

Electrocinétique

1. Définitions:

2. Electrocinétique: L'électrocinétique est l'étude du mouvement d'ensemble des porteurs de charges dans un circuit électrique assez simple composé de sources, résistance, bobine, condensateur, etc.

3. Courant électrique: Le courant électrique est un déplacement collectif et organisé des porteurs de charges (électrons ou ions).

Un courant électrique apparaît dans un conducteur quand une différence de potentiel est établie entre les bornes de ce dernier.

4. Sens du courant: Le courant électrique circule dans le sens décroissant des potentiels, c'est-à-dire dans le sens du champ électrique. Ainsi, le sens choisi **conventionnellement** est contraire au sens des charges négatives.

5. La loi d'ohm: Le rapport entre la tension (u) aux bornes de la résistance R métallique (conducteur) et le courant qui le traverse (i), est constant (la température de la salle est maintenue constante). La constante R est, par définition, la résistance électrique du conducteur, elle est exprimée en ohms Ω .

$$R = \frac{u(t)}{i(t)}$$

C'est la Loi d'Ohm à l'échelle macroscopique.

À l'échelle microscopique: En tout point M d'un conducteur de conductivité σ , il existe un champ $\vec{E}$ qui entraîne l'apparition d'une densité de courant $\vec{J}$: $\vec{J} = \sigma \vec{E}$

Cette expression est générale, elle constitue la forme locale de la loi d'Ohm.

La constante σ , dépend de la nature du matériau.

Pour un conducteur de longueur L , de section constante S , on définit la résistance R_{par} : $R = \rho \frac{L}{S}$.

Si V_A V_B désignent les potentiels entre deux points A et B distant de L dans le conducteur, la norme du champ électrique est égale aussi à : $V_A - V_B = \int E dl$,

Ainsi, La loi d'Ohm traduit l'effet du déplacement des charges au champ électrique E auquel correspond une différence de potentiel en fonction du matériau caractérisé par sa résistance.

6 .La loi de Joule.

Nous savons que : $W = q(V(A) - V(B))$.

Si un élément de charge dq passe d'un point A à un point B à travers une résistance R , le travail des forces électriques est : $dW = d(V(A) - V(B))$.

Nous remplaçons $dq = i dt$ et $V(A) - V(B) = u$

D'où $dW = Ri^2 dt$

Ce travail est l'énergie dissipée sous forme de chaleur : c'est l'effet Joule

A l'état stationnaire. Elle correspond à une puissance

$$P = \frac{dW}{dt} = Ri^2$$

$$P = \frac{u^2}{R} \quad , \quad P = ui$$

Une puissance s'exprime généralement en watts, ou en joules par seconde.

7. Les Circuits électriques. Un **circuit électrique** est constitué d'un ensemble de conducteurs et de composants électriques ou électroniques parcourus par un courant électrique.

Un circuit électronique simple est constitué d'un générateur qui fournit l'énergie électrique, un récepteur qui reçoit l'énergie du générateur et interrupteur qui permet de commander le passage du courant dans le circuit .

On distingue deux types de circuit.

- Un circuit électrique passif est un circuit composé de (résistance, bobine, condensateur). Un circuit passif consomme de l'énergie.

- Un circuit électrique actif comporte des (diode, circuit intégré.....). Un circuit actif fourni de l'énergie au circuit dans lequel il est connecté.

8. Groupement de résistances.

8.1. Association en série de résistances

Chaque résistance est traversée par la même intensité et la tension aux bornes de la résistance équivalente est égale à la somme des tensions partielles

