

COURS DE PHYSIQUES

CLASSE 9^{ème} ANNEE

Sommaire

I. STATIQUE

- Le poids d'un corps – la verticale
- Notion de Force, caractéristiques, représentation, unité
- Principe des actions réciproques
- Equilibre d'un corps soumis à deux forces – loi
- Variation du poids d'un corps avec l'altitude et la latitude
- Relation entre poids et masse

II. ENERGIE

- Travail d'une force – unité
- Notion de puissance – unité
- Les leviers, la poulie, le treuil : description, et principe de fonctionnement et condition d'équilibre
- Rappels sur les quantités de chaleur
- Transformation réciproque du travail mécanique en chaleur
- Moteurs thermiques (machine à vapeur) – moteur à explosion – notion de rendement.

III. ELECTRICITE

- Rappels de la notion d'intensité du courant
- Quantité d'électricité- unité
- Electrolyse : étude qualitative et quantitative
- Lois de Faraday : applications Industrielles
- Effet joule : applications de l'effet joule
- Résistances
- Associations en série et en parallèle de résistance

Le Poids d'un corps

I. Définition :

Le poids d'un corps est l'attraction que la terre exerce sur ce corps.

En un lieu le poids d'un corps est proportionnel à la quantité de matière que ce corps contient.

Tout poids est aussi appelé **Force de pesanteur**.

II. Les Caractéristiques du vecteur poids d'un corps :

Comme tout vecteur, les caractéristiques du vecteur poids $\vec{P}$ d'un corps sont :

-La direction

-Le point d'application

-Le sens

-L'intensité

1. La direction : c'est une verticale qui passe par le centre de gravité de la terre.

2. Le point d'application : c'est le centre de gravité (ou centre de masse) de ce corps.

3. Le sens : le poids d'un corps est une force verticale dirigée **vers le bas**.

4. L'intensité du poids : c'est la mesure de la grandeur du poids.

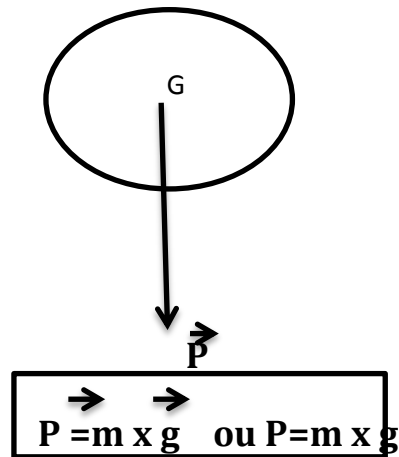
III. Unité de mesure de l'intensité du poids d'un corps :

L'unité de l'intensité du poids d'un corps dans le système international est le **Newton** symbole **N**.

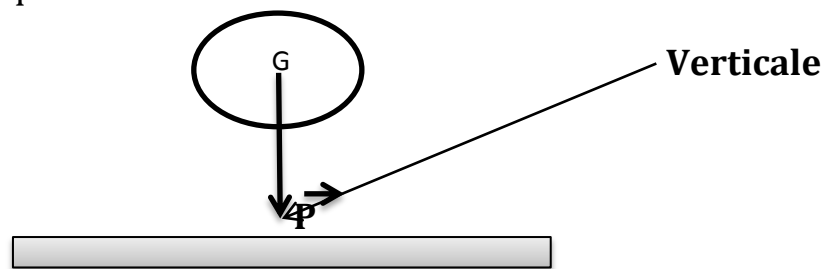
L'instrument de mesure est le **Dynamomètre**.

IV. Représentation du vecteur poids d'un corps :

Le vecteur poids d'un corps est représenté par $\vec{P}$



V. La verticale du poids d'un corps : la verticale est la droite rectiligne suivie par un corps qui tombe en chute libre.



Exercice d'application : un ressort s'allonge de 375mm sous l'action d'un poids de 100N et 392mm sous l'action d'un poids de 150N.

Calcule les allongements qui produisent un poids de 9N.

Solution :

L'allongement du ressort de 100N est :

$$\begin{array}{lcl}
 100\text{N} & \longrightarrow & 327\text{mm} \\
 9\text{N} & \longrightarrow & X \\
 & & x = \frac{9\text{N} \times 327\text{mm}}{100\text{N}} = 29,43\text{mm}
 \end{array}$$

$A_1 = 29,43\text{mm}$

L'allongement du ressort de 150N est:

$$\begin{array}{lcl}
 150\text{N} & \longrightarrow & 392\text{mm}
 \end{array}$$

9N $\longrightarrow$

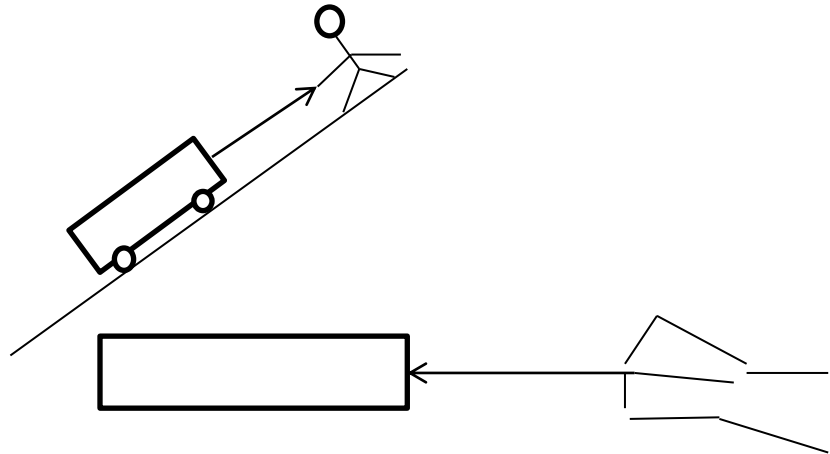
$$x = \frac{9\text{N} \times 392\text{mm}}{100\text{N}} = 23,52\text{mm}$$

$$A_2 = 23,52\text{mm}$$

Notion de force :Caractéristiques-Représentation-Unité :

I. Notion de force :

1. Effet dynamique :



Une Force peut en mouvement un corps ou modifier sa trajectoire. Ces manifestations des forces sont leurs effets dynamiques.

2. Effets statiques:

Tirons dans le sens de la flèche une lame d'acier AB solidement fixé dans un étui. Elle fléchit et prend la position AB tachons après avoir effectué quelque oscillations la lame revient à la position AB.

Conclusion : une force peut donc aussi produire la déformation des corps sur lesquels elle agit.

Ces manifestations des forces sont leurs effets statiques.

3. Définition : on appelle force toute action capable :

- de mettre un solide en mouvement (effet dynamique)
- ou de modifier le mouvement du solide (effet dynamique)
- ou de provoquer la déformation d'un objet élastique ou de maintenir un solide en équilibre.

II. Différentes sortes de forces :

Il existe deux sortes de forces : les forces de contact et les forces à distance.

1. Les forces de contact : les forces de contact appliquées à un solide sont celles qui se manifestent que ce solide est en contact avec un autre objet.

Exemples : les forces élastiques, musculaires, pressantes, et de frottements.

2. Les forces à distances : sont des forces qui s'appliquent sur un solide sans que celui-ci soit en contact avec les objets qui créent ces forces.

Exemple : forces électriques, magnétiques, et de pesanteur.

III. **Caractéristiques d'une force** : une force a donc pour caractéristiques :

- Le point d'application
- Le sens
- La direction (droite d'action ou support)
- L'intensité.

IV. **Représentation d'un vecteur forces** : une force est représentée par un vecteur noté $\vec{F}$. Ce vecteur a :

- Pour origine le point d'application de la force,
- Pour support la droite d'action de la force,
- Pour le sens, celui de la force,
- Une longueur, proportionnelle à l'intensité F de la force.

V. **Unité de la force** : l'unité de la force dans le système international (SI) est le **Newton (N)**. L'instrument de mesure est le **Dynamomètre**.

$$1\text{Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$$1\text{N} = 10,2\text{gf}$$

Exercice : des vecteurs respectivement 3,5cm et 7cm. Calcule les intensités des forces qu'il représente sachant que l'échelle adoptée est 1cm pour 5N

Solution :

Les intensités des forces sont :

-Intensité I_1 :

1cm $\longrightarrow$ 5N $\parallel$
3,5cm $\longrightarrow$ x $\parallel$ $x = \frac{3,5\text{cm} \times 5\text{N}}{1\text{cm}} = 17,5\text{N}$ $I_1 = 17,5\text{N}$
Intensité I_2 :

1cm $\longrightarrow$ 5N $\parallel$
7cm $\longrightarrow$ x $\parallel$ $x = \frac{7\text{cm} \times 5\text{N}}{1\text{cm}} = 35\text{N}$
 $I_2 = 35\text{N}$

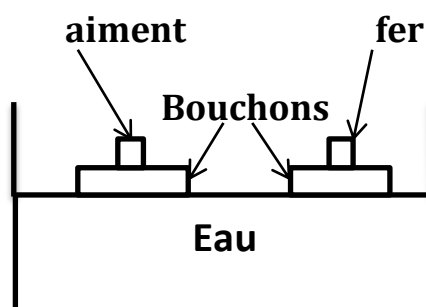
./.

Principes des actions réciproques :

I. Exemples d'actions réciproques :

1. Interactions à distance :

a)Expérience :



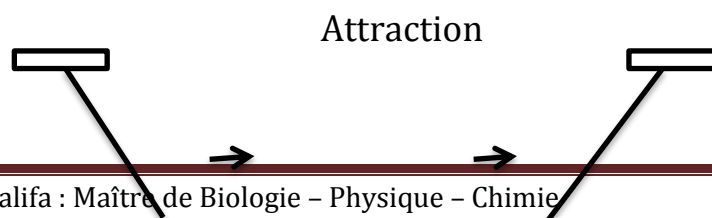
Sur deux grands bouchons plats de liège disposez respectivement un aimant et une pièce de fer et placez ces deux bouchons sur une surface d'eau calme. On s'attend à ce que l'aimant attire le fer et par suite que le bouchon qui porte le fer se déplace en direction de l'autre bouchon.

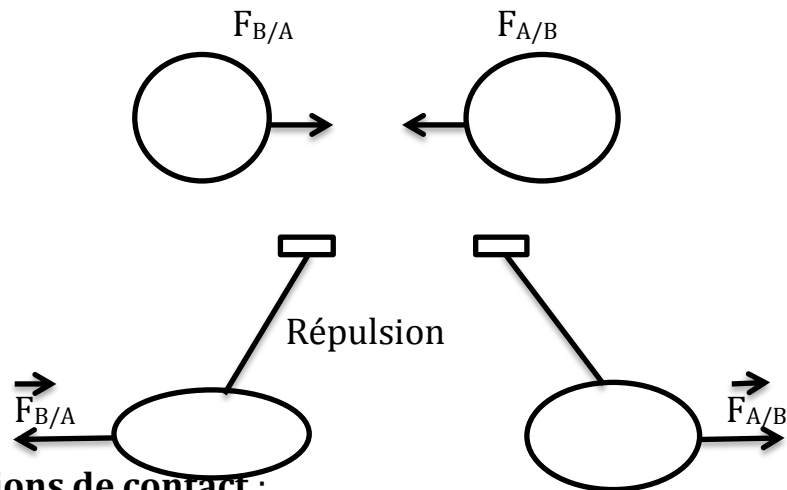
Conclusion :

L'aimant attire le fer et réciproquement le fer attire l'aimant.

Les deux actions observées sont appelées actions réciproques : on dit aussi que les solides interagissent. Qu'il y'a interaction

Exemples :

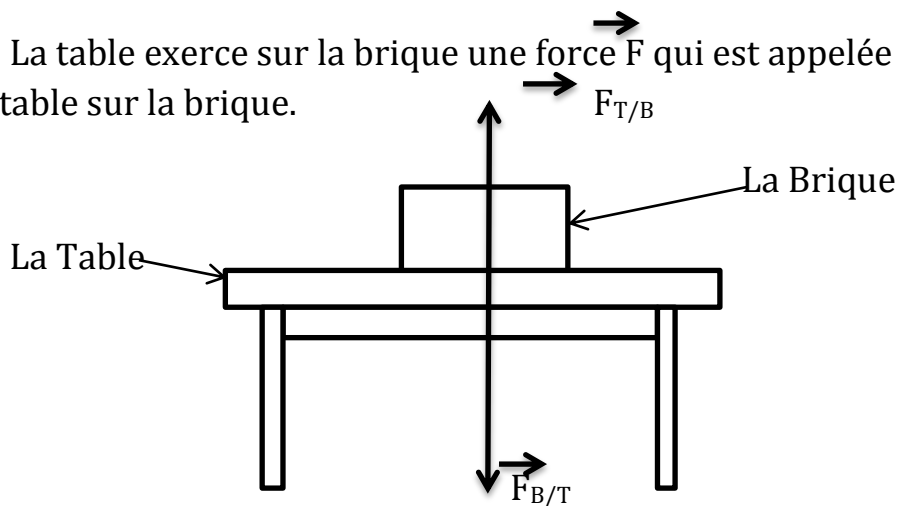




2. Interactions de contact :

Exemple: la brique exerce sur la table une force (action) qui est le poids P

La table exerce sur la brique une force F qui est appelée (réaction) R de la table sur la brique.



