$Q_1 = m_1 c_1 (t_{f1} - t_{i1})$$

$$m_1 = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg}$$

$$c_1 = 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C} = 0,5 \times 4180 \times 103 \text{ J/kg}^\circ\text{C} = 2090 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$t_{f1} = t_{eq} ?$$

$$t_{i1} = 80^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 0,4 \times 2090 (t_{eq} - 80) = (836 t_{eq} - 66880) \text{ J}$$

La quantité de chaleur reçue par le corps froid est :

$$Q_2 = m_2 c_2 (t_{f2} - t_{i2})$$

$$m_2 = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$$

$$c_2 = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$t_{f2} = t_{eq} ?$$

$$Q_2 = 0,5 \times 4180 (t_{eq} - 34) = (2090 t_{eq} - 71060) \text{ J}$$

**A l'équilibre**

$$-Q_1 = +Q_2$$

$$-836 t_{eq} + 66880 = 2090 t_{eq} - 71060$$

$$\Leftrightarrow 2926 t_{eq} = 137940$$

La température d'équilibre du mélange est de :

$$t_{eq} = \frac{137940}{2926} = 47,14^\circ\text{C}.$$