

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Université Abdelhamid Ibn-Badis Mostaganem
Faculté de Médecine
Département de Pharmacie



POLYCOPIE DE COURS

ÉLECTROSTATIQUE ELECTRODYNAMIQUE

Destiné aux étudiants de première année en Médecine
Faculté de Médecine
Université Abdelhamid Ibn-Badis Mostaganem



Rédigé par : Dr. LABDELLI ABBES
Maître de conférences classe A
Département de Pharmacie
Faculté de Médecine
Université Abdelhamid Ibn-Badis Mostaganem

Année Universitaire 2024-2025

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Université Abdelhamid Ibn-Badis Mostaganem
Faculté de Médecine
Département de Pharmacie

POLYCOPIE DE COURS

ÉLECTROSTATIQUE ELECTROCINETIQUE

**Destiné aux étudiants de première année en Médecine
Faculté de Médecine
Université Abdelhamid Ibn-Badis Mostaganem**



Rédigé par : Dr. LABDELLI ABBES
Maître de conférences classe A
Département de Pharmacie
Faculté de Médecine
Université Abdelhamid Ibn-Badis Mostaganem

Année Universitaire 2024-2025

Avant-propos

L'électrostatique et l'électrocinétique sont deux branches importantes de l'électricité, chacune ayant des applications et des intérêts distincts dans la science et la technologie.

L'électrostatique est surtout utilisée dans les systèmes où les charges sont fixes ou où l'accumulation de charges est souhaitée, tandis que l'électrocinétique est cruciale pour les systèmes dynamiques, où le mouvement des charges (les courants) est exploité pour fournir de l'énergie, transmettre de l'information, ou effectuer un travail. Ces deux domaines sont fondamentaux dans la compréhension des phénomènes électriques et leurs nombreuses applications technologiques.

Ce polycopié est un support pédagogique dédié au programme d'une partie (électrostatique et électrocinétique) du module physique-biophysique destiné aux étudiants de la première année de médecine de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. Il est aussi très utile aux étudiants de la première année LMD-science de la matière des universités algériennes.

Ce document a été divisé en deux chapitres. Chaque chapitre est développé en cours détaillé couvrant tous les éléments du canevas de formation ministériel suivit d'applications bien sélectionnées et corrigées.

Le chapitre « 1 » traite une étude bien détaillée de l'électrostatique, en effet on n'y trouve une large définition depuis l'historique à son application dans le domaine médicale en passant par des illustrations, des exemples et une très grande gamme d'exercices.

Le chapitre « 2 » s'intéresse à l'étude de l'électrocinétique. Pour cela nous allons définir le courant électrique, comprendre la D.D.P, décrire les lois d'Ohm et de Joule ainsi que l'utilisation d'appareils de mesure électriques. Nous allons aussi construire des circuits simples en série et en parallèle et identifier les composants de ce circuit. On en termine avec des illustrations, des exemples et une très grande gamme d'exercices.

La rédaction de ce polycopié a été le fruit de lecture de nombreux ouvrages classiques et documents électroniques, tous disponibles à la bibliothèque ou sur le Net. Notre souhait est que ce polycopié constituera un support utile pour nos étudiants ainsi que pour nos collègues enseignants.

Enfin, pour l'amélioration de la qualité de ce polycopié, les critiques, les suggestions et les avis des collègues, des étudiants et des intéressés seront les bienvenus.

Dr. LABDELLI ABBES
Mostaganem, le 08 octobre 2024

Table des matières

Chapitre 1 : Electrostatique

Introduction	2
1.1. Production de charges électriques.....	2
1.1.1. Activité 1.....	2
1.1.2. Activité 2.....	3
1.2. Induction électrostatique.....	4
1.2.1. Activité 3.....	4
1.2.2. Activité 4.....	5
1.3. Électroscope	5
1.3.1. Détection de la présence de charge.....	6
1.3.2. Chargement de l'électroscope par induction électrostatique.....	6
1.3.3. Identifier le type de charge	7
1.3.4. Identification des conducteurs et des isolants.....	8
1.4. Loi de Coulomb	8
1.4.1. Enoncé de la loi de Coulomb.....	8
1.5. Champ électrique et intensité du champ électrique	10
1.5.1. Intensité du champ électrique.....	10
1.5.2. Lignes de champ électrique.....	11
1.6. Potentiel électrostatique.....	12
1.6.1. Le potentiel électrique.....	12
1.7. Condensateurs et capacité	14
1.7.1. Le potentiel électrique.....	16
1.7.1.1. Condensateurs en parallèle.....	16
1.7.1.2. Condensateurs en série.....	18
1.8. Différents types de condensateurs.....	19
1.8.1. Utilisations des condensateurs.....	21
1.9. Applications de l'électrostatique.....	22
1.9.1. Filtre à air électrostatique.....	22
1.9.2. Peinture en poudre électrostatique.....	22
1.9.3. Application de l'électrostatique en médecine.....	23

1.9.3.1. Impression électrostatique pour les dispositifs médicaux.....	23
1.9.3.2. Pulvérisation électrostatique dans les traitements médicaux.....	24
1.9.3.3. Électroporation.....	24
1.9.3.4. Stimulation électrique des tissus.....	24
1.9.3.5. Dépôt électrostatique de médicaments.....	24
1.10. Certains risques liés à l'électricité statique.....	24
1.10.1. Foudre.....	24
1.10.2. Incendies ou explosions.....	25
Résumé.....	26
Questions à choix multiples.....	27
Questions de révision.....	29
Questions conceptuelles.....	23
Problèmes numériques.....	21

Chapitre 2 : Electrocinétique

Introduction.....	33
2.1. Le courant électrique.....	33
2.1.1 Courant conventionnel.....	35
2.1.2 La mesure du courant.....	36
2.2. Différence de potentiel.....	37
2.3 Force électromotrice (F.E.M).....	38
2.3.1. La mesure de la différence de potentiel.....	39
2.3.2. La mesure de la FEM.....	40
2.4. Loi d'Ohm.....	40
2.4.1. Activité 2.1.....	40
2.4.1.1. Résistance.....	41
2.4.1.2. L'unité de la résistance : Ohm.....	41
2.5. Caractéristiques des conducteurs ohmiques VI et non ohmiques.....	42
2.6. Facteurs affectant la résistance.....	43
2.7. Les conducteurs.....	44
2.8. Les isolants.....	45
2.9. Combinaisons des résistances.....	45
2.9.1. Combinaison en série.....	45

2.9.2. Résistance équivalente du circuit série.....	45
2.9.3. Combinaison en parallèle.....	47
2.9.4. Résistance équivalente du circuit parallèle.....	47
2.9.5. Résistance équivalente du circuit parallèle.....	48
2.10. Énergie électrique et loi de Joule.....	49
2.11. Puissance électrique.....	50
2.11.1. Kilowattheure.....	51
2.12. Courant continu et courant alternatif.....	52
2.12.1. Fourniture d'électricité à une maison.....	53
2.12.2. Câblage de la maison.....	54
2.13. Risques d'électricité.....	55
2.13.1. Dommages à l'isolation.....	55
2.13.2. Conditions humides.....	56
2.14. Utilisation sécurisée de l'électricité dans les maisons.....	56
2.14.1. Fusible.....	56
2.14.2. Disjoncteur.....	57
2.14.3. Fil de terre.....	57
Résumé.....	59
Questions à choix multiples.....	61
Questions de révision.....	63
Questions conceptuelles.....	64
Problèmes numériques.....	65

Chapitre 1 : Electrostatique

Objectifs pédagogiques du chapitre 1

Après avoir étudié ce chapitre, les étudiants seront capables de

- Décrire des expériences simples pour montrer la production et la détection de charges électriques,
- Décrire des expériences pour montrer la charge électrostatique par induction,
- Indiquer qu'il existe des charges positives et négatives,
- Décrire la construction et le principe de fonctionnement de l'électroscope,
- Énoncer et expliquer la loi de Coulomb,
- Résoudre des problèmes sur les charges électrostatiques en utilisant la loi de Coulomb,
- Définir le champ électrique et l'intensité du champ électrique,
- Esquissez les lignes de champ électrique pour des charges ponctuelles isolées,
- Décrire la notion de potentiel électrostatique,
- Définir l'unité "Volt",
- Décrire la différence de potentiel sous forme de transfert d'énergie par unité de charge,
- Décrire une situation dans laquelle l'électricité statique est dangereuse et les précautions prises pour garantir que l'électricité statique est déchargée en toute sécurité,
- Décrire que le condensateur est un dispositif de stockage de charge,
- Définir la capacité et son unité,
- Dériver la formule de la capacité effective d'un certain nombre de condensateurs connectés en série et en parallèle,
- Appliquez la formule de la capacité effective d'un certain nombre de condensateurs connectés en série et en parallèle pour résoudre les problèmes associés.

Sommaire

- 1.1. Production de charges électriques.
- 1.2. Induction électrostatique.
- 1.3. Électroscope.
- 1.4. Loi de Coulomb.
- 1.5. Champ électrique et intensité du champ électrique.
- 1.6. Potentiel électrostatique.
- 1.7. Condensateurs et capacité.
- 1.8. Différents types de condensateurs.
- 1.9. Applications de l'électrostatique.
- 1.10. Certains risques liés à l'électricité statique.

- Résumé.
- Questions à choix multiples.
- Questions de révision.
- Questions conceptuelles.
- Problèmes numériques.

Introduction

Ce chapitre nous plongera dans l'univers fascinant des charges statiques, explorant leur force électrique, leur champ électrique et leur potentiel électrique. Nous aborderons également les diverses manières d'utiliser et de sécuriser l'électricité statique. Lorsqu'on se penche sur les charges immobiles, on est dans le domaine de l'électrostatique ou de l'électricité statique.

1.1. Production de charges électriques

Lorsque nous utilisons un peigne en plastique sur nos cheveux, puis l'approchons de petits morceaux de papier, ces derniers sont mystérieusement attirés par le peigne (Fig.1.1). De la même manière, lorsque l'ambre est caressé par de la soie, il se met à séduire les petits bouts de papier. Lorsque des substances se frottent, elles acquièrent des charges électriques qui les poussent à s'attirer ou se repousser, créant ainsi une sorte d'interaction magnétique entre elles.



Fig.1.1. Le peigne frotté avec les cheveux attire les petits morceaux de papier

Il est possible de générer une charge électrique en frottant un corps neutre contre un autre corps neutre. Les activités suivantes démontrent que le processus de frottement peut générer deux types de charges électriques.

1.1.1. Activité 1

Prenez une tige en plastique, frottez-la de fourrure et suspendez-la horizontalement par un fil de soie (Fig.1.2). Maintenant, prenez une autre tige en plastique, frottez-la avec de la fourrure et rapprochez-la de la tige suspendue. Nous observerons que les deux tiges se repousseront. Cela signifie que pendant le frottement, les deux tiges étaient chargées.

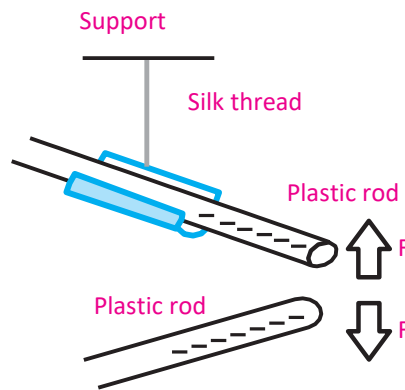


Fig.1.2. Deux tiges de plastique frottées de fourrure se repoussent

1.1.2. Activité 2

Maintenant, prenez une tige en verre et frottez-la avec de la soie, puis suspendez-la horizontalement. Lorsque la tige en plastique frottée avec de la fourrure est rapprochée de la tige en verre suspendue, il est observé que les deux tiges s'attirent (Fig.1.3). Lors de la première activité, les deux tiges en plastique ont été frottées avec de la fourrure. Ainsi, nous présumons que la charge exercée sur les deux tiges serait similaire.

Lors de la deuxième activité, les tiges présentent des différences, et leur attraction suggère que les charges sur les deux tiges ne sont pas de même nature, mais opposées.

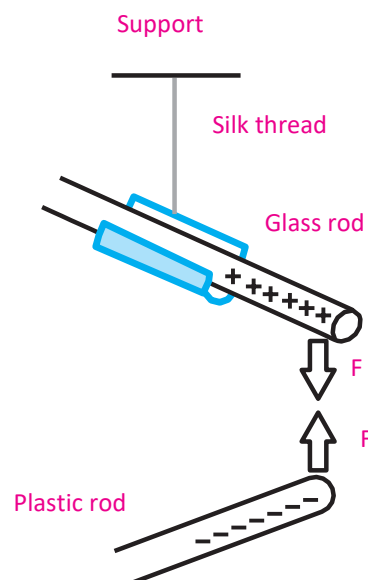


Fig.1.3. La tige en plastique frottée avec de la fourrure et la tige en verre frottée avec de la soie exercent une attraction mutuelle

Ces charges opposées sont conventionnellement désignées sous les termes de charge positive et de charge négative. Lors du processus de frottement, la charge négative est transférée d'un objet à un autre.

En se basant sur ces activités, nous pouvons conclure que :

1. La charge est une caractéristique fondamentale d'un corps matériel qui lui permet d'attirer ou de repousser un autre objet.
2. La friction génère deux types de charges distincts sur divers matériaux, tels que le verre et le plastique.
3. Les charges se repoussent constamment.
4. Les charges opposées s'attirent toujours.
5. La répulsion constitue un test de charge fiable pour un corps.

S'auto-évaluer

1. Est-ce que la charge positive sur la tige de verre frottée avec un tissu de soie sera égale à la charge négative sur la soie ? Donner des explications.
2. Que se passerait-il si on approchait une tige de verre neutre d'une tige de verre chargée positivement ?

Juste pour que vous le sachiez

Dans la liste ci-dessous, divers matériaux ont été classés de manière à ce que, lors du frottement de l'un d'entre eux avec un autre, le matériau figurant en premier dans la liste acquière une charge positive, tandis que celui apparaissant en second acquière une charge négative. Par exemple, dans le cas de la peau de chat et du plomb, la peau présente une charge positive tandis que le plomb affiche une charge négative.

- | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|
| 1. Amiante | 5. Peau de chat | 10. Bois |
| 2. Verre | 6. Plomb | 11. Cuivre |
| 3. Mica | 7. Tissu soyeux | 12. Caoutchouc |
| 4. Tissu de laine | 8. Aluminium | 13. Plastique |
| | 9. Tissu en coton | |

1.2. Induction électrostatique

1.2.1. Activité 3

Lorsque la tige en plastique chargée est rapprochée de la tige en aluminium neutre suspendue, une attraction se manifeste entre les deux tiges, comme illustré dans Fig.1.4. Cette attraction entre les tiges chargées et non chargées donne l'impression que les deux tiges possèdent des charges différentes. Cependant, cela est faux. La tige en plastique chargée génère un déplacement de charges positives et négatives sur la tige d'aluminium neutre, ce qui entraîne une attraction entre les deux. Cependant, la charge totale exercée

sur la tige en aluminium demeure nulle. Cela signifie que l'attraction ne constitue pas un test de charge fiable pour un corps.

L'activité mentionnée illustre un phénomène connu sous le nom d'induction électrostatique, comme décrit ci-dessous.

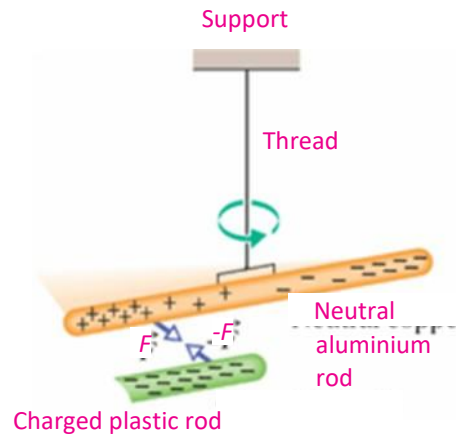


Fig.1.4. La tige en plastique chargée exerce une attraction sur la tige en aluminium neutre

1.2.2. Activité 4

Procurez-vous deux sphères métalliques A et B et fixez-les sur des supports isolés, de manière à ce qu'elles se touchent, conformément à la représentation de la figure 1.5-a. Placez désormais une tige chargée positivement à proximité de la sphère A, comme illustré dans la figure 1.5-b. La tige attirera les charges négatives et repoussera les charges positives. Une charge négative se manifestera sur la surface gauche de la sphère A, à proximité de la tige. Une charge positive se manifestera sur la surface droite de la sphère B. Séparez les sphères maintenant, tout en maintenant la tige à proximité de la sphère A. Cependant, si vous effectuez des tests sur les deux sphères, il sera observé que celles-ci seront chargées de manière opposée (Fig.1.5-c).

Après le retrait de la tige, les charges se répartissent de manière uniforme sur les surfaces des sphères, comme illustré dans la figure 1.5-d.

Dans ce processus, des charges égales et opposées se manifestent sur chaque métal. Cela est désigné sous le terme de charge par induction électrostatique.

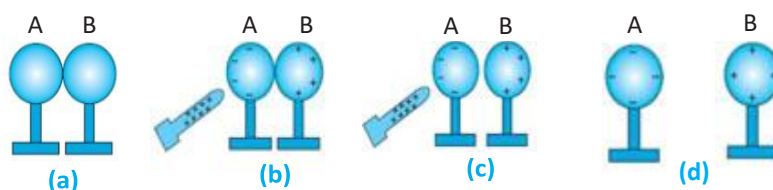


Fig.1.5. Deux sphères sont chargées par induction électrostatique

Ainsi, nous définissons l'induction électrostatique comme étant :

Lorsqu'un conducteur isolé est placé à proximité d'un corps chargé, il se produit une séparation des charges à l'intérieur du conducteur, entraînant le développement d'une charge positive à une extrémité et d'une charge négative à l'autre extrémité. Ce processus est désigné sous le nom d'induction électrostatique.

1.3. Électroscope

L'électroscope à feuille d'or est un instrument très sensible utilisé pour détecter les charges électriques. Il est constitué d'une tige en laiton surmontée d'un disque en laiton et de deux fines feuilles d'or suspendues en bas (Fig.1.6). La tige traverse un isolant qui la maintient en position. Les charges peuvent se transférer librement du disque vers les feuilles à travers la tige. Une mince feuille d'aluminium est attachée à la partie inférieure de l'intérieur du pot. En général, la feuille d'aluminium est mise à la terre en reliant un fil de cuivre. Cela protège les feuilles des perturbations électriques externes.

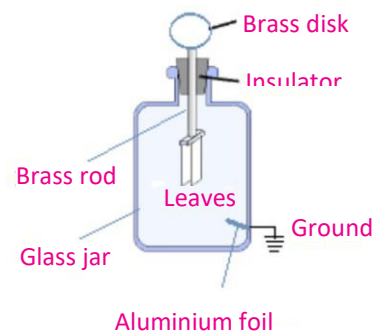


Fig.1.6. Electroscope sans charge

1.3.1. Détection de la présence de charge

Pour détecter la présence d'une charge électrique sur une personne, il est recommandé de rapprocher le corps de l'individu du disque d'un électroscope non chargé. Si le corps est neutre, il n'y aura aucune déflexion des feuilles (Fig.1.7-a). Cependant, lorsque le corps est chargé positivement ou négativement, les feuilles de l'électroscope se divergent. Par exemple, si le corps présente une charge négative en raison de l'induction électrostatique, une charge positive se manifesterà sur le disque, tandis qu'une charge négative se développera sur les feuilles (Fig.1.7-b). Les feuilles de l'électroscope se repoussent et divergent en raison de la réception d'une charge similaire par chacune d'elles. La divergence des feuilles sera conditionnée par le montant de la charge.