Action réciproque de la brique et de la table

Ces deux forces ont :

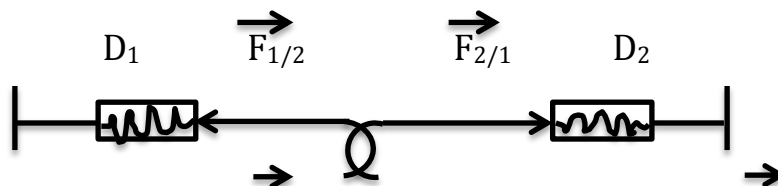
- Même Direction
- Même intensité
- Sens contraires.

On dit que l'action est égale et opposée à la réaction, ce qui se traduit par les relations :

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

$$\vec{F}_{T/B} = \vec{F}_{B/T}$$

II. Etude quantitative :



D₁ exerce sur D₂ une force $\vec{F}_{1/2}$ et D₂ exerce sur D₁ une force $\vec{F}_{2/1}$

Les dynamomètres indiquent que les intensités des deux vecteurs forces sont égales : $F_{1/2} = F_{2/1}$ d'autre part les vecteurs $\vec{F}_{1/2}$ et $\vec{F}_{2/1}$ ont mêmes directions et des sens opposés. On peut donc conclure que les vecteurs sont opposés.

III. Enoncé du principe des actions réciproques :

Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$ le corps B exerce sur le corps A une force $\vec{F}_{B/A}$.

Ce principe s'écrit sous la forme vectorielle : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

Ces deux forces ont :

- Même direction,
- Sens Contraires,
- Même point d'application
- Même intensité : $F_{A/B} = F_{B/A}$.

./.

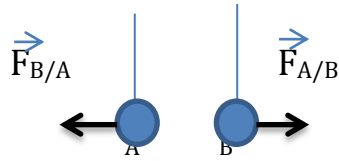
Exercice : soient deux pendules électriques A et B porteurs de charge de même signe ; il y'a répulsion entre ces deux pendules.

Donne la nature de l'interaction entre les deux pendules. Sur un schéma, représente les forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$.

SOLUTION

Les deux pendules électriques sont porteurs de charges. L'interaction entre les deux pendules est électrique. Cette interaction se manifeste à travers les forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$

Ceci peut être représenté par le schéma ci-après

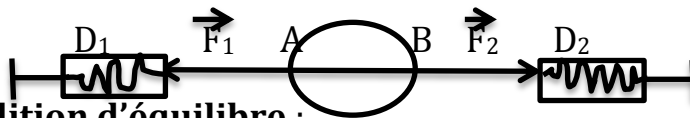


Equilibre d'un corps soumis à deux forces : loi

I. Conditions d'équilibres d'un solide soumis à deux forces :

1. **Réalisation expérimentale** : un corps léger (C) est maintenu au repos à l'aide de deux dynamomètres D_1 et D_2 , le poids du corps(5) est négligeable devant les deux forces localisées $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$

Les intensités des forces sur © sont grandes devant le poids du corps ©. Nous admettons que le poids joue un rôle négligeable.



2. Condition d'équilibre :

Un corps de poids négligeable est soumis à l'action simultanée de deux fils tendus liés à des dynamomètres, l'étude montre que lorsque le solide est en équilibre si les deux F_1 et F_2 ont nécessairement :

- Un même support (ou droite d'action),
- Des sens opposés,
- Une même intensité : $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

Ces dernières conditions permettent de poser :

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

3. Loi : lorsqu'un solide soumis à deux forces ponctuelles est en équilibre ,ces forces sont :

- Même droite d'action,
- Des sens contraires,

-Même intensité : $F_1 = F_2$

II. Formes d'équilibre :

Considérons un corps de centre de gravité G en équilibre statique. Lorsqu'on l'écarte légèrement de sa position d'équilibre, le corps peut réagir de trois façons différentes :

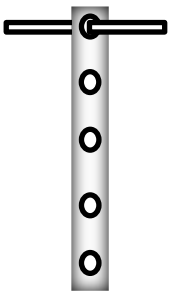
Équilibre stable : Il retourne vers sa position d'équilibre. On dit que l'équilibre est stable.

Équilibre indifférent : Le corps est toujours en équilibre et conserve sa nouvelle position. On dit que l'équilibre est indifférent.

Équilibre instable : Il s'éloigne d'avantage de sa position d'équilibre. On dit que l'équilibre est instable.

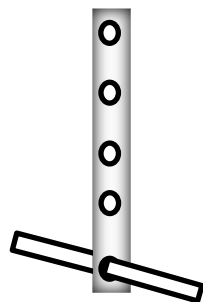
NB: la forme d'équilibre peut être déterminée en observant la variation de l'altitude du centre de gravité G lorsqu'on écarte le corps de sa position d'équilibre.

- si l'altitude de G augmente, l'équilibre est stable ;
- si l'altitude de G ne varie pas, l'équilibre est indifférent ;
- si l'altitude de G diminue, l'équilibre est instable.



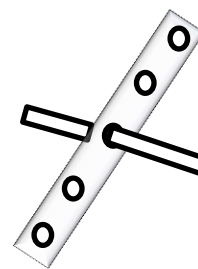
a)Equilibre

Stable



b) Equilibre

instable



c)Equilibre

indifférent

./.

Variation du poids d'un corps avec l'altitude et la latitude :

Relation entre poids et masse

I. Variation du poids d'un corps avec l'altitude et la latitude :

1. Fait d'observation :

a. Soit un corps suspendu au crochet d'un dynamomètre on mesure son poids :

-à Paris : $P=9,81N$.

-à Libreville (au Gabon) : $P=9,78N$.

-à Equateur : $P=9,78N$.

Au pôle Nord : $P=9,83N$

Le poids varie donc avec la latitude du lieu.

b. On mesure ensuite dans la même ville de Paris

-à Paris (à la surface du sol) : $P=9,81N$.

- au sommet de la tour Eiffel à Paris (320m à peu près) à une altitude de 10^4m au-dessus de paris : $P=9,78N$

-à une altitude de 10^5m : $P=9,51N$

-à une altitude de 10^6m : $P=7,16N$

-à La surface de la lune : $P=1,57N$.

Le poids d'un corps varie donc avec l'altitude du lieu

Le poids diminue lorsque l'altitude augment.

2. Conclusion :

Le poids d'un corps n'est pas constant. Il varie avec le lieu où se trouve le corps

3. Interprétation :

Le poids d'un corps est la force avec laquelle la terre attire ce corps. Or cette force d'attraction est d'autant plus faible que le corps est plus éloigné du

centre de la terre. Ceci explique qu'un corps pèse un peu moins à l'équateur qu'à Paris et un peu plus au pôle nord.

D'autre part lorsqu'on élève en altitude, on s'éloigne du centre de la terre. C'est pourquoi le poids du corps diminue.

Des mesures astronomiques et des calculs ont montré que la lune exerce sur les corps une attraction moins forte que l'attraction terrestre. Ainsi si l'on transportait un poids de 9,81N à la surface de la lune, il ne pèserait qu'environ 1,57N.

II. Relation entre le poids et la masse : Rassemblons dans un tableau nos connaissances sur le poids et la masse

GRANDEUR	UNITE	INSTRUMENT DE MESURE	PROPRIETE
Masse	Kilogramme Kg	Balance	Invariable avec le lieu
Poids	Newton N	Dynamomètre	Variable avec le lieu

Le quotient p/m est appelé : l'intensité de la pesanteur notée (**g**). Elle s'exprime en newton par Kilogramme (N/Kg).

L'intensité **P** du poids d'un objet est égale au produit de la masse **m** **invariable de cet objet par l'intensité** de la pesanteur **g** en ce lieu :

$$P = m \times g$$

-P : le poids, s'exprime en Newton(N)

-m : la masse, s'exprime en mètre(m)

-g : l'intensité, de la pesanteur s'exprime en Newton par Kilogramme (N/Kg).

./.

Exercice : le poids d'un camion est $P=24525\text{N}$ à Paris.

a. Calcule la masse de ce camion

Calcule le poids (P_E) du camion à l'équateur, puis au pôle Nord (P_N) sachant que l'intensité de la pesanteur est :

- $G_p=9,81\text{N/Kg}$ à paris,
- $G_N=9,83\text{N/Kg}$ au
- pôle Nord,
- $G_E=9,78\text{N/Kg}$ à l'équateur.

Solution :

a- La masse du camion à paris :

On rappelle que $P=m \times g_p \Rightarrow m = \frac{P}{G_p}$

$$m = \frac{24525}{9,81} = 2500\text{Kg}$$

$$m=2500\text{Kg}$$

b- Le poids du camion à l'équateur ($G_E=9,78\text{N/Kg}$) :

$$P_E = m \times G_e = 2500 \times 9,78 = 24450\text{N}$$

$$P_E=24450\text{N}$$

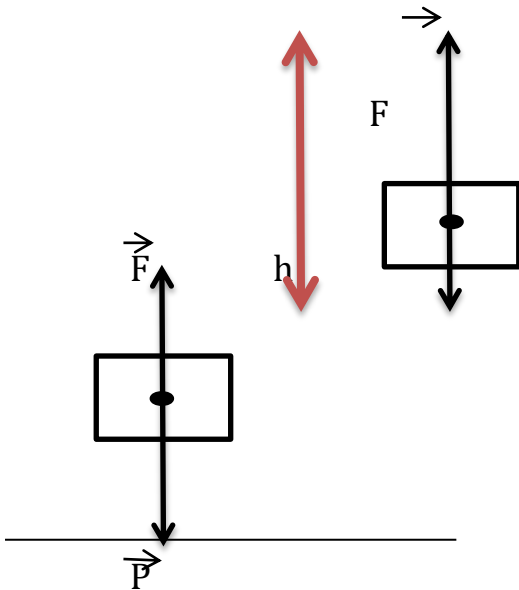
- Le poids du camion au pôle Nord ($G_N=9,83\text{N}$) :

$$P_N = m \times G_N = 2500 \times 9,83 = 24575\text{N}$$

$$P_N=24575\text{N}$$

Travail d'une force : Unité

I. Notion de travail d'une force



- Un manœuvre qui fait monter une charge produit du travail ;
- Une personne qui puise de l'eau produit du travail ;
- Un cheval qui tire une charrette produit du travail ;

Conclusion : le travail est le déplacement du point d'application sur la droite d'action.

II. **Expression du travail** : le travail d'une force constante dont le point d'application se déplace sur sa droite d'action est proportionnel à l'intensité de cette force et à la longueur du déplacement de son point d'application :

$$W = F \times l$$

W : le travail, s'exprime en joule(j) ;

F : la force, s'exprime en Newton(N) ;

L : la longueur, s'exprime en mètre(m).

Remarque :

Pour une force de pesanteur (poids d'un corps par exemple) :

$$W = P \times h = m \times g$$

W : le travail, s'exprime en joule(j) ;

P : le poids, s'exprime en Newton(N) ;

H : la hauteur, s'exprime en mètre(m).

III. Unité de travail :

L'unité légale du travail dans le système international(SI) est le **Joule(J)**.

Le joule : est le travail effectué par une force d'un Newton (1N) qui déplace son point d'application d'un mètre (1m) sur sa droite d'action.

$$\begin{array}{ccc} W = F \times l & \text{ou} & W = P \times H \\ \begin{array}{ccc} \nearrow & \uparrow & \nwarrow \\ J & N & m \end{array} & & \begin{array}{ccc} W = m \times g \times l \longleftarrow m \\ \nearrow & \uparrow & \nwarrow \\ J & Kg & N/Kg \end{array} \end{array}$$

W : le travail, s'exprime en **joule(J)** ;

F : la force, s'exprime en **Newton(N)** ;

L : la longueur ; s'exprime en **mètre(m)** ;

On utilise aussi les unités suivantes :

-Le Kilojoule(KJ) ;

$$1KJ=1000J$$

-Le Mégajoule(MJ)

$$1MJ=10^6J$$

-Le Wattheure (Wh)

$$1Wh=3600J$$

-Le Kilowattheure (Kwh)

$$1Kwh=36 \times 10^5J$$

IV. Travail moteur – Travail résistant :

1. Travail moteur :

Une force est dite motrice lorsqu'elle favorise le déplacement produit. La force et le déplacement ont même sens. Une force motrice effectue un travail moteur(W_m).

$$W_m = F_m \times H$$

2.Travail résistant :une force qui s'oppose au déplacement produit est une force résistante. Le travail effectué par une force résistante est un travail résistant(W_r).

$$W_r = F_r \times H$$

./.

Exercice : Calcule le travail de la force de traction 400N qu'un cheval exerce sur un trajet de 1Km

Solution :

Je convertis 1Km en m

$$1\text{Km}=1000\text{m}$$

Le travail de la force de traction du cheval est :

$$W= F \times l = 400\text{N} \times 1000\text{m} = 400000\text{J}$$

$$W= 400000\text{J}$$

Notion de Puissance – Unité :

1)Définition :on appelle puissance d'une force pendant un temps t le quotient du de la force par le temps mis.

$$P = \frac{W}{t}$$

P : La puissance, s'exprime en watt(W) ;

W : Le travail, s'exprime en Joule(J) ;

T : Le temps, s'exprime en seconde(s).

