

POIDS D'UN CORPS : LA VERTICALE (RAPPEL)

I- ACTION EXERCEE SUR UN OBJET PAR LA TERRE

La terre exerce sur tout objet une action appelée action de pesanteur. C'est une action à distance, répartie, car elle s'exerce en tout point de l'objet.

L'action de la terre sur un objet remplacée par une force ponctuelle, unique, appelée poids du corps.

II DEFINITION :

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

III- CARACTERISTIQUES DU VECTEUR POIDS D'UN CORPS.

Le poids d'un objet est une force qui est représentée par un vecteur, noté $\vec{P}$, dont les caractéristiques sont :

1) Droite d'action (ou direction) : c'est la droite rectiligne suivie par l'objet qui tombe en chute libre. La direction du vecteur poids est la verticale du lieu où se trouve l'objet.

2) Le sens : dirigé de haut en bas.

3) Le point d'application : c'est le centre de gravité de l'objet.

4) L'intensité ou le module : c'est la grandeur du poids. L'intensité du poids d'un corps se mesure à l'aide d'un dynamomètre. Son unité est le **newton (N)**.

IV-REPRESENTATION DU VECTEUR POIDS :

L'action de la pesanteur terrestre sur un corps équivaut à une force unique appelée poids d'un corps, représenté par un vecteur $\vec{P}$.

V- DEFINITION DE LA VERTICALE :

La verticale est la droite rectiligne suivie par un corps qui tombe en chute libre.

NOTION DE FORCE
CARACTERISTIQUES
REPRESENTATION- UNITE

I- NOTION DE FORCE

1) Effet dynamiques :

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

2) Effets statiques

Une force peut donc produire aussi la déformation des corps sur lesquels elle agit : allongement, flexions, torsions, ces manifestations des forces sont leurs effets statiques.

3) Définition

On appelle force toute cause capable :

- de produire ou de modifier le mouvement d'un corps (effet dynamique)
- déformer un corps (effet statique)

4) Différentes sortes de forces :

Les forces se rencontrent dans tous les domaines de sciences physiques.

On peut par conséquent les classer en deux groupes : les forces de contact et les forces à distance.

a) les forces de contacts :

Ce sont les forces qui se manifestent quand le solide est en contact avec un autre objet.

Exemple : les forces électriques ; les forces pressantes ; les forces musculaires ; les forces de frottements.

b) les forces à distances :

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

Exemple : les forces électriques ; les forces magnétiques ; les forces de pesanteur.

II- LES CARACTERISTIQUES D'UNE FORCE :

Les caractéristiques d'une force sont :

- son point d'application
- son sens
- sa direction (droite d'action ou support)
- l'intensité.

III- REPRESENTATION D'UN VECTEUR-FORCE :

Une force est représentée par un vecteur, noté $\vec{F}$. Ce vecteur à :

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

IV- UNITE DE FORCE

L'intensité d'une force se mesure avec un dynamomètre.

L'unité de force dans le système international (S.I) est le newton (symbole : N).

PRINCIPE DES ACTIONS RECIPROQUES

I- EXEMPLES D'ACTIONS RECIPROQUES

1) Interactions à distances

a) Expérience : (⊗schéma)

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.

- lorsqu'un aimant est en interaction avec un morceau de fer l'aimant attire le fer et réciproquement le fer attire l'aimant. Son appelées actions réciproques. On dit aussi que les deux solides interagissent, qu'il y a interaction à distance.

b) Exemples (⊗schéma)

Deux pendules chargés électriquement interagissent à distance. Il y a répulsion si les charges sont de même signe, et attraction dans le cas contraire.

Ces forces d'interaction sont toujours directement opposées.

2) Interactions de contact

a) Expérience (⊗schéma)

Tenez d'une main une règle solide par son milieu. Demander à un camarade de tirer à deux mains aux extrémités de la règle et tentez, de résister. Vous devez exercer sur la règle une action de contact. Cependant vous éprouvez que la règle exerce en retour une action qui finit par vous faire ouvrir les doigts et lâcher prise.

b) Exemple (⊗schéma)

La brique exerce une force $\vec{F}_{B \rightarrow T}$ sur la table (action) qui manifestement identique à son poids $\vec{P}$; la table exerce sur la brique une force $\vec{F}_{T \rightarrow B}$ appelée réaction $\vec{R}$ de la table sur la brique. Ces deux forces ont même direction, même intensité et de sens contraires.

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

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

$$\vec{F}_{B \rightarrow T} = \vec{F}_{T \rightarrow B} \text{ (ou } P = R \text{)}.$$

II- ETUDE QUANTITATIVE : (⊗schéma)

D_1 exerce sur D_2 une force $\vec{F}$ (1 sur 2) ou $\vec{F}_{1/2}$ et D_2 exerce sur D_1 une force $\vec{F}_{2/1}$.

Les dynamomètres indiquent que les intensités des deux vecteurs force sont égales.

$$F_{1/2} = F_{2/1}.$$

D'autre part, les vecteurs $\vec{F}_{2/1}$ et $\vec{F}_{1/2}$ ont même direction, et des sens opposés. On peut donc conclure que les vecteurs force sont opposés. $\vec{F}_{2/1} = - \vec{F}_{1/2}$

III- ENONCE DU PRICIPE DES ACTIONS RECIPROQUES

1) Enoncé

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

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

Ces deux forces ont :

- même direction
- des sens contraires
- même point d'application
- et même intensité : $\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A}$

2) Remarques

$\vec{F}_{A/B} = \vec{F}_{B/A}$: Traduit l'action et la réaction tandis que

$\vec{F}_{A/B} + \vec{F}_{B/A} = 0$: Traduire l'équilibre d'un corps soumis à deux forces.

L'action et la réaction sont simultanées.

EQUILIBRE D'UN CORPS SOU MIS A DEUX FORCES : LOI

I- CONDITION D'EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A DEUX FORCES

1) Réalisation expérimentale

a) Premier exemple (poids négligeable) : (⊗schéma)

Un corps léger C (par exemple une plaque de polystyrène) est attaché entre deux dynamomètres. Si ceux-ci sont suffisamment tendus, leurs directions sont pratiquement confondues et on peut lire sur les graduations les intensités des forces qu'ils exercent sur C. On remarque alors que ces intensités sont grandes devant le poids du corps C : nous admettrons que le poids joue un rôle négligeable.

b) Deuxième exemple (poids composé) : (⊗schéma)

Posons sur une table soufflante horizontale un solide plat. Le poids de celui-ci est compensé par l'action du support tant qu'on n'applique pas d'autre force extérieure. Attachons le solide à deux dynamomètres fixés au bord de la table. Après quelque oscillations, un équilibre s'établit.

Les deux forces localisées $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ exercées par les dynamomètres sont seules responsables du mouvement horizontal. Quatre actions s'exercent en tout sur le solide, mais le poids et la réaction de la table se faisant toujours équilibre, il est possible de rechercher les conditions supplémentaires que doivent vérifier les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ étant de sens opposés, on peut écrire :

2) Conditions d'équilibre

Le solide est en équilibre si les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ ont même ligne d'action de sens contraire et même intensité $F_1 = F_2$. $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ ou $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$

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 $F_1 = F_2$.

Remarque : Si la somme vectorielle est nulle, le solide n'est pas nécessairement en équilibre, ou $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$, en effet si les droites d'action sont parallèles, une rotation se produit, les deux forces forment **un couple de force**.

II- APPLICATIONS :

1) Equilibres stable, instable, indifférent : (⊗schéma)

Avec une réglette percée de plusieurs trous, nous pouvons faire l'expérience.

a) Equilibre stable :

L'équilibre est stable si le centre de gravité G est au-dessus du point d'application.

b) Equilibre instable :

L'équilibre est instable si le centre de gravité G est au-dessous du point d'application.

c) Equilibre indifférent :

L'équilibre est indifférent si le centre de gravité G et le point d'application sont confondu.

2) Application d'une canne : (⊗schéma)

Une canne repose sur un support.

Le contact de la crosse avec le support est ponctuel (point O). Les forces de contact qu'exerce le support sur la canne sont équivalentes à une force localisées en O. La canne reste dans le plan vertical. Soit G la position de son centre de gravité.

- Le solide est soumis à l'action des forces de contact $\vec{R}$ et à son poids $\vec{P}$ A l'équilibre :

$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}.$$

Les deux forces ont même support : la verticale passant par O. Si l'on écarte la canne de sa position d'équilibre, elle y revient après quelques oscillations. L'équilibre est dit stable. Il est aussi possible de maintenir une canne en équilibre avec son centre de gravité situé au-dessus et à la verticale du point d'appui O. Cet équilibre est évidemment instable.

Les équilibristes s'adonnent à ce type d'exercice.

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 :

a) **La latitude** : la latitude d'un lieu est la distance de ce lieu à l'équateur.

b) **L'altitude** : l'altitude d'un lieu est la hauteur de ce lieu par rapport au niveau de la mer.

1) Avec la latitude :

Expérience :

Soit un corps suspendu au crochet d'un dynamomètre ; on mesure son poids P :

- à paris $P = 9,81$

- à Libreville (au Gabon) $P = 9,78$

- au pôle Nord $P = 9,83$

Alors le poids d'un corps varie avec la latitude du lieu.