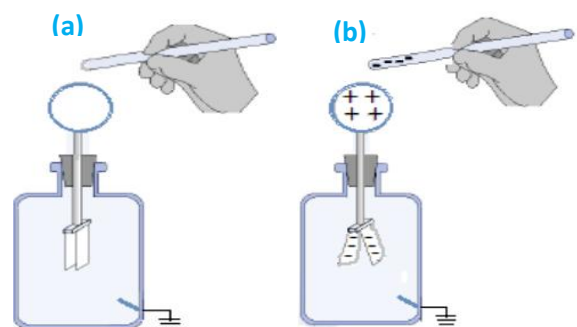


Fig.1.7. Détection de la présence de charge

1.3.2. Chargement de l'électroscope par induction électrostatique

L'électroscope peut être chargé en utilisant l'induction électrostatique. Pour charger positivement l'électroscope, approchez un objet chargé négativement du disque de l'électroscope (Fig.1.8-a). Une charge positive apparaîtra sur le disque de l'électroscope tandis que des charges négatives se déplaceront vers les feuilles. Connectez maintenant le disque de l'électroscope à la feuille d'aluminium mise à la terre par un fil conducteur (Fig. 1.8-b). Les feuilles tomberont par terre à travers le fil. Si nous déconnectons d'abord l'électroscope de la terre, puis retirons la tige, il sera chargé positivement (Fig. 1.8-c).

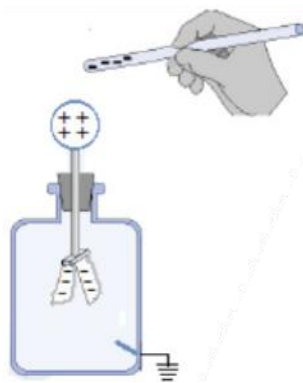


Fig.1.8.a. Charger l'électroscope positivement

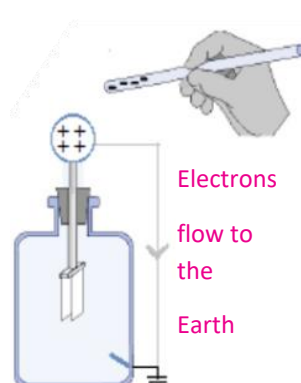


Fig.1.8.b. Charger l'électroscope positivement

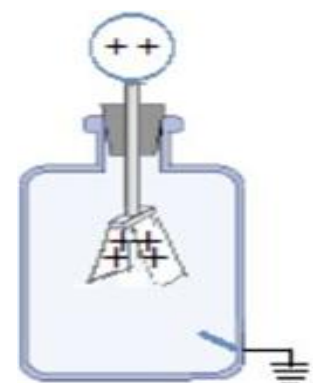


Fig.1.8.c. Électroscope chargé positivement

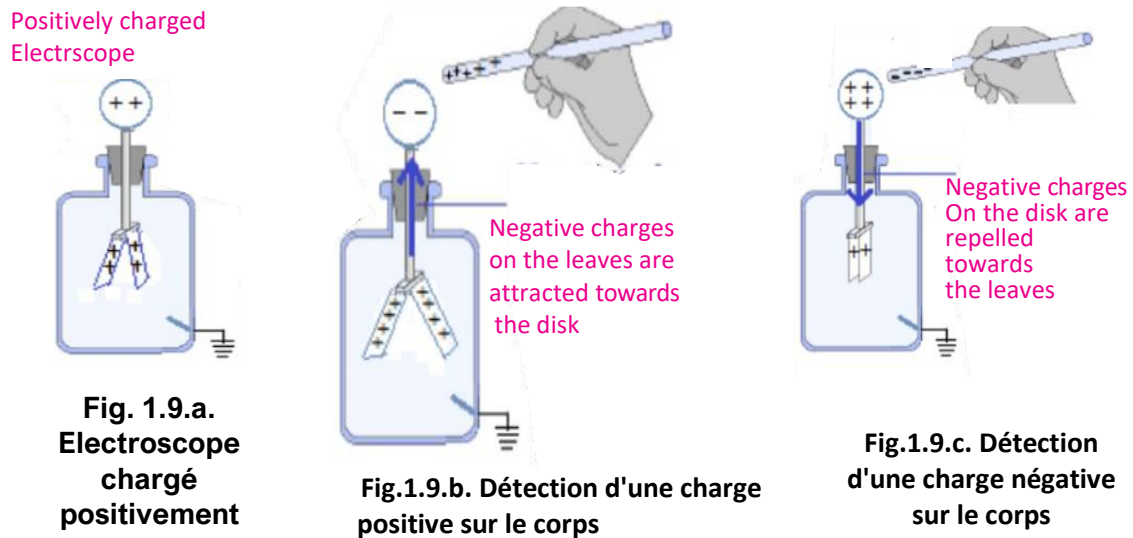
De même, l'électroscope peut être chargé négativement à l'aide d'une tige chargée positivement. Pourriez-vous illustrer cela à l'aide d'un schéma ?

L'électroscope peut également être chargé par le processus de conduction. Lorsque vous entrez en contact avec une tige chargée négativement en utilisant le disque d'un électroscope neutre, des électrons sont transférés de la tige vers le disque de l'électroscope. Cela se produit en raison de la différence de charge entre la tige et le disque. En conséquence, le disque de l'électroscope acquiert une charge négative, ce qui peut être observé. La charge négative de la tige sera transférée à l'électroscope, provoquant ainsi la divergence de ses feuilles.

1.3.3. Identifier le type de charge

Afin de déterminer le type de charge sur un corps, l'électroscope est initialement chargé de manière positive ou négative. Supposons que l'électroscope soit chargé positivement, comme décrit précédemment (Fig.1.9-a). Pour identifier le type de charge sur un corps, il est recommandé de rapprocher ce corps chargé du disque de l'électroscope qui est chargé

positivement. Lorsque la divergence des feuilles augmente, cela indique que le corps possède une charge positive (Fig.1.9-b). En revanche, si la divergence diminue, le corps acquiert une charge négative (Fig.1.9-c).



1.3.4. Identification des conducteurs et des isolants

L'électroscope peut aussi servir à différencier les matériaux isolants des matériaux conducteurs. Appuyez sur le disque d'un électroscope chargé avec le matériau à tester. Si les feuilles tombent de leur position écartée, le corps serait un bon conducteur. Si les feuilles ne bougent pas du tout, cela signifie que le matériau testé est un isolant.

1.4. Loi de Coulomb

Une force agit entre deux corps chargés, soit pour les attirer soit pour les repousser. Comment cette force change-t-elle quand on modifie la taille de la charge sur les deux objets ou la distance entre eux ? En 1785, le scientifique français Charles Coulomb (1736-1806) a découvert la loi qui décrit la force électrique entre deux particules chargées immobiles.

1.4.1. Enoncé de la loi de Coulomb

« L'intensité de la force électrostatique entre deux charges électriques est proportionnelle au produit des charges et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. La force est exercée le long de la droite qui relie les deux charges ».

La force électrostatique F qu'exerce la charge q_1 sur la charge q_2 est donnée par :

$$F = K \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.1)$$

L'équation (1.1) est désignée sous le terme de *Loi de Coulomb*.

La force entre les deux charges, notée F , est appelée la force de Coulomb. Les grandeurs des deux charges sont représentées par q_1 et q_2 , et la distance qui les sépare est désignée par r (Fig.1.10). K est la constante de proportionnalité.

La valeur de k dépend du milieu entre les deux charges, en effet, si le milieu entre les deux charges est l'air, alors la valeur de k en unités SI sera de $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$.

La loi de Coulomb est applicable uniquement aux charges ponctuelles dont les dimensions sont négligeables par rapport à la distance qui les sépare.

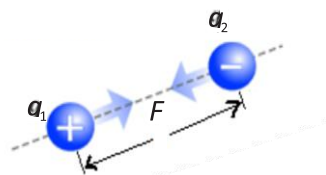


Fig.1.10.a.

Attraction entre charges opposées

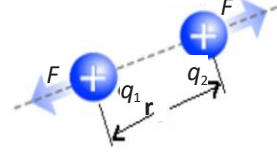


Fig.1. 10.b.

Répulsion entre charges similaires

Réflexion

1. Pourquoi les feuilles d'un électroscope chargé tombent-elles quand on touche son disque avec une tige métallique, mais pas quand on utilise une tige en caoutchouc ?
2. Par temps gris, si nous marchons sur de la moquette et que nous touchons ensuite un objet conducteur, nous risquons de recevoir une petite décharge électrique ! Pourquoi cela arrive-t-il ? Prenez le temps de réfléchir.

Information

En système international (SI), l'unité de mesure de la charge électrique est le coulomb (C). Elle correspond à la charge de $6,25 \times 10^{18}$ électrons. C'est une unité de grande taille. En général, la charge est mesurée en microcoulombs. Un microcoulomb équivaut à 10^{-6} coulombs.

Exemple 1.1

Deux corps sont chargés de manière opposée avec une charge de $500 \mu\text{C}$ et $100 \mu\text{C}$. Trouvez la force entre les deux charges si la distance entre elles dans l'air est de $0,5 \text{ m}$.

Solution

Nous avons : $r = 0.5 \text{ m}$, $q_1 = 500 \mu\text{C} = 500 \times 10^{-6} \text{ C}$, $q_2 = 100 \mu\text{C} = 100 \times 10^{-6} \text{ C}$.

Remplaçant ces valeurs dans l'équation (1.1)

$$F = K \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 500 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{0.5^2} = 1800 \text{ N}$$

1.5. Champ électrique et intensité du champ électrique

Selon la *loi de Coulomb*, si une charge positive unitaire q_0 (appelez-la charge de test) est rapprochée d'une charge q (appelez-la charge de champ) placée dans l'espace, la charge q subira une force. La valeur de cette force dépend de la distance entre les deux charges. Si la charge q_0 s'éloigne de q , cette force diminuerait jusqu'à ce qu'à une certaine distance la force soit pratiquement réduite à zéro. La charge q_0 est alors hors de l'influence de la charge q . La région de l'espace entourant la charge q dans laquelle elle exerce une force sur la charge q_0 est connue sous le nom de champ électrique de la charge q . Ainsi, le champ électrique d'une charge est défini comme suit :

Le champ électrique désigne une zone entourant une charge où il exerce une force électrostatique sur une autre charge.

1.5.1. Intensité du champ électrique

L'intensité d'un champ électrique en tout point de l'espace est désignée par la lettre E . Pour déterminer la valeur de l'intensité électrique en un point du champ associé à une charge $+q$, nous positionnons une charge d'essai q_0 à cet emplacement (Fig.1.11). Si F représente la force agissant sur la charge d'essai q_0 , l'intensité du champ électrique serait exprimée par :

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1.2)$$

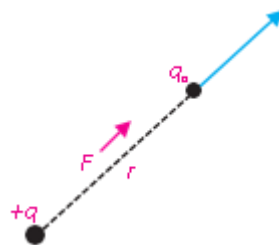


Fig. 1.11. Une charge q_0 est placée à une distance ' r ' de la charge $+q$

L'intensité du champ électrique en tout point est définie comme la force exercée sur une charge unitaire positive placée en ce point. L'unité SI d'intensité électrique est le coulomb par seconde (C/s), également appelée ampère (A).

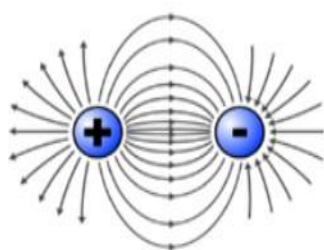
Si le champ électrique résultant d'un arrangement spécifique de charges est connu à un instant donné, la force exercée sur toute particule portant une charge q placée en ce point peut être calculée en utilisant la formule suivante :

$$F = q \cdot E \quad (1.3)$$

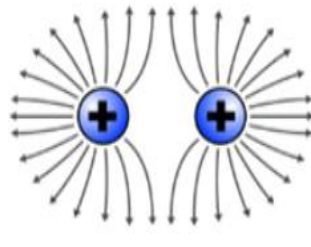
L'intensité électrique, étant une force, est une quantité vectorielle. Sa direction est identique à celle de la force exercée sur la charge de test positive. Si la charge de test est libre de se déplacer, elle se déplacera toujours dans le sens de l'intensité du champ électrique.

1.5.2. Lignes de champ électrique

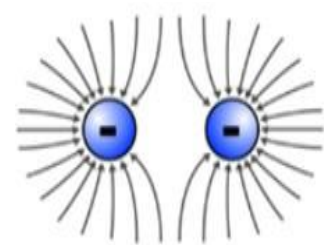
La direction de l'intensité du champ électrique dans un champ électrique peut également être représentée par des lignes tracées. Ces lignes sont appelées lignes de champ électriques. Ces lignes ont été introduites par Michael Faraday. Les lignes de champ sont des lignes imaginaires autour d'une charge de champ avec une pointe de flèche indiquant la direction de la force. Les lignes de champ sont toujours dirigées, de la charge positive vers la charge négative. L'espacement entre les lignes de champ montre l'intensité du champ électrique (Fig.1.12).



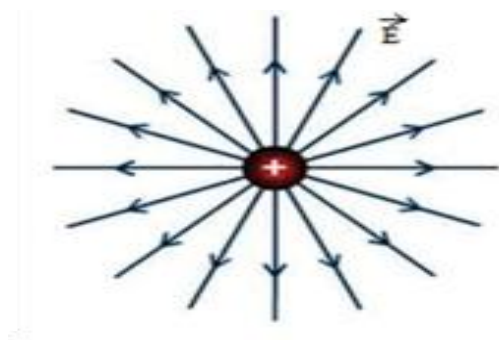
Lignes de champ électrique pour deux charges ponctuelles opposées et égales



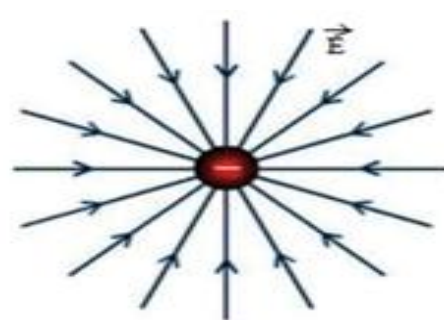
Lignes de champ électrique pour deux charges ponctuelles positives



Lignes de champ électrique pour deux charges ponctuelles négatives



Lignes de champ électrique pour une charge ponctuelle positive isolée



Lignes de champ électrique pour une charge ponctuelle négative isolée

Fig. 1.12. Lignes de champ électrique

QUIZZ

1. Observer comment la force de Coulomb change entre deux charges opposées de tailles différentes (Fig.A)
2. Si l'on double la distance entre deux charges, quelle sera la variation de la force entre les charges ? (Fig.B)

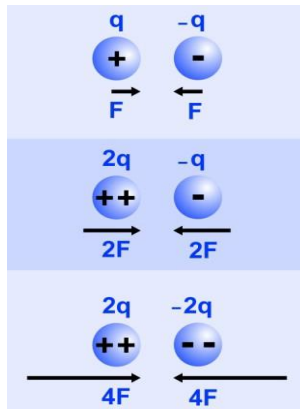


Fig.A

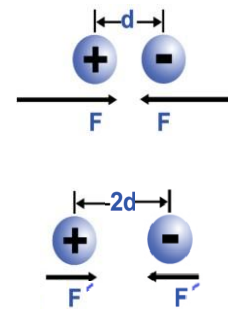


Fig.B

Remarque

La force électrostatique qui agit sur deux charges de 1 coulomb chacune et qui sont séparées d'une distance de 1 mètre est d'environ 9×10^9 newtons. Cette force correspond à l'intensité de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur un objet pesant un milliard de kilogrammes au niveau de la mer !

1.6. Potentiel électrostatique

Le potentiel gravitationnel en un point du champ gravitationnel correspond à l'énergie potentielle gravitationnelle d'une unité de masse située en ce point. De manière similaire, le potentiel électrique en chaque point du champ électrique correspond à l'énergie potentielle électrique d'une charge unitaire positive située en ce point.

1.6.1. Le potentiel électrique

Le potentiel électrique à un point dans un champ électrique correspond à la quantité de travail nécessaire pour déplacer une charge positive unitaire de l'infini jusqu'à ce point.

Le potentiel électrique V à un point donné dans un champ électrique est défini comme le travail W effectué pour déplacer une charge positive q de l'infini jusqu'à ce point, divisé par la valeur de la charge q .

$$V = \frac{W}{q} \quad (1.4)$$

Cela signifie que le potentiel électrique est évalué par rapport à un point de référence, et que, à l'instar de l'énergie potentielle, il n'est possible de mesurer que la variation de potentiel entre deux points.

Le potentiel électrique est une quantité scalaire. Son unité SI est le *volt* qui est égal au JC^{-1} . Si un joule de travail est effectué contre le champ électrique en apportant une charge positive de **1 Coulomb** de l'infini à un point du champ électrique, le potentiel à ce point sera de **1Volt**. Un corps dans le champ gravitationnel a toujours tendance à se déplacer d'un point d'énergie potentielle la plus élevée à un point d'énergie potentielle la plus basse. De même, lorsqu'une charge est libérée dans un champ électrique, il se déplace d'un point de potentiel plus élevé, disons A à un point à un potentiel plus bas disons B (Fig.1.13).

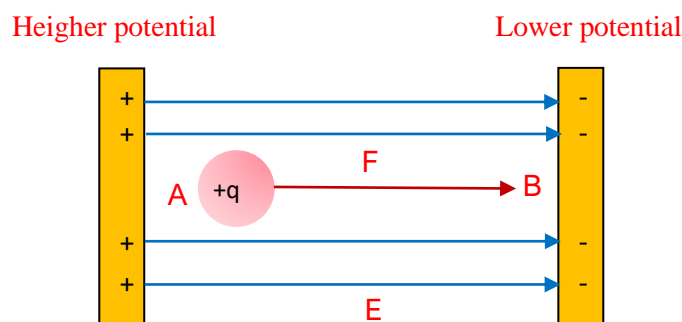


Fig. 1.13. Différence de potentiel entre deux points

Si le potentiel du point A est V_a et celui du point B est V_b , l'énergie potentielle de la charge à ces points sera respectivement qV_a et qV_b . La variation de l'énergie potentielle de la charge lorsqu'elle passe du point A au point B sera égale à $qV_a - qV_b$. Cette énergie est utilisée pour effectuer un travail utile.

Ainsi l'énergie fournie par la charge = $q (V_a - V_b)$ (1.5)

- Si « q » vaut 1 coulomb, alors la différence de potentiel entre deux points deviennent égaux à l'énergie fournie par la charge. Ainsi, nous définissons la différence de potentiel entre deux points comme :

L'énergie fournie par une charge unitaire lorsqu'elle se déplace d'un point vers un autre dans la direction du champ est appelé Différence De Potentiel entre deux points.