Autres expressions de la puissance :

Quand le point d'application de la force se déplace à la vitesse :

$$V = \frac{L}{t}; \text{ Alors } P = \frac{W}{t}; \text{ on sait que } W = F \times L$$

$$P = \frac{F \times L}{t}, \text{ d'où } P = F \times V$$

II. Unité de la puissance : l'unité de la puissance dans le système international(SI) est le Watt(**W**).

Le Watt : est la puissance d'une force qui effectue un travail de 1 Joule pendant une seconde.

$$1W = 1J/s$$

$$1Kgm/s = 9,81 \text{ Watt}$$

Les principaux multiples du watt:

$$1Kw = 10^3 \text{ watt}$$

Le mégawatt(MW)

$$1Mw = 10^3 \text{ KW} = 10^6 \text{ watt}$$

Le cheval vapeur : le cheval vapeur est la puissance d'un moteur qui fournit un travail de 736Joules en une seconde.

$$1ch = 736 \text{ Joules/seconde} = 736 \text{ watt}$$

Le wattheure(Wh) : c'est le travail produit en une heure par une machine dont la puissance est de :

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

Si la puissance P est exprimée en watt et le temps en heure, le travail développé s'exprime en wattheure(Wh).

./.

Exercice : calcule la puissance en watt puis en chevaux vapeur d'un moteur qui accomplit un travail de 5000J pendant 25s.

Solution :

La puissance en watt est :

$$P = \frac{W}{t} = \frac{500J}{25s} = 200w$$

$$P = 200w$$

La puissance en chevaux vapeur est :

$$736w \rightarrow 1Ch$$

$$200w \rightarrow x \quad x = \frac{200wx1Ch}{736w} = 0,27Ch$$

$$P = 0,27Ch$$

Les Machines Simples :

Introduction : on appelle machine simple des instruments qui nous facilite certains travaux dans le domaine de la vie courante en fournissant peu d'effort.

A. Les Leviers :

I. **Définition** : un levier est une barre rigide mobile autour d'un point d'appui.

II. Description et principe de fonctionnement :

1. **Principe de fonctionnement** : le levier est essentiellement formé d'une tige rigide mobile autour d'un point fixe utilisé généralement pour soulever une charge.

2. Description : un levier est formé d'une tige rigide s'appuyant sur un point d'appui autour duquel elle peut tourner librement. Les (OA) et (OB) sont appelés les bras du levier sur la barre agissent deux forces.

-L'une en A la force à vaincre : Force résistante $\vec{R}$

-L'autre en B la force développée par l'utilisation : Force motrice $\vec{F}$

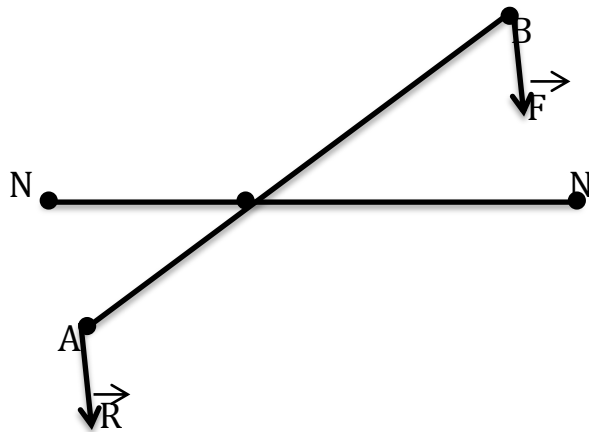
III. Conditions d'équilibre :

Les deux forces $\vec{F}$ et $\vec{R}$ sont parallèles. La barre mobile autour du point O est en équilibre si :

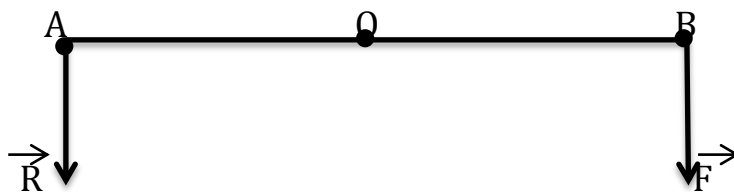
$$\frac{F}{R} = \frac{OA}{OB} \Rightarrow F \times OB = R \times OA$$

F et R : s'expriment en Newton(N) ;

OA et OB : s'expriment en mètre (m)

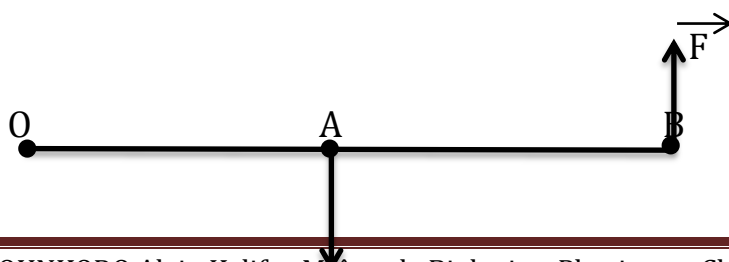


IV. **Les Trois genres de leviers** : **1. Levier inter-appui** : Le point d'appui est situé entre les points d'applications de la force motrice et de la force résistante.



Exemples : les ciseaux, les tenailles, les pinces coupantes.

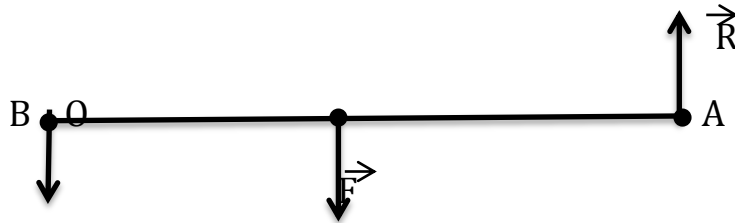
2. Levier inter-résistant : le point d'application de la résistance est situé entre celui de la force motrice et le point d'appui.



$$\vec{R} \rightarrow$$

Exemples : la brouette, le couteau du boulanger

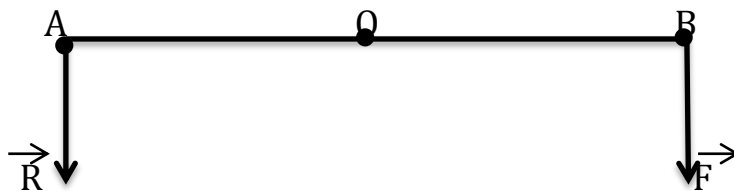
3. **levier inter-moteur** : le point d'application de la force motrice est situé entre celui de la résistance et le point d'appui.



Exemples : l'étau, l'avant-bras, la pédale d'une machine à coudre, etc.

Exercice : A l'extrémité d'une règle de poids négligeable de longueur 0,5m s'exerce une force de 1,5N. Calcule la force parallèle à la précédente qu'on doit exercer à l'autre extrémité B pour maintenir la règle en équilibre si le point d'appui est à 0,05m de A

Solution :



La condition d'équilibre

$$FxOB = RxOA$$

Calculons le bras OB du levier

$$OB = AB - OA = 0,5m - 0,05m = 0,45m$$

Calculons l'intensité de la force F

$$FxOB = RxOA \Rightarrow F = \frac{RxOA}{OB} = \frac{1,5N \times 0,05m}{0,45m} = 0,17N$$

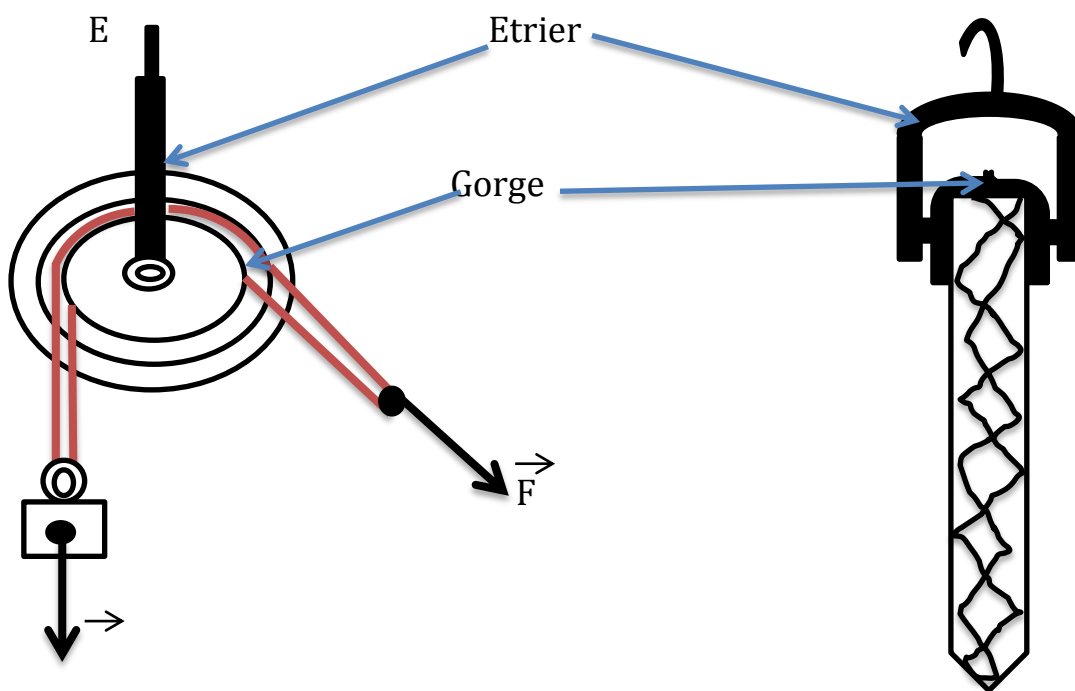
$$F = 0,17N$$

Les Poulies :

I. Description et Principe de fonctionnement :

1. **Le principe de fonctionnement** : La poulie permet de soulever plus facilement des charges et de transmettre un mouvement. Il existe de nombreuses utilisations de la poulie.

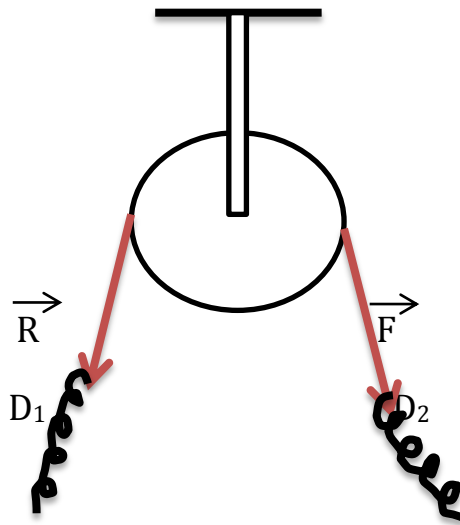
2. **Description** : Une poulie est un disque D tournant sans frottement autour de son axe O que soutient un étrier ou une chape E. La gorge permet à la poulie de soutenir un fil, une corde, ou un câble. Aux deux brins du câble sont appliquées les forces $\vec{F}$ (motrice) et $\vec{R}$ (résistante)



II. Condition d'équilibre :

1. La Poulie fixe :

a. **Expérience** : supposons la poulie en équilibre sous l'action des forces $\vec{F}$ et $\vec{R}$ appliquées aux extrémités de la corde à l'aide de deux dynamomètres. La lecture des deux dynamomètres nous donne : $F = R$



b. Condition d'équilibre :

La condition d'équilibre d'une poulie fixe sans frottement s'écrit : $F = R$

La force active à même intensité que celle de la force résistante.

2. La poulie mobile :

Dans la poulie mobile, le fil attaché en S s'enroule sur la moitié inférieure du disque. Il le soutient et aboutit à la main de l'opérateur. Les deux brins du fil sont parallèles. Si on néglige le poids de la poulie. La poulie est en équilibre sous l'action de trois forces.

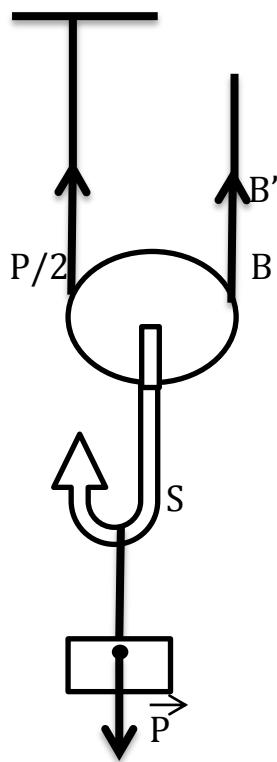
-Le poids $\vec{P}$;

-Les tensions des fils, forces parallèles et opposées à $\vec{R}$ et d'intensité $\frac{\vec{P}}{2}$

$$\vec{P} = \frac{\vec{P}}{2} + \frac{\vec{P}}{2}$$

-La main doit donc exercer une force motrice : $\vec{F}$ qui est : $F = \frac{P}{2}$

$$P = F + F \Rightarrow P = 2F \Rightarrow F = \frac{P}{2}$$



Remarque : l'intensité de la force active qu'il faut appliquer aux brins de la corde d'une poulie mobile est égale à la moitié de l'intensité de la force résistante.