2) Avec l'altitude :

Expérience :

On détermine le poids d'un corps dans la même ville à paris

- à Paris (à la surface du sol) $P = 9,81 \text{ N}$

- au sommet de la Tour Eiffel à Paris (320 m à peu près) $P = 9,80 \text{ N}$

- à une altitude de 10^4 mètres au-dessus de Paris $P = 9,78 \text{ N}$

Alors le poids d'un corps varie donc avec l'altitude du lieu. Il diminue lorsque l'altitude augmente.

3 Conclusion :

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

4) 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. En effet, en raison de l'aplatissement de la terre suivant la ligne des pôles, lorsqu'on se déplace de l'équateur au pôle Nord en passant par Paris, le rayon terrestre diminue de l'équateur au pôle nord. D'autre part, lorsqu'on s'élève en altitude, on s'éloigne du centre de la terre ; c'est pourquoi le poids du corps diminue.

II- LA MASSE D'UN CORPS

1) Définition :

La masse d'un corps est la quantité de matière qui constitue ce corps.

2) Unité de masse

L'unité de masse dans le système international (S.I) est le kilogramme (Kg).

III RELATION ENTRE POIDS ET MASSE D'UN CORPS

1) Différence entre poids et masse d'un corps

Rassemblons dans un tableau nos connaissances sur la masse et le poids, deux grandeurs confondues dans la vie courante.

Grandeur	Unité	Instrument de mesure	Propriété
Masse	Kilogramme	Balance	Invariable avec le lieu
Poids	Newton	Dynamomètre	Variable avec le lieu

2) Relation entre poids et masse d'un corps

En mesurant avec un dynamomètre adapté le poids de différents objets de masse connue ou déterminée préalablement avec une balance, nous obtenons les résultats, ci-dessous.

Masse (kg)	0,5	1	2	3	4	5
Poids (N)	5	10	20	30	40	50
P/m (N/Kg)	10	10	10	10	10	10

Nous constatons que le poids est proportionnel à la masse.

Le quotient P/m est le coefficient de proportionnalité qu'on appelle la pesanteur notée g.

Elle est voisine de 10, mais la valeur de 9,8 est plus réelle donc $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

$$P = m \times g \text{ ou encore } m = \frac{P}{g} ; g = \frac{P}{m}$$

- P s'exprime en N
- m s'exprime en Kg
- g s'exprime en N / Kg

TRAVAIL D'UNE FORCE-UNITE

I - NOTION DE TRAVAIL

1) Quelques exemples

Une femme qui puise de l'eau, un âne qui tire une charrette, une pierre qui tombe sous l'action de la pesanteur effectue du travail.

2) Conclusion :

Il y a travail quand une Force $\vec{F}$ déplace son point d'application dans sa propre direction.

II – EXPRESSION DU TRAVAIL – UNITE

1) Expression du travail

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

$$W = F \times L$$

- W : représentant le travail
- F : l'intensité de la force
- L : la longueur du déplacement

De même le travail effectué par le poids $\vec{P}$ d'un corps qui tombe d'une hauteur h est

$$W = P \times h$$

2) L'unité de travail

L'unité de travail dans le système international (S.I) est le joule son symbole est J.

Définition de joule :

Le joule est le travail effectué par une force d'un newton dont le point d'application se déplace d'un mètre dans sa propre direction.

$$W = F \times L$$

- W : s'exprime en J
- F : s'exprime en N
- L : s'exprime en m

- **Autres unités :**

- le kilojoule (KJ) : $1 \text{ KJ} = 10^3 \text{ J} = 1000$

- le Mégajoule (MJ) : $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J} = 1000000$

III – TRAVAIL MOTEUR- TRAVAIL RESISTANT

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.

2) Travail résistant :

Une force qui s'oppose au déplacement effectue un travail résistant, une telle force s'appelle force résistante.

NOTION DE PUISSANCES- UNITE

1) Exemples :

Pour soulever la charge P, l'homme doit exercer une force $F = 300 \text{ N}$.

Lorsqu'il élève cette charge d'une hauteur de 5 m, l'homme accomplit un travail : $W = F \times h$
 $W = 300 \times 5 = 1500 \text{ J}$

Cela, quelque soit le temps mis pour effectuer ce travail.

En B une charge identique à la première est soulevée par un moteur M. celui-ci exerçant également une force égale à 300 N accomplit, pour soulever la charge d'une hauteur de 5 m, exactement le même travail que l'homme, soit 1500 J.

- Alors qu'il faut 30 secondes à l'homme pour amener la charge à la plate-forme, il suffit de 10 secondes au moteur pour effectuer ce même travail.

Nous disons que le moteur est plus puissant que l'homme. Durant chaque seconde, le travail accompli

Par l'homme est : $\frac{1500 \text{ J}}{30} = 50 \text{ J/s}$ par le moteur est : $\frac{1500 \text{ J}}{10} = 150 \text{ J/s}$.

2) Définition :

On appelle puissance d'une force pendant un temps t le quotient du travail de la force par le temps mis pour l'accomplir.

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

3) Autre expression de la puissance

Quand le point d'application de la force se déplace à la vitesse $= \frac{l}{t}$, alors

$$P = \frac{W}{t} \quad P = \frac{F \times l}{t} = F \times \frac{l}{t} = F \times V$$

La puissance de la force $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace à la vitesse V dans sa propre direction est égale au produit de l'intensité de la force par celle de la vitesse.

$$P = F \times V$$

- P : s'exprime en **W**
- F : s'exprime en **N**
- V : s'exprime en **m/s**

II- UNITE DE PUISSANCE :

1) Unité en S.I

L'unité de puissance dans le système international est le Watt (symbole W)

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

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

- P : s'exprime en **Watt**
- w : s'exprime en **joule**
- t : s'exprime en **seconde**

Les principaux multiples du watt sont :

- le kilowatt ($1 \text{ KW} = 10^3 \text{ W}$)
- le mégawatt ($1 \text{ MW} = 10^6$)

2) Autre unité de puissance

Le cheval-vapeur (ch.) est généralement utilisé pour mesurer la puissance des moteurs usuels. Le cheval-vapeur est la puissance d'un moteur qui fournit un travail de 736 joules en une seconde.

$$1 \text{ ch} = 736 \text{ J/s} = 736 \text{ W}$$

Remarque:

Si P est exprimé en watt et t en heures, le travail développé s'exprime en watt heure (Wh)

$$W = P \times t \Rightarrow W = 1 \times 3600 = 3600 \text{ j}$$

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

Un multiple de Watt heures est kilowatt heure $1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ Wh}$

brecos

LES MACHINES SIMPLES : LES LEVIERS

A- LES MACHINES SIMPLES

1) Définition

On appelle machine simple tout dispositif capable de rendre plus avantageux les caractéristiques d'une force.

2) Exemples : Les leviers, les poulies, le plan incliné, le treuil.

B- LES LEVIERS

I- DESCRIPTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

1) Description : (Schéma)

Un levier est essentiellement formé d'une barre rigide AB mobile autour d'un point d'appui ou un axe O. Les segments OA et OB sont appelés bras de levier.

Il y a deux forces qui agissent sur la barre

- l'un en A la force à vaincre appelée force résistante $\vec{R}$
- l'autre en B est développée par l'utilisateur, c'est la force motrice, $\vec{F}$

2) Principe de fonctionnement :

Nous pouvons soulever une pierre très lourde, on peut y parvenir en exerçant une action relativement faible sur l'extrémité B d'une barre de longueur convenable.

II- CONDITION D'EQUILIBRE : (Schéma)

- La barre sur laquelle agissent deux forces $\vec{R}$ et $\vec{F}$ sont parallèles. Elle est en équilibre si $F \times OB = R \times OA$

Ainsi la condition d'équilibre d'un levier mobile autour d'un d'axe est :

$$F \times OB = R \times OA \quad \text{ou} \quad \frac{F}{R} = \frac{OA}{OB} ;$$

Les forces F et R s'expriment en N. OA et OB s'expriment en m.

Conclusion : L'intensité de la force est d'autant plus petite que le rapport $\frac{OA}{OB}$ des deux bras de levier est plus petit ; le point d'appui est proche du solide à déplacer et il loin du point d'application de la force $\vec{F}$ à exercer.

III- LES TROIS GENRES DE LEVIERS

1) levier inter-appui (1^{er} genre)

Le point d'appui est situé entre les points d'application de la force motrice et de la résistance.

Exemples : Les ciseaux, les tenailles, les pinces, coupantes, le pied de biche, etc.

2) levier inter-résistant (2^e genre)

Le point d'application de résistance est situé entre celui de la force motrice et le point d'appui.

Exemple : la brouette, le couteau du boulanger, le casse-noix, etc.

3) levier inter-moteur (3^e genre)

Le point d'application de la force motrice est situé entre celui de la résistance et le point d'appui.

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

LES POULIES

I- DESCRIPTION ET PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

1) Principe

Une poulie permet de soulever plus facilement des charges et de transmettre un mouvement ; Il existe de nombreuses utilisations de poulie.

2) Description : (Schéma)

Une poulie est un disque épais D tournant sans frottement autour de son axe O que soutient un étrier ou chape. Très souvent un évidement circulaire pratiqué dans l'épaisseur du disque, 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 $\vec{R}$ (Résistance).

II- CONDITION D'EQUILIBRE

1) Poulie fixe

a) Définition : une poulie est fixe lorsque sa chape est liée à un support.

b) Expérience : (Schéma)

Supposons la poulie en équilibre sous l'action des deux forces $\vec{F}$ et $\vec{R}$ appliquées aux extrémités de la corde à l'aide de deux dynamomètres (ou des masses marquées).