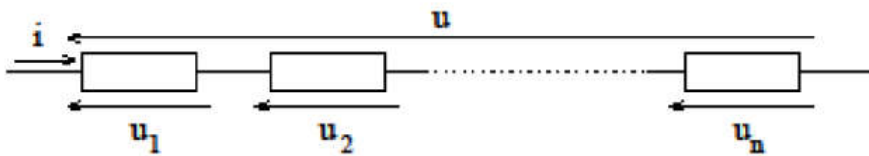


Fig 46: Association en série de résistances

$$u = \sum_k^N u_k \text{ où } u = Ri$$

8.2. Association en parallèle de résistances

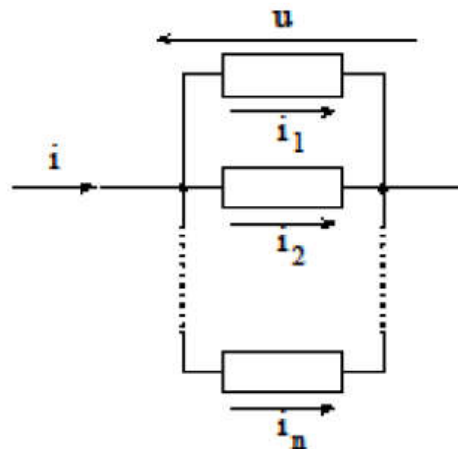


Fig47: Association en parallèle de résistances

Les résistances sont soumises à la même tension. Le courant total qui traverse l'ensemble des résistances est égal à la somme des courants individuels

$$i = \sum_k^N i_k$$

9. Lois de Kirchhoff Un circuit comportant des générateurs de tension, des récepteurs et de fil de connexion.

Nous définissons :

- un nœud est un point du circuit relié à deux dipôles ou plus.
- Une branche de réseau est la partie de circuit comprise entre deux nœuds.
- Une maille est un parcours fermé de branches passant au plus une seule fois par un nœud donné.

10. Loi des nœuds En tout nœud d'un circuit, la somme des courants qui arrivent est égale à la somme des courants qui sortent. Il s'agit d'une conséquence de la conservation de la charge électrique.

$$\sum i_{entrant} = \sum i_{sortant}$$

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5$$

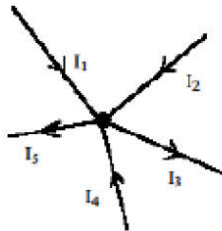


Fig 48: Courant entrant et sortant d'un nœud

11. Loi des mailles Le long de toute maille d'un circuit électrique, à tout instant, la somme algébrique des tensions est nulle.

$$(V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D) + \dots + (V_D - V_A) = 0$$

Les deux lois de Kirchhoff permettent l'analyse des réseaux électriques.

12. Application de la Loi d'Ohm aux réseaux

Soit un circuit fermé comportant un générateur de tension et N résistances en série.

Selon la loi des mailles nous pouvons écrire $-V + \sum_k^N R_k i = 0$

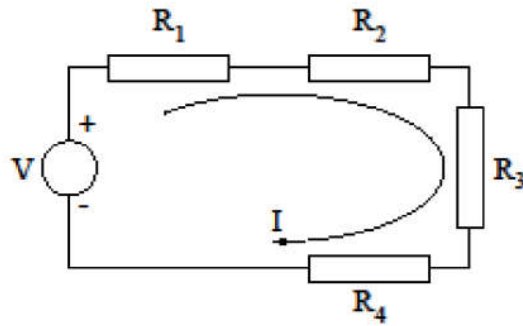


Fig 49: Circuit électrique fermé

Par définition la résistance équivalente est telle que : $V=RI$, donc :

$$R = \sum_k^N R_k$$

Nous supposons N résistances en parallèle, elles sont soumises à la même tension, chacune est parcourue par un courant

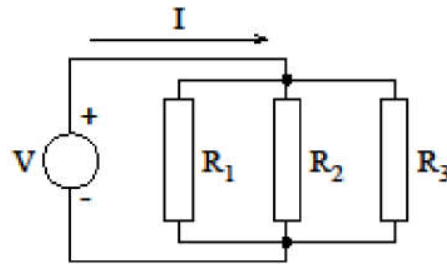
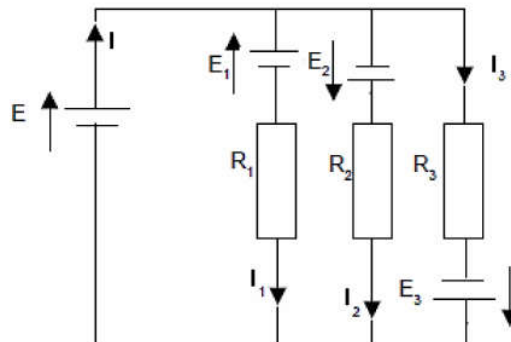


Fig50: Association en parallèle

$$i_1 = \frac{V}{R_1}$$

La loi des nœuds nous donne: $I = \sum_k^N V/R_k$

Exercice 1 :



Calculer le courant principal I .