3. Assemblages de poulies :

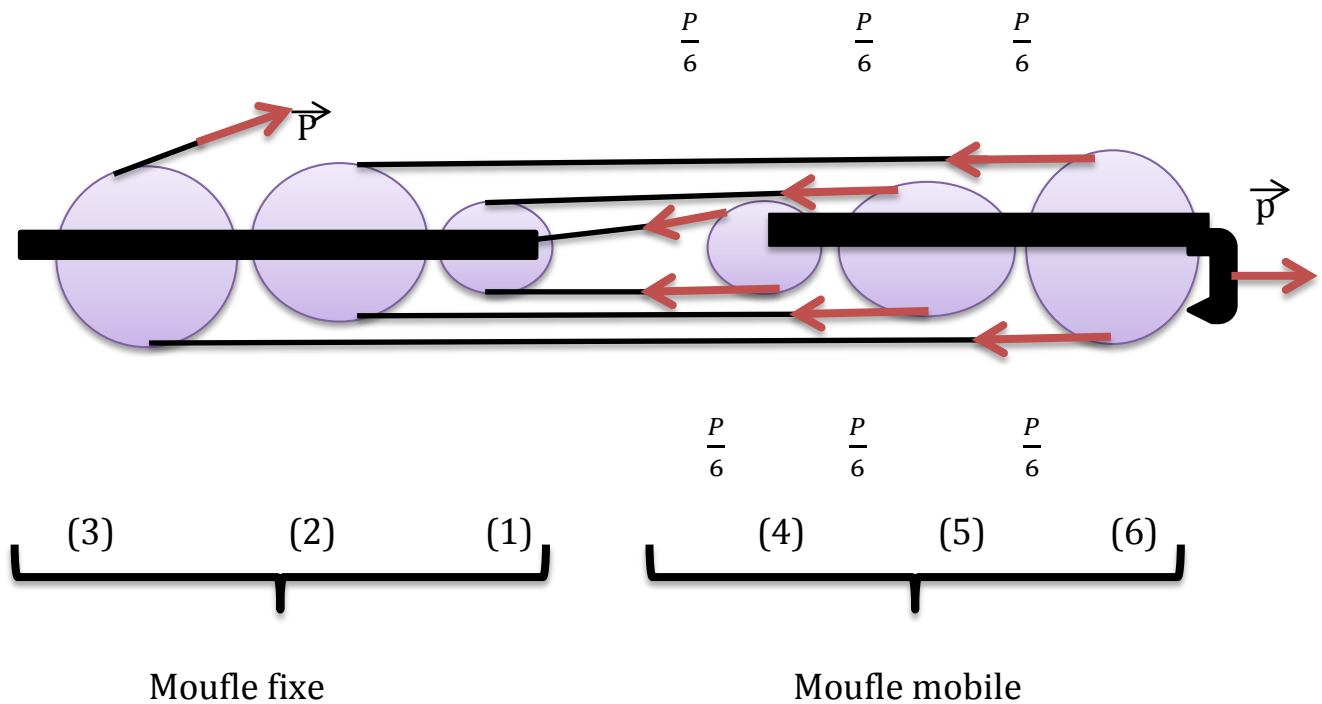
a. Palan à brins parallèles :

En multipliant le nombre des poulies fixes et celui des poulies mobiles, on parvient à fractionner, sur chaque brin de la même corde, la force totale exacte.

-Trois poulies supérieures ont leurs axes portés par le même étrier, elles forment un moufle fixe.

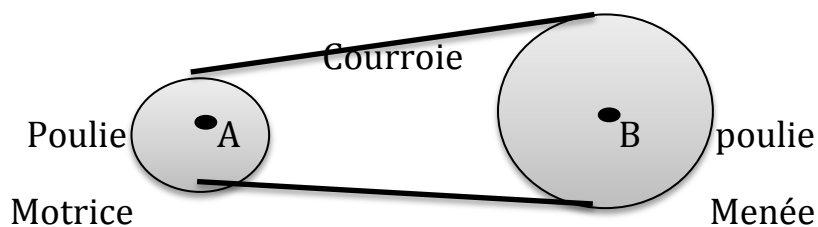
-Trois poulies inférieures un moufle mobile. La corde est fixée en S et s'enroule successivement sur les poulies (4, 1, 5, 2, 6, 3)

Les six brins étant parallèles à la force $\vec{P}$ chacun d'eux exerce une force de module $P/6$ qui est aussi la force que doit exercer la main sur le bout libre pour maintenir l'équilibre.



b.poulies et courroie de transmission :

Si A est mise en rotation par un moteur, son mouvement entraine celui de B qui peut, à son tour, faire fonctionner une machine-outil. A est alors la poulie motrice, B, la poulie menée.



Exercice :

On veut soulever une charge de 150Kg à l'aide d'une poulie mobile.

Calculer l'effort qu'il faut exercer à l'extrémité libre du câble pour maintenir la charge en équilibre. $g=10\text{N/Kg}$

Solution :

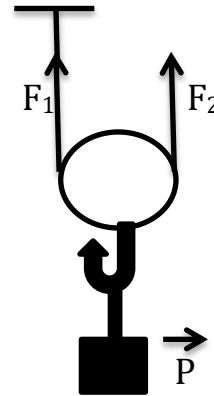
Condition d'équilibre du poulie mobile est :

$$F = \frac{P}{2}$$

L'effort fourni est :

$$F = \frac{m \times g}{2} = \frac{\frac{150 \text{ Kg} \times 10 \text{ N}}{\text{Kg}}}{2} = 750 \text{ N}$$

$$F = 750 \text{ N}$$



Le Treuil :

I. Description et principe de fonctionnement :

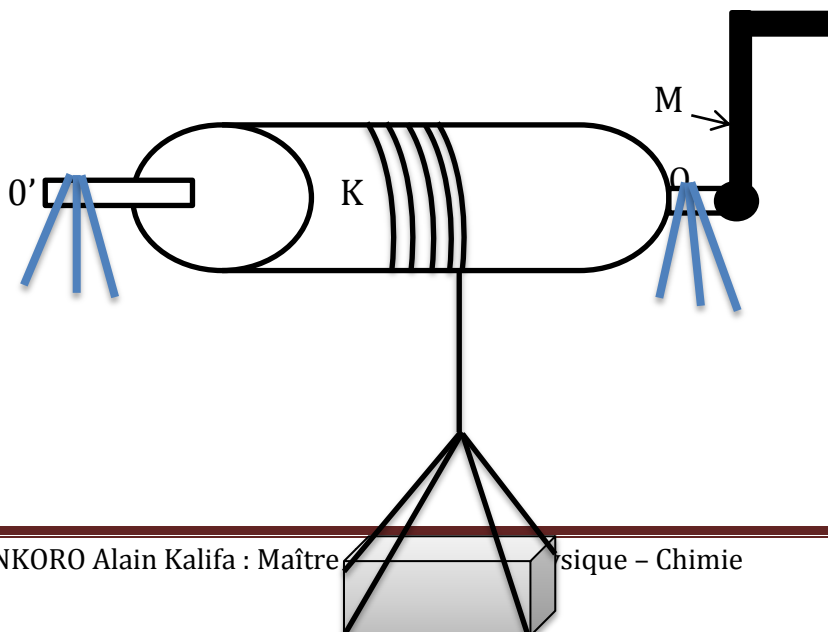
1. Principe de fonctionnement :

Quand on tourne la manivelle, la corde s'enroule autour du tambour et le poids monte.

2. Description :

Le treuil comporte essentiellement :

- Un cylindre ou tambour pouvant tourner autour d'un axe OO'. Les points O et O' prennent appui sur un bâti fixe ;
- Une manivelle M actionnée à la main ou au moteur entraîne le tambour dans sa rotation ;
- Un câble dont une extrémité K est fixée au tambour s'enroule sur ce dernier et permet d'opérer une traction de soulever un fardeau.



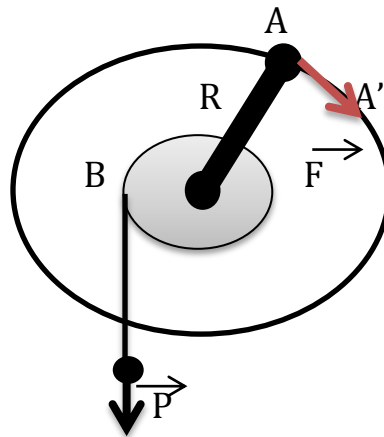
II. Condition d'équilibre :

Supposons que la force motrice $\vec{F}$ appliquée en A à la poignée de la manivelle ait une intensité constante et que, dans toute position de la manivelle, elle soit tangente à la circonférence décrite par le point A.

La manivelle est alors orthogonale à l'axe de rotation du treuil et son bras de levier est $OA = R$

La force résistante est le poids $\vec{P}$ du fardeau ; étant verticale, elle est aussi orthogonale à l'axe de rotation et son bras de levier est $OB = r$

Le treuil est en équilibre lorsque : $R \times F = r \times P$ ou encore $F = P \cdot r/R$



Le treuil : est une machine simple qui permet de soulever et transmettre une charge.

./.

Exercice : Un treuil a les caractéristiques suivantes : Rayon de la manivelle $R=0,75\text{m}$; Rayon du tambour $r=0,15\text{m}$

Calcule l'intensité de la force résistante sachant que celle de la force motrice vaut 735N

Solution :

Calculons de l'intensité de la force résistante

La condition d'équilibre d'un treuil est :

$$P \times r = F \times R \Rightarrow P = \frac{F \times R}{r} = \frac{735N \times 0,75m}{0,15m} = 3675N$$

$$P = 3675N$$

Rappel sur les quantités de chaleur :

I. La quantité de chaleur :

1. Définition :

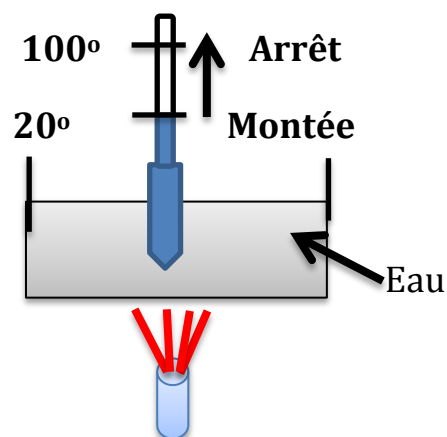
La chaleur est une forme d'énergie qui provoque :

- Soit une variation de température d'un corps ;
- Soit un changement d'état physique d'un corps (vaporisation, fusion, solidification).

2. Expérience : chauffons un récipient contenant de l'eau et un thermomètre, la température s'élève : l'eau s'échauffe ; nous disons qu'elle reçoit de la chaleur

La chaleur reçue est la cause de l'élévation de température de l'eau.

La chaleur reçue devient alors la cause du changement d'état de l'eau.



Conclusion :

-La chaleur est une énergie de l'eau, qui transforme un corps en un autre. La chaleur fournie à un corps pur peut provoquer des effets différents :

- **Une élévation de température sans changement d'état physique ;**

-**Un changement physique à pression constante sans variation de température.**

II.Quelques sources de chaleur :

Le soleil, les combustions de charbon dans un foyer de l'essence dans un moteur, du gaz dans un réchaud, le courant électrique, les fours électriques sont les sources les plus importantes de la source de chaleur.

III.**Notion de quantité de chaleur** : la quantité de chaleur reçue ou cédée par un corps est :

-**Proportionnelle à la masse(m) de ce corps ;**

-**Proportionnelle à l'élévation de la température (t_2-t_1) ;**

-**Dépend de la nature de ce corps : $Q= m \times c \times (t_2-t_1)$;**

C : c'est le coefficient de proportionnalité appelé **chaleur massique**.

Q : c'est la quantité de chaleur, s'exprime en joule (J)

m : masse du corps, s'exprime en Kilogramme (Kg)

(t_2-t_1) : c'est la température initiale en ($^{\circ}\text{C}$).

IV. L'unité de la quantité de chaleur :

L'unité de la quantité de chaleur dans le système international (SI) est le Joule (J)

V. Principes fondamentaux de la calorimètre :

1.Principes des transformations inverses :

La quantité de chaleur fournie à un corps pour élever sa température de t_1 à t_2 est égale à la quantité de chaleur que ce corps abandonne en se refroidissant de t_2 à $t_1^{\circ}\text{C}$.

2.Principe des échanges de chaleur :

Quand on mélange deux corps à des températures différentes, le corps chaud se refroidit et le corps froid s'échauffe.

VI. Chaleur massique – Pouvoir calorifique d'un combustion :

a. Chaleur massique :

La chaleur massique d'un corps est la quantité de chaleur que peut échanger l'unité de masse de ce corps pour modifier de 1°C la température de ce corps.