La lecture des dynamomètres (ou celle des masses marquées) nous donne $F = R$

c) Condition d'équilibre :

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

Conclusion :

Une poulie fixe peut modifier la direction de la force sans changer l'intensité.

2) Une poulie mobile

a) Définition :

Une poulie est mobile lorsque l'un des brins de la corde est lié à un support, à l'autre est appliquée la force motrice. (Schéma)

b) Condition d'équilibre :

L'intensité de la force active qu'il faut appliquer au brin de la corde est également à la moitié de l'intensité de la force résistance $F = \frac{R}{2}$

3) Assemblage de poulie :

a) Palan à brins parallèles : (Schéma)

- Un palan est constitué de deux moufles ensemble de plusieurs poulies tournant librement sur un axe. L'un fixe et l'autre mobile.

- La charge est suspendue au moufle mobile. En supposant les frottements négligeables

l'expérience montre qu'en suspendant P à un palan comportant 6 poulies la force nécessaire F

pour maintenir l'équilibre est ainsi avec n poulies la force nécessaire est $F = \frac{P}{n}$

b) Poulies et courroie de transmissions : (Schéma)

- Les poulies ne servent pas seulement à soulever des corps. Deux poulies telles que A et B réunies par une courroie ou une chaîne qui ne glisse pas sur les surfaces de contacts sont ainsi rendues solidaires.

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

LE TREUIL

I- DESCRIPTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Un treuil comprend :

- Un cylindre ou tambour tournant autour d'un axe OO' ;
- Une manivelle permettant de mettre en rotation le tambour du cylindre sur lequel est enroulé une corde ou câble supportant un fardeau. (⊗Schéma)

II- CONDITION D'EQUILIBRE : (⊗schéma)

Soit R le rayon de la circonférence d'écrite par la manivelle et r celui du tambour pour qu'il y'ait équilibre il faut que :

$$P \times OA = F \times OB; OB = R ; OA = r$$

Alors

$$R \times F = P \times r \quad F = \frac{P \times r}{R} \quad \text{et} \quad P = \frac{F \times R}{r}$$

$\vec{F}$: est la force motrice ;

$\vec{P}$: est la force résistance.

Le bras de levier est OB = R et OA = r

Le treuil est en équilibre lorsque :

$$R \times F = P \times r \quad F = \frac{P \times r}{R} \quad \text{et} \quad P = \frac{F \times R}{r}$$

Remarque :

Si la longueur R du bras de la manivelle est par exemple cinq (5) fois plus grande que le rayon r du cylindre, l'intensité F de la force motrice sera cinq (5) fois plus petite que celle du P de la force résistance.

RAPPELS SUR LES QUANTITES DE CHALEUR

I- Qu'est-ce que la chaleur ?

1) Expérience : (⊗schéma)

a) chauffons un récipient contenant de l'eau et observons le thermomètre qui plonge dans cette eau. 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 la température de l'eau.

Lorsque l'eau atteint sa température d'ébullition, si nous continuons à chauffer, elle se transforme en vapeur, mais l'indication du thermomètre reste fixe.

b) Lorsque nous cessons de chauffer l'eau se refroidit progressivement de chaleur.

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

2) Conclusion

- La chaleur est une « énergie transférée » d'un corps à un autre ; Ce n'est pas une énergie possédée par un corps. Un corps ne contient pas de chaleur. La cause essentielle d'un échange de chaleur entre deux corps purs est une différence de température entre ces corps.

- Deux corps en équilibre thermique n'échangent pas de chaleur entre eux.

- Lorsque deux corps à des températures différentes sont mis en contact, la chaleur passe toujours du corps chaud vers le corps froid.

- La chaleur fournie à un corps pur peut avoir des effets différents :

* Une élévation de température sans changement d'état physique

* Un changement d'état physique à pression constante sans variation de température.

II- LES SOURCES DE CHALEUR :

Une source de chaleur est un corps qui peut échanger de chaleur avec son environnement en gardant sa température constante.

Exemple de source de chaleurs : le soleil, la combustion de charbon dans un foyer, le courant électrique, de l'essence dans un moteur etc.

III- NOTION DE QUANTITE DE CHALEUR :

1) Expérience : (⊗schéma)

Chauffons 1 litre d'eau dans une casserole sur un foyer, sa température passe de 15° à 20°C.

La température de la même masse d'eau fournie par un réchaud.

Cette eau reçoit la même quantité de chaleur quel que soit la source utilisée.

2) Conclusion :

- Pour une même quantité d'eau la quantité de chaleur fournie est proportionnelle à l'élévation de température obtenue :

- Pour une même élévation de température la quantité de chaleur reçue est proportionnelle à la masse d'eau chauffée.

- La quantité de chaleur est une grandeur mesurable.

- La quantité de chaleur, Q 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 :

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

C'est le coefficient de proportionnalité c'est appelé « chaleur massique » du corps.

IV- UNITE DE QUANTITE DE CHALEUR :

L'unité de la quantité de chaleur dans le système international (S.I) est le joule (symbole J). La calorie (cal) et les unités qui en dérivent sont encore utilisées en raison de la simplification qu'elles apportent dans les calculs où n'interviennent que des quantités de chaleur. Des expériences du type joule ont établi l'équivalence suivante :

$$1 \text{ calorie} = 4,18 \text{ Joules.}$$

V- PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA CALORIMETRIE

1) Principes des transformations inverses :

La quantité de chaleur fournie à un corps pour élever sa température de t_1 à t_2 °C est égale à la quantité de chaleur que ce corps abandonne en se refroidissant de t_2 à t_1 °C

2) Principes 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 COMBUSTIBLE

1) Chaleur massique :

a) **Définition** : La chaleur massique d'un corps est la quantité de chaleur que échange l'unité de masse de ce corps.

b) Unités utilisées pour la chaleur massique :

La chaleur massique se mesure à l'aide d'un calorimètre.

$$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

Q : s'exprime en joule (J)
 C : s'exprime en J/kg°C ou J/kg K
 m : s'exprime en kilogramme (kg)
 $(t_2 - t_1)$: s'exprime en j/kg°C

- Chaleur massique de l'eau :

D'après la définition de la chaleur massique et celle de la calorie, on a :

$$C_{\text{eau}} = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} = \frac{1(\text{cal})}{1(\text{g}) \times 1(^{\circ}\text{C})}$$

On peut convertir en j/kg°C alors $C_{\text{eau}} = 4180 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$

2) Pouvoir calorifique d'un combustible

a) Définition

Le pouvoir calorifique est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1kg de combustible, s'il est solide ou liquide, et m^3 s'il est gazeux. Cette quantité de chaleur s'exprime généralement en j/kg ou par j/ m^3

b) pouvoir calorifique des principaux combustibles.

Combustible	Pouvoir calorifique	Combustible	Pouvoir calorifique
Dihydrogène	124700 KJ / m^3	Charbon	28 000 KJ /kg
Méthane	61000 KJ / m^3	éthanol	25 000 KJ /kg
Pétrole	42 000 KJ m^3	méthanol	20 000 KJ /kg
Gaz naturel	37 000 KJ m^3	bois	17 000 KJ /kg

TRANSFORMATION RECIPROQUE DU TRAVAILMECANIQUE EN CHALEUR

I- TRANSFORMATION RECIPROQUE DU TRAVAIL MECANIQUE EN CHALEUR

1) Exemples :

- Les freins d'une voiture ou d'un vélo s'échauffent lorsque le conducteur freine.
- La balle d'un fusil s'écrasant sur un mur peut produire un dégagement de chaleur.
- Une joue ayant reçue une gifle s'échauffe.
- une allumette s'enflamme par frottement.
- Le frottement des mains engendre de chaleur.

2) Conclusions :

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

Le travail et la chaleur sont deux formes particulières de l'énergie :

L'énergie mécanique et l'énergie calorifique.

II TRANSFORMATION DE LA CHALEUR EN TRAVAIL MECANIQUE

1) Expérience : (⊗schéma)

- a) **la température croît** : des courants de convection apparaissent
- b) **l'ébullition commence** : la température du mélange (eau + vapeur) 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 MECANIQUE-ENERGIE CALORIFIQUE

1) expression de l'énergie mécanique produite une force 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 est :

$$W = F \times L$$

- W s'exprime en J
- F s'exprime en N
- L s'exprime en m

2) Expression de la quantité 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.

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

- Q : s'exprime en J
- m : s'exprime en kg
- c : s'exprime en J/kg°C ou J/kg K
- (t_2 et t_1) : s'exprime en °C ou K

MOTEURS THERMIQUES MOTEUR A EXPLOSION

I- MACHINE A VAPEUR : MATEUR THERMIQUE

1) Principe de la machine à vapeur

a) Mise en évidence : (⊗schéma)

On peut remarquer également que le couvercle d'une marmite ou d'une théière sautille quand l'eau rentre en ébullition.

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 : (⊗schéma)

La vapeur produite dans la chaudière arrive dans un cylindre où se trouve un piston mobile.

Elle pousse ce dernier qui se déplace alternativement de translation de va et vient est transformé en un mouvement de rotation du volant par un système bielle-manivelle.