- Si une charge positive est transférée d'un point de potentiel bas jusqu'à un point de potentiel plus élevé, c'est-à-dire contre la direction du champ, l'énergie devrait lui être fournie.

Information

1. Dans la nature, on observe une grande diversité d'intensités de champ. Par exemple, le champ électrique à 30 cm d'une ampoule est d'environ 5NC^{-1} , alors que l'électron dans un atome d'hydrogène subit un champ électrique de l'ordre de 10^{11}NC^{-1} à partir du noyau de l'atome.

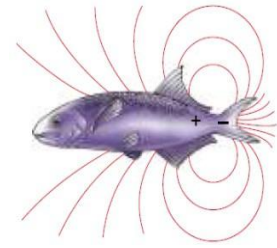


Fig.C

2. Certaines espèces animales génèrent des champs électriques afin de percevoir les objets environnants qui influencent ce champ (Fig.C).

3. Les lignes de champ électrique ne constituent pas des entités physiques en elles-mêmes. Ils sont uniquement employés pour la représentation graphique d'une autre grandeur physique, à savoir le champ électrique à différentes positions.

QUIZZ

Un champ électrique intense est présent à proximité de cette « cage de Faraday » (Fig.D). Cependant, l'individu à l'intérieur de la cage ne montre aucune réaction. Pouvez-vous expliquer les raisons ?



Fig.D

Différence entre Potentiel et Énergie Potentielle

Le potentiel électrique est une caractéristique du champ de charge source et est indépendant d'une charge d'essai qui peut être placée dans le champ. Cependant, l'énergie potentielle est une caractéristique à la fois du champ et de la charge d'essai. Il résulte de l'interaction entre le champ et la charge d'essai placée dans ce champ.

1.7. Condensateurs et capacité

Pour le stockage de la charge, un dispositif nommé condensateur est employé. Il est constitué de deux plaques métalliques minces, parallèles l'une à l'autre, séparées par une distance très réduite (Fig.1.14). L'espace entre les deux plaques peut être occupé par de l'air ou une feuille d'isolant. Ce milieu est désigné sous le terme de diélectrique.

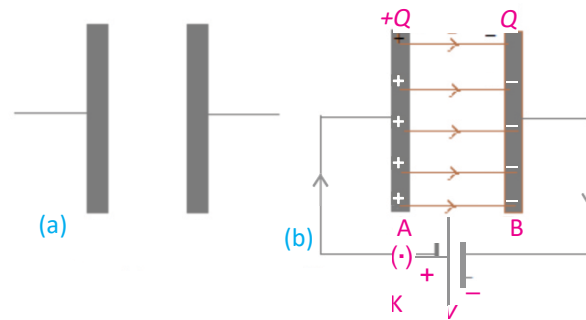


Fig. 1.14.a. condensateur à plaques parallèles
b. Plaques de condensateur connectées avec batterie

Lorsqu'un condensateur est relié à une batterie d'une tension V volts, la batterie transfère une charge $+Q$ de la plaque B vers la plaque A , entraînant l'apparition d'une charge $-Q$ sur la plaque A et d'une charge $+Q$ sur la plaque B .

Les charges sur chaque plaque s'attirent et restent ainsi liées à l'intérieur des plaques. Ainsi, la charge est conservée dans un condensateur sur une période prolongée. De plus, la charge Q stockée sur les plaques est directement proportionnelle à la différence de potentiel V aux bornes des plaques, c'est-à-dire :

$Q = C.V$, où C , est la constante de proportionnalité, appelée capacité du condensateur et définie comme la capacité du condensateur à stocker des charges. Il est exprimé par le rapport de charge et le potentiel électrique de la manière suivante :

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1.6)$$

L'unité SI de la capacité est le farad (F), défini comme :

Si un coulomb de charge est appliqué aux plaques d'un condensateur, produisant une différence de potentiel de 1 Volt entre celles-ci, la capacité du condensateur serait de 1 Farad.

N.B. Le Farad est une grande unité, et il est généralement plus courant d'utiliser une unité plus petite, telle que le *micro-Farad* (μF), le *nano-Farad* (nF) et le *pico-farad* (pF).

Exemple 1.2

Un condensateur à plaques parallèles, a une capacité d'environ $100 \mu F$. Si la différence de potentiel entre les plaques est de 50 Volts, déterminez la quantité de charge stockée sur chaque plaque.

Solution

Les données : $V = 50$ V, $C = 100 \mu F = 100 \times 10^{-6}$ F

En utilisant la formule : $Q = CV$

Mettre les valeurs

$$Q = 100 \times 10^{-6} \text{ F} \times 50 \text{ V}$$

$$Q = 5 \times 10^{-3} \text{ C} = 5 \text{ mC}$$

La charge sur chaque plaque sera de 5 mC car elle a la même quantité de charge.

1.7.1. Combinaisons de condensateurs

Les condensateurs sont fabriqués avec différentes capacités standard, et en les combinant en série ou en parallèle, nous pouvons obtenir n'importe quelle valeur souhaitée de la capacité.

1.7.1.1. Condensateurs en parallèle

Dans cette configuration, la plaque gauche de chaque condensateur est reliée à la borne positive de la batterie par un fil conducteur. De manière similaire, la plaque droite de chaque condensateur est reliée à la borne négative de la batterie (Fig.1.15).

Ce type de configuration présente les caractéristiques suivantes :

1. Chaque condensateur relié à une batterie de tension V présente la même différence de potentiel V à ses bornes. C'est-à-dire, $V_1 = V_2 = V_3 = V$

2. La charge générée à travers les plaques de chaque condensateur variera en raison des différences de valeurs des capacités.

3. La quantité totale d'électricité Q fournie par la batterie est répartie entre les divers condensateurs. Ainsi :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = C_1V + C_2 V + C_3 V$$

$$\text{Ou } \frac{Q}{V} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$\text{Ou encore } C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

4. Ainsi, nous pouvons remplacer la combinaison parallèle de condensateurs par un condensateur équivalent ayant une capacité C telle que $C = C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$

Dans le cas de « n » condensateurs connectés en parallèle, la capacité équivalente est donnée par :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (1.7)$$

5. La capacité équivalente d'une combinaison parallèle de condensateurs est supérieure à n'importe quelle capacité individuelle.

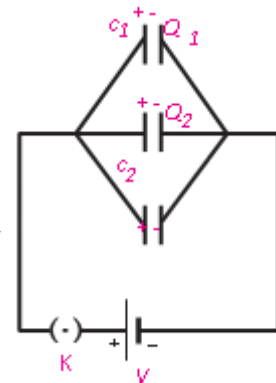


Fig.1.15.
Condensateurs en
combinaison
parallèle

Information

* Le Farad est une unité d'une capacité trop grande. On utilise généralement les sous-multiples suivants :

$$1 \text{ micro-Farad} = 1 \mu F = 1 \times 10^{-6} F$$

$$1 \text{ nano Farad} = 1 nF = 1 \times 10^{-9} F$$

$$1 \text{ pico Farad} = 1 pF = 1 \times 10^{-12} F$$

* Trois facteurs affectent la capacité d'un condensateur à stocker la charge.

1. Superficie des plaques,
2. Distance entre les plaques,
3. Type d'isolant utilisé entre les plaques.

Complément

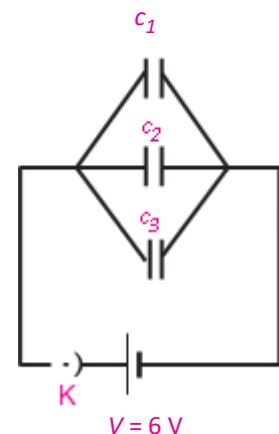
Une tension aux bornes d'un appareil, tel qu'un condensateur, a la même signification que la différence de potentiel aux bornes de l'appareil. Par exemple, si nous supposons que la tension aux bornes d'un condensateur est de 12 V, cela signifie également que la différence de potentiel entre ses plaques est de 12 V.

Exemple 1.3

Trois condensateurs avec des capacités de $3,0 \mu F$, $4,0 \mu F$ et $5,0 \mu F$ sont disposés en parallèle avec une batterie de 6V, où $1 \mu F = 10^{-6} F$.

Trouvez :

- a. La capacité totale
- b. La tension aux bornes de chaque condensateur
- c. La quantité de charge sur chaque plaque du condensateur



Solution

a. La capacité totale est donnée par :

$$C_{\text{éq}} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_{\text{éq}} = 3.10^{-6} F + 4.10^{-6} F + 5.10^{-6} F$$

$$C_{\text{éq}} = 12 \mu F$$

- b. Comme les trois condensateurs sont branchés en parallèle, la tension aux bornes de chaque condensateur sera la même et est égale à la tension de la batterie, c'est-à-dire 6V.
- c. Charge sur un condensateur de capacité C_1

$$Q_1 = C_1 V = 3.10^{-6} F \times 6 V = 18 C$$

De même, la charge des condensateurs de capacités C_2 et C_3 est de $24 \mu C$ et $30 \mu C$.

Énergie stockée dans un condensateur

Le condensateur stocke l'énergie dans un champ électrique entre deux plaques sous forme d'énergie potentielle électrostatique.

QUIZZ

Est-ce que les condensateurs parallèles ont une capacité équivalente supérieure ou inférieure à celle de n'importe quel condensateur individuel de la combinaison ?

1.7.1.2. Condensateurs en série

Dans cette configuration, les condensateurs sont disposés en parallèle, ce qui signifie que la plaque droite d'un condensateur est reliée à la plaque gauche du condensateur suivant (Fig.1.16). Cette catégorie de combinaison se distingue par les caractéristiques suivantes :

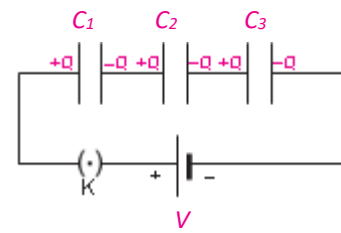


Fig.1.16. Condensateurs en combinaison en série

1. Chaque condensateur a la même charge à ses bornes. Si la batterie fournit une charge $+Q$ à la plaque gauche du condensateur C_1 , en raison de l'induction de charge $-Q$ est induite sur sa plaque droite et une charge $+Q$ sur la plaque gauche du condensateur C_2 , i.e $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$
2. La différence de potentiel entre chaque condensateur varie en raison des différentes valeurs de capacitance.
3. La tension de la batterie a été répartie entre les différents condensateurs, ainsi :

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = Q \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right]$$

$$\frac{V}{Q} = \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right]$$

4. Ainsi, nous pouvons remplacer la combinaison en série de condensateurs par une capacité équivalente ayant la capacité $C_{\text{éq}}$, c'est-à-dire :

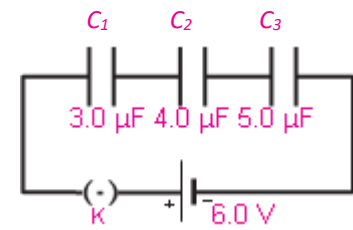
$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right]$$

Dans le cas de "n" condensateurs montés en série, nous aurons :

$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots \dots \dots + \frac{1}{C_n} \right] \quad (1.8)$$

Exemple 1.4

Trois condensateurs avec des capacités de $3.0 \mu F$, $4.0 \mu F$ et $5.0 \mu F$ sont disposés en série sur une batterie de $6V$, où $1 \mu F = 10^{-6} F$.

**Trouver**

- la capacité totale de la combinaison en série.
- la quantité de charge aux bornes de chaque condensateur.
- la tension aux bornes de chaque condensateur.

Solution

(a) Le diagramme est présenté à droite. Pour la capacité totale,

$$\frac{1}{C_{\acute{e}q}} = \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right]$$

$$\frac{1}{C_{\acute{e}q}} = \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} \right] \frac{1}{10^{-6} F}$$

$$C_{\acute{e}q} = 1.3 \mu F$$

(b) En séries, la charge à travers chaque condensateur est la même et peut être trouvée comme,

$$Q = CV = 6V \cdot 1.3 \times 10^{-6} F = 7.8 \mu C$$

(c) La tension aux bornes de chaque condensateur

$$C_1 = V_1 = \frac{Q}{C_1} = 2.6 V$$

$$C_2 = V_2 = \frac{Q}{C_2} = 1.95 V$$

$$C_3 = V_3 = \frac{Q}{C_3} = 1.56 V$$

QUIZZ

La capacité équivalente des condensateurs en série est-elle supérieure ou inférieure à la capacité de n'importe quel condensateur individuel de la combinaison ?

1.8. Différents types de condensateurs

Les condensateurs à plaques parallèles ne sont généralement pas employés dans la majorité des dispositifs en raison de la nécessité d'une taille importante pour emmagasiner une charge suffisante, ce qui est peu souhaitable. Un condensateur à plaques parallèles,

doté d'un diélectrique entre ses plaques, est fabriqué à partir d'un matériau flexible pouvant être enroulé en forme de cylindre. Ainsi, il est possible d'augmenter la surface de chaque plaque tout en permettant au condensateur de s'intégrer dans un espace réduit. D'autres types de condensateurs exploitent des réactions chimiques pour emmagasiner la charge. On les appelle des condensateurs électrolytiques.

Les condensateurs se classifient en différents types selon leur construction et la nature du diélectrique utilisé.

Le condensateur en papier constitue un exemple de condensateurs fixes (Fig.1.17). Le condensateur papier a une forme cylindrique. En général, un papier huilé ou graissé, ou une fine feuille de plastique, est employé comme diélectrique entre deux feuilles d'aluminium. La feuille de papier ou de plastique est fermement enroulée sous la forme d'un cylindre et est ensuite enfermée dans un étui en plastique.

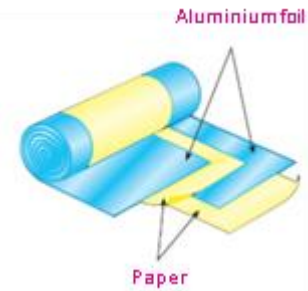


Fig.1.17.
Condensateur papier

Le condensateur au mica constitue un autre type de condensateur fixe. Dans ces condensateurs, le mica est utilisé comme diélectrique entre les deux plaques métalliques (Fig.1.18). Étant donné la grande fragilité du mica, il est conservé dans un étui en plastique ou dans un étui isolant. Les fils attachés aux plaques sont projetés sur le boîtier pour établir les connexions (Fig.1.19). Si la capacité devrait être augmentée, un grand nombre de plaques sont empilées les unes sur les autres avec des couches de diélectriques et des plaques alternatives sont connectées les unes aux autres.

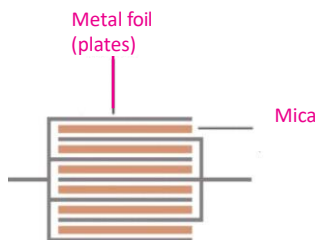


Fig.1.18. Condensateur au mica



Fig.1.19. Condensateur au mica

Dans les condensateurs variables, des mécanismes sont prévus pour ajuster la surface des plaques en face à face (Fig.1.20). Il s'agit généralement d'une combinaison de plusieurs condensateurs utilisant l'air comme diélectrique. Il est constitué de deux ensembles de plaques.

Un ensemble demeure fixe tandis que l'autre ensemble peut pivoter, de manière à ce que la distance entre les plaques reste constante et qu'elles ne se touchent pas. La capacité est déterminée par la zone commune des plaques des deux ensembles qui se font face.

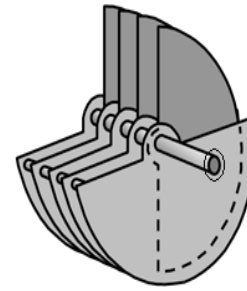


Fig.1.20. Condensateur de type variable

Par conséquent, la capacité du condensateur peut être ajustée en modifiant la position des plaques rotatives, soit en les rapprochant, soit en les éloignant de l'espace entre les plaques statiques. Ces types de condensateurs sont utilisés pour ajuster les postes de radio. Un condensateur électrolytique est fréquemment employé pour emmagasiner une grande quantité de charge à des tensions relativement faibles (Fig.1.21).

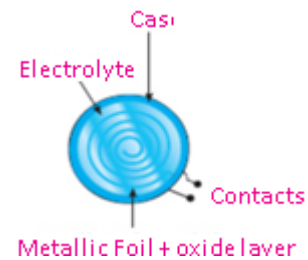


Fig.1.21. Condensateur Electrolytique

Il s'agit d'une plaque métallique en contact avec un électrolyte, une solution capable de conduire la charge en raison du déplacement des ions qu'elle renferme. Lorsqu'une tension est appliquée entre la feuille et l'électrolyte, une mince couche d'oxyde métallique (un isolant) se développe sur la feuille, et cette couche agit en tant que diélectrique. De grandes capacités peuvent être obtenues en raison de l'épaisseur réduite de la couche diélectrique.

1.8.1. Usage des condensateurs

Les condensateurs ont un large éventail d'applications dans différents circuits électriques et électroniques. Ils servent à ajuster des appareils comme des radios et des transistors. Ils sont également utilisés pour les ventilateurs de table, les ventilateurs de plafond, les ventilateurs d'extraction, les moteurs de ventilateur des climatiseurs, les refroidisseurs, les moteurs de machines à laver, les climatiseurs et de nombreux autres appareils pour leur bon fonctionnement.

Les condensateurs sont aussi utilisés dans les circuits électroniques des ordinateurs.

Les condensateurs sont utiles dans les circuits électroniques car ils permettent de distinguer les signaux haute fréquence des signaux basse fréquence. Les condensateurs aident à régler les radios sur des fréquences spécifiques en circuit résonant. Ces circuits sont appelés circuits de filtrage. Certains condensateurs ne conviennent pas à toutes les

utilisations. Les condensateurs céramiques sont souvent meilleurs que les autres types et peuvent être utilisés dans de nombreux domaines différents.

Information

Tous les appareils sur le schéma sont des condensateurs qui stockent la charge électrique et l'énergie.



1.9. Applications de l'électrostatique

L'électricité statique joue un rôle significatif dans notre vie quotidienne, englobant des domaines tels que la photocopie, la peinture des voitures, l'élimination de la poussière des tapis sales et des cheminées des machines industrielles, entre autres.

1.9.1. Filtre à air électrostatique

Un purificateur d'air électrostatique est employé dans les foyers afin d'atténuer l'inconfort des individus allergiques. L'air, mélangé à de la poussière et au pollen, entre dans l'appareil par l'intermédiaire d'un maillage chargé positivement (Fig.1.22). Les particules en suspension dans l'air acquièrent une charge positive lorsqu'elles entrent en contact avec le maillage. Par la suite, ils traversent un second maillage à charge négative.

L'interaction électrostatique attractive entre les particules chargées positivement présentes dans l'air et le treillis chargé négativement entraîne la précipitation de ces particules à la surface du treillis. Grâce à cette procédure, il est possible d'éliminer un pourcentage significatif de contaminants présents dans le flux d'air.