V. Expression de la quantité de chaleur :

b. Pouvoir calorifique d'un combustion :

Définition : le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1Kg de combustible. S'il est solide ou liquide et 1m³ s'il est gazeux.

./.

Exercice : déterminer la quantité de chaleur fournie à un morceau de plomb ayant une masse de 5,68Kg. Pour porter sa température de 16°C à 65°C. Chaleur massique du plomb=0,13.10³J/Kg°C

Solution :

La quantité de chaleur est :

$$Q = m \times C \times (t_2 - t_1)$$

$$Q = 5,68 \text{Kg} \times 130 \text{J /Kg}^\circ\text{C} \times (65^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C}) = 36181,6 \text{J}$$

$$Q = 36181,6 \text{J}$$

Transformation réciproque du travail mécanique en chaleur :

I. Transformation du travail mécanique en chaleur :

1. Observation et expérience :

- Le frottement de l'allumette produit suffisamment de chaleur pour qu'il y ait inflammation ;

- La balle d'un fusil s'écrasant sur un mur peut produire un dégagement de chaleur ;
- Le fil de fer que l'on plie en tous sens pour le casser s'échauffe et devient brulant.

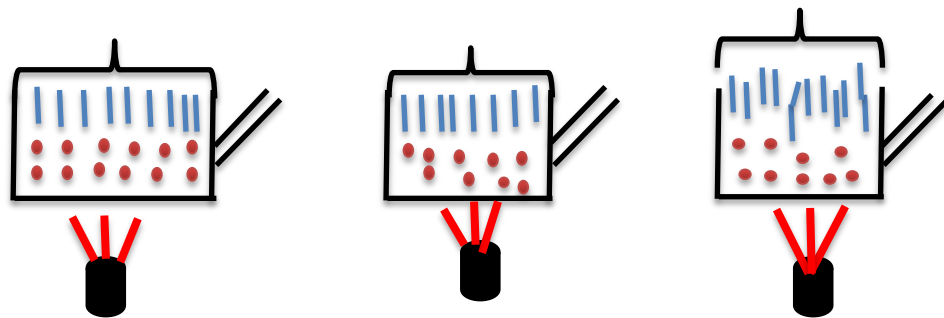
2. Conclusion :

Les frottements, les chocs, les déformations s'accompagnent presque toujours d'un dégagement de chaleur.

Dans tous ces phénomènes, il y a transformation de l'énergie mécanique en chaleur.

II. Transformation de chaleur en travail mécanique :

1. Observation et expériences :



- a) La température croît : des courants de convection apparaissent ;
- b) L'ébullition commence : la température du mélange se stabilise ;
- c) Le couvercle se soulève : de l'eau condensée et de la vapeur sortent de la marmite.

2. Conclusion : la chaleur peut se transformer en travail mécanique. Le travail et la chaleur sont deux formes particulières de l'énergie : l'énergie mécanique et l'énergie calorifique.

III. Energie mécanique-Energie calorifique :

1. Expression de l'énergie mécanique produite par une force lors d'un déplacement :

Le travail d'une force F dont le point d'application se déplace d'une longueur L sur sa droite d'action :

$$W = F \times l$$

J N m

2. Expression de la quantité de chaleur transférée par un corps qui subit une variation de température :

La quantité de chaleur (Q) nécessaire pour élever la température de (t_1 à t_2). D'une masse (m) d'un corps de chaleur massique (C) est :

$$Q = m \times c \times (t_2 - t_1)$$

J Kg J/Kg°C °C

./.

Exercice :

- Calcule, en Kilojoule, la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 0,1Kg d'eau à 20°C pour amener sa température à 100°C.
- Calcule, en Kilojoule, la quantité de chaleur nécessaire pour transformer cette eau en vapeur (à 100°C).
- Déduis des questions précédentes, l'énergie totale fournie à l'eau pour la transformer en vapeur.

On donne : chaleur massique de l'eau : $C_e = 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$

Chaleur latente de vaporisation de l'eau (chaleur nécessaire pour vaporiser à température constante 1Kg d'eau : $C_v = 2253 \text{ KJ/Kg}$)

Solution :

a. Quantité de chaleur pour le chauffage

$$Q = mc (t_2 - t_1)$$

$$Q = 0,1 \times 4,18 \times 10^3 (100 - 20) = 33,44 \times 10^3 \text{ J} = 33,44 \text{ KJ}$$

$$Q = 33,44 \text{ KJ}$$

b. Quantité de chaleur pour la vaporisation de 0,1Kg d'eau à 100°C

$$Q_2 = mc_v$$

$$Q_2 = 0,1\text{Kg} \times 2253\text{KJ/Kg} = 225,3\text{KJ}$$

$$Q_2 = 225,3\text{KJ}$$

c. Énergie totale de transformation :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = 33,44\text{KJ} + 225,3\text{KJ} = 258,74\text{KJ}$$

$$Q = 258,74\text{KJ}$$

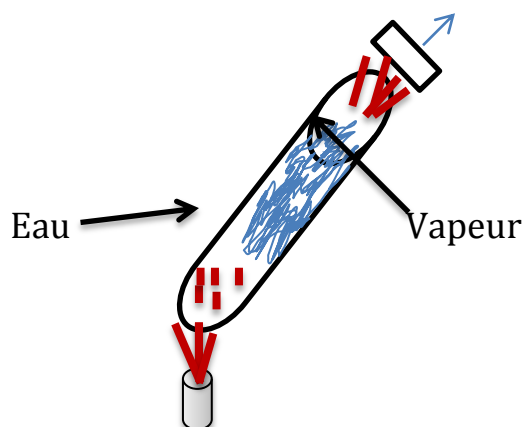
Moteurs thermiques – Moteurs à Explosion :

A. Moteurs thermiques :

I. Machine à vapeur :

1. Principe de la machine à vapeur :

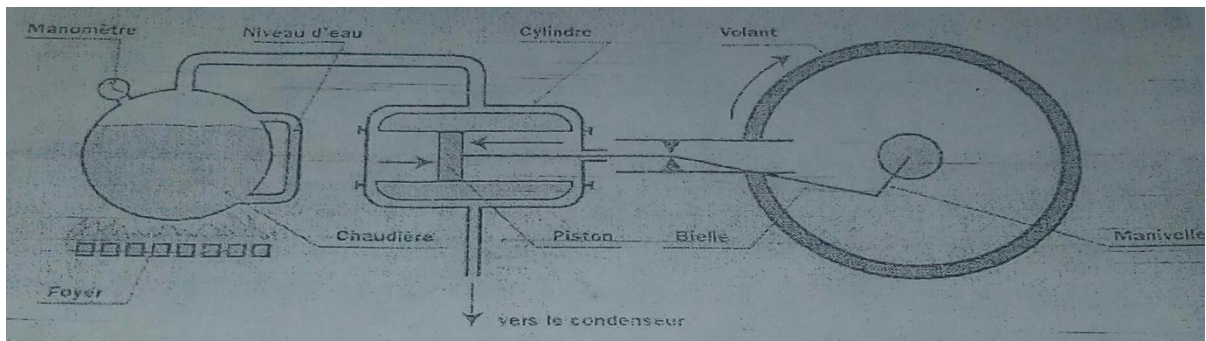
a. Mise en évidence :



b. Enoncé du principe :

La pression de la vapeur émise par l'eau chauffée en vase clos peut produire le déplacement d'un corps.

2. Description et fonctionnement :



-Fonctionnement :

La vapeur produite dans la chaudière arrive dans un cylindre où se trouve un piston mobile. Elle pousse ce dernier qui se déplace alternativement dans un sens puis dans l'autre. Ce mouvement de translation de va et vient est transformé en un mouvement de rotation du volant par un système bielle manivelle.

Remarque :

La machine est dite à double effet quand la vapeur agit sur chacune des faces du piston (un aller et retour du piston correspond à un tour du volant).

3. **Expression du travail et de la puissance :**

a. Pression du travail :

Désignons par :

- P_{ad} : la pression de la vapeur à l'admission, s'exprime en Pascale (Pa) ;
- P_{ec} : la pression à l'échappement, s'exprime en Pascale (Pa) ;
- S : la surface du piston, s'exprime en mètre carré (m^2) ;
- L : la course du piston, s'exprime en mètre (m) ;
- P_e : la pression effective qui agit sur le piston, s'exprime en Pascale (Pa) :

$$P_e = P_{ad} - P_{ec}$$

- F : l'intensité de la force pressante exercée par la vapeur sur le piston, s'exprime en Newton (N) :

$$F = P_e \times S = (P_{ad} - P_{ec}) \times S$$

-W : le travail de la force pressante, s'exprime en Joule (J) :

$$W = F \times L = (P_{ad} - P_{ec}) \times S \times L$$

Cette expression est celle du travail correspondant à un tour du volant dans une machine à simple effet.

Remarque :

Dans la machine à vapeur à double effet le travail correspondant à un tour du volant ou un aller et retour du piston a pour expression :

$$W = (P_{ad} - P_{ec}) \times S \times L \times 2$$

b.expression de la puissance:

La puissance d'une machine est le travail qu'elle accomplit en une seconde.

Dans la machine à vapeur, le temps apparaît dans le nombre de tour du volant. Ainsi l'expression de la puissance est :

-Machine à vapeur à simple effet :

$$P = (P_{ad} - P_{ec}) \times S \times L \times n$$

-Machine à vapeur à double effet :

$$P = (P_{ad} - P_{ec}) \times S \times L \times 2n$$

-P : la puissance, s'exprime en Watt (W) ;

-(P_{ad} - P_{ec}) : s'exprime en Pascale (Pa) ;

-L : s'exprime en mètre (m) ;

-S : s'exprime en mètre carré (m²) ;

-n : le nombre de tour par second (c'est une vitesse de rotation), s'exprime en (tr/s).

4. Rendement de la machine à vapeur :

Le rendement est le rapport entre le travail produit par la machine pendant un temps donné et l'énergie calorifique dégagée dans le foyer pendant le même temps.

$$r = \frac{W}{Q} \quad \text{Ou} \quad r = \frac{W_1}{W_2}$$

Exercice : Une machine à vapeur à double effet a les caractéristiques suivantes :

- Pression de la vapeur dans la chaudière = 98.10^5Pa
- Le diamètre du piston $l=1\text{m}$
- Pression atmosphérique $P_e=98000\text{Pa}$
- a. Calcule la force qui pousse le piston
- b. Trouve le travail effectué en une course du piston

Solution :

- a. Calculons la force qui pousse le piston :

$$F = (P_{ad} - P_{ec}) \times S$$

Déterminons la surface

$$S = \pi R^2$$

$$\text{On sait que : } R = \frac{D}{2} = \frac{1\text{m}}{2} = 0,5\text{m}$$

$$\text{Alors : } S = 3,14 \times (0,50)^2 = 3,14 \times 0,25 = 0,785\text{m}^2$$

$$F = (9800000 - 98000) \times 0,785 = 7616070\text{N}$$

$$F = 7616070\text{N}$$

- b. Le travail effectué en une course du piston :

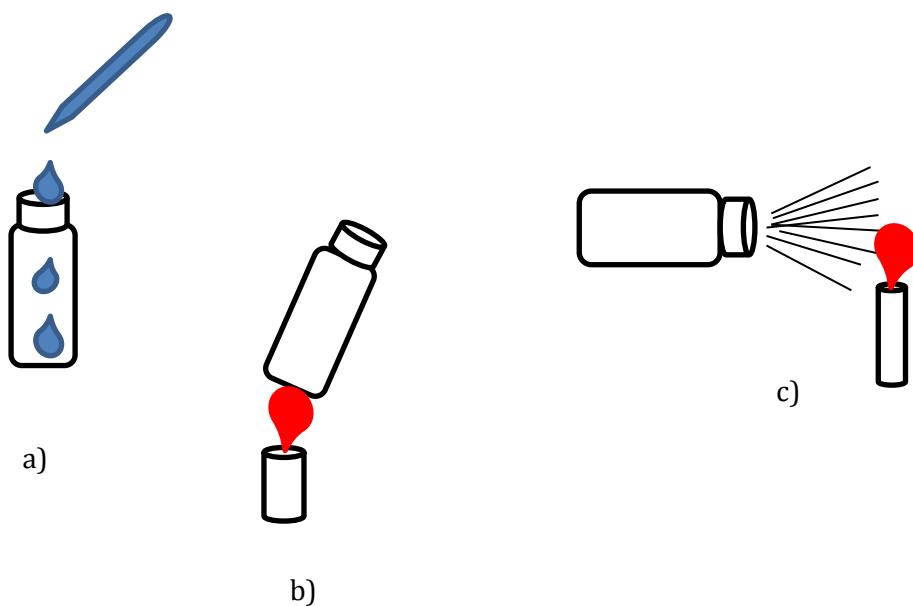
$$W = (P_{ad} - P_{ec}) \times S \times l \times 2$$

$$W = F \times l \times 2 = 7616070 \times 1 \times 2 = 15232140\text{J}$$

$$W = 15232140\text{J}$$

II. Moteur à explosion :

1.Principe :