La machine est dite à double effet quand la vapeur agit successivement 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) Expression du travail :

Désignons par :

- P_{ad} : la pression de la vapeur à l'admission ;
- P_{ec} : la pression à l'échappement ;
- S : la surface du piston ;
- L : la course du piston.
- P_e : est la pression effective qui agit sur le piston, $P_e = P_{ad} - P_{ec}$;
- F : est l'intensité de la force pressante exercée par la vapeur sur le piston
- $F = P_e \times S = (P_{ad} - P_{ec}) \times S$.
- le travail de la force pressante est : $W = F \times L = (P_{ad} - P_{ec}) \times S \times L$

- W : s'exprime en **J**

$W = F \times L = (P_{ad} - P_{ec}) \times S \times L$ - $(P_{ad} - P_{ec})$: s'exprime en **Pa**

- S : s'exprime en **m²**

- L : s'exprime en **m**

Remarques

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

- Dans la machine à vapeur à double effet, le travail correspond à un tour de volant ou un aller-retour du piston à pour expression :

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

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 tours du volant.
Ainsi l'expression de la puissance est :

- Dans une machine à simple effet :

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

- Dans une machine à double effet :

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

- P: s'exprime en Watt

- (P_{ad} et P_{ec}) : s'exprime en pascal

- S : s'exprime en m^2

- L : s'exprime en m

- n : s'exprime en tr/s.

N.B : n est le nombre de tours par seconde (c'est une vitesse de rotation).

II- MOTEUR A EXPLOSION

1) Principe :

Un mélange combustible (air essence) est enflammé dans le cylindre par une étincelle électrique. Les gaz brûlés sont portés à une haute température et leur pression pousse un piston mobile.

Dans un moteur à explosion, une partie de la chaleur dégagée par la combustion du carburant est transformée en travail.

2) Description du moteur à explosion : (⊗schéma)

- Dans un moteur à explosion, le mélange de vapeur d'essence et d'air est comprimé dans la chambre d'expression située à la partie supérieure d'un cylindre. Il est enflammé à l'aide d'une étincelle électrique produite par une bougie ; la pression des gaz issu de la combustion pousse un piston. Une bielle-manivelle relie ce dernier à une manivelle solidaire de l'arbre du moteur.

- Le mouvement de va et vient du piston se trouve ainsi transformé en un mouvement de rotation du volant. L'admission et l'échappement des gaz s'effectuent par deux soupapes dont l'ouverture est commandée automatiquement.

Le carburateur assure la vaporisation de l'essence et son mélange avec l'air dans les proportions correspondant à la combustion complète.

3) Fonctionnement : description du cycle à quatre temps : (⊗schéma)

Le cycle à quatre temps d'un moteur à explosion se compose comme suit :

a- Admission (1^{er} temps) : le piston descend et par la soupe d'admission s'ouvert, les gaz pénètrent dans le cylindre.

b- Compression (2^e temps) : Lorsque le piston est arrivé au bas de la course, la soupape d'admission se ferme. Le piston remonte alors et comprime le mélange.

c- Explosion et détente (3^e temps) : Quand le piston est en haut de sa course, la bougie délivre une étincelle. Le mélange expose, on obtient des gaz très chauds et très haute pression qui repoussent le piston vers le bas : c'est le temps moteur.

d- Echappement (4^e temps) : La soupape d'échappement s'ouvre et en remontant, le piston chasse les gaz brûlés. Quand il est en haut de sa course, la soupape d'admission s'ouvre et le cycle peut recommencer.

Remarque :

Au cours d'un cycle le piston fait deux allers et retour

- sur les quatre temps du moteur à explosion seul le 3^e temps est moteur ;

- le mouvement de va et vient du piston est transformé en un mouvement de rotation continue du volant par l'intermédiaire d'un système bielle-manivelle.
- il existe des moteurs à explosion à deux temps (moteur des motos) des moteurs diésel (le carburant est le gazole).

III- RENDEMENT D'UN MOTEUR THERMIQUE

1) Définition

On appelle rendement d'un moteur thermique le rapport entre le travail produit par le moteur et l'énergie calorifique pendant le temps.

2) Rendement dans une machine à vapeur

Le rendement est le rapport entre le travail produit par la machine pendant un temps donné et l'énergie calorifique dans le foyer pendant le même temps. Il est de l'ordre de 10%.

3) Rendement dans une machine à explosion

Le rendement est le rapport entre le travail effectué par le moteur pendant un temps donné et l'énergie calorifique dégagée par le carburant pendant le même temps. Il est généralement compris entre 25 et 30%.

4) Interprétation :

Dans tout le moteur thermique, la chaleur est fournie par une source chaude (Chaudière ou chambre d'explosion).

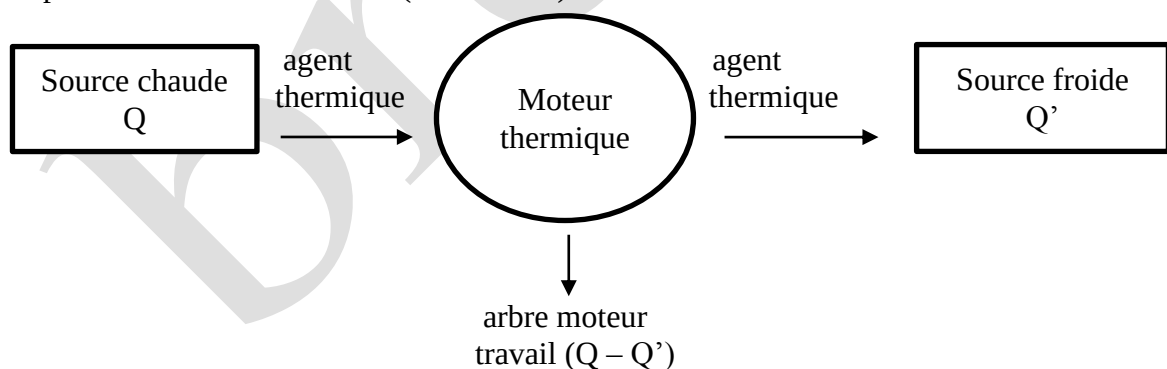
Soit Q la quantité de chaleur fournie dans un temps donné, une partie de cette chaleur soit Q' est restituée au milieu extérieur (ou au condenseur) qui constitue ce que l'on appelle la source froide. Seule la différence $(Q - Q')$ est transformée en travail.

Le rendement pratique (ou effectif) est :

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

Remarque :

Pour améliorer le rendement il faut augmenter la température de la source soit diminuer la température de la source froide (condenseur).



RAPPEL DE LA NOTION D'INTENSITE DU COURANT

I- Définition du courant électrique :

Le courant électrique est un déplacement de charges électriques :

- Dans un conducteur métallique, les porteurs de charges sont des électrons libres qui se déplacent de la borne négative (-) à la borne positive (+). Voir (figure)
- Dans un électrolyte, les porteurs de charges sont des ions (cation et anion). Un double déplacement d'ions se produit dans le liquide. (⊗Schéma)

II- Définition du courant continu :

1) Notion d'intensité.

Une même ampoule brille plus vivement avec une pile neuve qu'avec une pile usée.

Nous dirons que l'intensité du courant qui traverse l'ampoule est plus grande.

2) Définition :

On appelle intensité du courant continu, qui circule dans un conducteur, la charge qui traverse par seconde une section de ce conducteur. Elle se représente par la lettre **I**. Voir (⊗schéma)

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

III- Sens conventionnel du courant électrique : (⊗schéma)

Le sens conventionnel du courant est qu'il circule du pôle positif vers le pôle négatif.

- le pôle positif (+) s'appelle anode : c'est la borne par laquelle sort le courant du générateur.
- le pôle négatif (-) s'appelle cathode : c'est la borne par laquelle rentre le courant du générateur.

Le sens conventionnel du courant a été défini par Ampère vers 1820 dans le cas d'un circuit fermé ne contenant qu'un seul générateur.

Remarques :

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- UNITE :

Dans le système international (S.I) l'unité de l'intensité du courant est l'ampère (symbole A).

Les sous-multiples et multiple usuel de l'ampère sont :

- Le milliampère (symbole : mA) : $1\text{mA} = 10^{-3}\text{ A} = 0,001\text{ A}$
- Le microampère (symbole : μA) : $1\text{ }\mu\text{A} = 10^{-6}\text{ A} = 0,000\text{ 001 A}$
- Le kiloampère (symbole : kA) : $1\text{ kA} = 10^3\text{ A} = 1000\text{ A}$.

V- MESURE DE L'INTENSITE

L'intensité d'un courant se mesure à l'aide d'un appareil appelé ampère mètre dont la représentation symbolique est un cercle contenant un « A » majuscule.



Symbole d'un ampèremètre

Un ampèremètre indique l'intensité du courant qui traverse. Il se monte en série avec les autres éléments dans un circuit électrique.

Un ampèremètre est un appareil polarisé ; le courant pénètre par la borne positive et ressort par la borne négative (sens conventionnel du courant).

Lorsque l'appareil permet de mesurer des intensités allant de 0 à 1A, on dit que le calibre est de 1 ampère. Un appareil peut posséder plusieurs calibres.

Un ampèremètre traversé par une intensité supérieure au calibre peut être détérioré.

L'expression de l'intensité :

$$IG = C \cdot d \Rightarrow I = \frac{C \times d}{G}$$

Exemple de mesure d'une intensité :

L'ampèremètre est utilisé sur le calibre 5 A. Sa graduation comporte 100 divisions.