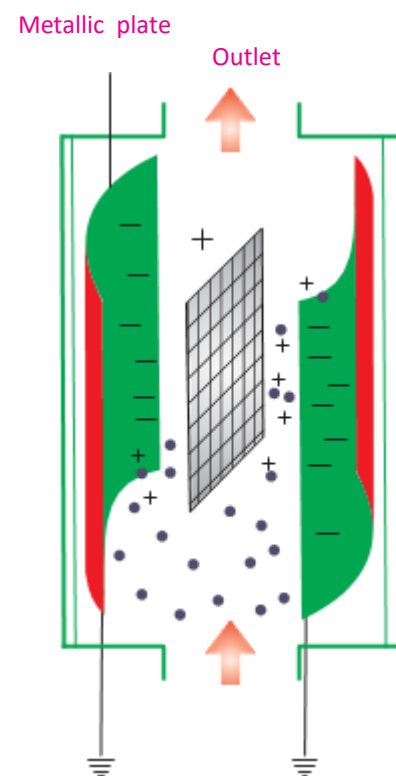


Fig.1.22. Filtre à air électrostatique

1.9.2. Peinture en poudre électrostatique

Les fabricants automobiles recourent à l'électricité statique pour appliquer la peinture sur leurs nouveaux modèles de voitures. La carrosserie d'une voiture est chargée, puis la peinture reçoit la charge opposée en chargeant la buse du pulvérisateur (Fig.1.23).

En raison de la répulsion mutuelle, les particules chargées émanant de la buse se regroupent en un fin brouillard et se répartissent de manière uniforme sur la surface de l'objet. Les particules de peinture chargées sont attirées par le véhicule et se fixent à la carrosserie, de la même manière qu'un ballon chargé se colle à un mur. Une fois sèche, la peinture adhère de manière significative à la voiture et présente une surface plus lisse, en raison de sa répartition uniforme. C'est un procédé très efficace, efficient et économique pour la peinture des automobiles à grande échelle.

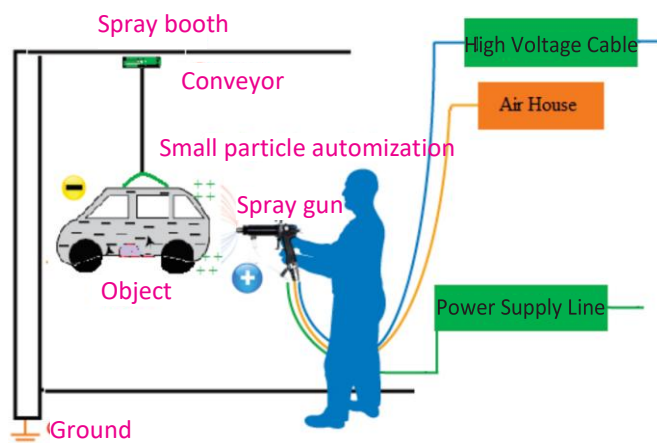


Fig.1.23. Diagramme schématisé du procédé de peinture par pulvérisation électrostatique

La voiture possède une charge négative, tandis que le pistolet pulvérisateur est chargé positivement. Étant donné que les gouttes possèdent une charge identique, elles se repoussent mutuellement, ce qui engendre une fine brume de pulvérisation.

QUIZZ

1. Le condensateur empêche le passage du courant continu tout en permettant le passage du courant alternatif dans un circuit. Comment cela se produit-il ?
2. Comment pourrait-on suspendre 500000 litres d'eau dans l'air sans recourir à des moyens de support visibles ?

1.9.3. Application de l'électrostatique en médecine

L'électrostatique, bien que plus connue dans les domaines de la physique et de l'ingénierie, trouve également des applications importantes en médecine. Voici quelques-unes des applications les plus pertinentes :

1.9.3.1. Impression électrostatique pour les dispositifs médicaux

Principe : Utilisation de forces électrostatiques pour guider des microparticules et des gouttelettes d'encre dans des processus de fabrication.

Application : Cela est utilisé dans l'impression de dispositifs médicaux ou de biomatériaux personnalisés, comme des implants ou des prothèses, permettant une grande précision.

1.9.3.2. Pulvérisation électrostatique dans les traitements médicaux

Principe : Une charge électrostatique est appliquée à des gouttelettes de liquide pour mieux les diriger vers des cibles spécifiques.

Application : Utilisé pour administrer des médicaments sous forme d'aérosol, par exemple dans le traitement des maladies respiratoires comme l'asthme. L'application de charges électrostatiques améliore l'efficacité des traitements en s'assurant que les gouttelettes atteignent les zones souhaitées.

1.9.3.3. Électroporation

Principe : L'électroporation consiste à utiliser des champs électriques pour créer des pores temporaires dans les membranes cellulaires, permettant ainsi aux médicaments ou aux gènes de pénétrer plus facilement dans les cellules.

Application : Utilisé dans les traitements de certains cancers et dans la thérapie génique, cette technique permet d'introduire efficacement des médicaments ou des séquences d'ADN dans les cellules tumorales ou malades.

1.9.3.4. Stimulation électrique des tissus

Principe : Utilisation de champs électriques pour stimuler des tissus biologiques.

Application : Cette technique est employée dans des dispositifs comme les stimulateurs cardiaques ou les neurostimulateurs, où de faibles champs électriques sont utilisés pour réguler l'activité électrique du cœur ou du système nerveux.

1.9.3.5. Dépôt électrostatique de médicaments

Principe : L'électrostatique permet de charger des nanoparticules de médicaments, favorisant ainsi leur dépôt contrôlé sur des surfaces biologiques.

Application : Cela peut être utilisé pour une meilleure délivrance de médicaments dans des plaies ou des implants, où il est crucial d'avoir une application uniforme et contrôlée. Ces applications démontrent comment des principes physiques de base comme l'électrostatique peuvent être utilisés pour améliorer les diagnostics et traitements médicaux.

1.10. Certains risques liés à l'électricité statique

1.10.1. Foudre

Le phénomène de foudre se produit en raison d'une grande quantité de charges électriques qui s'accumulent dans les lourds nuages d'orage. Les nuages d'orage acquièrent une charge électrique en raison de la friction entre les molécules d'eau et les molécules d'air.

Lorsque la charge sur les nuages d'orage atteint un niveau suffisant, elle génère une charge opposée sur les objets au sol, ce qui entraîne la formation d'un champ électrique intense entre le nuage et le sol. Soudain, la charge dans le nuage saute au sol avec une violente étincelle et une explosion. On désigne cela sous le terme de foudre.

Afin de prévenir les dommages causés par la foudre aux grands bâtiments, des paratonnerres sont employés. L'objectif du paratonnerre est d'offrir un chemin de décharge constant permettant à la charge négative importante présente dans l'atmosphère de s'écouler du sommet du bâtiment vers le sol. Ainsi, il est possible de réduire les risques de dommages liés à la foudre résultant d'une décharge soudaine.

1.10.2. Incendies ou explosions

L'électricité statique constitue une cause prépondérante d'incendies et d'explosions dans divers lieux. Un incendie ou une explosion peut survenir en raison d'une accumulation excessive de charges électriques générées par la friction. L'électricité statique peut être produite par la friction de l'essence pompée dans un véhicule ou un conteneur. Cela peut également se produire lorsque nous sortons de la voiture ou que nous retirons un vêtement. Les charges statiques présentent des risques. Si des charges statiques se déchargent à travers les zones où se trouvent des vapeurs d'essence, un incendie peut se produire.

Information

- * L'électricité statique a le potentiel de provoquer des incendies ou des explosions. Il est nécessaire de prendre des précautions afin d'éviter les étincelles lors du remplissage de carburant dans les automobiles ou les avions. Des étincelles peuvent se former en raison de la friction entre le carburant et le tuyau. Cela peut entraîner une explosion grave. L'étincelle peut être évitée en rendant la buse du tuyau conductrice en y connectant une sangle de mise à la terre. La sangle de mise à la terre connecte le tuyau au sol.
- * L'énergie de la foudre est suffisante pour briser les briques et les pierres des bâtiments non protégés et détruire les équipements électriques à l'intérieur. Chaque éclair contient environ 1000 millions de joules d'énergie ! Cette énergie est suffisante pour faire bouillir une bouilloire en continu pendant environ deux semaines. Un éclair est plus lumineux que 107 ampoules de 100 watts chacune.
- * Durant le vol, la structure de l'avion est soumise à des charges. Lors de l'atterrissage de l'avion, cette charge est transférée au sol par le biais de pneus spécialement conçus à cet effet.

RESUME

- Les charges électriques se classifient en deux types : charge positive et charge négative. Les charges similaires se repoussent, tandis que les charges opposées s'attirent.
- L'induction électrostatique est le processus par lequel un conducteur est chargé sans contact direct avec une source de charge.
- La loi de Coulomb énonce que la force d'attraction ou de répulsion entre deux corps chargés est directement proportionnelle au produit de leurs charges et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. Sur le plan mathématique, cela est exprimé par : $F = K \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$
- Le champ électrique désigne une zone de l'espace entourant un corps chargé, où une charge ponctuelle positive unitaire peut éprouver une force.
- Le potentiel électrique en tout point d'un champ est défini comme le travail nécessaire pour déplacer une charge positive unitaire de l'infini jusqu'à ce point. L'unité de potentiel électrique est le Volt, équivalente à un Joule de travail réalisé pour déplacer un Coulomb de charge positive de l'infini jusqu'à ce point.
- Le condensateur est un appareil destiné à emmagasiner une charge électrique. La capacité désigne la capacité d'un condensateur à emmagasiner une charge électrique. Son unité SI est le Farad (F). Si un coulomb de charge positive est appliqué à l'une des plaques d'un condensateur, entraînant une différence de potentiel d'un volt, la capacité du condensateur sera d'un farad.
- La capacité équivalente $C_{\text{éq}}$ d'une combinaison parallèle de 'n' condensateurs est donnée par :

$$C_{\text{éq}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

- La capacité équivalente $C_{\text{éq}}$ d'une combinaison en série de « n » condensateurs est donnée par :

$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots + \frac{1}{C_n} \right]$$

QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES

Choisissez la bonne réponse parmi les choix suivants

i. Une charge électrique positive :

- a) attire une autre charge positive
- b) repousse les autres charges positives
- c) attire une charge neutre
- d) repousse une charge neutre

ii. Un objet acquiert une charge négative excessive après avoir été frotté contre un autre objet, lequel est :

- a) neutre
- b) chargé négativement
- c) chargé positivement
- d) soit a, b ou c

iii. Deux objets non chargés A et B sont frottés l'un contre l'autre. Lorsque l'objet B est placé à proximité d'un objet C chargé négativement, les deux objets se repoussent. Laquelle des affirmations suivantes est vraie à propos de l'objet A ?

- a) reste déchargé
- b) devient chargé positivement
- c) devient chargé négativement
- d) imprévisible

iv. Lorsque vous frottez plusieurs fois une tige en plastique contre vos cheveux et que vous la placez à proximité de morceaux de papier, les morceaux de papier sont attirés vers lui. Qu'indique cette observation ?

- a) la tige et le papier sont chargés de manière opposée
- b) la tige acquiert une charge positive
- c) la tige et le papier ont les mêmes charges
- d) la tige acquiert une charge négative

v. Selon la loi de Coulomb, qu'arrive-t-il à l'attraction de deux objets de charges opposées lorsque leur distance de séparation augmente ?

- a) augmente
- b) diminue
- c) reste inchangé
- d) ne peuvent pas être déterminées

vi. La loi de Coulomb est valable pour les charges qui sont :

- a) ponctuelles en mouvement
- b) non ponctuelles en mouvement
- c) ponctuelles stationnaires
- d) charges stationnaires et de grande taille

vii. Une charge positive et une charge négative sont initialement distantes de 4 cm. Lorsqu'ils sont rapprochés de sorte qu'ils ne soient plus qu'à 1 cm l'un de l'autre, la force entre eux est :

- a) 4 fois plus petit qu'avant
- b) 4 fois plus grand qu'avant
- c) 8 fois plus grand qu'avant
- d) 16 fois plus grand qu'avant

viii. Cinq joules de travail sont nécessaires pour déplacer 10 C de charge d'un endroit à un autre. La différence de potentiel entre les lieux est :

- a) 0.5 V
- b) 2 V
- c) 5 V
- d) 10 V

ix. Deux petites sphères chargées sont séparées de 2 mm. Lequel des éléments suivants produirait la plus grande force d'attraction ?

- a) $+q$ et $+4q$
- b) $-q$ et $-4q$
- c) $+2q$ et $+2q$
- d) $+2q$ et $-2q$

x. Lignes de champ électrique :

- a) se croisent toujours
- b) ne se croisent jamais
- c) se croisent dans la région du champ fort
- d) se croisent dans la région du champ faible

xi. La capacité est définie comme :

- a) VC
- b) Q/V
- c) QV
- d) V/Q

QUESTIONS DE RÉVISION

- 1.1. Comment pouvez-vous montrer par des expériences simples qu'il existe deux types de charges électriques ?
- 1.2. Décrire la méthode de chargement des corps par induction électrostatique.
- 1.3. En quoi l'induction électrostatique diffère-t-elle de la charge par friction ?
- 1.4. Qu'est-ce que l'électroscope à feuille d'or ? Discutez de son principe de fonctionnement avec un diagramme étiqueté.
- 1.5. Supposons que vous ayez une tige de verre qui se charge positivement lorsque vous la frottez avec de la laine. Décrivez comment chargeriez-vous l'électroscope (i) négativement (ii) positivement.
- 1.6. À l'aide d'un électroscope, comment détecter la présence d'une charge sur un corps.
- 1.7. Décrivez comment vous détermineriez la nature de la charge sur un corps à l'aide d'un électroscope.
- 1.8. Expliquez la loi électrostatique de Coulomb et écrivez sa forme mathématique.
- 1.9. Qu'entend-on par champ électrique et intensité électrique ?
- 1.10. L'intensité électrique est-elle une quantité vectorielle ? Quelle sera sa direction ?
- 1.11. Comment définiriez-vous la différence de potentiel entre deux points ? Définir son unité.
- 1.12. Montrer que la différence de potentiel peut être décrite comme un transfert d'énergie par unité de charge entre les deux points.
- 1.13. Qu'entends-tu par capacité d'un condensateur ? Définissez les unités de capacité.
- 1.14. Dérivez la formule de la capacité équivalente pour une combinaison en série de plusieurs condensateurs.
- 1.15. Discutez des différents types de condensateurs.
- 1.16. Quelle est la différence entre un condensateur de type variable et fixe ?
- 1.17. Faites appel à quelques utilisations de condensateurs.
- 1.18. Discutez d'une application de l'électricité statique.
- 1.19. Quels sont les dangers de l'électricité statique ?

QUESTIONS CONCEPTUELLES

- 1.1. Une tige électrisée attire les morceaux de papier. Au bout d'un moment, ces pièces s'envolent ! Pourquoi ?
- 1.2. Quelle quantité de charge négative a été retirée d'un électroscope chargé positivement, s'il a une charge de $7,5 \times 10^{-11} \text{ C}$?
- 1.3. Dans quelle direction une particule chargée positivement se déplacera-t-elle dans un champ électrique ?
- 1.4. Chaque condensateur porte-t-il une charge égale en série ? Expliquer.
- 1.5. Chaque condensateur en combinaison parallèle a une différence de potentiel égale entre ses deux plaques. Justifiez l'affirmation.
- 1.6. Peut-être avez-vous vu un camion à essence traînant une chaîne métallique en dessous. A quoi sert la chaîne ?
- 1.7. Si une ligne électrique à haute tension tombait sur votre voiture alors que vous étiez dans la voiture, pourquoi ne devriez-vous pas sortir de la voiture ?
- 1.8. Expliquez pourquoi une tige de verre peut être chargée en frottant lorsqu'elle est tenue à la main, mais une tige de fer ne peut pas être chargée en frottant si elle est tenue à la main ?

PROBLEMES NUMÉRIQUES

- 1.1.** La charge de combien de particules chargées négativement serait égale à $100 \mu\text{C}$.
Supposons que la charge sur une particule négative soit de $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$? (6.25×10^{14})
- 1.2.** Deux charges ponctuelles $q = 10 \mu\text{C}$ et $q = 5 \mu\text{C}$ sont placées à une distance de 150 cm . Quelle sera la force de Coulomb entre eux ? Trouvez également la direction de la force. (0.2 N , La direction de la répulsion)
- 1.3.** La force de répulsion entre deux charges positives identiques est de $0,8 \text{ N}$, lorsque les charges sont distantes de $0,1 \text{ m}$. Trouvez la valeur de chaque charge. ($9.4 \times 10^{-7} \text{ C}$)
- 1.4.** Deux charges se repoussent avec une force de $0,1 \text{ N}$ lorsqu'elles sont distantes de 5 cm . Trouvez les forces entre les mêmes charges lorsqu'elles sont distantes de 2 cm . (0.62 N)
- 1.5.** Deux charges se repoussent avec une force de $0,1 \text{ N}$ lorsqu'elles sont distantes de 5 cm . Trouvez les forces entre les mêmes charges lorsqu'elles sont distantes de 2 cm . (1 J)
- 1.6.** Une charge ponctuelle de $+2 \text{ C}$ est transférée d'un point de potentiel 100 V à un point au potentiel 50 V . Quelle serait l'énergie fournie par la charge ? (100 J)
- 1.7.** Un condensateur détient $0,06$ coulombs de charge lorsqu'il est complètement chargé par une batterie de 9 volts . Calculez la capacité du condensateur. ($6.67 \times 10^{-3} \text{ F}$)
- 1.8.** Un condensateur détient $0,03$ coulombs de charge lorsqu'il est complètement chargé par une batterie de 6 V . Quelle tension lui faudrait-il pour contenir 2 coulombs de charge ? (400 V)
- 1.9.** Deux condensateurs de capacités $6 \mu\text{F}$ et $12 \mu\text{F}$ sont connectés en série avec une batterie 12 V . Trouvez la capacité équivalente de la combinaison. Trouvez la charge et la différence de potentiel aux bornes de chaque condensateur. ($4 \mu\text{F}$, $48 \mu\text{C}$, 8 V , 4 V)
- 1.10.** Deux condensateurs de capacités $6 \mu\text{F}$ et $12 \mu\text{F}$ sont connectés en parallèle à une batterie 12 V . Trouvez la capacité équivalente de la combinaison. Trouvez la charge et la différence de potentiel aux bornes de chaque condensateur. ($18 \mu\text{F}$, $72 \mu\text{C}$, 144 V)

Chapitre 2 : Electrocinétique

Objectifs pédagogiques du chapitre 2

Après avoir étudié ce chapitre, les étudiants seront capables de

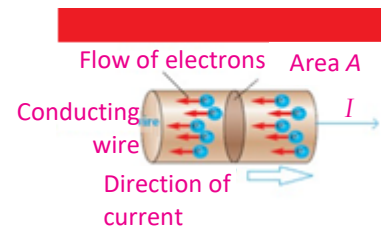
- Définir le courant électrique et décrire le concept de courant conventionnel,
- Comprendre la D.D.P aux bornes d'un composant du circuit et nommer son unité,
- Décrire la loi d'Ohm et ses limites et définir la résistance et son unité (Ω),
- Calculer la résistance équivalente de résistances en série et également en parallèle,
- Décrire les facteurs affectant la résistance d'un conducteur métallique,
- Faire la distinction entre les conducteurs et les isolants,
- Dessiner et interpréter le graphique des caractéristiques d'un conducteur métallique, d'une lampe à incandescence et d'une thermie,
- Décrire comment l'énergie est dissipée dans une résistance et expliquer la loi de Joule,
- Appliquer l'équation $E = I.V.t = I^2.R.t = V^2.t/R$, pour résoudre un problème numérique,
- Calculer le coût de l'énergie en fonction du coût par kWh ,
- Faire la distinction entre DC et AC,
- Identifier les composants du circuit tels que les interrupteurs, les résistances, les batteries,
- Décrire l'utilisation d'appareils de mesure électriques comme un galvanomètre, un ampèremètre et un voltmètre (principes de construction et de fonctionnement non requis),
- Construire des circuits simples en série (1 seul chemin) et en parallèle (plusieurs chemins),
- Prédire le comportement des ampoules en série et en circuit parallèle, comme pour les lumières de célébration,
- Indiquer les fonctions des fils sous tension, neutre et de terre dans l'alimentation principale domestique,
- Indiquer la raison pour laquelle les alimentations domestiques sont connectées en parallèle
- Décrire les risques liés à l'électricité (dommages à l'isolation, surchauffe des câbles, conditions humides),
- Expliquer l'utilisation des mesures de sécurité en électricité domestique, (fusible, disjoncteur).