On donne : $E = 10\text{ V}$, $E_1 = 5\text{V}$, $E_2 = 3\text{V}$, $E_3 = 6\text{V}$, $R_1 = 1k$, $R_2 = 2,2k$, $R_3 = 3,3k$.

Solution :

Calculer le courant principal I .

On donne : $E = 10\text{ V}$, $E_1 = 5\text{V}$, $E_2 = 3\text{V}$, $E_3 = 6\text{V}$, $R_1 = 1k$, $R_2 = 2,2k$, $R_3 = 3,3k$.

Solution :

La loi des noeuds $I = I_1 + I_2 + I_3$

La tension est la même (groupement parallèle) :

$$E = + R_1 I_1 = E_2 + R_2 I_2 = E_3 + R_3 I_3$$

Dans la 1^{ère} branche

$$I_1 = (E - E_1) / R_1 = (10\text{V} - 5\text{V}) / 1k = 5\text{mA}$$

Dans la 2^{ème} branche

$$I_2 = (E + E_2) / R_2 = (10\text{V} + 3\text{V}) / 2,2k = 5,91\text{mA}$$

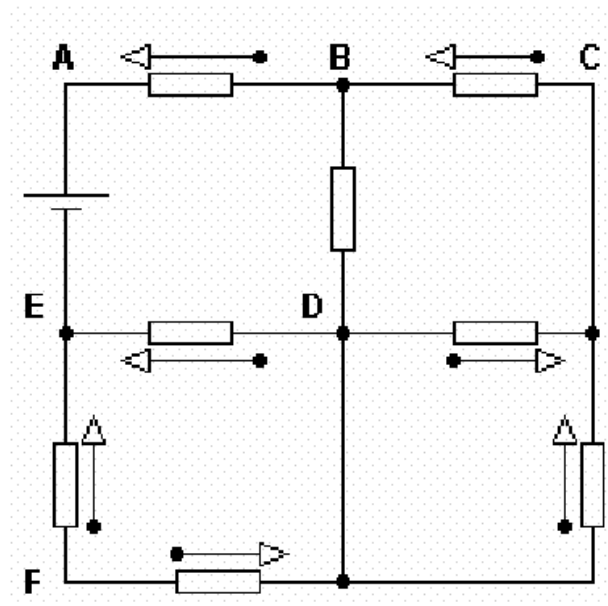
La 3^{ème} branche

$$I_3 = (E + E_3) / R_3 = (10\text{V} + 6\text{V}) / 3,3k = 4,85\text{mA}$$

Nous obtenons

$$I = 5\text{mA} + 5,91\text{mA} + 4,85\text{mA} = 15,76\text{mA}.$$

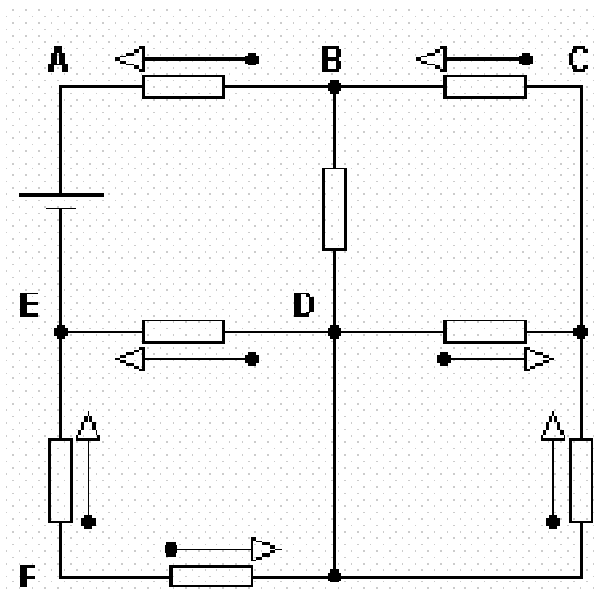
Exercice 2



On donne $U_{AB} = 8V$, $U_{BD} = 10V$, $U_{ED} = -6V$, $U_{BC} = 6V$ et $U_{DF} = 2V$

1. Calculer les valeurs de toutes les autres tensions représentées.
2. Si $U_E = 0$, calculer les potentiels de tous les autres points.