L'intensité du courant qui le traverse entraîne une déviation de l'aiguille jusqu'à la graduation

54. Calculons I. A 100 divisions correspond une intensité de 5 A.

Solution :

A une division correspond une intensité de $\frac{5}{100} \times A$

L'intensité I mesurée est donc : $I = \frac{5}{100} \times 54 \Rightarrow I = 2,7 A$

VI- UNICITE DE L'INTENSITE

a) Expérience

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

L'ampèremètre permet de mesurer l'intensité du courant dans trois positions différentes.

b) Interprétation :

L'intensité du courant qui parcourt un circuit sans dérivation a la même valeur en chaque point (valeur unique). L'indication d'un ampèremètre ne dépend pas de sa position dans un circuit série.

Le nombre d'électrons reste invariable au cours du temps. On dit qu'il y a conservation de la charge.

VII- LE RHEOSTAT, AJUSTEUR D'INTENSITE

C'est un fil enroulé 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.

QUANTITE D'ELECTRICITE UNITE

I- NOTION DE QUANTITE D'ELECTRICITE

La quantité d'électricité associée à ce transport de charge électrique est $q = n \times |e|$

Où $|e|$ est la valeur absolue de la charge de l'électron.

La charge de l'électron est la plus petite charge électrique connue. On l'appelle charge élémentaire. On la note **e** : **e = - 1,6.10⁻¹⁹ C. (⊗schéma)**

1) Définition :

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

2) Expériences :

a) Expérience 1 : (⊗schéma)

Mettons en série aux bornes d'un générateur, trois électrolyseurs (voltmètres) contenant une solution d'acide. Fermons le circuit. Après un certain temps, mesurons les volumes de dihydrogène recueilli dans chacun des trois électrolyseurs. Les volumes de dihydrogène dans les trois électrolyseurs sont égaux.

Nous dirons par convention, que dans l'électrolyse, à des volumes égaux de dihydrogène libérés correspondent des quantités égales d'électricité. Nous observons que le volume de dihydrogène recueilli en 10 minutes est double de celui recueilli en 5 minutes.

Donc dans le circuit il est passé en 10 minutes une quantité d'électricité double de celle qui passe en 5 minutes.

b) Expérience 2 : (⊗schéma)

Montons en dérivation ou en parallèle trois électrolyseurs contenant une solution d'acide V, V₁ et V₂. L'ensemble est relié à un générateur de courant continu.

En A, le courant principal d'intensité **I**, se partage entre deux dérivationes AMB et ANB.

Les courants **I**₁ et **I**₂ qui traversent ces dérivationes s'appellent courants dérivés.

Ils se rejoignent en **B** pour reconstituer le courant principal **I**.

Faisons passer le courant et mesurons les volumes de dihydrogène recueilli.

Nous observons que le volume de dihydrogène recueilli dans l'électrolyseur V est égal à la somme des volumes de dihydrogène recueillis dans les électrolyseurs V₁ et V₂.

c) Conclusion :

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

Une quantité d'électricité est une grandeur mesurable.

II- FORMULE-LES UNITES DE QUANTITE D'ELECTRICITE

1) Formule :

Par définition, l'intensité **I** d'un courant continu électrique est la quantité d'électricité qui traverse une section du conducteur en une seconde (c'est un débit de quantité d'électricité).

$$I = \frac{q}{t}$$

I est l'intensité du courant continu, **q** est la quantité, **e** est l'électricité qui traverse une section du conducteur pendant le temps **t**.

2) les unités de quantités de d'électricité :

a) unité en S.I :

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

$$q = I \times t$$

- **q** s'exprime en **C**
- **I** s'exprime en **A**
- **t** s'exprime en **s**

Définition du coulomb :

Le coulomb est la quantité d'électricité qui en 1 seconde, traverse une section quelconque d'un circuit parcouru par un courant d'intensité constante et égale à un ampère. $q = 1 \text{ c}$

b) autres unités de quantités de d'électricité :

Lorsqu'un courant passe pendant longtemps, la seconde n'est plus une unité de temps convenable car la quantité d'électricité donnée en coulombs, par des nombres très grands. On emploie alors l'ampère-heure (symbole : Ah)

Définition d'ampère-heure :

Est la quantité d'électricité qui traverse en une heure une section du circuit parcourue par un courant de 1 A.

Si $t = 1\text{h} = 3600 \text{ s}$ et $I = 1 \text{ A}$ on :

$$Q = 1 \times t = 1 \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ s} = 3600 \text{ c}$$

Donc: $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ s}$.

ELECTOLYSE ETUDE: QUALITATIVE ET QUANTITATIVE

Nous avons appris en classe de 8e que le courant électrique a des effets chimiques, passant dans une solution de soude, il provoque l'apparition de bulle de gaz aux électrodes d'un électrolyseur. Ce phénomène se nomme l'électrolyse.

I- ETUDE QUALITATIVE

Un électrolyseur est composé de deux électrodes plongeant dans une solution appelée électrolytes.

Les deux électrodes sont reliées aux bornes (+) et (-) d'un générateur.

L'anode est l'électrode par laquelle le courant arrive dans l'électrolyse.

La cathode est celle par laquelle le courant sort.

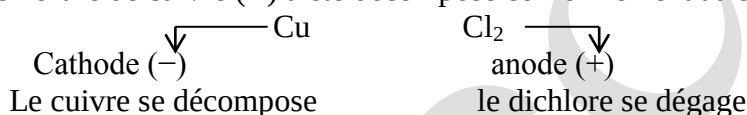
1) Exemples d'électrolyseur simples :

a) Electrolyseur du chlorure de cuivre (II) : (Schéma)

- Un tube en U contient une solution de chlorure cuivre II CuCl_2 de couleur bleue. Les électrodes sont deux tiges de charbon, plongeant dans le liquide. Elles sont reliées aux pôles d'une source de courant à l'aide de deux fils conducteurs et d'un interrupteur.

- Fermons l'interrupteur de façons à faire passer le courant dans le circuit sur l'anode des bulles de gaz apparaissent. Le gaz qui se dégage a une odeur suffocante, il est de couleur jaune verdâtre : c'est du **dichlore**. La cathode se recouvre de cuivre rouge.

Le chlorure de cuivre (II) a été décomposé conformément au schéma :



Les produits de cette décomposition n'apparaissent que sur les électrodes.

b) Electrolyse d'une solution d'acide chlorhydrique : (Schéma)

Mettons dans un circuit un électrolyseur à électrodes en charbon. Remplissons à moitié l'électrolyseur, d'une solution d'acide chlorhydrique et coiffons chacune des électrodes d'une éprouvette remplie de la solution d'acide chlorhydrique.

Fermons l'interrupteur et observons :

- des bulles gazeuses apparaissent à la surface des électrodes et se rassemblent au sommet des éprouvettes ;

- à l'anode on observe un gaz verdâtre décolorant l'indigo : c'est du dichlore.

- à la cathode le gaz détonne en présence d'une flamme : c'est du dihydrogène.

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

2) Interprétation des électrodes. Les ions.

a) Quelques définitions :

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

La plupart des cations sont des ions métalliques. Par exemple, l'ion cuivre est un atome de cuivre qui a perdu deux électrons.

Il porte deux charges positives excédentaires soit $(+2^e)$. On le note Cu^{2+} : le nombre d'électrons perdus précédant le signe + en haut et à droite du symbole de l'atome.

- Un ion négatif ou anion est un atome (ou groupe d'atomes) qui a gagné un ou plusieurs électrons.

Par exemple, l'ion chlorure est un atome de chlore qui a gagné un électron. Il porte une charge négative, soit $(-e)$. On le note Cl^- : le nombre d'électrons gagnés précédant le signe (-) en haut

et à droite du symbole de l'atome (le nombre 1 n'est jamais écrit). De nombreux anions sont issus de groupements d'atomes ; ce sont des ions poly atomiques.

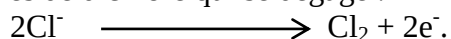
b) Exemples :

Cations : H_3O^+ (ou H^+O^+), Na^+ , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Au^{3+}

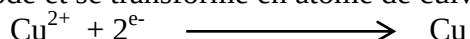
Anions : Cl^- , O^{2-} , l'ion sulfate SO_4^{2-} , l'ion carbonate CO_3^{2-} , l'ion nitrate NO_3^- , l'ion hydroxyde OH^-

c) Interprétation de l'électrolyse.

Les ions chlorures se dirigent vers l'anode où ils cèdent leurs électrons excédentaires, pour se transformer en atomes de chlore. Ces atomes s'unissent deux à deux pour former des molécules de dichlore qui se dégagent :



Les ions cuivres 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. Il en résulte :

- que le courant passe parce qu'il y a transport des électrons (comparer avec le déplacement des électrons libres d'un métal). Ici, ce sont les ions qui jouent le rôle de « transporteurs ».
- que les réactions chimiques n'ont lieu qu'au contact des électrons.

3) Lois qualitatives de l'électrolyse

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

- à la cathode se dirigent les cations (ions métalliques ou ion hydrogène) ;
- à l'anode se dirigent les anions.

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

- l'anode collecte des électrons qu'elle arrache à certaines espèces qui viennent à son contact.
- la cathode cède des électrons à certaines espèces qui viennent à son contact.

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

4) Electrolyse d'une solution de chlorure de sodium.

a) Expérience : (Schéma)

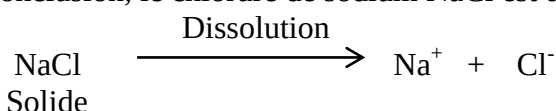
Versons une solution de chlorure de sodium dans un électrolyseur en U. Il apparaît immédiatement des bulles de gaz à la surface des électrodes.