Sommaire

- 2.1. Le courant électrique.
- 2.2. Différence de potentiel.
- 2.3. Force électromotrice (F.E.M).
- 2.4. Loi d'Ohm.
- 2.5. Caractéristiques des conducteurs ohmiques et non ohmiques.
- 2.6. Facteurs affectant la résistance.
- 2.7. Les conducteurs.
- 2.8. Les isolants.
- 2.9. Combinaisons des résistances.
- 2.10. Énergie électrique et loi de Joule.
- 2.11. Puissance électrique.
- 2.12. Courant continu et courant alternatif.
- 2.13. Risques d'électricité.
- 2.14. Utilisation sécurisée de l'électricité dans les maisons.
 - Résumé.
 - Questions à choix multiples.
 - Questions de révision.
 - Questions conceptuelles.
 - Problèmes numériques.

Introduction

Le courant électrique est constitué par les charges en mouvement. Ce chapitre traitera de l'électricité moderne ainsi que des phénomènes associés, tels que le courant conventionnel, la loi d'Ohm, l'énergie électrique, l'effet Joule, les dangers électriques et les mesures de sécurité. Nous étudierons également la manière dont le courant ou la tension est mesuré dans un circuit à l'aide d'appareils électriques.



Le courant est le débit de charge

2.1. Le courant électrique

La majorité de la charge électrique qui nous entoure est associée à des atomes neutres. Il est difficile de surmonter la force électrostatique d'attraction entre les noyaux et les électrons d'un atome. Cependant, dans les métaux, certains électrons ne sont pas fortement liés aux noyaux et ont la liberté de se déplacer de manière aléatoire. Ils exercent une faible force entre eux et le noyau. De manière similaire, dans les solutions, certaines charges positives et négatives peuvent se déplacer librement et de façon aléatoire. Lorsque ces charges libres sont soumises à un champ électrique externe, elles se déplacent dans une direction déterminée, générant ainsi un courant. Le courant électrique est produit en raison du flux soit d'une charge positive, soit d'une charge négative, ou des deux charges en même temps.

Dans les métaux, le courant électrique est généré exclusivement en raison du mouvement des électrons libres, c'est-à-dire de charges négatives. Pour les électrolytes, leurs molécules en solution aqueuse se dissocient en ions positifs et négatifs. Ainsi, le courant dans l'électrolyte est généré par le déplacement de charges positives et négatives.

Le courant est défini comme le débit de charge électrique à travers une zone transversale donnée.

Si la charge Q traverse une zone à l'instant t , alors le courant I qui la traverse sera donné par :

$$\text{Courant} = \frac{\text{Charge}}{\text{Temps}} \quad \text{ou} \quad I = \frac{Q}{t} \quad (2.1)$$

L'unité SI de courant est l'ampère (A)

Information

En électrolyse, le courant est généré par le mouvement des charges positives et négatives.

Dans l'électrolyte (Fig.2.1), les ions positifs sont dirigés vers la cathode, les ions négatifs se dirigent vers l'anode. Ce mouvement d'ions au sein de l'électrolyte constitue un courant électrique dans le circuit interne.

Le courant d'un coulomb est d'**un ampère** lorsque la charge d'**un coulomb** traverse une section transversale en un instant. Les unités de courant plus petites sont le **milliampère (mA)**, le microampère (**μA**), qui sont définis ci-dessous comme :

$$1\text{mA}=10^{-3}\text{A} \text{ et } 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

L'une des sources de courant est la batterie. À l'intérieur d'une batterie, la réaction électrique chimique distingue les charges électriques positives et négatives (Fig.2.2). Cette division des charges entraîne une disparité de potentiel entre les bornes de la batterie. Une fois qu'un fil conducteur est connecté aux bornes de la batterie, il est possible que les charges se déplacent d'une borne à l'autre en raison de la différence de potentiel. La batterie convertit l'énergie chimique en énergie potentielle électrique. Les charges se déplacent dans le circuit, ce qui entraîne une diminution de l'énergie potentielle électrique. Il est possible de convertir cette énergie potentielle électrique en d'autres formes d'énergie utiles telles que la chaleur, la lumière, le son, etc. Seule l'énergie prend une autre forme, mais le nombre de porteurs de charge et la charge sur chaque porteur demeurent toujours les mêmes (c'est-à-dire que les porteurs de charge ne sont pas épuisés). Nous préférons utiliser le terme potentiel électrique plutôt que l'énergie potentielle électrique, qui correspond à l'énergie potentielle par unité de charge.

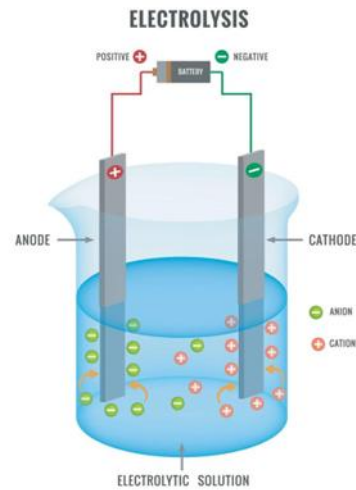


Fig.2.1. Principe de la batterie en tant que source de courant

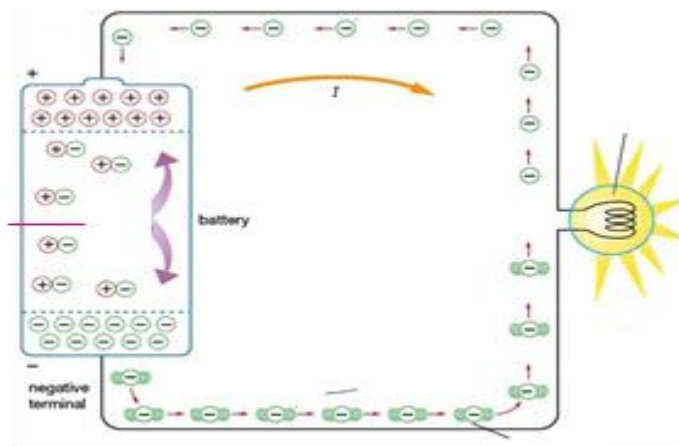


Fig.2.2. Principe de la batterie en tant que source de courant

Exemple 2.1

Quelle sera la valeur du courant qui circule dans un fil si une charge de $1,5\text{ C}$ traverse le fil en 20 s ?

Solution

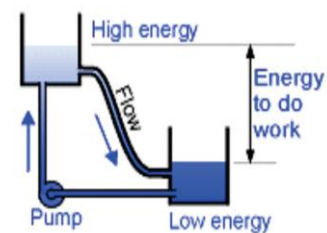
Sachant que $Q = 1,5\text{ C}$, $t = 20\text{ s}$, donc en utilisant $I = Q/t = 1,5\text{ C}/20\text{ s} = 0,075\text{ A} = 75\text{ mA}$

QUIZZ

Quelle est la durée nécessaire pour qu'un courant de 10 mA délivre 30 C de charge ?

Information

Une batterie élève la charge électrique jusqu'à une tension (énergie) supérieure, de manière analogue à une pompe qui élève l'eau à une énergie élevée afin de permettre son écoulement et son fonctionnement ultérieur.



Connexion

En l'absence de toute source externe, aucun courant ne traverse le conducteur en raison du mouvement aléatoire des électrons.



2.1.1. Courant conventionnel

Avant l'émergence du concept des électrons libres responsables du courant dans les métaux, il était communément admis que le courant dans les conducteurs était dû au déplacement des charges positives. Cette convention est donc encore en vigueur. Nous pouvons comprendre le concept de courant conventionnel à partir des analogies suivantes. Nous savons que lorsque les extrémités d'un fil de cuivre chauffé sont à des températures différentes, l'énergie thermique circule de l'extrémité à température plus élevée jusqu'à l'extrémité à température plus basse. Le flux cesse lorsque les deux extrémités atteignent une température identique. L'eau dans un tuyau s'écoule de manière uniforme du niveau supérieur vers le niveau inférieur. De même, lorsqu'un conducteur est connecté à une batterie, il pousse les charges pour faire circuler le courant du potentiel le plus élevé au potentiel le plus bas (Fig.2.3). Le flux de courant persiste tant qu'il existe une différence de potentiel.

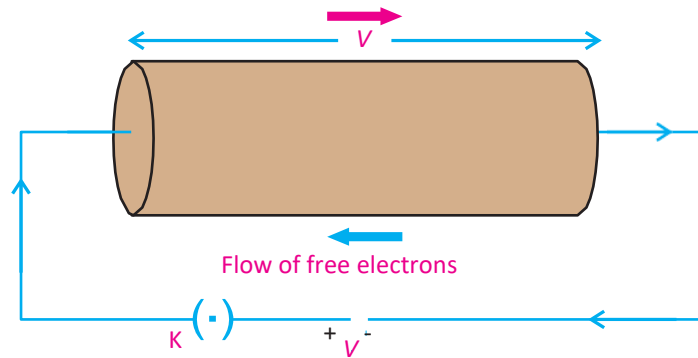


Fig.2.3. Le courant électrique circule dans un conducteur lorsqu'il est relié à une batterie

Le courant conventionnel est défini comme le courant qui circule de la borne positive à la borne négative d'une batterie en raison du mouvement des charges positives.

Le courant conventionnel a un effet similaire à celui du courant circulant de la borne négative à la borne positive en raison du flux de charges négatives.

2.1.2. La mesure du courant

Pour déterminer si un courant s'est établi dans un conducteur, plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

1. Mesure de la tension : Utiliser un voltmètre pour mesurer la tension aux bornes du conducteur. Si une tension est présente, cela indique qu'un courant peut circuler.

2. Utilisation d'un ampèremètre : Brancher un ampèremètre en série avec le conducteur. Pour cela, nous utilisons différents instruments électriques qui détectent le courant dans le circuit. Le galvanomètre et l'ampèremètre sont des exemples fréquents d'instruments de mesure utilisés aujourd'hui.

Le galvanomètre est un instrument de haute sensibilité capable de détecter de faibles courants dans un circuit (Fig.2.4). Un courant de quelques milliampères est suffisant pour entraîner une déviation totale. Lors des connexions, il est essentiel de considérer la polarité des bornes du galvanomètre. En général, la borne rouge du galvanomètre indique la polarité positive, tandis que la borne noire indique la polarité négative. Un galvanomètre idéal devrait présenter une résistance très faible afin de permettre le passage maximal du courant dans le circuit.

Après une modification adéquate, le galvanomètre peut être transformé en ampèremètre (Fig.2.5). Un courant important de la gamme 1A ou 10A peut être mesuré au moyen d'un ampèremètre. À l'instar du galvanomètre, l'ampèremètre est également branché en série,

de manière à ce que le courant traversant le circuit passe également par l'ampèremètre (Fig.2.6).



Fig.2.4.
Galvanomètre



Fig.2.5. L'ampèremètre

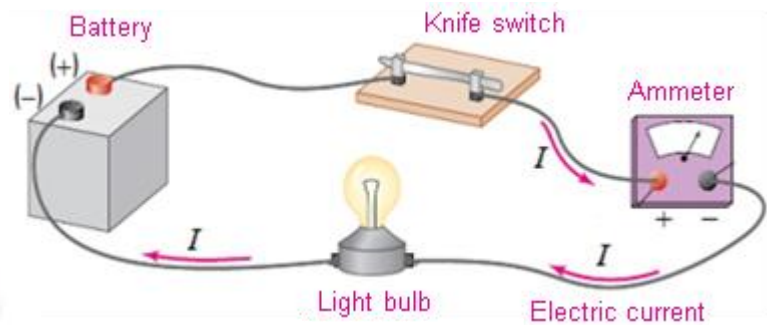


Fig.2.6. Schéma montrant la mesure du courant

Information

Le terme « galvanomètre » est dérivé du nom de Luigi Galvani (1737-1798). En étudiant une patte de grenouille, il a observé que des métaux variés en contact avec celle-ci induisaient des contractions musculaires. Cette découverte accidentelle a conduit à la création de la pile chimique et de la batterie.

Physique approfondie

Le flux de charge dans un circuit peut être comparé au flux d'eau dans un tuyau, à la différence près qu'un fil de retour est requis pour établir un chemin conducteur complet.

2.2. Différence de potentiel

Lorsque l'extrémité A d'un conducteur est reliée à la borne positive et son extrémité B à la borne négative de la batterie, le potentiel en A devient supérieur à celui en B (Fig.2.7).

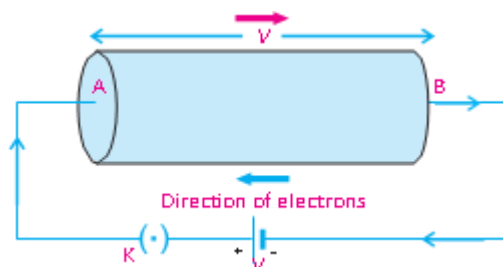


Fig.2.7. Différence de potentiel

Cela engendre une différence de potentiel aux deux extrémités du conducteur. Le courant continu persiste tant qu'il existe une différence de potentiel. L'entité qui génère la

différence de potentiel nécessaire au flux constant de courant dans le fil de cuivre est la batterie. Lorsque le courant électrique circule du potentiel le plus élevé vers le potentiel le plus faible à travers un conducteur, l'énergie électrique associée au courant est transformée en d'autres formes d'énergie, telles que la chaleur et la lumière.

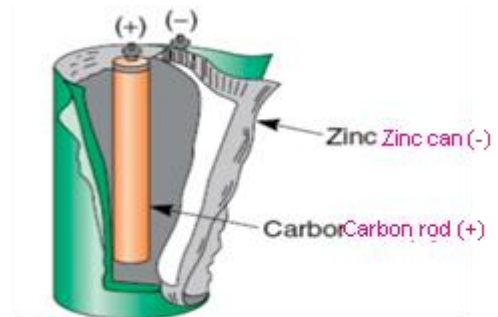
Lorsque le courant électrique circule à travers le conducteur, il fait face à une résistance au sein de celui-ci. Conducteur par collisions avec des atomes du conducteur. L'énergie délivrée par la batterie est employée pour vaincre cette résistance et est dissipée sous forme de chaleur et d'autres formes d'énergie. La dissipation de cette énergie est due à la différence de potentiel entre les deux extrémités de l'ampoule. Ainsi ;

Lorsque les charges circulent dans le circuit, la différence de potentiel entre les deux extrémités d'un conducteur entraîne la dissipation de l'énergie électrique vers d'autres formes d'énergie.

La différence de potentiel est mesurée en Volts dans le système international d'unités (SI). Une différence de potentiel de 1 V aux bornes d'une ampoule indique que chaque coulomb de charge ou 1 ampère de courant traversant l'ampoule consomme 1 joule d'énergie. Lorsque l'ampoule est mise sous tension, l'énergie est prélevée du courant et convertie en énergie lumineuse et thermique.

Information

1. Le volt est nommé d'après le physicien italien Alessandro Volta (1745-1827), qui a inventé la première batterie électrique exploitable, appelée pile voltaïque. Étant donné que la différence de potentiel est exprimée en volts, on l'appelle parfois tension.
2. L'énergie chimique se métamorphose en énergie électrique dans une cellule sèche.



2.3. Force électromotrice (F.E.M)

Une source de force électromotrice (f.e.m) transforme l'énergie non électrique, qu'elle soit chimique, thermique, mécanique, etc., en énergie électrique. Les batteries, les thermocouples et les générateurs sont des exemples de sources de champs électromagnétiques. Lorsqu'un conducteur est relié à une batterie, le courant le traverse en raison de la différence de potentiel.

Pour le flux continu de courant à travers un conducteur, la batterie fournit de l'énergie aux charges. La charge positive quitte la borne positive de la batterie, traverse le conducteur et parvient à la borne négative de la batterie. Lorsqu'une charge positive entre dans la batterie par son terminal de potentiel inférieur (borne négative), la batterie est tenue de fournir de l'énergie, par exemple W , à cette charge positive afin de l'acheminer vers un point de potentiel supérieur, c'est-à-dire le terminal positif. Maintenant, nous définissons la f.e.m de la source comme :

Lorsqu'une batterie circule dans un circuit fermé, elle fournit une énergie à une unité de charge positive. De plus, cette énergie est convertie en forme électrique lorsqu'un coulomb de charge positive traverse la batterie.

$$f.e.m = \frac{\text{Energie}}{\text{Charge}} \quad \text{ou} \quad E = \frac{W}{Q} \quad (2.2)$$

Où E est la force électromotrice, W est l'énergie convertie de formes non électriques en forme électrique et Q est une charge positive. L'unité de la FEM est JC^{-1} qui est égale au volt (V) dans le système SI . Par conséquent, si la force électromotrice de la batterie est de 2V, l'énergie totale fournie par la batterie est de 2 joules lorsqu'un coulomb de charge traverse le circuit fermé.

2.3.1. La mesure de la différence de potentiel

La différence de potentiel aux bornes d'un composant du circuit (par exemple une ampoule) peut être mesurée par un voltmètre (Fig.2.8) connecté directement aux bornes du composant. La borne positive de la batterie est connectée à la borne positive du voltmètre et la borne négative de la batterie est connectée à la borne négative du voltmètre.

Un voltmètre idéal doit posséder une résistance très élevée afin d'éviter tout passage de courant à travers lui. Le voltmètre est systématiquement branché en parallèle avec l'appareil aux bornes duquel il est nécessaire de mesurer la différence de potentiel (Fig.2.9).



