

ELECTROCINETIQUE

1. INTENSITE D'UN COURANT

Un courant est un déplacement ordonné de charges négatives (électrons) de la borne négative à la borne positive du générateur.

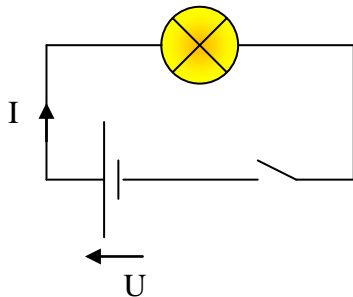
Il y aura un courant entre les deux bornes d'un générateur si :

- il y a une tension entre les deux bornes
- elles sont reliées par un circuit.

Une pile possède deux bornes qui sont à des potentiels différents. Il existe donc une différence de potentiels entre les deux bornes, mesurable grâce à un voltmètre. Pour que la pile débite un courant, il faut la placer dans un circuit c-à-d qu'il faut relier ses bornes. La lampe brillera jusqu'à ce que la différence de potentiels soit nulle. A ce moment la lampe s'éteint.

En conclusion, une tension peut engendrer un courant mais un courant ne peut engendrer une tension.

Par analogie avec une conduite d'eau, nous pouvons dire que l'intensité du courant correspond au débit.



Le sens conventionnel du courant est de la borne positive à la borne négative à l'extérieur du générateur

Par définition, l'intensité du courant I est la quantité d'électricité Q qui traverse une section S du conducteur par unité de temps.

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

I : intensité du courant en Ampère A

Q : quantité d'électricité en Coulomb C

t : temps en seconde s

La quantité d'électricité est donnée par :

$$Q = n q_e$$

n : nombre de charges

q_e : $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C

L'intensité du courant se mesure avec un ampèremètre que l'on place en série dans le circuit.

2. ENERGIE ET PUISSANCE

Comme nous l'avons vu, l'énergie potentielle électrique ou énergie électrique s'écrit :

$$E = Q \cdot U = U \cdot I \cdot t$$

E : énergie électrique en Joule

U : tension en Volt

I : intensité du courant en Ampère

t : temps d'utilisation en seconde

Nous pouvons définir l'énergie par unité de temps que l'on appelle puissance :

$$P = U \cdot I$$

P : puissance en Watt

U : tension en Volt

I : intensité du courant en Ampère

3. **EFFET JOULE**

3.1. **Introduction**

Le passage d'un courant dans un appareil électrique provoque l'échauffement de celui-ci. L'apparition de cette énergie thermique est l'effet Joule

Cet effet Joule est mis à profit dans les appareils chauffants mais il est souvent gênant et représente de l'énergie dissipée en pure perte.

Pour éviter l'échauffement, certains appareils électriques sont munis de dissipateurs (ailettes) de chaleur caractérisés par une grande surface en contact avec l'air, formés en matériau bon conducteur de chaleur (aluminium)

3.2. **Loi de Joule**

L'effet Joule est dû aux frottements, aux chocs des charges en mouvement avec les atomes formant la matière. Ces frottements et chocs étant à l'origine de la résistance, nous pouvons conclure que l'effet Joule est dû à la résistance de l'appareil.

Pour un récepteur calorifique, nous savons que :

$$U = R \cdot I$$

U : tension en V

R : résistance en Ω

I : intensité du courant en A

Donc, la puissance Joule sera :

$$P_J = R \cdot I^2$$

P_J : puissance Joule en W

R : résistance en Ω

I : intensité du courant en A

et l'énergie Joule dissipée dans l'appareil sera :

$$E_J = R \cdot I^2 \cdot t$$

E_J : énergie Joule en J

R : résistance en Ω

I : intensité du courant en A

t : temps d'utilisation en s

4. **BILAN ENERGETIQUE**

Un appareil électrique reçoit une énergie électrique qu'il transforme en une autre énergie dite énergie utile :

⊙ énergie mécanique

- un moteur qui actionne le compresseur d'un frigo, une turbine d'un aspirateur, la boîte de vitesse d'une foreuse, ...