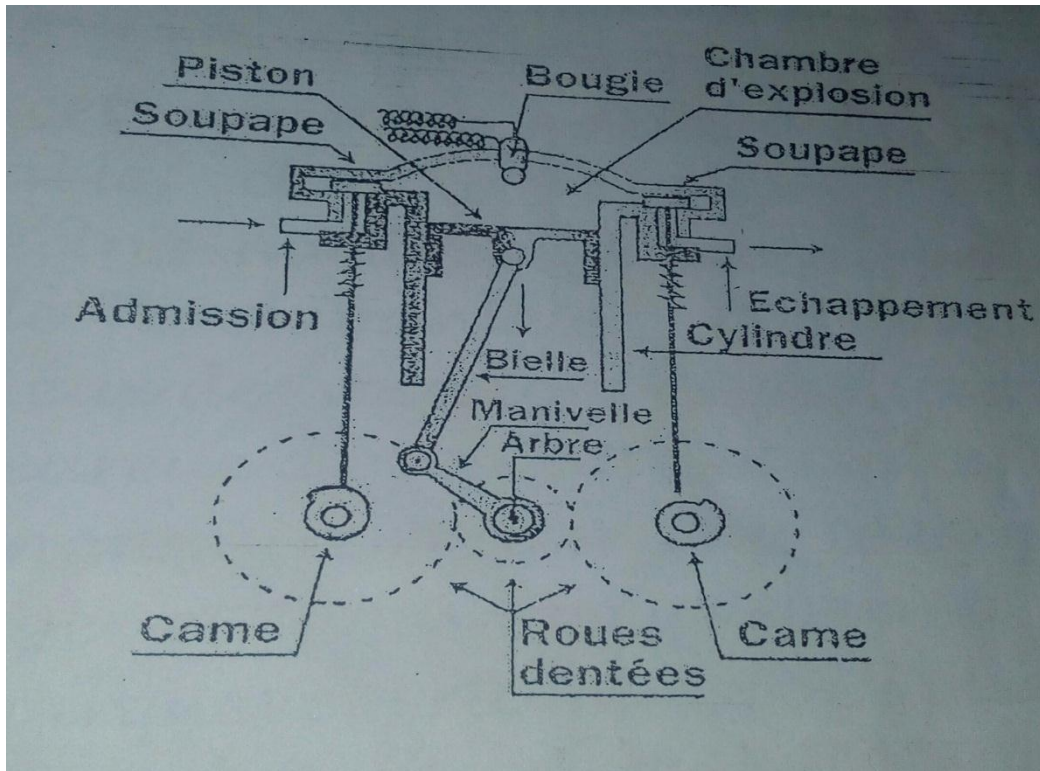
a) Gouttes d'essences dans les bouteilles

b) L'essence se vaporise

c) La combustion rapide du mélange produit une explosion

Remarque : il se produit une légère détonation due à la combustion très rapide de la vapeur d'essence. Les gaz acquièrent une forte pression et ils peuvent actionner un piston : c'est le principe des moteurs à explosion.

2. Description du moteur à explosion : dans un moteur à explosion, le mélange de vapeur d'essence et d'air est comprimé dans la chambre d'explosion située à la partie supérieure d'un cylindre. Il est enflammé à l'aide d'une étincelle électrique produite par une bougie, une bielle relie ce dernier à une manivelle de l'arbre du moteur.



3. Fonctionnement : description du cycle à quatre temps

Le fonctionnement d'un moteur à explosion se compose généralement en quatre (4) temps, qui sont :

-Le Premier temps (Admission) :

La soupape d'échappement se ferme, le moteur est en marche le mélange gazeux est aspiré dans le cylindre.

-Le Deuxième temps (Compression) :

La soupape d'admission se ferme, le piston entraîné par l'arbre remonte et comprime le mélange gazeux qui s'échauffe.

-Le Troisième temps (explosion et détente) :

L'étincelle d'allumage jaillit et enflamme le mélange gazeux qui explose. La détente des résultant de la combustion repousse le piston jusqu'au bas de sa course.

-Le Quatrième temps (échappement) :

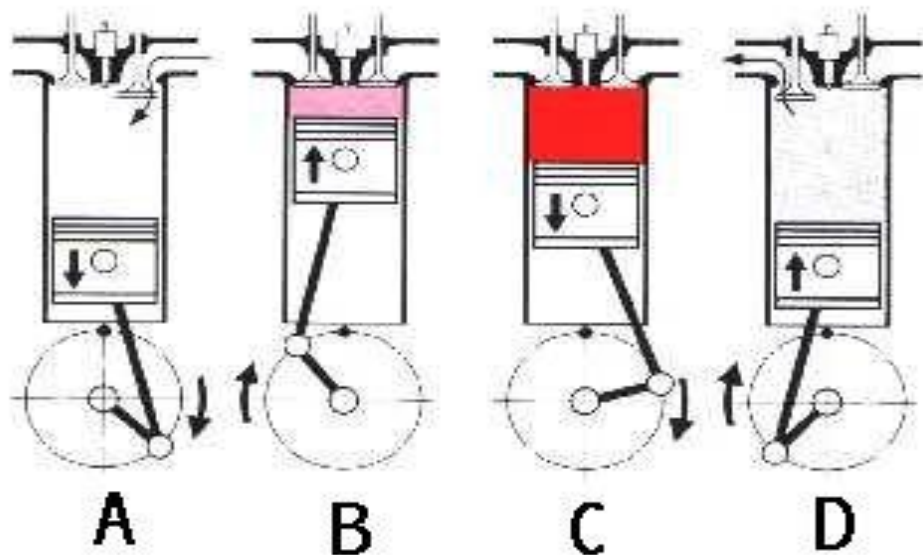
La soupape d'échappement s'ouvre, le piston continue son mouvement par suite de la vitesse acquise et chasse les gaz brûlés lorsque le piston arrive enfin de sa course, la soupape d'échappement se ferme et les mêmes opérations se reprennent dans le même ordre de nouveau.

Remarque :

-L'ensemble de ces 4 temps constitue un cycle. Au cours d'un cycle le piston fait 2 allers et retour et l'arbre fait 2 tours. Seul le 3^{ème} temps est moteur.

-Pour faire démarrer un moteur qui est à l'arrêt on se sert d'une manivelle ou d'un moteur électrique appelé **démarrreur**.

-Il existe des moteurs à explosion à deux temps (moteur des motos, des moteurs diesel).



III. Rendement d'un moteur thermique :

1. Définition : le rendement d'un moteur thermique est le rapport entre le travail produit par ce moteur pendant un temps donné et l'énergie calorifique fournie par le combustible pendant le même temps.

2. Rendement pratique :

Soit Q la quantité de chaleur fournie dans un temps donné, soit Q' la chaleur restituée au milieu extérieur.

Le rendement effectif est :

$$R = \frac{Q - Q'}{Q}$$

. / .

Exercice : Une machine à vapeur sans condenseur à double effet a les caractéristiques suivantes :

- Pression de la vapeur dans la chaudière $P_{ad} = 2060100 \text{ Pa}$
- La Surface du piston $S = 0,02 \text{ m}^2$
- Course du piston $l = 0,80 \text{ m}$
- Nombre de tours de l'arbre par seconde $n = 3 \text{ trs/s}$
- Pression atmosphérique $P_{ec} = 98100 \text{ Pa}$
- a. Etablir les expressions du travail de la vapeur par course du piston et de la puissance de la machine ; préciser les unités.
- b. Calcule cette puissance en watt et en chevaux-vapeur

Solution :

- a. Expression du travail pour une course de piston

$$W = F \times L = P_e \times S \times l \text{ avec } P_e = P_{ad} - P_{ec}$$

La machine étant à double effet

$$W = P_e \times S \times l \times 2$$

- W : s'exprime en J
- P_e : s'exprime en Pa
- S : s'exprime en m^2
- L : s'exprime en m

Expression de la puissance de la machine :

La puissance est le travail effectué en une seconde

$$P = P_e \times S \times l \times n \times 2$$

- P: s'exprime en Watt
- P_e : s'exprime en Pa
- S: s'exprime en m^2
- l: s'exprime en m
- n: s'exprime en tr/s

b. Calcule la puissance

$$P = P_e \times S \times l \times n \times 2 = (2060100 - 98100) \times 0,02 \times 0,80 \times 3 \times 2$$

$$= 188352 \text{ Watts}$$

$$P = 188352 \text{ Watts}$$

$$1 \text{ Ch} = 736 \text{ w d'où } P = \frac{188352}{736} = 255,91 \text{ Ch}$$

$$P = 255,91 \text{ Ch}$$

Rappel de la notion d'intensité du courant :

I. Définition du courant Electrique :

Le courant électrique est un déplacement de charges électriques (généralement des électrons) au sein d'un matériau conducteur.

- a. Dans un conducteur métallique, les porteurs de charges sont des électrons libres qui se déplacent de la borne (-) du générateur à la borne (+)
- b. Dans un électrolyte les porteurs de charges sont des cations et anions).

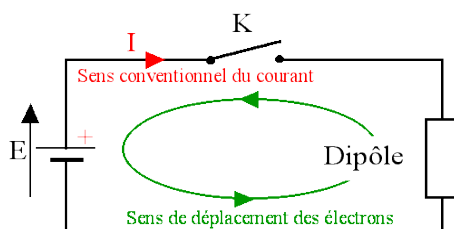
II. Définition de l'intensité du courant continu :

On appelle intensité du courant continu qui circule dans un conducteur, la charge qui traverse par seconde une section de ce conducteur. Elle se représenté par I.



III. Sens conventionnel du courant électrique

A l'extérieur du générateur le courant circule de la borne positive à la borne négative.



Remarque :

Dans un conducteur métallique, le sens de circulation des électrons est le sens contraire à celui du courant.

Dans une solution ionique, les ions positifs se déplacent dans le sens du courant, les ions négatifs dans le sens contraire.

IV. Unité

L'unité du courant électrique dans le système international est l'ampère (son symbole est A).

Les multiples de l'Ampère

- Le méga ampère

$$1\text{MA} = 10^6\text{A}$$

- Le kilo ampère KA : $1\text{KA} = 10^3\text{A}$

- L'hecto ampère

$$1\text{HA} = 10^2\text{A}$$

- Le déca ampère

$$1\text{Da} = 10\text{A}$$

- Le milliampère mA : $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$

-LE microampère μA :

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

L'indication de l'ampèremètre est la même dans les trois positions.

L'intensité du courant qui parcourt un circuit sans dérivation a la même valeur en chaque point (valeur unique).

Le rhéostat ou ajusteur d'intensité est un fil enroulé en spirale entre deux bornes **A** et **B** sur lequel se déplace un curseur mobile relié à la troisième borne **C**. Il permet de modifier l'intensité du courant qui circule dans le circuit

./.

Exercice : le cadran d'un ampèremètre possède 100 divisions son calibre est 0,1A. Et l'aiguille est sur la division 55.

a. Calcule la valeur de l'intensité du courant qui traverse l'appareil.

b. Si le calibre était 0,01A puis 0,5A. La mesure est-elle possible dans ces conditions

Solution :

a. Calculons la valeur de l'intensité du courant

$$I = \frac{C \times g}{D} = \frac{0,1A \times 55}{100} = 0,055A$$

$$I = 0,055A$$

b. Vérifions avec le calibre 0,01A et 0,5A pour 0,01A

$$I = \frac{C \times g}{D} \Rightarrow g = \frac{I \times D}{C} = \frac{0,055A \times 100}{0,01A} = 550$$

$$g = 550$$

La mesure n'est plus possible dans ces conditions avec le calibre 0,01A et même 0,5A

Pour 0,5A

$$g = \frac{I \times D}{C} = \frac{0,5A \times 100}{0,5A} = 11$$

$$g = 11$$

QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ :

I. Notion de quantité d'électricité :

1. **Définition** : La quantité d'électricité transportée par un électron ou ion est égale à la valeur absolue de sa charge électrique.

2. Expériences :

Expérience 1

Dans l'électrolyse, à des volumes égaux de dihydrogène libérés correspondent des quantités d'électricité égales.

Expérience 2

La quantité d'électricité dans le circuit principal est égale à la somme des quantités d'électricité des circuits dérivés. Elle est mesurable.

II. Formule –Unités de la quantité d'électricité :

1. Formule :

$$Q = I \cdot t \text{ et}$$

$$I = \frac{Q}{t}; t = \frac{Q}{I}$$

2. Unité :

L'unité de la quantité d'électricité dans le système international est le Coulomb, symbole (C).

$$Ah = 3600C$$

3. Définition du coulomb :

Le coulomb est la quantité d'électricité transportée en une seconde par un courant de un ampère.

4. Définition de l'ampère-heure :

L'ampère-heure est la quantité d'électricité qui traverse en une heure une section du circuit parcourue par le courant de 1A.