Fig.2.8. Voltmètre

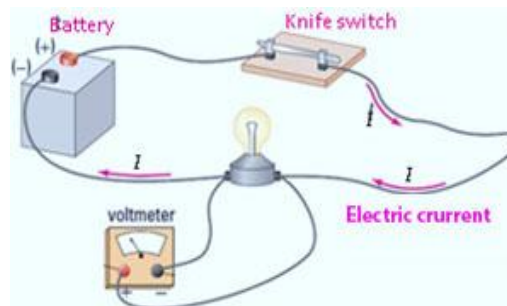


Fig.2.9. Diagramme schématique pour mesurer la différence de potentiel dans un circuit

Information

Un multimètre numérique est capable de mesurer le courant, la résistance et la différence de potentiel. Dans cette situation, le multimètre est configuré en mode voltmètre afin de mesurer la différence de potentiel aux bornes d'une batterie.



2.3.2. La mesure de la FEM

En général, la force électromotrice (FEM) désigne la différence de potentiel entre les bornes d'une batterie lorsqu'aucun courant n'est produit dans le circuit externe. Par conséquent, pour évaluer la force électromotrice de la batterie, nous relierons le voltmètre directement aux bornes de celle-ci, conformément à ce qui est illustré dans la Fig.2.10.

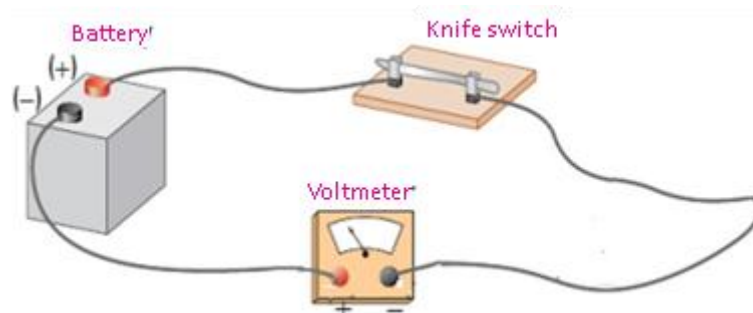


Fig.2.10. Schéma de mesure de la force électromotrice d'une batterie

2.4. Loi d'Ohm

2.4.1. Activité 2.1

Prenez un fil en nichrome d'environ 50 cm de long et branchez-le à une batterie fournissant une tension de 1,5 V. Pour mesurer le courant circulant dans le fil, il est nécessaire d'utiliser un ampèremètre connecté en série dans le circuit. Utilisez un voltmètre en parallèle pour mesurer la différence de potentiel du fil (Fig.2.11-a). Pour tracer un graphique entre l'intensité du courant (I) et la tension (V), vous devez suivre les étapes suivantes :

Collecte d'informations : Mesurez et notez les valeurs du courant (I) et de la tension (V). Il sera une ligne droite (Fig.2.11-b).

Si un conducteur a une différence de potentiel V entre ses extrémités, un courant I le traversera. La valeur du courant varie en fonction des variations de la différence de potentiel, ce qui peut être expliqué par la loi d'Ohm, formulée de la manière suivante :

$$\text{Ainsi : } V=R.I \quad (2.3)$$

Où R est la constante de proportionnalité et la résistance des conducteurs. Son unité SI est l'Ohm, désignée par le symbole Ω . Si un graphique est tracé entre le courant I et la différence de potentiel V , une ligne droite sera obtenue.

La quantité de courant circulant à travers un conducteur est directement proportionnelle à la différence de potentiel appliquée à ses extrémités, sous réserve que la température et l'état physique du conducteur demeurent constants.

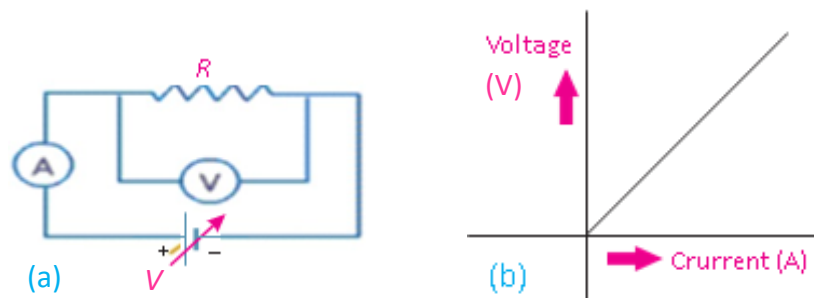


Fig. 2.11. La tension en fonction de l'intensité

2.4.1.1. Résistance

La résistance d'une substance est sa propriété de s'opposer au passage du courant électrique qui la traverse.

Cette opposition résulte des collisions entre des électrons en mouvement et les atomes de la substance.

2.4.1.2. L'unité de la résistance : Ohm

L'unité SI de la résistance R est l'Ohm. Si on met $V = 1V$, et $I = 1 A$, la valeur de R sera 1Ω , Ainsi :

Lorsque les extrémités d'un conducteur sont soumises à une différence de potentiel d'un volt et qu'un courant d'un ampère le traverse, sa résistance sera alors d'un ohm.

Exemple 2.2

La lecture sur un voltmètre connecté aux bornes d'un élément chauffant est de 60 V. L'ampèremètre indique que l'élément chauffant laisse passer 2 A de courant. Quelle est la valeur de la résistance de la bobine chauffante de l'élément ?

Solution

Données, $V = 60 V$, $I = 2 A$

$$\text{Loi d'Ohm, } V=R.I \quad \text{ou} \quad R = \frac{V}{I} = \frac{60}{2} = 30 \Omega$$

Information

1. Pour mesurer le courant traversant une résistance, l'ampèremètre est systématiquement branché en série avec celle-ci.
2. Pour mesurer la différence de potentiel à travers une résistance, le voltmètre est systématiquement connecté en parallèle avec celle-ci.
3. Une thermistance est une résistance qui varie en fonction de la température, et sa valeur résistive diminue avec l'augmentation de la température. La thermistance est utilisée dans un circuit destiné à détecter les variations de température.

2.5. Caractéristiques des conducteurs ohmiques VI et non ohmiques

La loi d'Ohm n'est valable que pour certains matériaux.

Les matériaux qui respectent la loi d'Ohm et présentent ainsi une résistance constante sur une large plage de tensions sont qualifiés d'ohmiques. Les matériaux dont la résistance varie en fonction de la tension ou du courant sont considérés comme non ohmiques.

Les conducteurs ohmiques présentent une relation linéaire entre la tension et le courant sur une large gamme de tensions appliquées (Fig.2.12-a). La droite indique une relation proportionnelle entre la tension et le courant. La loi d'Ohm est appliquée. Par exemple, la majorité des métaux affichent un comportement ohmique.

Les matériaux non ohmiques présentent une relation non linéaire entre la tension et le courant. Par exemple, une lampe à incandescence et un thermomètre. La résistance du filament augmente avec la température, entraînant une diminution du courant, comme le montre l'augmentation de la pente du graphique (Fig.2.12-b). Une thermistance (une résistance sensible à la chaleur) présente un comportement inverse. Sa résistance diminue (le courant augmente) à mesure qu'il se réchauffe (Fig.2.12-c). En effet, lors du processus de chauffage, un nombre accru d'électrons libres se rend disponibles pour la conduction du courant.

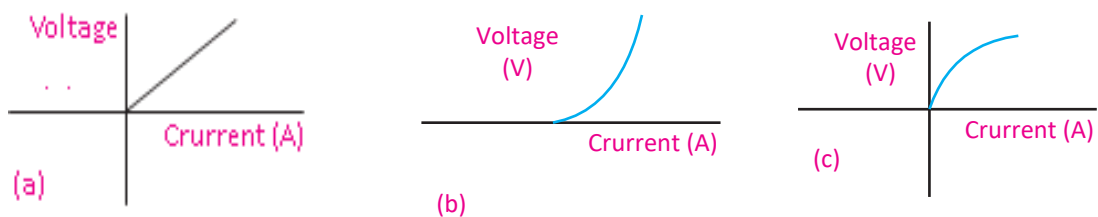
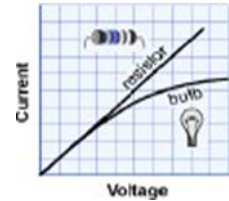


Fig.1.12. Graphique tension/courant pour :
a. Résistance fixe ; b. Filament de la lampe ; c. Thermistance

QUIZZ

Le graphique représentant le courant en fonction de la tension à travers une résistance est linéaire, affichant une pente constante. Le graphique de l'ampoule présente une courbure avec une pente décroissante.



Quelles conclusions pouvez-vous en tirer ?

2.6. Facteurs affectant la résistance

Un tuyau court présente une résistance à l'écoulement de l'eau inférieure à celle d'un tuyau long. De plus, un tuyau ayant une section transversale plus grande présente une résistance inférieure à celle d'un tuyau ayant une section transversale plus petite. Il en est de même pour la résistance des fils qui conduisent le courant. La résistance d'un fil dépend à la fois de sa section transversale, de sa longueur et de la nature du matériau dont il est constitué. Les fils épais ont une résistance inférieure à celle des fils fins. Les fils de plus grande longueur présentent une résistance supérieure à celle des fils courts. Le fil de cuivre présente une résistance inférieure à celle du fil d'acier de même taille. La résistance électrique dépend également de la température.

A une certaine température et pour une substance particulière :

1. La résistance R du fil est directement proportionnelle à la longueur du fil, c'est-à-dire :

$$R \propto L \quad (2.4)$$

Cela signifie que si la longueur du fil est doublée, sa résistance sera également doublée, tandis que si sa longueur est réduite de moitié, sa résistance sera également réduite de moitié.

2. La résistance R du fil est inversement proportionnelle à la surface de section A du fil, C'est-à-dire :

$$R \propto (1/A) \quad (2.5)$$

Cela signifie qu'un fil épais aurait une résistance plus faible qu'un fil fin.

Après avoir combiné les deux équations, on obtient :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.6)$$

Où « ρ » est la constante de proportionnalité, appelée résistance spécifique ou résistivité. Sa valeur dépend de la nature du conducteur, c'est-à-dire que le cuivre, le fer, l'étain et l'argent auraient chacun une valeur différente de « ρ ».

Si l'on met $L = 1 \text{ m}$, et $A = 1 \text{ m}^2$ dans l'Eq. (2.6), alors $R = \rho$, c'est-à-dire que la résistance d'un mètre cube d'une substance est égale à sa résistance spécifique. L'unité de « ρ » est l'ohm-mètre ($\Omega \text{ m}$).

Exemple.2.3

Si un fil de cuivre a une longueur de 1m et un diamètre de 2 mm, calculez sa résistance.

Solution

Sachant que longueur du fil $L = 1\text{m}$, diamètre du fil $d = 2\text{ mm} = 2 \times 10^{-3}\text{ m}$

Section transversale du fil :

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2}{4}$$

$$A = 3.14 \times 10^{-6}\text{ m}^2$$

Résistance spécifique du cuivre $\rho = 1.69 \times 10^{-8}\ \Omega\text{m}$

Maintenant nous avons $R = \rho \times L/A = 1.69 \times 10^{-8}\ \Omega\text{m} \times 1\text{ m}/3.14 \times 10^{-6}\text{m}^2$

$$R = 0.54 \times 10^{-2}\ \Omega$$

Information

Le diamant ne conduit pas l'électricité en raison de l'absence d'électrons libres. Cependant, il conduit très bien la chaleur en raison de la forte liaison entre ses particules. Les bijoutiers ont la capacité de distinguer un véritable diamant d'un faux en verre en le portant à leurs lèvres. Un véritable diamant est très froid au toucher en raison de sa capacité exceptionnelle à transférer la chaleur, quatre à cinq fois supérieure à celle du cuivre.

Metal	Specific resistance ($10^{-8}\ \Omega\text{ m}$)
Silver	1.7
Copper	1.69
Aluminum	2.75
Tungsten	5.25
Platinum	10.6
Iron	9.8
Nichrome	100
Graphite	3500

2.7. Les conducteurs

Les fils métalliques sont couramment utilisés pour la conduction de l'électricité en raison de plusieurs propriétés physiques et chimiques qui les rendent particulièrement adaptés à cette tâche. Les raisons sont la conductivité électrique élevée : Les métaux, tels que le cuivre et l'aluminium, possèdent une conductivité électrique élevée, ce qui signifie qu'ils permettent le passage du courant électrique avec une résistance minimale, la ductilité : Les métaux sont ductiles car ils sont de bons conducteurs d'électricité et présentent une résistance moindre au passage du courant. Comment parviennent-ils à conduire l'électricité avec une telle aisance ? Les métaux tels que l'argent et le cuivre possèdent un excès d'électrons libres qui ne sont pas fortement liés à un atome métallique spécifique. Ces électrons libres se déplacent de manière aléatoire dans toutes les directions à l'intérieur des métaux. Lorsqu'un champ électrique externe est appliqué, ces électrons peuvent se déplacer aisément dans une direction spécifique. Ce déplacement d'électrons libres dans une direction spécifique sous l'effet d'un champ externe entraîne la circulation du courant

dans les conducteurs métalliques. La résistance des conducteurs augmente avec la température. Ceci est dû à l'augmentation du nombre de collisions entre les électrons et entre les électrons et les atomes des métaux.

2.8. Les isolants

Tous les matériaux sont composés d'électrons. Cependant, dans les isolants tels que le caoutchouc, les électrons ne peuvent pas se déplacer librement. Ils sont intimement associés au sein des atomes. Ainsi, le courant ne peut pas traverser un isolant en raison de l'absence d'électrons libres nécessaires à la conduction électrique. Les isolants présentent une résistance très élevée. Les isolants peuvent être chargés par friction de manière aisée, et la charge induite demeure statique à leur surface. D'autres exemples d'isolants incluent le verre, le bois, le plastique, la fourrure, la soie, etc.

2.9. Combinaisons des résistances

Les résistances peuvent être connectées de deux façons : en série et en parallèle.

2.9.1. Combinaison en série

En configuration en série, les résistances sont reliées bout à bout (Fig.2.13), et le courant électrique emprunte un unique chemin à travers le circuit. Cela signifie que le courant qui traverse chaque résistance est identique.

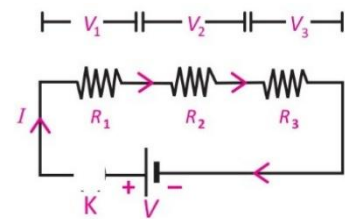


Fig.2.13. Trois résistances en série

2.9.2. Résistance équivalente du circuit série

Dans un circuit en série, la tension totale se répartit entre les résistances individuelles de manière à ce que la somme des tensions aux bornes de chaque résistance soit égale à la tension totale fournie par la source. Ainsi, on peut écrire comme :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2.7)$$

Où V est la tension aux bornes de la batterie et V_1 , V_2 , V_3 sont les tensions aux bornes des résistances R_1 , R_2 et R_3 respectivement. Si I est le courant traversant chaque résistance, alors d'après la loi d'Ohm :

$$V = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

$$V = (R_1 + R_2 + R_3) I \quad (2.8)$$

Nous pouvons remplacer la combinaison de résistances par une seule résistance appelée résistance équivalente R telle que le même courant traverse le circuit.

$$\text{De la loi d'Ohm : } V = R_e I$$

Ainsi, l'équation (2.8) devient :

$$R_e I = (R_1 + R_2 + R_3) I$$

$$\text{D'où : } R_e = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.9)$$

Ainsi, la résistance équivalente d'une combinaison en série est égale à la somme des résistances individuelles de la combinaison.

Si les résistances $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$ sont branchées en série alors la résistance équivalente de la combinaison sera donnée par :

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n \quad (2.10)$$

Exemple 2.4

Trouvez les valeurs suivantes lorsque deux résistances de 6 k Ω et 4 k Ω sont connectées en série à une batterie de 10V :

- La résistance totale lorsque les résistances sont connectées en série.
- Le courant passe à travers chaque résistance.
- Différence de potentiel à travers chaque résistance.

Solution

Les données : $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$

- La résistance équivalente de la combinaison en série est :

$$R_e = R_1 + R_2 = 10 \Omega$$

- Si une batterie de 10V est connectée aux bornes de la résistance équivalente R_e , le courant qui la traverse est donné par :

$$I = \frac{V}{R_e} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

Dans le cas d'une combinaison en série, le même courant traverserait chaque résistance. Par conséquent, le courant traversant R_1 et R_2 serait égal à 1mA.

- Différence potentielle à travers R_1 : $V_1 = R_1 I = 1.10 \text{ A} .6 \text{ K}\Omega = 6 \text{ V}$

Différence potentielle à travers R_2 : $V_2 = R_2 I = 1.10^{-3} \text{ A} .4 \text{ K}\Omega = 4 \text{ V}$

Information

L'effet thermique d'un courant électrique est exploité à diverses fins. Par exemple, lorsque le courant électrique circule à travers le filament d'une ampoule, celui-ci brille en blanc et émet de la lumière. Les radiateurs électriques sont équipés de fils qui deviennent rouges lorsque le courant électrique les traverse.

QUIZZ

- Quel métal est utilisé comme filament d'une ampoule électrique ? Expliquer et justifier.

2. Un oiseau peut s'asseoir sans danger sur un fil à haute tension. Mais il ne doit pas atteindre et saisir le fil voisin. Savez-vous pourquoi ?

2.9.3. Combinaison en parallèle

Dans un montage en parallèle, une extrémité de chaque résistance est reliée à la borne positive de la batterie, tandis que l'autre extrémité de chaque résistance est reliée à la borne négative de la batterie (Fig.2.14). Ainsi, la tension est identique aux bornes de chaque résistance, ce qui correspond à la tension de la batterie, c'est-à-dire :

$$V=V_1=V_2=V_3$$

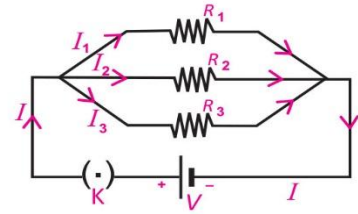


Fig.2.14. Trois résistances en parallèle

2.9.4. Résistance équivalente du circuit parallèle

Dans un circuit parallèle, le courant total est égal à la somme des courants dans diverses résistances, c'est-à-dire :

$$I=I_1 + I_2 + I_3 \quad (2.11)$$

Puisque la tension aux bornes de chaque résistance est V , donc par la loi d'Ohm :

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2} \text{ et } I_3 = \frac{V}{R_3}$$

Ainsi l'équation (2.11) devient :

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$I = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (2.12)$$

Ainsi, l'inverse de la résistance équivalente d'une combinaison parallèle est la somme des inverses des résistances individuelles, qui est inférieure à la plus petite résistance de la combinaison. Si les résistances $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ sont connectées en parallèle, alors la résistance équivalente de la combinaison sera donnée par :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2.13)$$

Les circuits parallèles présentent deux grands avantages par rapport aux circuits en série.

1. Chaque dispositif du circuit reçoit la tension intégrale de la batterie.
2. Chaque appareil du circuit peut être éteint de manière indépendante sans interrompre le flux de courant vers les autres appareils du circuit. Ce principe est appliqué dans le câblage domestique.

Exemple.2.5

Si dans le circuit (Fig.2.14), $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 6\Omega$ et $V = 6 \text{ V}$, alors trouvez les quantités suivantes :

- (a) Résistance équivalente du circuit.
- (b) Le courant traversant chaque résistance.
- (c) Le courant total du circuit.