⊙ énergie chimique

- pile rechargeable, électrolyse

⊙ énergie lumineuse

- lampe à incandescence, tube fluorescent, lampe halogène, ...

⊙ énergie thermique

- fer à repasser, four, cuisinière,

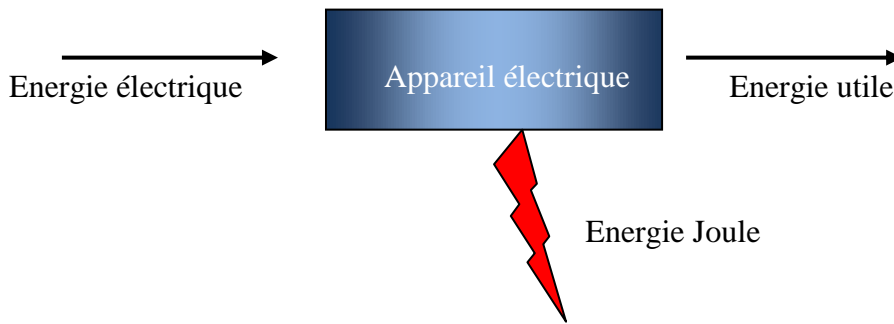
L'appareil n'étant pas parfait, une partie de l'énergie électrique est perdue sous forme d'énergie thermique ou énergie Joule selon le schéma :

$$P_{\text{électrique}} = P_{\text{utile}} + P_{\text{Joule}}$$

$$E_{\text{électrique}} = E_{\text{utile}} + E_{\text{Joule}}$$

Le rendement de l'appareil sera donné par :

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{électrique}}} = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{électrique}}} < 1$$



5. **COURBES CARACTERISTIQUES D'UN DIPOLE ELECTRIQUE**

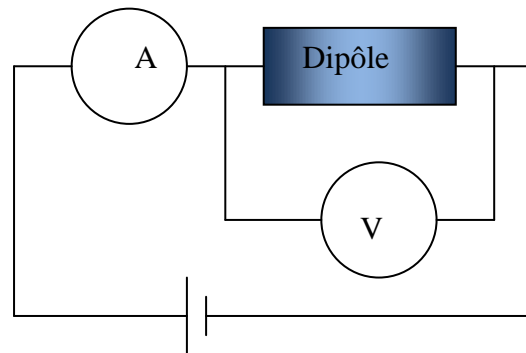
La courbe caractéristique d'un dipôle électrique est une courbe qui donne la relation existante entre la tension à ses bornes et le courant qui le traverse.

$$U = f(I) \quad \text{ou} \quad I = f(u)$$

Dans les cas simples, la courbe peut se mettre sous forme d'une équation.

Schéma de principe :

On fait varier la tension aux bornes du dipôle grâce à un générateur de tensions variables et on relève l'intensité du courant. On aura un tableau de données qui permet de tracer la courbe caractéristique.



6. **COURBE CARACTERISTIQUE D'UN CONDUCTEUR OHMIQUE**

Un conducteur ohmique est un appareil qui transforme uniquement l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie thermique.

Exemples : fil électrique, fer à repasser, chauffe-eau, four électrique, lampe à incandescence

Contre-exemples : moteur, électrolyseur, tube fluorescent, radio, télévision.