A l'anode, il se dégage du dichlore, à odeur suffocante et qui décolore l'indigo (ou l'encre bleue). A la cathode, il se dégage du dihydrogène qui détonne à la flamme d'une allumette.

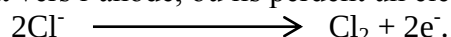
Ajoutons quelques gouttes de bleu de bromothymol dans la branche cathodique jaune initialement, il devient bleu : présence d'ion OH^- importante. (Voir fig. 3)

b) Interprétation

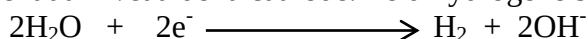
En conclusion, le chlorure de sodium NaCl est dissocié en ion Na^+ et Cl^-



Les ions Cl^- se dirigent vers l'anode, où ils perdent un électron et deviennent du dichlore.



Les ions Na^+ se dirigent vers la cathode mais ne peuvent réagir. Les molécules d'eau réagissent au niveau de la cathode. Le dihydrogène se dégage.



Les ions OH^- avec les ions Na^+ , autour de cathode, sont une solution d'hydroxyde de sodium ; c'est elle qui bleuit le tournesol.

Cette électrolyse peut être résumée :

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

A la cathode : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

Bilan : $2\text{Cl}^- + 2\text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$

Industriellement cette électrolyse permet la préparation du dichlore Cl_2 et de l'hydroxyde de sodium NaOH .

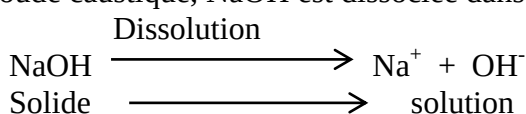
5) Electrolyse d'une soluté de soude

a) Expérience : (Schéma 4)

Versons une solution dans l'électrolyseur représenté par la figure. Faisant passer le courant, nous recueillons du dioxygène à l'anode et du dihydrogène à la cathode. Le volume de dihydrogène est le double de celui du dioxygène.

b) Interprétation

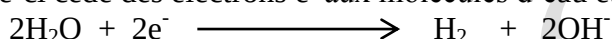
La soude caustique, NaOH est dissociée dans l'eau en ion Na^+ et OH^- . C'est une **dissolution**.



Les ions OH^- se dirigent vers l'anode où ils perdent leurs électrons et donnent de l'eau et du dioxygène : $4\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

Quant aux ions Na^+ , comme dans l'électrolyse précédente, ils se dirigent vers la cathode.

Celle-ci cède des électrons e^- aux molécules d'eau et du dihydrogène se dégage :



Bilan de l'électrolyse :

A l'anode: $4\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

A la cathode: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^- \quad \times 2$



La concentration de la solution de l'hydroxyde de sodium reste constant, et l'eau est décomposée en dihydrogène et dioxygène :



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

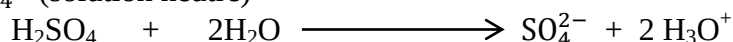
6) Electrolyse d'une solution d'acide sulfurique.

a) Expérience

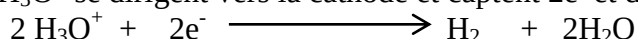
Remplaçons dans l'électrolyseur précédent, la solution de soude par une solution d'acide sulfurique. Il faut que les électrodes soient inattaquables, en platine par exemple. Les produits de la décomposition, sont les mêmes qu'avec la soude : un volume de dioxygène à l'anode pour deux volumes de dihydrogène à la cathode.

b) Interprétation

La solution d'acide sulfurique H_2SO_4 , est dissociée en 2 ions H_3O^+ et un ion SO_4^{2-} (solution neutre)

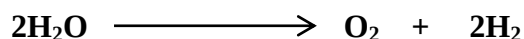


Les ions H_3O^+ se dirigent vers la cathode et captent 2e^- et du dihydrogène, H_2 , se dégage.



A l'anode les ions sulfates ne sont pas transformés. Il y a formation de dioxygène à partir de l'eau : $6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4\text{e}^-$

Comme dans l'exemple précédent, tout se passe, en définitive, comme si l'eau était décomposée.



7) Electrolyse du sulfate de cuivre avec anode de cuivre :

$$ne = \frac{q}{F}$$

- **ne** s'exprime en **mole**
- **q** s'exprime en **C**
- **F** s'exprime en **C.mole⁻¹**

LOIS DE FARADAY

APPLICATIONS 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

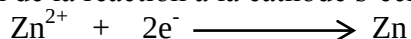
1) De métaux électrolytiques

Certains métaux sont préparés par électrolyse en solution aqueuse.

a) Le Zinc

Plus de 50% de zinc est obtenu par l'électrolyse du sulfate de zinc acidifié par de l'acide sulfurique. Les cathodes sont en aluminium : La tension est de 3,5 V. On obtient directement avec des rendements voisins de 90% du zinc beaucoup plus pur (99,97%) que lors des préparations par voie chimique.

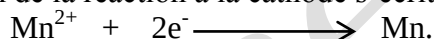
L'équation de la réaction à la cathode s'écrit.



b) Le manganèse

Une des préparations industrielles du manganèse est l'électrolyse. On électrolyse des solutions de sulfate de manganèse (II) acidifiées par l'acide sulfurique. Les cathodes sont en acier. La tension est de 5 volts, la pureté du manganèse obtenu est de 99,9%.

L'équation de la réaction à la cathode s'écrit.



Ces deux électrolyses produisent du dioxygène à l'anode.

2) De gaz

a) Le dichlore

Le dichlore est obtenu par électrolyse de solutions aqueuses de chlorure de sodium ou de potassium. On obtient à l'anode du chlore et à la cathode du dihydrogène. Dans la solution il se forme de la soude en solution ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$) ou de la potasse en solution ($\text{K}^+ + \text{OH}^-$).

Remarque : Pour obtenir du dichlore il faut éviter qu'il en réagisse avec la soude pour donner de l'eau de javel. Pour résoudre cette difficulté il faut séparer les compartiments anodiques et cathodiques.

b) Le dihydrogène et le dioxygène:

Très purs, ils sont préparés par l'électrolyse de l'hydroxyde de potassium en solution aqueuse.

Remarque :

Comme on obtient deux gaz on évite qu'ils se recombinent en mettant des diaphragmes.

II- Purification de certains métaux

Les purifications du cuivre, de l'étain, du plomb, du zinc, du nickel, du fer, de l'argent et de l'or se font par électrolyse à « anode soluble ».

Le métal, déjà purifié par des méthodes chimiques (pureté de 99,4%) constitue l'anode. La cathode est constituée du même métal mais déjà purifié électrolytiquement. Les deux électrodes plongent dans une solution acidifiée contenant des ions du métal.

Quand le courant passe le métal contenu dans l'anode se dépose, très pur, sur la cathode (pureté comprise entre 99,95% et 99,99%).

III- Dépôts métalliques

Les dépôts métalliques ont pour but de protéger certains métaux de la corrosion ou de décorer certains objets.

Le dépôt est réalisé par électrolyse à « anode soluble ». L'anode est constituée de métal à déposer et la cathode de l'objet à recouvrir qui doit être conducteur.

On dépose ainsi du cuivre (cuivrage), du nickel (nickelage), de l'argent (argenture), de l'or (dorure) et de zinc (zincage).

IV- Oxydation anodique

1) De l'aluminium

L'aluminium est oxydé en alumine (Al_2O_3) qui résiste très bien à la corrosion. Les pièces d'aluminium à oxyder constituent les anodes, les cathodes sont en plomb. L'électrolyte est de l'acide sulfurique, au cours de l'électrolyse, du dioxygène se dégage à l'anode. Il réagit avec l'aluminium en formant de l'alumine. La couche d'alumine obtenue ainsi est très régulière. Elle peut être colorée dans la masse au cours de l'opération.

2) Du manganèse

On produit de manière analogue le dioxyde de manganèse contenu dans les piles alcalines. On obtient des oxydes beaucoup plus purs que ceux obtenus par les procédés chimiques :

V- La galvanoplastie

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

APPLICATIONS DE L'EFFET JOULE

I- Qu'est-ce que l'effet joule ?

Nous avons observé que 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, du nom du physicien anglais James Prescott joule (1818 -1889).

1) Définition

L'effet joule est la transformation de l'énergie électrique en chaleur lors du passage du courant électrique dans les conducteurs. Cette transformation est totale : l'énergie électrique reçue par le résistor est intégralement transformée en chaleur.

2- Mise en évidence de l'effet joule (Schéma 1)

Lorsque le courant passe dans les circuits électriques de la figure1 :

- 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.

II- Les applications de l'effet joule

L'effet joule est une transformation de l'énergie électrique en énergie calorifique. Il ne constitue donc **un effet utile** que si le conducteur est conçu pour récupérer l'énergie calorifique. Sinon, il constitue **un effet nuisible** qu'il convient de minimiser.

1) Effets utiles :

a- Chauffage électrique

On obtient les dégagements de chaleur désirés en faisant passer le courant dans les conducteurs ohmiques en alliage inoxydable, capable de supporter une longue durée de fonctionnement à haute température.