Solution



On donne $U_{AB} = 8V$, $U_{BD} = 10V$, $U_{ED} = -6V$, $U_{BC} = 6V$ et $U_{DF} = 2V$

$$1) U_{CD} = U_C - U_D = (U_C - U_B) + (U_B - U_D) = -U_{BC} + U_{BD} = -6V + 10V = 4V$$

$$U_{EF} = U_E - U_F = (U_E - U_D) + (U_D - U_F) = U_{ED} + U_{DF} = -6V + 2V = -4V$$

$$U_{AE} = U_A - U_E = (U_A - U_B) + (U_B - U_D) + (U_D - U_E) = U_{AB} + U_{BD} + U_{DE} = 8V + 10V + 6V = 24V$$

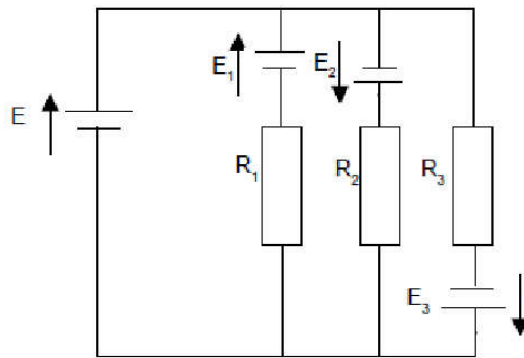
$$2) \text{ Si } U_E = 0, U_{AE} = U_A - U_E = U_A - 0V = 24V \Rightarrow U_A = 24V \quad U_{AB} = U_A - U_B = 24V -$$

$$U_B = 8V \Rightarrow U_B = 24V - 8V = 16V \quad U_{BC} = U_B - U_C = 16V - U_C = 6V \Rightarrow U_C = 16V - 6V =$$

$$10V, U_{ED} = U_E - U_D = 0V - U_D = -6V \Rightarrow U_D = 0V - (-6V) = 6V \quad U_{DF} = U_D - U_F = 6V - U_F =$$

$$2V \Rightarrow U_F = 6V - 2V = 4V$$

Exercice 3



$$E = 10 \text{ V}$$

$$E_1 = 5V$$

$$E_2 = 3V$$

$$E_3 = 6V$$

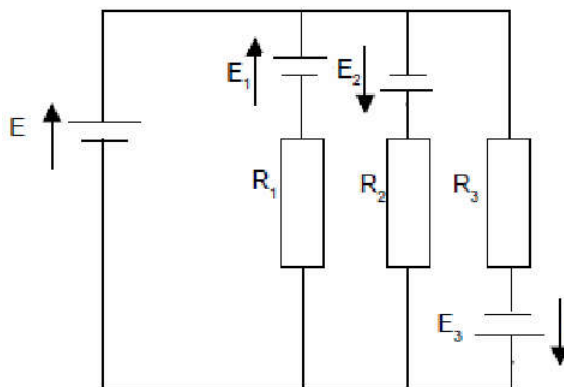
$$R_1 = 1k$$

$$R_2 = 2,2k$$

$$R_3 = 3,3k$$

Calculer le courant I débité par la source de tension E.

Solution:



$$E = 10 \text{ V}$$

$$E_1 = 5V$$

$$E_2 = 3V$$

$$E_3 = 6V$$

$$R_1 = 1k$$

$$R_2 = 2,2k$$

$$R_3 = 3,3k$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$E = +R_1 I_1 = -E_2 + R_2 I_2 = -E_3 + R_3 I_3$$

$$I_1 = (E - E_1) / R_1 = (10V - 5V) / 1k = 5mA$$

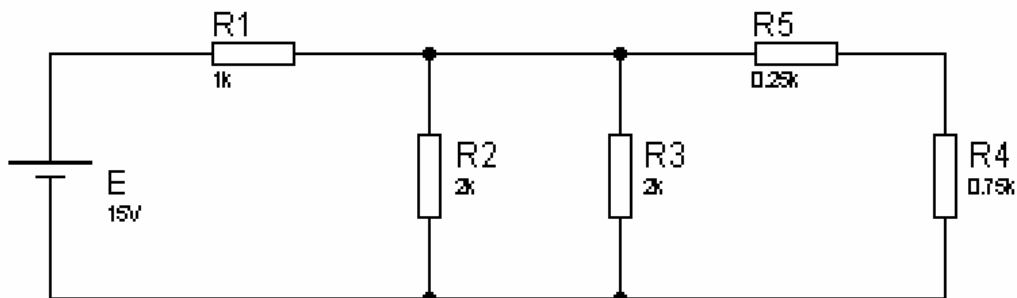
$$I_2 = (E + E_2) / R_2 = (10V + 3V) / 2,2k = 5,91mA$$