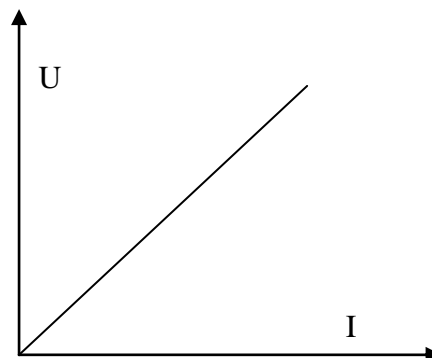
L'équation de la courbe caractéristique est :

$$U = R \cdot I$$

U : tension en Volt V

I intensité du courant en Ampère A

R : résistance en Ohm Ω



6.1. **Interprétation mathématique**

La résistance est le coefficient angulaire de la droite $U = f(I)$

6.2. **Interprétation physique**

Si on branche un conducteur ohmique en série avec une ampoule, on constate que celle-ci brille moins bien que si elle était seule dans le circuit

La résistance est donc un frein au courant

6.3. Origine de la résistance

La matière est formée d'atomes qui occupent des positions régulières dans l'espace. La matière est ordonnée. Les électrons, responsables du passage du courant, vont subir des frottements plus ou moins importants lors de leur déplacement dans la matière. Ces frottements sont à l'origine de cette résistance. De plus, les frottements engendrent de la chaleur. Donc, les électrons perdront une partie de leur énergie sous forme de chaleur : c'est l'effet Joule.

Tous les appareils électriques présentent l'effet Joule.

$$E_j = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$P_j = R \cdot I^2$$

6.4. Bilan énergétique

Calcul du travail que fournit un électron pour passer de A vers B.

$$W_{AB} = -e U_{AB} > 0$$

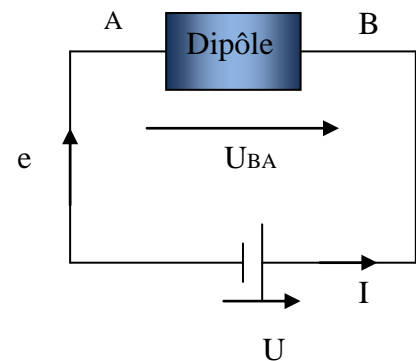
Donc, la variation d'énergie potentielle est négative. L'électron perd de l'énergie dans le conducteur ohmique. Cette perte d'énergie est transformée en énergie thermique.

$$E_J = RI^2t$$

$$P_J = RI^2$$

Dans le conducteur ohmique, l'électron est soumis à 2 forces :

- une force Joule responsable de l'échauffement
- une force de Coulomb responsable du déplacement



7. COURBE CARACTERISTIQUE D'UN RECEPTEUR LINEAIRE

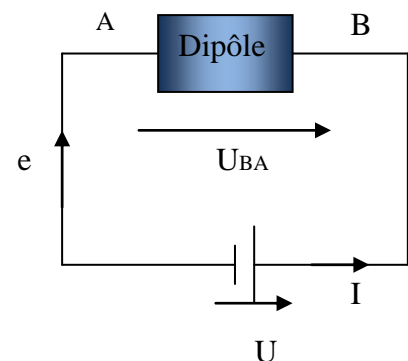
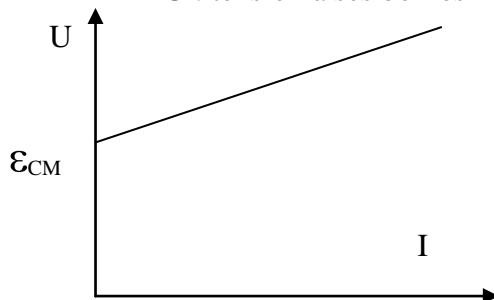
L'équation du dipôle passif linéaire

$$U = \mathcal{E}_{CM} + R I$$

\mathcal{E}_{CM} : tension contre-électromotrice

R : résistance interne

U : tension à ses bornes



Calcul du travail que fournit un électron pour passer de A vers B.

$$W_{AB} = -e U_{AB} > 0$$

Donc, la variation d'énergie potentielle est négative. L'électron perd de l'énergie dans le dipôle. Cette perte d'énergie est transformée en une autre forme d'énergie