Exercice : Soit un courant continu d'intensité $I=1A$

Calcule la quantité d'électricité Q débutée en une seconde et le nombre d'électrons qui traversent une section du circuit pendant le même temps

Solution :

- a. Quantité d'électricité débutée en une seconde avec un courant d'intensité 1A :

$$Q = I \cdot t$$

$$Q = 1A \times 1s = 1Coulomb$$

- b. Le nombre d'électrons traversant une portion du circuit pendant une seconde : Si n est le nombre d'électrons, q_e la charge d'électron,

$$Q = n(q_e) \Rightarrow n = \frac{Q}{q_e} = \frac{1 \times 10^{19}}{1,6} = 0,625 \cdot 10^{19} \text{ Ou}$$

$$Q = 625 \cdot 10^{16} \text{ électrons}$$

ELECTROLYSE ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE:

I. Etude qualitative

1. Définition

Electrolyse : est la décomposition chimique de certaines substances en fusion ou en solution par le courant électrique

Electrolytes : substances en fusion ou en solution.

Electrolyseur ou voltamètre : appareil qui permet de faire l'électrolyse.

2. Exemples d'électrolyses simples

a. Electrolyse d'une solution de chlorure de cuivre II

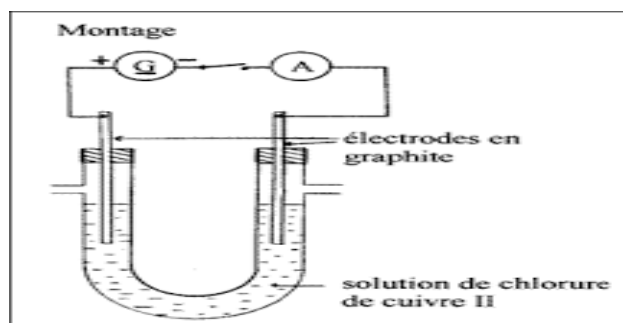


Le cuivre se dépose à la cathode et le dichlore se dégage à l'anode

Fermons l'interrupteur :

- A l'anode, le dichlore apparaît ;
- A la cathode, le dihydrogène se dégage.

Aucun phénomène n'est visible à l'intérieur de la solution.



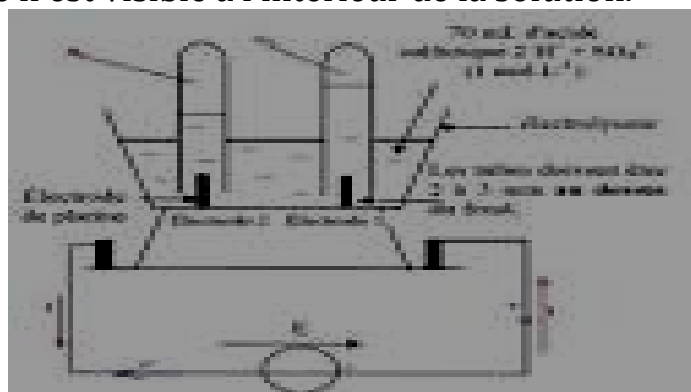
b. Electrolyse d'une solution d'acide chlorhydrique

Dans un électrolyseur à électrodes en charbon on introduit une solution de HCl. Chacune des électrodes est coiffée d'une éprouvette. L'interrupteur fermé, on constate que :

A l'anode apparaît le dichlore ;

A la cathode, le dihydrogène se dégage.

Aucun phénomène n'est visible à l'intérieur de la solution.



3. Interprétation des électrolyses : les ions

a. Quelques définitions

a₁. Un ion positif ou cation est un atome (ou un groupe d'atomes) qui a perdu un ou plusieurs électrons.

La plupart des actions sont des ions métalliques

Exemple : H^+ ; Ag^+ ; Al^{3+} ; Cu^+ ; Cu^{2+} ; Fe^{2+} ; Fe^{3+}

a₂. Un ion négatif ou anion est un atome ou groupe d'atomes qui à gagner un ou plusieurs électrons.

Exemples : Cl^- ; O^{2-} ; SO_4^{2-} ; OH^-

a₃. Interprétation de l'électrolyse

Les ions chlorures se dirigent vers l'anode où ils cèdent leurs électrons excédentaires pour devenir atome de dichlore $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

Les ions Cu^{2+} se dirigent vers la cathode. Un ion Cu^{2+} capte deux électrons cédés par la cathode et se transforme en atome de cuivre.



Tout se passe comme si, par l'intermédiaire des ions les électrons étaient transportés de la cathode sur l'anode.

Que le courant passe parce qu'il y a transport des électrons.

Que des réactions n'ont lieu qu'au contact des électrodes.

4. Lois qualitatives de l'électrolyse

a. Lors de l'électrolyse, les anions et les cations de l'électrolyte se mettent en mouvement ordonné :

A la cathode se dirigent les cations.

A l'anode se dirigent les anions.

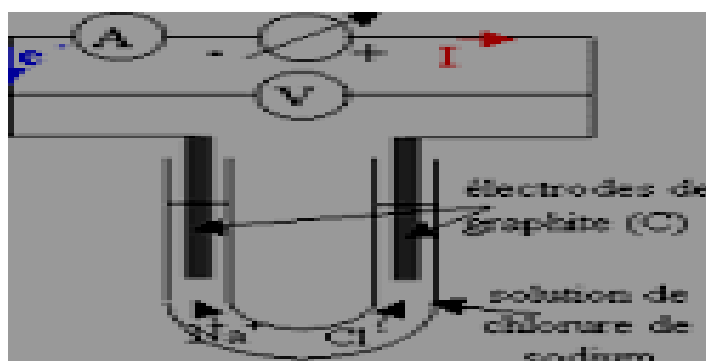
b. Il se produit un échange d'électrons entre les ions et les électrodes.

Les produits de l'électrolyse n'apparaissent que sur les électrodes mais jamais au sein de la solution.

5. Electrolyse d'une solution de chlorure de sodium

a. Expérience

L'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium donne : des ions Na^+ et Cl^- .

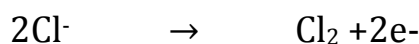


b. Interprétation

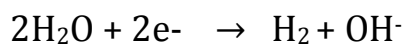
Le chlorure de sodium se dissocie en ions Na^+ et Cl^-



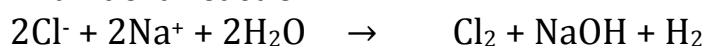
A. l'anode



A la cathode



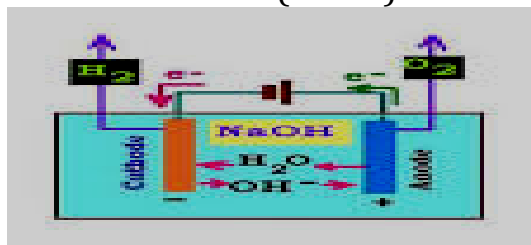
Bilan de la réaction



6. Electrolyse d'une solution de soude (NaOH)

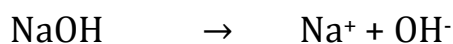
a. Expérience :

L'électrolyse d'une solution de soude (NaOH) conduit à des ions Na^+ et OH^-



b. Interprétation

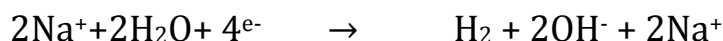
Dissolution



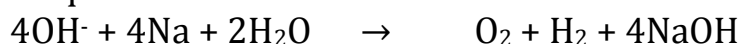
A l'anode



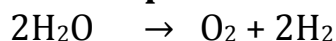
A la cathode



L'équation bilan de la réaction:



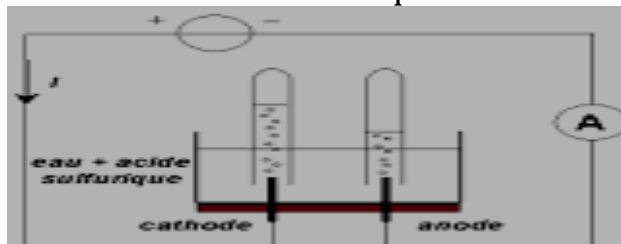
Tout se passe en définitive comme si l'eau seule était décomposée



7. Electrolyse d'une solution d'acide sulfurique

a. Expérience :

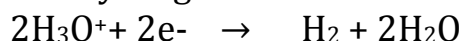
L'électrolyse d'une solution d'acide sulfurique donne des ions H_3O^+ et SO_4^{2-}



b. Interprétation

A la cathode

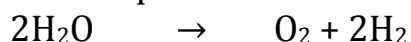
Les ions H_3O^+ se dirigent à la cathode et captent deux électrons pour donner le dihydrogène.



A l'anode



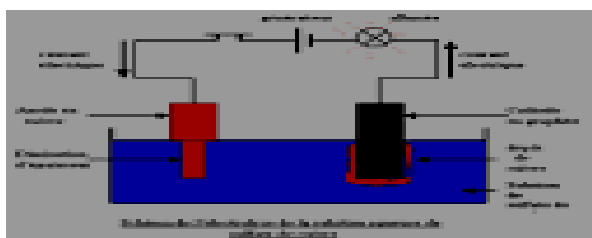
Tout se passe comme si l'eau seule était décomposée.



8. Electrolyse d'une solution de sulfate de cuivre

a. Expérience

L'électrolyse d'une solution de sulfate de cuivre conduit à des ions : Cu^{2+} et SO_4^{2-}

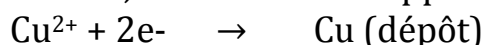


b. Interprétation

Le sulfate de cuivre CuSO_4 en solution est dissocié en ion Cu^{2+} et SO_4^{2-}



Les ions Cu^{2+} se dirigent vers la cathode, captent des électrons, ils sont réduits, le métal cuivre apparaît.



Le nombre d'ions Cu^{2+} reste constant.

A l'anode les ions SO_4^{2-} ne sont pas transformés. Les atomes de cuivre sont oxydés en ions Cu^{2+}



Tout se passe comme si le cuivre était transporté de l'anode sur la cathode.

L'anode disparaît peu à peu comme si elle se dissolvait : on l'appelle anode soluble.

Au contraire, la cathode se recouvre d'une couche de cuivre dont l'épaisseur augmente progressivement.

II. Etude quantitative

1. La quantité d'électricité dans une électrolyse



Ion cède atome

Par la cathode

Pour un dépôt de N d'argent l'électrolyseur est traversé par Ne coulombs

Conclusion : Les quantités des produits formés aux électrodes sont proportionnelles à la quantité d'électricité qui a traversé l'électrolyseur.

Première loi

La masse de métal (ou dihydrogène) libérée est proportionnelle à la quantité d'électricité qui traverse le voltamètre.

Deuxième loi

Lorsqu'une même quantité d'électricité traverse différents électrolytes, les masses des différents métaux ou volumes de gaz dégagés sont proportionnelles aux valences de ces métaux ou de gaz.

Relation entre la quantité d'électricité et le nombre de mole d'électrons échangés au cours de l'électrolyse.

On sait que $q = I.t$

Le nombre de moles d'électrons transportés au cours de l'électrolyse est

$$Ne^- = \frac{q}{F}$$

La masse d'un métal est calculée par la relation :

$$m(\text{métal}) = \frac{q.M(\text{métal})}{n.F}$$

Le volume d'un gaz est calculé par la relation :

$$V(\text{gaz}) = \frac{q.V_m}{n.F}$$

2. Calcul des quantités de matières formées aux électrodes :

a. La mole :

On appelle mole de particules, la quantité de matière qui contient N particules.

N est appelé nombre d'Avogadro.

$$N = 6,02.10^{23} \text{mol}^{-1}$$

b. Le Faraday :

On appelle Faraday, la quantité d'électricité portée par une mole d'électrons.

$$F = N \times e$$

$$F = 6,02.10^{23} \times 1,6.10^{-19}$$

$$F = 96320C = 96500C./.$$

Exercice : Un courant de 3 Ampères traverse pendant 4 minutes un électrolyseur contenant du chlorure de cuivre II et du chlorure de sodium en solution aqueuse

- Ecris les équations des réactions chimiques aux électrodes et l'équation bilan de cette électrolyse.
- Calcule la masse de cuivre déposée à la cathode.
- Calcule la masse et le volume de dichlore dégagé à l'anode.

On indique :

- Le dichlore est insoluble dans l'eau salée
- Le volume molaire V_0 est de 24l dans les conditions de l'expérience
- La masse molaire atomique du cuivre est 63,5g/mol
- La masse molaire atomique du dichlore est 35,5g/mol

Solution :

a. Réaction électrochimiques aux électrodes :

La solution de chlorure de cuivre II contient des ions Cu^{2+} et Cl^-

Au cours de l'électrolyse :

A la cathode : $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$

A l'anode : $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$

Equation bilan de l'électrolyse : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cu} + \text{Cl}_2$

b. Masse de cuivre déposé en 4mn

D'après les équations (1) et (2), le passage de deux électrons dans le conducteur électrique permet la formation :

- d'une molécule de dichlore qui se dégage
- d'un atome de cuivre qui se dépose.

Ainsi le passage de 2moles d'électrons permet :

- Le dépôt d'une mole de cuivre soit 63,5g de cuivre
- Le dégagement d'une mole de dichlore soit 24l de dichlore.