Solution

(a) Comme les résistances sont connectées en parallèle, la résistance équivalente R_e de la combinaison est donnée par :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}\right) \frac{1}{\Omega} = \frac{6}{6\Omega} \text{ Ou } R_e = 1\Omega$$

Cette valeur est inférieure à la valeur la plus basse de la résistance dans la combinaison qui est toujours le cas dans les circuits parallèles.

(b) En combinaison parallèle, la différence de potentiel à travers chacune des résistances est la même et est égale au potentiel de la batterie, qui est 6 V. Donc :

$$\text{Courant traversant } R_1, I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{6V}{2\Omega} = 3 \text{ A,}$$

$$\text{Courant traversant } R_2, I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{6V}{3\Omega} = 2 \text{ A,}$$

$$\text{Courant traversant } R_3, I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{6V}{6\Omega} = 1 \text{ A,}$$

(c) La somme des courants traversant les résistances en combinaison parallèle est égale au courant total I du circuit. Le courant total est donc de 6 A.

2.9.5. Activité 2.2

Branchez une batterie sur une petite ampoule de 2,5 V et regardez comment l'ampoule s'allume. Ajoutez une autre ampoule à côté de la première et regardez si les deux ampoules brillent autant. Maintenant, ajoutez une troisième ampoule à côté des autres et regardez la luminosité de toutes les ampoules. Est-ce que la luminosité des ampoules connectées en série avec la batterie est différente de celle des ampoules normales ? Donner des explications.

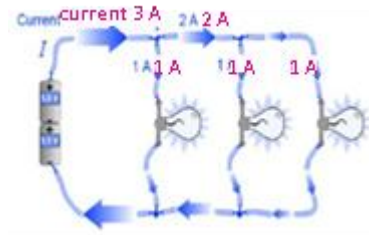
Information

1. Si toutes les résistances dans un circuit en parallèle ont la même valeur, on peut trouver la résistance totale en :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{N}{R} \text{ ie : } R_e = \frac{R}{N}$$

Où N est le nombre total de résistances et R est la résistance de chaque résistance individuelle.

2. Un schéma de circuit constitue une représentation symbolique destinée à décrire un circuit réel. Les symboles électriques employés dans les schémas de circuit sont normalisés, permettant ainsi à toute personne ayant une connaissance de l'électricité d'interpréter un schéma de circuit.



3. Dans un circuit parallèle, le courant se divise en branches.

2.10. Énergie électrique et loi de Joule

La turbine entraîne un générateur pour produire de l'énergie électrique lorsque de l'eau s'écoule dessus, d'un potentiel gravitationnel plus élevé vers un potentiel gravitationnel plus faible. De même, lorsque la charge se déplace d'un potentiel électrique supérieur à un potentiel inférieur, elle génère un courant électrique. Ainsi, le processus par lequel les charges se déplacent en permanence d'un potentiel élevé à un potentiel faible constitue une source continue d'énergie électrique.

Considérons deux points avec une différence de potentiel de V volts. Si une colonne de charge passe entre ces points ; la quantité d'énergie délivrée par la charge serait de V joule.

Par conséquent, lorsque Q coulombs de charge circule entre ces deux points, alors nous obtiendrons QV joules d'énergie. Si nous représentons cette énergie par W , alors :

L'énergie électrique fournie par la charge Q $W = QV$ joules.

Maintenant, le courant, lorsque les charges Q circulent dans le temps t , est défini comme :

$$I = \frac{Q}{t}, \text{ ou } Q = I.t \quad (2.14)$$

Ainsi, l'énergie fournie par la charge Q en t secondes = $W = V.I.t$. Cette énergie électrique peut être convertie en chaleur et sous d'autres formes dans le circuit.

D'après la loi d'Ohm, nous avons $V = R.I$

$$\text{Donc l'énergie fournie par la charge } Q \text{ est } W = R.I^2.t = \frac{V^2}{R} \quad (2.15)$$

Cette équation est appelée **loi de Joule**, énoncée comme suit :

La quantité de chaleur générée dans une résistance en raison du flux de charges est égale au produit du carré du courant I , de la résistance R et de la durée t .

Cette énergie peut être exploitée à diverses fins bénéfiques. Par exemple, l'ampoule transforme cette énergie en lumière et en chaleur, le chauffage et le fer en chaleur, et les

ventilateurs en énergie mécanique. En général, cette énergie se manifeste sous forme de chaleur dans la résistance. C'est pourquoi nous ressentons de la chaleur lorsque le courant traverse un radiateur.

Exemple.2.6

Pour calculer l'énergie transférée à l'ampoule, multipliez l'intensité du courant (0,5 A) par la tension de la batterie (6 V) et par le temps pendant lequel le courant traverse l'ampoule (20 s). Trouvez aussi la résistance de l'ampoule.

Solution

Données : $I = 0.5 \text{ A}$, $V=6 \text{ V}$, $t = 20 \text{ s}$

Maintenant, en utilisant la formule, Énergie $W = V.I.t$, nous obtenons, Énergie = 60 J

Donc, le taux d'énergie transférée doit être de 60 J en 20 s ou 3 J s^{-1} ou 3 watts.

Maintenant, en utilisant la formule, Énergie $W = R.I^2.t$, nous obtenons, la résistance comme :

$$3 = (0.5)^2 \times R \times 20$$

$$R = 3 \times 1/20 \times 1/0.25 = 3/5 = 0.6 \Omega$$

Information

1. Les ampoules à économie d'énergie convertissent une proportion beaucoup plus élevée de l'énergie électrique en lumière, tout en réduisant la quantité d'énergie thermique perdue. Une ampoule à économie d'énergie consommant 11 J d'énergie électrique par seconde produit une luminosité équivalente à celle d'une ampoule à incandescence « ordinaire » utilisant 60 J d'énergie électrique par seconde.

2. Tous les appareils électriques disposent d'une puissance nominale, exprimée en watts ou en kilowatts. Un dispositif d'une puissance de 1 watt transfère 1 joule d'énergie électrique par seconde. Par conséquent, une ampoule de 60 W transforme 60 J d'énergie électrique par seconde en énergie lumineuse et en énergie thermique. Pour déterminer l'énergie totale transférée par un appareil du secteur, il est nécessaire de connaître la quantité de joules transférés par seconde ainsi que la durée en secondes pendant laquelle l'appareil est en fonctionnement.

2.11. Puissance électrique

La quantité d'énergie fournie par le courant en unité de temps est appelée puissance électrique.

Par conséquent, la puissance P peut être déterminée par la formule :

Puissance électrique $P = \text{énergie électrique}/\text{temps} = W/t$

Où W est l'énergie électrique donnée par $W = Q.V$ (2.16)

Par conséquent, l'équation ci-dessus devient :

Puissance électrique : $P = \frac{QV}{t} = V.I = RI^2$ (2.17)

Lorsque le courant I passe à travers une résistance R , la puissance électrique qui génère de la chaleur dans la résistance est donnée par RI^2 .

L'unité de puissance électrique est le **watt** qui est égal à **un joule par seconde (1 Js⁻¹)**. Elle est représentée par le symbole **W**. Les ampoules électriques couramment utilisées dans les maisons consomment 25 W, 40 W, 60 W, 75 W et 100 W de puissance électrique.

Exemple.2.7

Une ampoule électrique a une résistance de 500 ohms. Calculez la puissance utilisée par l'ampoule avec une tension de 250 V aux bornes.

Solution

Données : $R = 500 \Omega$, $V = 250 \text{ V}$

Utilisons la formule, $I = V/R = 250 \text{ V} / 500 \Omega = 0.5 \text{ A}$

D'où la puissance, $P = R.I^2 = (0.5 \text{ A})^2 \times 500 \Omega = 125 \text{ W}$

2.11.1. Kilowattheure

L'énergie électrique est fréquemment consommée en quantités très importantes, pour lesquelles le joule constitue une unité très petite. Ainsi, une unité d'énergie électrique très importante est requise, désignée sous le terme de *kilowattheure*. Il est défini de la manière suivante : La quantité d'énergie fournie par une puissance d'un *kilowatt* pendant une *heure* est désignée sous le terme de **kilowattheure**.

$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 1 \text{ heure} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 36 \times 10^5 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$

L'énergie en *kilowattheure* peut être obtenue par la formule suivante :

La quantité d'énergie en kilowattheure

$$= \frac{\text{Watt} \times (\text{Temps d'utilisation en Heure})}{1000} \quad (2.18)$$

Le compteur électrique installé dans nos maisons mesure la consommation d'énergie électrique en kilowattheure selon lesquelles nous payons nos factures d'électricité. Si le coût d'un kilowattheure, c'est-à-dire une unité, est connu, nous pouvons calculer le montant de la facture d'électricité par la formule suivante :

Coût de l'électricité = nombre d'unités consommées X coût d'une unité

$$= \frac{\text{Watt} \times \text{Temps d'utilisation en Heure}}{1000} (\text{X cout d'une unité}) \quad (2.19)$$

Exemple.2.8

Calculez le coût d'un mois de l'utilisation de 50 W d'énergie pendant 8 heures par jour dans votre salle d'étude. Supposons que le prix d'une unité est de 12 DA.

Solution

Données, Puissance = 50 W = 0,05 kW, temps = 8 heures

Nombre d'unités consommées = 8 × 30 × 0,05 = 12 unités

Par conséquent, coût total = 12 × 12 = 144 DA

Information

1. La Terre est un conducteur électrique relativement efficace. Ainsi, lorsqu'un objet chargé est connecté à la Terre par un conducteur métallique, la charge est transférée de l'objet vers la Terre. Cette méthode pratique pour décharger un objet est désignée sous le terme de mise à la terre de l'objet. Pour des raisons de sécurité, les coques métalliques des appareils électriques sont mises à la terre par le biais de fils spécifiques qui acheminent les charges électriques des coques vers la Terre. La borne ronde de la prise électrique à trois broches est la connexion à la terre.
2. Bien que l'intensité lumineuse d'une ampoule à incandescence de 60 W paraisse stable, le courant traversant l'ampoule varie 50 fois par seconde, oscillant entre -0,71 A et 0,71 A. La stabilité apparente de la lumière est due au fait que les fluctuations sont trop rapides pour être perçues par nos yeux.
3. Une ampoule reste allumée pendant 40 secondes. Trouvez la puissance de l'ampoule si elle consomme 2400 J d'énergie électrique pendant ce temps.
4. Pour calculer l'énergie transférée, il faut que le temps soit en secondes et la puissance en watts.
5. Pour calculer le coût, il faut que la puissance soit en kilowatts et que le temps soit en heures.

2.12. Courant continu et courant alternatif

Le courant issu d'une cellule ou d'une batterie est un courant continu (DC), car il est unidirectionnel. Les bornes positives et négatives des sources de courant continu (DC) présentent une polarité fixe, ce qui entraîne une constance du niveau de courant continu dans le temps (Fig.2.15). Au contraire, il existe également un courant qui varie constamment

de polarité. Un courant qui change de direction après des intervalles de temps égaux est désigné sous le terme de courant alternatif, ou AC (Fig.2.16). Ce type de courant est produit par des générateurs AC.

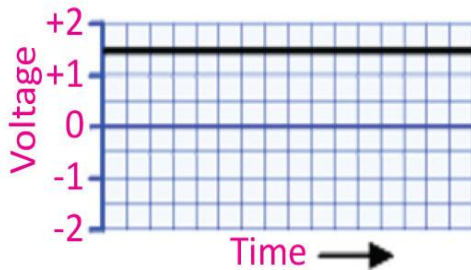


Fig.2.15. Variation de tension avec le temps (Courant continu)

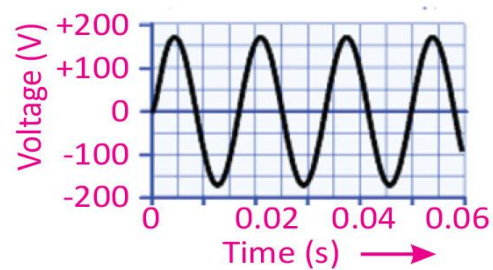


Fig.2.16. Variation de tension avec le temps (courant alternatif)

L'intervalle de temps après lequel la tension ou le courant alternatif reproduit sa valeur est désigné sous le terme de période de temps.

La variation des valeurs de tension et de courant est liée à la fréquence de la source. Dans certains pays, le courant alternatif oscille à une fréquence de 50 fois par seconde. Par conséquent, sa fréquence est de 50 Hz. Le courant alternatif offre des avantages qui le rendent plus adapté à l'utilisation dans le transfert d'énergie électrique. C'est pourquoi l'électricité fournie à nos domiciles par les entreprises électriques est de type alternatif plutôt que continu.

2.12.1. Fourniture d'électricité à une maison

L'énergie électrique pénètre dans notre domicile par le biais de trois fils. L'un d'eux est désigné sous le nom de fil de terre (E). Celui-ci ne conduit pas l'électricité. Le fil de terre est relié à une grande plaque métallique enfouie profondément dans le sol à proximité de la maison. L'autre fil est maintenu à un potentiel zéro en étant connecté à la terre de la centrale elle-même et est désigné sous le nom de fil neutre (N). Ce fil assure le chemin de retour du courant.

Le troisième fil, qui présente un potentiel élevé, est désigné sous le nom de fil sous tension (L). La différence de potentiel entre le conducteur sous tension et le conducteur neutre est de 220 V. Le corps humain est un bon conducteur d'électricité, permettant au courant de le traverser facilement. Par conséquent, si une personne tient un fil sous tension, le courant commencera à circuler vers le sol tout en traversant son corps, ce qui peut s'avérer mortel pour la personne. Tous les appareils électriques sont connectés entre le neutre et

les fils sous tension. La même différence de potentiel est donc appliquée à tous et ceux-ci sont donc connectés en parallèle au réseau électrique.

2.12.2. Câblage de la maison

La figure 2.17 illustre le système de câblage de la maison. Les câbles provenant du secteur sont reliés au compteur électrique installé dans la maison. La puissance de sortie du compteur électrique est dirigée vers le tableau de distribution principal, puis vers le circuit électrique domestique. Le boîtier principal renferme des fusibles d'une valeur nominale d'environ 30 A. Une connexion distincte est réalisée sur le fil sous tension de chaque appareil. La borne de l'appareil est reliée au fil sous tension par l'intermédiaire d'un fusible séparé et d'un interrupteur. Si le fusible d'un appareil est grillé, cela n'a pas d'impact sur les autres appareils.

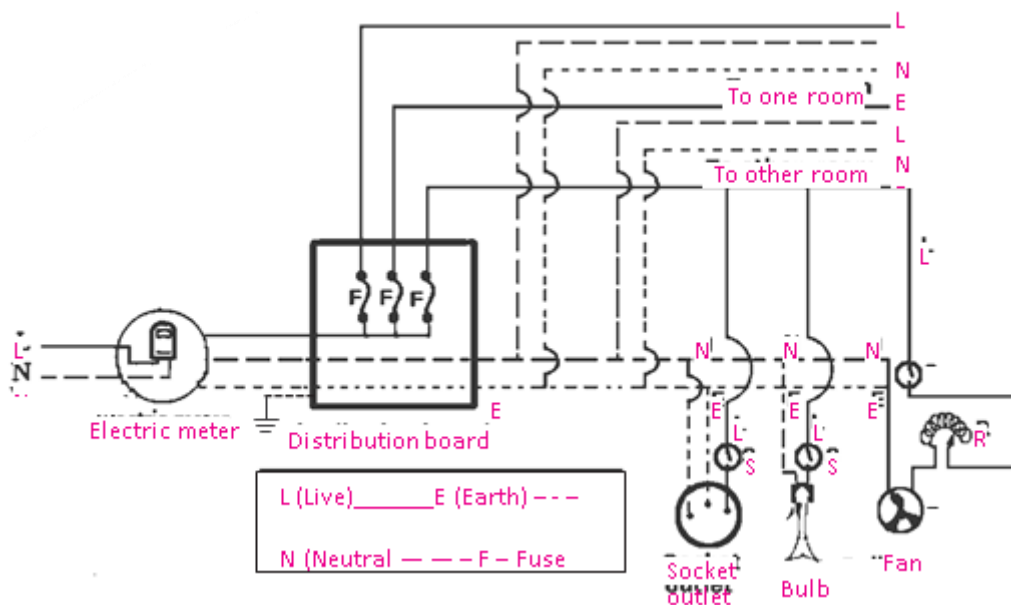


Fig.2.17. Système de câblage de l'électricité domestique

Dans le câblage domestique, tous les appareils sont reliés en parallèle les uns aux autres. Cela signifie qu'ils bénéficient tous de la tension nominale du réseau électrique, permettant ainsi d'utiliser n'importe quel appareil sans nécessiter l'activation d'un autre.

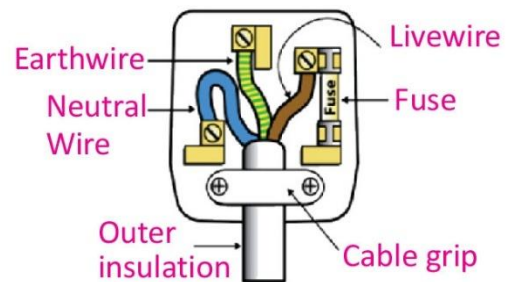
Information

1. Le code des couleurs des fils électriques se présente de la manière suivante :
 - Fil sous tension (L) : rouge ou marron
 - Fil neutre (AND) : noir ou bleu
 - Fil de terre (BE) : vert/jaune

2. Effet des courants électriques sur le corps

Courant	Effet
0.001 A	Peut-être ressenti
0.005 A	C'est douloureux
0.010 A	Provoque des contractions musculaires involontaires (spasmes)
0.015 A	Provoque une perte de contrôle musculaire
0.070 A	Traverse le cœur ; provoque une perturbation grave ; probablement fatal si le courant dure plus d'une seconde.

3. Voici la manière correcte de câbler une prise secteur à trois broches. Placez tout à sa place. Un fusible est placé pour des raisons de sécurité. En cas de courant excessif, il grillera et coupera le circuit.



2.13. Risques d'électricité

Même si l'électricité fait désormais partie intégrante de nos vies, il convient de veiller à se préserver de ses effets dangereux. Une tension de 50 V et un courant de 50 mA peuvent être mortels. Les principaux dangers liés à l'électricité sont les chocs électriques et les incendies. Nous discutons ici de certains défauts dans les circuits électriques qui peuvent entraîner des risques électriques.

2.13.1. Dommages à l'isolation

Tous les fils électriques sont correctement isolés à l'aide d'un couvercle en plastique pour des raisons de sécurité. Cependant, lorsque le courant électrique dépasse la capacité de charge nominale du conducteur, il peut entraîner un excès de courant capable d'endommager l'isolation en raison de la surchauffe des câbles. Cela peut provoquer un court-circuit susceptible d'endommager gravement les appareils électriques ou de mettre en danger les personnes.

Un court-circuit se produit lorsqu'un circuit à très faible résistance est établi. La faible résistance entraîne un courant très élevé. Lorsque les appareils sont connectés en parallèle, l'ajout de chaque appareil supplémentaire dans le circuit diminue la résistance équivalente et augmente le courant dans les conducteurs. Ce courant supplémentaire peut générer une quantité d'énergie thermique suffisante pour faire fondre l'isolation des câbles, entraînant ainsi un court-circuit, voire déclenchant un incendie.