Les appareils de chauffage électriques sont : les fers à repasser, les bouilloires, électriques, les radiateurs, le chauffe-eau, les réchauds, les fours, etc.

b- Eclairage par incandescence

Porté à haute température tout corps émet de la lumière dont la « couleur » dépend de la température. Les lampes à incandescence comportent toutes un filament qui s'chauffe par effet joule. Le filament est un tungstène. Les gaz inertes (Ar, Ne) évitent l'oxydation du métal.

La température de 2700°C Alors atteinte permet l'émission d'une lumière visible agréable.

c- Coupe-circuit à fusible

Un coupe-circuit est un système qui interrompt le circuit chaque fois que l'intensité atteint une valeur limitée au-delà de laquelle l'échauffement des fils conducteurs d'une installation ou d'un appareil électrique, peut entraîner leur détérioration. La fusion des fils de l'installation présente des risques de court-circuit. Un coupe-circuit à fusible comporte un fil de métal dont le diamètre est calculé de façon qu'il fonde lorsque l'intensité atteint la valeur limite.

2) Dangers et inconvénients de l'effet joule : effets nuisibles.

a- Les risques d'incendie

Si, par suite d'un court-circuit ou d'une panne, l'intensité dans un conducteur devient trop grande, l'effet joule devient très important et est susceptible de produire un incendie.

Pour cette raison, toute installation électrique doit être protégée : soit par un fusible coupe-circuit, soit par un disjoncteur (le dégagement de chaleur provoque la déformation d'un bilame qui ouvre le circuit).

b- Les pertes en lignes

Il est fréquent que les centres de production de l'énergie électrique soient très éloignés des lieux où celle-ci est consommée. L'acheminement de l'énergie sous forme d'effet joule dans les lignes de transport. On parle de perte en ligne. L'utilisation **des hautes tensions** permet l'énergie inutilement dissipée par effet joule.

c- Echauffement non désiré dans les circuits

L'effet joule peut être gênant, il représente une énergie dissipée en pure perte. L'échauffement peut détériorer les composantes électriques.

III- La loi de joule

1) Rappel : La loi d'ohm pour un résistor

$$U = R \times I$$

- U tension aux bornes, s'exprime en **volt (V)**
- I intensité, s'exprime en **ampères (A)**
- R résistance, s'exprime en **ohms (Ω)**.

2) Energie électrique

Nous verrons plus tard que la puissance électrique est :

$$P = U \times I$$

- P puissance électrique s'exprime en **watts (W)**
- U tension aux bornes, s'exprime en **volt (V)**
- I intensité, s'exprime en **ampères (A)**

Donc l'énergie électrique dissipée dans un résistor est :

$$W = U \times I \times t$$

et la tension à ses bornes :

$$U = R \times I$$

l'énergie apparue sous forme de chaleur dans le résistor est :

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

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

- W s'exprime en **joules (J)**
- R s'exprime en **ohms (Ω)**
- I s'exprime en **ampères (A)**
- t s'exprime en **secondes (s)**

3) Puissance joule dans un résistor

La puissance, appelée puissance joule évacuée sous forme de chaleur à l'extérieur d'un conducteur ohmique parcouru par un courant est égal à la puissance électrique reçue.

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

- P s'exprime en **watts (W)**
- R s'exprime en **ohms (Ω)**
- I s'exprime en **ampères (A)**

RESISTANCES

Tout élément de circuit électrique ou électrique, possédant deux bornes, s'appelle un dipôle. Parmi tous les dipôles, certains, tels que les « résistances radio » (ou résistors) les fils conducteurs, ont des propriétés particulières intéressantes ; on les appelle conducteurs ohmiques ou résistors plus simplement, mais improprement, « résistances ». On peut les représenter par un rectangle marqué de la lettre R : 

I- Influence d'un conducteur ohmique dans un circuit

- Réalisons un circuit (Fig1) comportant une pile, une lampe adaptée et ampèremètre ; la lampe brille normalement.

- Ajoutons un résistor en série (Fig2) ; la lampe brille moins : l'intensité du courant est maintenant plus faible, l'ampèremètre indique une intensité différente.

Notons que si nous inversons les branchements aux bornes du résistor, les mesures ne sont pas modifiées.

Un résistor permet de modifier l'intensité du courant dans un circuit. Un résistor peut être branché indifféremment dans un sens ou dans l'autre ; c'est un dipôle passif.

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

II- Etude d'une « résistance »

1) Expérience

Aux bornes d'un générateur de courant continu, branchons en série le résistor à étudier, un ampèremètre et un rhéostat (fig3). Le réglage de rhéostat permet de modifier progressivement l'intensité I du courant dans le circuit.

Un voltmètre, branché en dérivation aux bornes du résistor, permet de mesurer la tension U à ses bornes.

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. (fig4).

La caractéristique étant maintenant connue, nous pourrions prévoir l'intensité I qui traverse la résistance pour une valeur quelconque de la tension U appliquée à ce composant (et vice versa).

D'autre part, comme la caractéristique est une droite passant par l'origine, U et I sont proportionnelles.

La tension aux bornes d'un résistor est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse.

Application :

Lire la caractéristique, l'intensité du courant traversant la résistance précédente si on lui applique une tension de 3,6 V. Sur la caractéristique de la résistance, 3,6 est l'ordonnée du point M dont l'abscisse vaut 0,2 A, l'intensité du courant est donc égale à 0,2 A.

III- Résistance. Loi d'Ohm

1) Résistance d'un résistor

Prenons le point M précédemment étudié et appartenant à la caractéristique ;

Calculons le rapport $\frac{U_M}{I_M} : \frac{U_M}{I_M} = \frac{3,6}{0,2} = 18$

On retrouve bien évidemment la même valeur quel que soit le point choisi sur la caractéristique.

Ce nombre est coefficient de proportionnalité entre U et I : c'est la résistance du composant. Elle se note R. Dans le système international, son unité est l'ohm (symbole : Ω)

Soit : $R = 18 \Omega$

2) Loi d'Ohm

La caractéristique étant une droite passant par l'origine, son équation s'écrit :

$$U = R \times I$$

- U s'exprime en V

- R s'exprime en Ω

- I s'exprime en A

Cette relation exprime la loi d'Ohm.

La tension U aux sorties d'une résistance de valeur R est égale au produit de R par l'intensité I du courant qui la traverse.

Tous les dipôles obéissant à cette loi sont appelés conducteur ohmiques.

Application

Calculer la tension aux bornes d'une résistance de 47Ω traversée par un courant d'intensité 200 mA . $I = 200 \text{ mA} = 0,2 \text{ A}$

La loi d'ohm s'écrit : $U = R \times I$; $U = 47 \times 0,2$ soit $U = 9,4 \text{ V}$

IV- Détermination de la résistance d'un résistor

1) Avec un ampèremètre et un voltmètre.

Faisons passer un courant électrique dans un résistor. On mesure l'intensité I du courant avec un ampèremètre et la tension U) ses bornes avec un voltmètre.

On déduit la valeur R en calculant le rapport $\frac{U}{I}$,

Ainsi pour un résistor, on mesure $U = 7\text{V}$ et $I = 125\text{mA} = 0,125\text{A}$

Donc $R = \frac{U}{I}$; $R = \frac{7}{0,125} = 56 \Omega$

2) Avec un multimètre utilisé en ohmmètre

Un multimètre utilisé en ohmmètre permet de connaître directement la valeur d'une résistance. Il suffit de le brancher le commutateur placé sur la position notée Ω .

3) Calcul de la résistance d'un conducteur homogène

La résistance R d'un résistor de résistivité P de longueur l et de section s est donnée par la formule :

$$R = \rho \times \frac{l}{s}$$

- R s'exprime en Ω

- ρ s'exprime en Ωm

- l s'exprime en m

- s s'exprime en m^2

IV- Puissance

Un résistor est caractérisé par la valeur de sa résistance R, mais aussi par la puissance nominale qu'il peut dissiper. Rappelons que la puissance électrique reçue par un dipôle est :

$$P = U \times I$$

- **P** s'exprime en **W**
- **U** s'exprime en **V**
- **I** s'exprime en **A**

Or $U = R \times I$; la relation précédente s'écrit : $P = U \times I = R \times I \times I \Rightarrow P = R \times I^2$

Cette puissance reçue est dissipée sous forme de chaleur. Si on demande à une résistance de dissiper une puissance trop importante, elle peut :

- soit être détruite ;
- soit changer fortement de valeur sans modification de son aspect extérieur.

Dans la pratique, il convient de ne pas dépasser la puissance normale.

brecos

ASSOCIATION EN SERIE **ET EN PARALLELE DE RESISTANCES**

Dans un circuit électrique ou électronique, les conducteurs ohmiques sont souvent associés. On appelle dipôle équivalent à un ensemble de dipôles situés entre deux points A et B d'un circuit, le dipôle unique qui, placé entre 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. Cherchons les dipôles d'équivalents à quelques associations simples de conducteurs ohmiques.

I- Expérience qualitative : (Schéma 1 et 2)

Quand on branche une lampe à une source de courant, elle éclaire.

- Plaçons une deuxième lampe en série avec la première (fig1).

L'interrupteur commande les deux lampes qui s'allument ou s'éteignent simultanément.

Pourquoi ?

Elles éclairent toutes deux lorsque le circuit est fermé mais chacune brille moins que si elle était seule dans le circuit. Ajoutons une troisième lampe en série, la luminosité de chaque lampe baisse encore.

- Plaçons la deuxième lampe en dérivation, comme l'indique-la (fig2).

Chaque lampe éclaire normalement, la deuxième lampe étant ou non allumée.