Le nombre de mole de cuivre déposé est alors la moitié du nombre de moles total d'électrons

$$n(\text{Cu}) = \frac{n_e}{2} = \frac{q}{2f} = \frac{I \times t}{2f} \text{ où } f \text{ étant le faraday}$$

La masse de cuivre est alors :

$$m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \times M(\text{Cu})$$

$$m(\text{Cu}) = \frac{I \times t}{2f} \times M(\text{Cu}) = \frac{3 \times 240}{2 \times 96500} \times 63,5 = 237g$$

$$m(\text{Cu}) = 237g$$

c. Le nombre de moles de dichlore dégagé est

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{n_e}{2}$$

Le volume de dichlore dégagé est :

$$V(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \times V_0$$

$$V(\text{Cl}_2) = \frac{I \times t}{2f} = \frac{3 \times 4 \times 60}{2 \times 96500} \times 24 = 89.10^{-3}l$$

$$V(\text{Cl}_2) = 89.10^{-3}l$$

La masse de dichlore formé est :

$$m(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \times M(\text{Cl}_2)$$

$$m(\text{Cl}_2) = \frac{n_e}{2f} \times M(\text{Cl}_2) = \frac{I \times t}{2f} \times M(\text{Cl}_2)$$

$$m(Cl_2) = \frac{3 \times 4 \times 60}{2 \times 96500} = 0,26g$$

$$m(Cl_2) = 0,26g$$

LOIS DE FARADAY : APPLICATIONS INDUSTRIELLES :

Application industrielles :

L'électrolyse en solution aqueuse a de nombreuses applications industrielles : c'est un procédé coûteux, mais qui a l'avantage de conduire à des produits très purs.

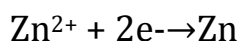
I. Préparations industrielles

1. De métaux électrolytiques

a. Le zinc

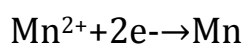
Le zinc est obtenu par électrolyse du sulfate de zinc acidifié par l'acide sulfurique

L'équation de la réaction à la cathode est :



b. Le manganèse:

Le manganèse est obtenu par électrolyse des solutions de sulfate de manganèse II acidifiés par l'acide sulfurique

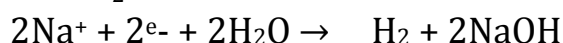
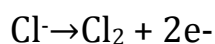


C. L'Aluminium :

L'aluminium est oxydé en alumine (Al_2O_3). Les anodes sont en aluminium et les cathodes sont en plomb. L'électrolyte est l'acide sulfurique. La couche d'alumine obtenue est très régulière.

II. De gaz

a. Le dichlore



III. Dépôts métalliques:

Ils ont pour but de protéger le métal contre la corrosion.

Il est réalisé par l'électrolyse à « anode soluble ».

IV. La galvanoplastie :

Les oxydes obtenus sont plus purs que ceux obtenus par les procédés chimiques.

C'est la reproduction d'objet à partir d'un moule capteur qui constitue la cathode.

Le métal se dépose sur le moule en prenant sa forme ; on détache ensuite le métal du moule. On fabrique avec cette méthode des médailles, des moules pour disques d'électrophone, des clichés d'imprimerie.

./.

EFFET JOULE EFFECTIF:

Le passage du courant électrique dans un conducteur s'accompagne toujours d'un dégagement de chaleur.

On donne à ce phénomène le nom de l'effet Joule.

I. Définition de l'effet Joule :

L'effet Joule est la transformation de l'énergie électrique en chaleur lors du passage du courant électrique dans un conducteur.

Lorsque le courant passe dans les circuits électriques :

- a. il provoque la dilatation du fil de cuivre qui s'incurve ;
- b. il porte le filament de la lampe à l'incandescence et le rend lumineux ;
- c. il chauffe le liquide contenu dans le calorimètre.

1. Enoncé :

La quantité de chaleur dégagée dans un conducteur par le passage du courant électrique est proportionnelle au temps de passage du courant, au carré de l'intensité et à la résistance de ce conducteur.

- des risques d'incendies ;
- des pertes d'énergie en ligne lors du transport du courant électrique.

L'effet Joule représente une énergie dissipée en pure perte. L'échauffement peut détériorer les composantes électriques.

- $U = R \times I$

U tension, s'exprime en volts(V)

- I intensité, s'exprime en ampères (A)

- R résistance, s'exprime en ohms (Ω)

$$P = U \times I$$

- P puissance électrique s'exprime en watts (W)

- U tension, s'exprime en volts (V)

- I intensité, s'exprime en ampères (A)

$$P = R.I^2$$

$$W = R \times I^2 \times t$$

$$Q = P \times t$$

W s'exprime en Joules (J)

- R s'exprime en ohms (Ω)

- I s'exprime en ampères (A)

- t s'exprime en secondes (s)

. /.

Exercice : On veut chauffer un litre d'eau de 15°C à 40°C au moyen d'un chauffe-eau électrique plongé dans cette eau et parcouru par un courant électrique de 4A.

La différence de potentiel aux extrémités du chauffage est 220V.

Calcule :

- La résistance électrique du chauffe-eau.
- La quantité de chaleur fournie (en joules) par le chauffe-eau.
- La durée de l'expérience.
- La quantité d'électricité qui aura traversé le chauffe-eau.

On donne chaleur massique de l'eau $C_{\text{eau}} = 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$.

Solution :

- Le chauffe-eau est un résistor de résistance R. Le passage d'un courant I est lié à la tension U volts telle que :

$$U = R \times I \text{ (loi d'ohm)}$$

La résistance du chauffe-eau est alors :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{4} = 55\Omega$$
$$R = 55\Omega$$

- b. La chaleur fournie par le chauffe-eau est absorbée par l'eau dont la température passe de 15°C à 40°C.

La chaleur reçue par l'eau pour s'échauffer a pour expression :

$$Q = m \times C_{eau} \times (t_2 - t_1) = 1 \times 4180 \times (40 - 15) = 104500J$$

- c. La durée t de l'expérience :

L'énergie électrique fournie par le chauffe-eau a pour expression :

$$W = R \times I^2 \times t \Rightarrow t = \frac{W}{R \times I^2} = \frac{104500}{55 \times 4 \times 4} = 118s$$
$$t = 118s$$

- d. Quantité d'électricité ayant traversé le chauffe-eau

$$Q = I \times t = 4 \times 118 = 472Coulomb$$

$$Q = 472Coulomb$$

RÉSISTANCES - RÉSISTORS:

Tout élément de circuit électrique possédant deux bornes, s'appelle dipôle.

Une résistance est l'opposition d'un conducteur au passage du courant.

- Le conducteur qui est un composant physique est appelé RESISTOR.

Un conducteur ohmique est un conducteur qui a une propriété particulière intéressante.

- Une résistance est représentée par un rectangle marqué par la lettre R.



Les résistors (résistances) permettent de modifier l'intensité du courant dans un circuit.

I. INFLUENCE D'UN CONDUCTEUR OHMIQUE DANS UN CIRCUIT.

Un résistor permet de modifier l'intensité du courant.

Un résistor est un frein au passage des électrons dans le circuit.

II. ETUDE D'UNE RESISTANCE

1. Expérience :

Lorsque l'intensité I du courant qui traverse le résistor varie, la tension U varie dans le même sens.

Notons les valeurs de I pour différentes valeurs de U .

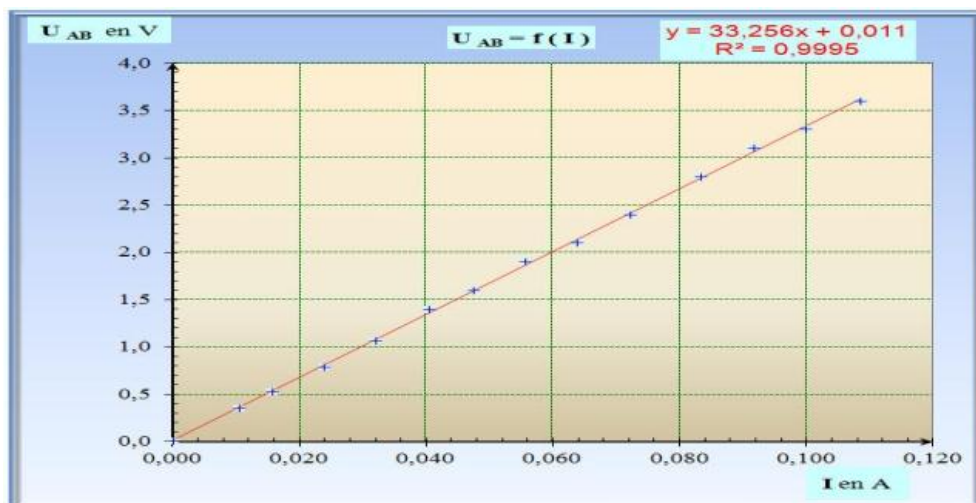
U (V)	0	1	2	3	4	5
I (A)	0	0,06	0,11	0,17	0,22	0,29

2. Interprétation de l'expérience

Portons ces résultats de mesures sur un graphique avec U en ordonnée et I en abscisse. Nous constatons que les points correspondants sont pratiquement alignés.

La droite passant le plus près possible de tous ces points est appelée caractéristique de la résistance.

III.



RESISTANCE D'UN CONDUCTEUR OHMIQUE

La résistance R d'un conducteur de résistivité ρ , de longueur l et de section S est donnée par la formule :

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

R : s'exprime en Ω

ρ : s'exprime en Ωm

l : s'exprime en m

S : s'exprime en m^2

$P = RI^2t$ ou $P = UIt$

Définition de la résistance

La résistivité d'une substance est la résistance d'un cylindre de cette substance ayant 1cm de long et 1m^2 de section.

./.

Exercice : un résistor est traversé par un courant de 0,29A : la tension aux bornes de ce dipôle est alors de 24V.

- Calcule la résistance de ce dipôle.
- Calcule la tension aux bornes du résistor lorsqu'il est traversé par un courant de 0,1A

Solution :

- La loi d'ohm appliquée au résistor lorsque $I=0,29\text{A}$ et $U=24\text{V}$

$$U = R \times I \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{24}{0,29} = 82,76\Omega$$

$$R = 82,76\Omega$$

- Tension aux bornes du dipôle lorsque $I=0,1\text{A}$

$$U = R \times I = 82,76 \times 0,1 = 8,28\text{V}$$

$$U = 8,28\text{V}$$

ASSOCIATION EN SERIE ET EN PARALLELE DE RESISTANCES :

Un dipôle équivalent est un dipôle unique qui, placé entre deux points A et B ne modifie ni la tension U_{AB} entre ces points, ni l'intensité I du courant qui circule dans le circuit principal.

DIPÔLES EQUIVALENTS A QUELQUES ASSOCIATIONS SIMPLES DE CONDUCTEURS OHMIQUES

I. EXPERIENCE QUALITATIVE

Deux lampes montées en parallèles.

Les lampes brillent normalement.

Deux lampes montées en série

Une lampe branchée à la source de courant éclaire.

Avec deux lampes, la lumière baisse.

Avec trois lampes la luminosité baisse encore.

II. ASSOCIATION EN SERIE

Montons en série trois conducteurs de résistances ohmiques R_1 , R_2 , R_3 connues.

La résistance équivalente R_e est égale à la somme des résistances $R_1 + R_2 + R_3$.

La résistance R_e d'un ensemble de conducteurs de résistances ohmiques montées en série est égale à la somme de toutes les résistances.

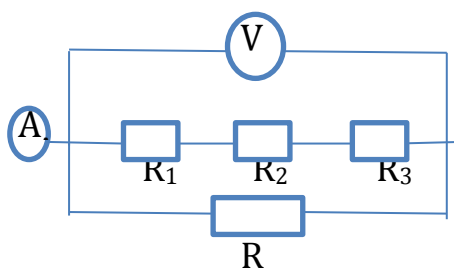
Remarques

En série l'intensité I ne varie pas

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$$

La tension U varie

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$



III. ASSOCIATION EN PARALLELE OU EN DERIVATION

Lorsque des conducteurs ohmiques sont montés en parallèle, on peut les remplacer par un conducteur ohmique unique dont l'intensité de la résistance est égale à la somme des inverses des résistances des conducteurs ohmiques donnés.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

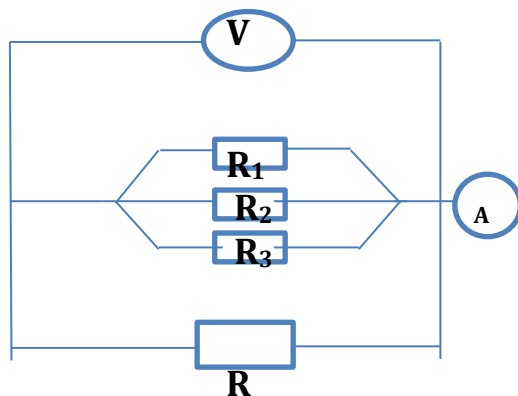
N.B : En parallèle

Intensité I varie

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

La tension U ne varie pas

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$$



IV. APPLICATION

-Les rhéostats et les shunts sont des applications de l'association des résistances. Dans un circuit, un rhéostat est une résistance variable qui permet de faire varier l'intensité du courant.

-Un shunt est un conducteur de faible résistance que l'on monte en dérivation avec un appareil électrique (ampèremètre par exemple).

./.

Exercice :