- énergie électrique fournie

$$E = U I t$$

$$P = U I$$

- énergie électrique utile :

$$E = \varepsilon_{CM} I t$$

$$P = \varepsilon I$$

- énergie thermique:

$$E_J = R I^2 t$$

$$P_J = R I^2$$

Donc, dans un dipôle passif linéaire, l'énergie électrique fournie est transformée en énergie électrique utile et en énergie Joule.

$$E_{\text{fournie}} = E_{\text{utile}} + E_{\text{Joule}}$$

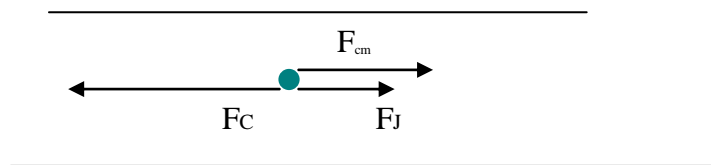
$$U I t = \varepsilon_{CM} I t + R I^2 t$$

E_{CM} est appelé tension contre-électromotrice (en Volt V) car elle est responsable de la diminution d'une partie de l'énergie potentielle des électrons.

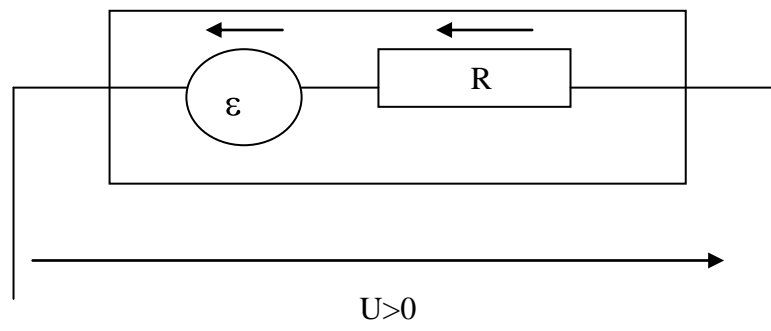
Elle utilise une partie de l'énergie potentielle de l'électron pour la transformer en énergie mécanique, en énergie chimique, ..

Dans un dipôle passif linéaire, l'électron est soumis à 3 forces :

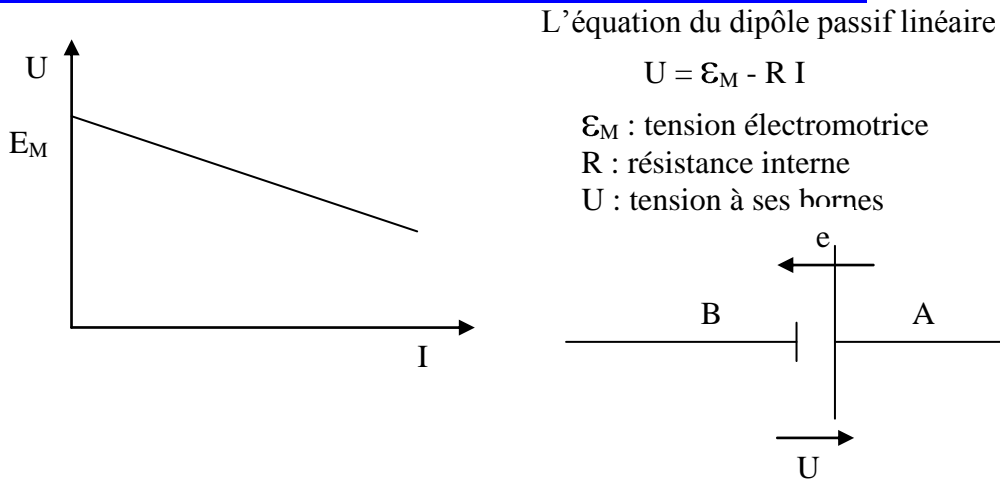
- une force contre-électromotrice qui engendre l'énergie utile
- une force Joule responsable de l'échauffement
- une force de Coulomb responsable du déplacement



Le dipôle passif linéaire est assimilable à une source de tension pure E_{CM} en série avec un conducteur ohmique R. On applique à ses bornes une tension U



8. **COURBE CARACTERISTIQUE D'UN GENERATEUR LINEAIRE**



$$U_{AB} > 0$$

Calcul du travail que fournit un électron pour passer de A vers B.

$$W_{AB} = -e U_{AB} < 0$$

Donc, la variation d'énergie potentielle est positive. L'électron gagne de l'énergie dans le dipôle. Cette énergie provient d'une réaction chimique.