Un court-circuit peut également survenir lorsque le conducteur sous tension entre en contact direct avec les conducteurs neutres (Fig.2.18).

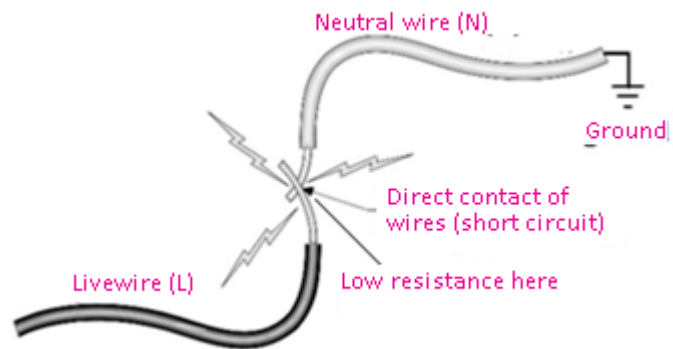


Fig.2.18. Court-circuit

Pour prévenir de telles situations, les conducteurs électriques ne doivent jamais être dépouillés de leur isolation. Ils doivent plutôt être recouverts d'un bon isolant. Un fil recouvert d'isolant est désigné sous le terme de câble. Un frottement constant peut également entraîner le retrait de l'isolation du fil, tandis qu'une humidité excessive peut également endommager l'isolation. Dans ce type de situation, il est recommandé d'employer un câble doté de deux couches d'isolant.

2.13.2. Conditions humides

La peau humaine sèche présente une résistance de 100 000 ohms ou plus. Cependant, dans des conditions humides (environnement mouillé), la résistance de la peau humaine est considérablement diminuée, atteignant quelques centaines d'ohms. Ainsi, il est fortement recommandé de ne jamais utiliser d'appareil électrique avec les mains humides. Conservez également les interrupteurs, les fiches, les prises et les fils au sec.

2.14. Utilisation sécurisée de l'électricité dans les maisons

Pour protéger les individus, les équipements et les biens contre les risques liés à l'électricité, il est impératif d'adopter des mesures de sécurité rigoureuses dans le secteur de l'électricité domestique. Il est impératif de prêter une attention particulière à l'utilisation de fusibles et de disjoncteurs dans un circuit électrique en tant que dispositifs de sécurité. Ils préviennent les surcharges de circuit pouvant survenir lorsque trop d'appareils sont allumés simultanément ou lorsqu'un court-circuit se produit dans un appareil.

2.14.1. Fusible

Un fusible est un dispositif de sécurité qui est connecté en série avec le fil sous tension dans le circuit afin de protéger les équipements en cas de circulation d'un courant excessif. Il s'agit d'un court segment de fil métallique fin qui se liquéfie lorsqu'un courant électrique élevé le traverse. En cas de passage d'un courant élevé et dangereux dans le circuit, le

fusible fond et interrompt le circuit avant que les conducteurs ne surchauffent et ne déclenchent un incendie. Les fusibles sont généralement catégorisés en fonction de leur intensité, tels que 5 A, 10 A, 13 A, 30 A, etc. La figure 2.19 présente divers types de fusibles.



Fig.2.19. Différents types de fusibles

2.14.2. Disjoncteur

Le disjoncteur (Fig.2.20) fonctionne comme un dispositif de sécurité, comparable à un fusible. Il interrompt automatiquement l'alimentation en cas de dépassement de la valeur normale du courant. Lorsque le courant normal circule à travers le fil sous tension, l'électroaimant n'a pas une puissance suffisante pour séparer les contacts. En cas de dysfonctionnement de l'appareil et de circulation d'un courant élevé à travers le fil sous tension, l'électro-aimant exercera une attraction sur la bande de fer, entraînant la séparation des contacts et l'interruption du circuit (Fig.2.21). Le ressort maintient alors les contacts écartés. Après la réparation du défaut, les contacts peuvent être rapprochés en pressant un bouton situé à l'extérieur du boîtier du disjoncteur.



Fig.2.20. Disjoncteur

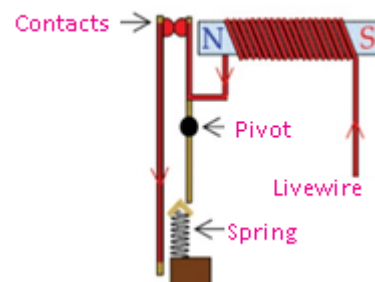


Fig.2.21. Principe de fonctionnement du disjoncteur

2.14.3. Fil de terre

Parfois, même le fusible ne parvient pas à détecter les courants élevés provenant du fil sous tension vers l'appareil électroménager. La mise à la terre offre une protection accrue à l'utilisateur contre les chocs électriques en reliant le boîtier métallique de l'appareil à la terre,

par le biais d'une connexion filaire à la terre nue. De nombreux dispositifs électriques sont dotés d'un boîtier en métal, en particulier les cuisinières, les machines à laver et les réfrigérateurs. Le fil de terre offre un chemin sécurisé pour la circulation du courant en cas de contact entre le fil sous tension et le boîtier (Fig.2.22). Un choc électrique peut survenir si le fil sous tension à l'intérieur d'un appareil se déconnecte et entre en contact avec le boîtier métallique.

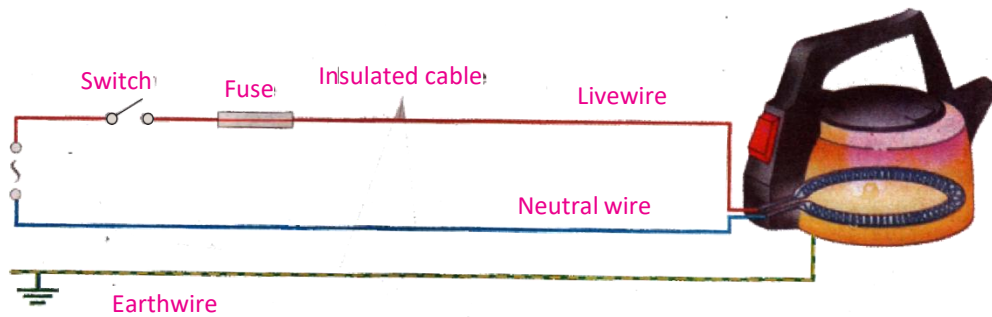


Fig.2. 22. Fil de terre

Cependant, la terre est reliée au boîtier métallique, de manière à ce que le courant emprunte le fil de terre plutôt que de traverser notre corps et de provoquer un choc électrique. Un courant élevé circule à travers le fil de terre en raison de sa faible résistance. Cela provoque la rupture du fusible et déconnecte l'appareil.

RESUME

- Le courant électrique est défini comme le débit temporel du flux de charge électrique à travers une section transversale donnée.
- Le courant conventionnel est défini comme le courant résultant du flux de charges positives, équivalent au courant résultant du flux de charges négatives dans la direction opposée.
- L'ampère est l'unité SI de courant.
- La F.E.M (force électromotrice) représente la quantité totale d'énergie fournie par la batterie ou la cellule pour déplacer un coulomb de charge positive de la borne négative à la borne positive de la batterie.
- La loi d'Ohm énonce que le courant I circulant à travers un conducteur est directement proportionnel à la différence de potentiel V appliquée à ses extrémités, sous réserve que la température et l'état physique du conducteur demeurent constants.
- La résistance R est une mesure de l'opposition au passage du courant à travers un conducteur. L'Ohm est son unité SI. Il est représenté par le symbole Ω . Lorsque les extrémités d'un conducteur sont soumises à une différence de potentiel d'un volt et qu'un courant d'un ampère le traverse, la résistance de ce conducteur sera d'un ohm.
- Les matériaux permettant aux électrons de se déplacer librement, facilitant ainsi le passage de l'électricité, sont désignés sous le terme de conducteurs. En revanche, dans les isolants, il n'existe aucun électron libre disponible pour la conduction électrique.
- La résistance équivalente R d'une combinaison en série de « n » résistances est donnée par : $R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
- La résistance équivalente R d'une combinaison parallèle de " n " résistances est donnée par :

$$\frac{1}{R_e} = \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots + \frac{1}{R_n} \right]$$
- Le galvanomètre est un instrument sensible qui détecte le courant dans un circuit. Il est constamment connecté en série avec le circuit.
- L'ampèremètre est un instrument électrique utilisé pour mesurer des courants électriques plus importants. Il est constamment connecté en série dans un circuit.
- Le voltmètre est un instrument électrique destiné à mesurer la différence de potentiel entre deux points d'un circuit. Il est constamment connecté en parallèle à un composant du circuit.

- La quantité d'énergie thermique générée dans une résistance en raison du flux de courant électrique est égale au produit du carré du courant, de la résistance et de l'intervalle de temps ($W = R I^2 t$). C'est ce qu'on appelle la loi de Joule.
- Le kilowattheure est la quantité d'énergie produite par une source d'un kilowatt pendant une heure. Il est équivalent à 3,6 mégajoules.
- Un courant qui ne change pas de sens de circulation est désigné sous le terme de courant continu, ou DC (pour "direct current" en anglais).
- Le courant qui change de direction après des intervalles de temps réguliers est appelé courant alternatif (CA).

QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES

Choisissez la bonne réponse parmi les choix suivants

i. Un courant électrique dans les conducteurs est dû au flux des :

- a) ions positifs
- b) ions négatifs
- c) charges positives
- d) électrons libres

ii. Quelle est la tension aux bornes d'une résistance de 6Ω lorsqu'un courant de 3 A la traverse ?

- a) 2 V
- b) 9 V
- c) 18 V
- d) 36 V

iii. Qu'arrive-t-il à l'intensité ou à la luminosité des lampes connectées en série à mesure que de plus en plus de lampes sont ajoutées ?

- a) augmente
- b) diminue
- c) reste le même
- d) ne peut pas être prédit

iv. Pourquoi les appareils électroménagers doivent-ils être connectés en parallèle à la source de tension ?

- a) pour augmenter la résistance du circuit
- b) pour diminuer la résistance du circuit
- c) pour fournir à chaque appareil la même tension que la source d'alimentation
- d) pour fournir à chaque appareil le même courant que l'alimentation source

v. Potentiel électrique et F.E.M

- a) sont les mêmes termes
- b) sont les différents termes
- c) avoir des unités différentes
- d) à la fois (b) et (c)

vi. Quand on double la tension dans un circuit électrique simple, on double la :

- a) le courant
- b) puissance
- c) la résistance

d) à la fois (a) et (b)

vii. Si nous doublons le courant et la tension dans un circuit tout en gardant sa résistance constante, la puissance :

a) reste inchangé

b) moitiés

c) doublent

d) quadruplets

viii. Quelle est la puissance d'une lampe connectée à une source de 12 V lorsqu'elle transporte 2,5 A ?

a) 4.8 W

b) 14.5 W

c) 30 W

d) 60 W

ix. La résistance combinée de deux résistances identiques, connectées en série est de 8 Ω . Leur résistance combinée dans un arrangement parallèle sera :

a) 2 Ω

b) 4 Ω

c) 8 Ω

d) 12 Ω

QUESTIONS DE RÉVISION

- 2.1. Définir et expliquer le terme courant électrique.
- 2.2. Quelle est la différence entre le courant électronique et le courant conventionnel ?
- 2.3. Qu'entendons-nous par le terme F.E.M? Est-ce vraiment une force ? Expliquer.
- 2.4. Comment pouvons-nous faire la différence entre la force électromotrice et la différence de potentiel ?
- 2.5. Expliquez la loi d'Ohm. Quelles sont ses limites ?
- 2.6. Définir la résistance et ses unités.
- 2.7. Quelle est la différence entre conducteurs et isolants ?
- 2.8. Expliquer la dissipation d'énergie dans une résistance. Qu'est-ce que la loi de Joule ?
- 2.9. Quelle est la différence entre DC et AC ?
- 2.10. Discutez des principales caractéristiques de la combinaison parallèle de résistances.
- 2.11. Déterminez la résistance équivalente d'une combinaison en série de résistances.
- 2.12. Décrivez brièvement les dangers de l'électricité domestique.
- 2.13. Décrivez quatre mesures de sécurité qui devraient être prises en relation avec le circuit domestique.
- 2.14. Concevoir un schéma de circuit pour une salle d'étude nécessitant les équipements suivants en parallèle :
 - a) Une lampe de 100 W actionnée par un seul interrupteur.
 - b) Une lampe de lecture équipée d'une ampoule de 40 W qui peut être allumée et éteinte à partir de deux points.
 - c) Quel est l'avantage de connecter les équipements en parallèle au lieu de série ?

QUESTIONS CONCEPTUELLES

- 2.1.** Pourquoi, dans les conducteurs, la charge est transférée par des électrons libres plutôt que par des charges positives ?
- 2.2.** Quelle est la différence entre une pile et une batterie ?
- 2.3.** Le courant peut-il circuler dans un circuit sans différence de potentiel ?
- 2.4.** Deux points d'un objet sont à des potentiels électriques différents. La charge circule-t-elle nécessairement entre eux ?
- 2.5.** Afin de mesurer le courant dans un circuit, pourquoi l'ampèremètre est-il toujours connecté en série ?
- 2.6.** Afin de mesurer la tension dans un circuit, le voltmètre est toujours connecté en parallèle. Discutez.
- 2.7.** Combien y a-t-il de wattheures dans 1000 joules ?
- 2.8.** D'après votre expérience d'observation des voitures sur les routes la nuit, les phares des automobiles sont-ils connectés en série ou en parallèle.
- 2.9.** Une certaine lampe de poche peut utiliser une ampoule de 10 ohms ou une ampoule de 5 ohms. Quelle ampoule faut-il utiliser pour obtenir une lumière plus brillante ? Quelle ampoule déchargera la batterie en premier ?
- 2.10.** Il n'est pas pratique de connecter une ampoule électrique et un radiateur électrique en série. Pourquoi ?
- 2.11.** Un fusible dans un circuit contrôle-t-il la différence de potentiel ou le courant ?

PROBLEMES NUMÉRIQUES

2.1. Un courant de 3 mA circule dans un fil pendant 1 minute. Quelle est la charge qui circule dans le fil ? ($180 \times 10^{-3} \text{ C}$)

2.2. À 100000Ω , quelle quantité de courant traverse votre corps si vous touchez les bornes d'une batterie 12 V ? Si votre peau est mouillée, de sorte que votre résistance n'est que de 1000Ω , quelle quantité de courant recevriez-vous de la même batterie ?

($1.2 \times 10^{-4} \text{ A}$, $1.2 \times 10^{-2} \text{ A}$)

2.3. La résistance d'un fil conducteur est de $10 \text{ M}\Omega$. Si une différence de potentiel de 100 volts est appliquée à ses extrémités, trouvez la valeur du courant qui le traverse en mA.

(0.01 mA)

2.4. En appliquant une différence de potentiel de 10 V aux bornes d'un conducteur, un courant de 1,5 A la traverse. Quelle quantité d'énergie serait obtenue du courant en 2 minutes ? (1800 J)

2.5. Deux résistances de $2 \text{ k}\Omega$ et $8 \text{ k}\Omega$ sont jointes en série. Si une batterie de 10 V est connectée aux extrémités de cette combinaison, trouvez les quantités suivantes :

(a) La résistance équivalente de la combinaison en série.

(b) Courant passant à travers chacune des résistances.

(c) La différence de potentiel à travers chaque résistance.

[(a) $10 \text{ k}\Omega$ (b) 1 mA (c) 2 V , 8 V]

2.6. Deux résistances de $6 \text{ k}\Omega$ et $12 \text{ k}\Omega$ sont connectées en parallèle. Une batterie de 6 V est connectée à ses extrémités, trouvez les valeurs des grandeurs suivantes :

(a) Résistance équivalente de la combinaison parallèle.

(b) Courant traversant chacune des résistances.

(c) Différence de potentiel entre chacune des résistances. la résistance.

[(a) $4 \text{ k}\Omega$, (b) 1 mA , 0.5 mA (c) 6 V]

2.7. Une ampoule électrique est marquée 220 V, 100 W. Trouvez la résistance du filament de l'ampoule. Si l'ampoule est utilisée 5 heures par jour, trouvez l'énergie en kilowattheure consommée par l'ampoule en un mois (30 jours). (484Ω , 15 kWh)

2.8. Une ampoule à incandescence avec une résistance de fonctionnement de 95Ω est étiquetée « 150 W ». Cette ampoule est-elle conçue pour être utilisée dans un circuit 120 V ou un circuit 220 V ? (Il a été conçu pour 120 V)

2.9. Une ampoule de 100 W et un chauffe-eau de 4 kW sont connectés à une alimentation de 250 V. Calculez (a) le courant qui circule dans chaque appareil (b) la résistance de chaque appareil lors de son utilisation. ((a) 0.4 A , 16 A (b) 625Ω , 15.62Ω)

2.10. Une maison est installée avec

- (a) 10 ampoules de 60 W dont chacune est utilisée 5 heures par jour.
- (b) 4 ventilateurs de 75 W dont chacun fonctionne 10 heures par jour.
- (c) Un téléviseur de 100 W qui est utilisé pendant 5 heures par jour.
- (d) Un fer à repasser électrique de 1000 W qui est utilisé pendant 2 heures par jour.

Si le coût d'une unité d'électricité est de 4 DA. Trouvez la dépense mensuelle d'électricité (un mois = 30 jours). (1020 DA)

2.11. Une résistance de $5,6 \Omega$ est connectée aux bornes d'une batterie de 3,0 V au moyen d'un fil de résistance négligeable. Un courant de 0,5 A, traverse la résistance. Calculez

- (a) Puissance dissipée dans la résistance.
- (b) Puissance totale produite par la batterie.
- (c) Donnez la raison de la différence entre ces deux grandeurs.

[(a) 1.4 W (b) 1.5 W (c) une certaine puissance est perdue à cause de la résistance interne de la batterie]

Références bibliographiques

1. Emile Amzallag, Joseph Cipriani, Jocel Yne Ben Aim, Norbert Piccioli, La physique en fac, électrostatique et électrocinétique, exercices et cours corrigés, l'université Pierre et Marie Curie, 2006.
2. Eugene Hecht, circuits électriques et électromagnétisme, série Schaum, université d'Adelphi, 1985.
3. Jearl Walker, Fundamentals of Physics, Wiley 1807-2007 knowledge for generations.
4. E. Amzallag, J. Cipriani, J. Ben Naim et N. Piccioli "La physique du Fac, Electrostatique et Electrocinétique" 2ième Edition, Edi-Science, 2006.
5. A. Fizazi, " Electricité et Magnétisme", OPU, 2012.
6. https://www.elearn.gov.pk/elearn_app/
7. Ait-Gougam Leila, Bendaoud Mohamed, Douliche Naima, Mekideche Fawzia, « Licence de Physique S2 : Electricité », Ed. Les Cours de la Faculté de Physique, 2012.
8. Daniel Cordier, « Cours de Physique Electromagnétisme 1. Electrostatique et Magnétostatique », Dunod, Paris, 2004.