- Plaçons ensuite une troisième, puis une quatrième lampe en dérivation, elles brillent normalement quand le courant passe.

II- Association en série

1) Expérience

a- Montage (Schéma 3)

Prenons, par exemple, trois conducteurs de résistances connues :

$R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 5\Omega$ et plaçons-les en série. Nous pouvons déterminer la résistance de la portion de circuit AD en plaçant un ampèremètre et un voltmètre.

-Le conducteur de résistance 11Ω substitué aux trois autres, ne change ni l'intensité, ni la tension.

b) Résultats

La mesure de l'intensité est $2A$, celle de la tension est de $22V$. Déterminons la résistance de la portion AD.

On obtient : $R_e = \frac{U}{I} \Rightarrow R_e = \frac{22}{2} = 11\Omega$.

Nous remarquons que $11 = 2 + 4 + 5$; d'où $R_e = R_1 + R_2 + R_3$

R_e est la résistance du conducteur équivalent.

Des expériences faites avec des conducteurs de résistances de valeur différentes conduiraient à la même constatation.

2) Généralisation : (Schéma)

Nous allons démontrer que le résultat précédent se vérifie quelles soient les résistances des deux conducteurs ohmiques en série.

Les deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 placés en série sont traversés par un courant d'intensité I . Les deux dipôles sont en série ; la tension aux bornes de l'ensemble est donc égale à la somme des tensions aux bornes de chacun d'eux :

$$U = U_1 + U_2 \quad (1)$$

Le conducteur unique de résistance R qui est traversé par le même courant I , lorsqu'il supporte la tension totale U , est appelé conducteur équivalent.

Appliquons la loi d'Ohm à chaque dipôle :

- la tension U_1 aux bornes du conducteur 1 est : $U_1 = R_1 I$ (2)
 - la tension U_2 aux bornes du conducteur 2 est : $U_2 = R_2 I$ (3)
 - la tension U aux bornes de l'association est : $U = R.I$ (4)
- (1), (2), (3) et (4) $\Rightarrow U = R_1 I + R_2 I \Rightarrow R.I = (R_1 + R_2).I$

$$\text{D'où } R = R_1 + R_2$$

3) Conclusion

Le dipôle équivalent à plusieurs conducteurs ohmiques en série est le conducteur ohmique dont résistance R_e est la somme des résistances des conducteurs ohmiques.

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

III- Association en parallèle

1) Expérience : (Schéma 5)

On monte en parallèle des conducteurs de résistance connue : 4Ω et 6Ω .

Mesurons l'intensité principale, et la tension, soit $I = 2A$ et $U = 4,8 V$.

La résistance du conducteur équivalent est : $R = \frac{U}{I}$; $R = \frac{4,8}{2} = 2,4\Omega$

$2,4\Omega$ est **inférieure** aux résistances des conducteurs donnés).

La résistance du conducteur unique de $2,4\Omega$ substitué entre A et B aux deux conducteurs de résistances 4Ω et 6Ω ne modifie ni l'intensité ni la tension c'est **la résistance du conducteur équivalent aux deux autres**.

3) Généralisation : (Schéma 6)

Dans chaque branche de la dérivation, il n'y a qu'un conducteur ohmique. L'intensité du courant principal I se partage en courants dérivés d'intensité I_1 , I_2 , et I_3 . La loi des intensités des courants dérivés donne :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1)$$

Aux bornes de chaque conducteur ohmique est appliquée une tension U_{AB} .

La loi d'ohm appliquée à chaque conducteur ohmique donne :

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} \quad (2) ; I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} \quad (3) ; I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} \quad (4)$$

Si l'on substitue à ces trois conducteurs un conducteur unique de résistance R équivalente, par définition la tension est la même ainsi que l'intensité du courant principal.

On a donc : $U_{AB} = R \times I$.

$$\text{Soit } I = \frac{U_{AB}}{R} \quad (5)$$

Les relations (1), (2), (3), (4) et (5) donnent :

$$\frac{U_{AB}}{R} = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2} + \frac{U_{AB}}{R_3}$$

Et en simplifiant par U_{AB} qui est différent de zéro) :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

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

3) Exemples

a- Exemple 1

On monte en série des conducteurs ohmiques de résistance $R_1 = 18\Omega$ et $R_2 = 56\Omega$ et un générateur. L'intensité I du courant qui traverse les deux conducteurs ohmiques est de $0,5 A$.

1) Calculons :

- Les tensions U_1 et U_2 aux bornes des conducteurs ohmiques de résistance R_1 et R_2 ;
- La tension U aux bornes de l'ensemble des deux conducteurs ohmiques.
- La résistance totale R du conducteur équivalent à l'association en série de R_1 et R_2 ;

2) vérifions que $U = R \times I$

Solution

- La loi d'ohm aux bornes de R_1 s'écrit :

$$U_1 = R_1 \times I \text{ d'où } U_1 = 18 \times 0,5 = 9 \text{ V alors } U_1 = 9 \text{ V.}$$

- La loi d'ohm aux bornes de R_2 s'écrit :

$$U_2 = R_2 \times I \text{ d'où } U_2 = 56 \times 0,5 = 28 \text{ V alors } U_2 = 28 \text{ V}$$

- La tension aux bornes d'un ensemble de conducteurs ohmiques associées en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chacun d'eux.

$$U = U_1 + U_2 \text{ d'où } U = 9 + 28 = 37 \text{ alors } U = 37 \text{ V.}$$

- La résistance R du conducteur équivalent aux conducteurs ohmiques en série est :

$$R = R_1 + R_2 \text{ d'où } R = 18 + 56 = 74 \text{ alors } R = 74\Omega$$

3) Nous vérifions bien que :

$$U = R \times I \text{ d'où } U = 74 \times 0,5 = 37 \text{ alors } U = 37 \text{ V.}$$

b- Exemple 2

Soient $R_1 = 18\Omega$ et $R_2 = 56\Omega$ les résistances des conducteurs ohmiques montés en parallèle et branchés aux bornes d'un générateur.

La tension aux bornes de l'association est 6 V.

Calculons :

- la tension aux bornes de chaque conducteur ohmique ;
- les intensités des courants circulant dans R_1 et R_2 ;
- les intensités des courants circulant dans R_1 et R_2
- l'intensité du courant principal.

Solution

- Les tensions U_1 et U_2 aux bornes de chaque conducteur ohmique a la même valeur ; c'est la tension aux bornes de cette association :

$$U_1 = U_2 = 6 \text{ V.}$$

- La loi d'ohm aux bornes de chaque conducteur ohmique :

$$U_1 = R_1 \times I_1 \text{ et } U_2 = R_2 \times I_2$$

$$\text{Soit } I_1 = \frac{U_1}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{6}{18} = \text{d'où } I_1 = 0,33 \text{ A.}$$

$$\text{Et } I_2 = \frac{U_2}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{6}{56} = \text{d'où } I_2 = 0,11 \text{ A.}$$

Nous remarquons que l'intensité est la plus grande dans la résistance la plus petite.

L'intensité du courant principal est égale à la somme des intensités des courants dérivés :

$$I = I_1 + I_2 \text{ d'où } I = 0,33 + 0,11 \text{ alors } I = 0,44 \text{ A.}$$

IV- Applications

1) Rhéostat: (Schéma 7)

Un rhéostat est constitué par un long fil métallique bobiné sur lequel glisse un contact mobile: le curseur. Il possède 3 bornes A, B, C.

- connecté entre A et B, il constitue un conducteur ohmique de résistance fixe.
- connecté entre A et C, il fonction en rhéostat. La longueur de fil traversé par le courant varie en fonction de la position curseur, et le rhéostat constitue alors un conducteur ohmique de résistance variable.

Dans un circuit, le rhéostat permet de faire varier l'intensité du courant. Nous montre le branchement du rhéostat dans un circuit. **(Schéma 8)**

2) Installation électronique

Supposons que nous ayons à installer une lampe dans chacune des six pièces d'un appartement. Nous disposons du secteur à 220 volts, la résistance de chaque lampe est 254Ω .

L'intensité qui traverse une lampe est :

$$I = \frac{U}{R} \quad ; \quad I = \frac{220}{254} \quad \text{et} \quad I = 0,86\text{A}.$$

Si les lampes étaient montées en série, il serait impossible de commander séparément l'allumage de chacune d'elles. En outre, la résistance de l'ensemble des 6 lampes serait, $R = 254 \times 6 = 1524\Omega$

L'intensité qui traverserait serait

$$I = \frac{220}{1524} = 0,14\text{A}, \text{ soit environ 6 fois moins que l'intensité normale.}$$

Le courant serait trop faible et les lampes n'éclaireraient pas.

Les lampes d'une installation électrique ne doivent donc pas être montées en série.

De même, les prises de courant, les appareils ménagers sont montés en dérivation.

3) Shunt d'un ampèremètre : (Schéma 9)

Supposons que la graduation d'un ampèremètre s'étende de 0 à 1 ampère. Si l'appareil est traversé par un courant supérieur à 1 ampère, alors l'aiguille serait projetée au-delà de la graduation et l'ampèremètre risquerait de griller par suite d'un dégagement excessif de chaleur.

Il est néanmoins possible d'utiliser l'appareil pour mesurer des courants plus intenses, jusqu'à 10A par exemple, à condition de lui adjoindre un shunt.

Un shunt, se définit comme un conducteur de faible résistance que l'on monte en dérivation avec un ampèremètre (fig9).