$$I_3 = (E + E_3) / R_3 = (10V + 6V) / 3,3k = 4,85mA$$

$$I = 5mA + 5,91mA + 4,85mA = 15,76mA$$

Exercice 4

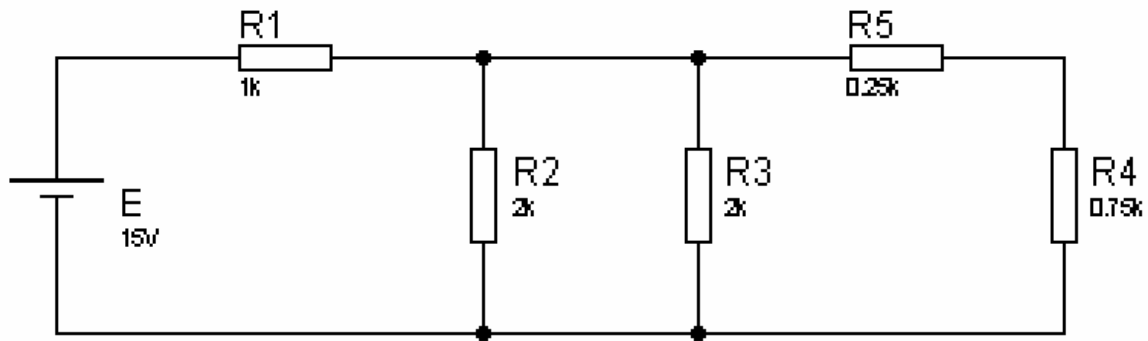
Soit le circuit suivant:



1. Calculer la résistance totale R_T vue par la source E.
2. Calculer l'intensité du courant I fourni par la source E.
3. Calculer la tension U_3 aux bornes de R_3 .
4. Calculer la tension U_4 aux bornes de R_4 .
5. Calculer la tension U_5 aux bornes de R_5 .
6. Calculer les courants qui circulent dans chaque branche.
7. Calculer la puissance dissipée par chaque résistance.

8. Calculer la puissance totale P_T dissipée par toutes les résistances et calculer la puissance P fournie par la source E. Conclure

Solution



$$1. R_T = R_1 + R \quad R = R_2 // R_3 // (R_4 + R_5) = 0,5k\Omega \quad R_T = 1k\Omega + 0,5k\Omega = 1,5k\Omega$$

$$2. E = I R_T \Rightarrow I = E / R_T = 15V / 1,5k = 10mA$$

$$3. U_3 = R_3 I_3 = R I = 0,5k \times 10mA = 5V$$

$$4. U_4 = U_3 \times R_4 / (R_4 + R_5) = 5V \times 1,5k / 2k = 3,25V$$

$$5. U_5 = U_3 - U_4 = 5V - 3,25V = 1,75V$$

$$6. R I = R_2 I_2 = R_3 I_3 = I_4 (R_4 + R_5) \quad I_2 = I_3 = 5V / 2k = 2,5mA$$

$$\text{Et } I_4 = 5V / 1k = 5mA = I - I_2 - I_3$$

$$7. P_1 = R_1 I^2 = 1k \times (10mA)^2 = 100mW \quad P_2 = P_3 = 2k \times (2,5mA)^2 = 12,5mW$$

$$8. P_4 = 0,75k \times (5mA)^2 = 18,75mW \quad P_5 = 0,25k \times (5mA)^2 = 6,25mW$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 150mW \quad P = E I = 15V \times 10mA = 150mW$$

Conclusion : $P_T = P$

9. Puisque $R_4 + R_5 = R_5 \Rightarrow$ diminution de la résistance $R_T \Rightarrow$ augmentation de $I \Rightarrow$ augmentation de P_T .