Néanmoins, le dipôle chauffe lors de son fonctionnement

Donc, dans un dipôle actif linéaire, l'énergie électrique fournie est transformée en énergie électrique utile et en énergie Joule

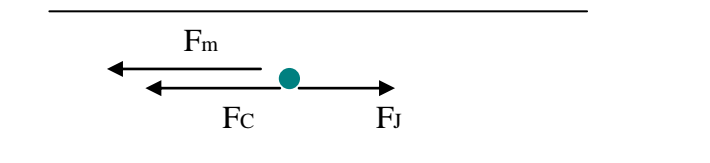
$$E_{\text{fournie}} = E_{\text{utile}} + E_{\text{Joule}}$$

$$\mathcal{E}_M I t = U I t + R I^2 t$$

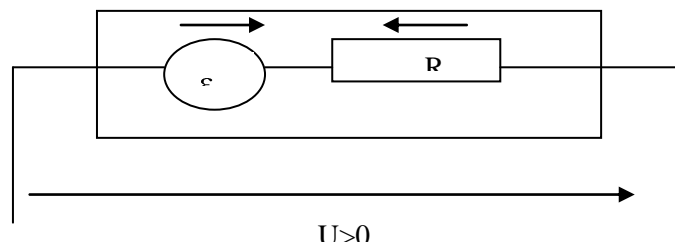
E_M est appelée tension électromotrice (en Volt V) car elle est responsable de l'augmentation de l'énergie potentielle des électrons.

Dans un dipôle actif linéaire, l'électron est soumis à 3 forces :

- une force électromotrice qui pousse les électrons
- une force Joule responsable de l'échauffement
- une force de Coulomb aussi responsable du déplacement



Le dipôle actif linéaire est assimilable à une source de tension pure E_M en série avec un conducteur ohmique R . Il délivre à ses bornes une tension U



9. ASSOCIATION DE GENERATEURS

9.1. Association en série

$$U_1 = \varepsilon_{M1} - R_1 I$$

$$U_2 = \varepsilon_{M2} - R_2 I$$

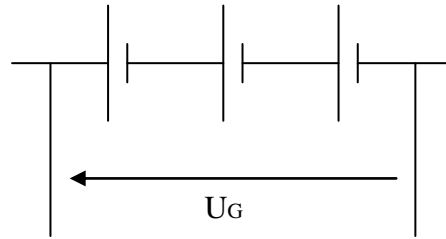
$$U_3 = \varepsilon_{M3} - R_3 I$$

Donc, la caractéristique de l'ensemble sera :

$$U_G = \sum \varepsilon_M - \sum RI$$

$\sum E_M$ est une somme algébrique c.-à-d. qui dépend du signe de E_M

La tension du générateur augmente mais la résistance interne aussi. Donc, il y a une limitation du nombre de piles en série



9.2. Association en parallèle

$$U_1 = \varepsilon_{M1} - R_1 I$$

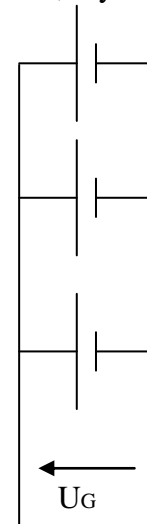
$$U_2 = \varepsilon_{M2} - R_2 I$$

$$U_3 = \varepsilon_{M3} - R_3 I$$

Donc, la caractéristique de l'ensemble sera :

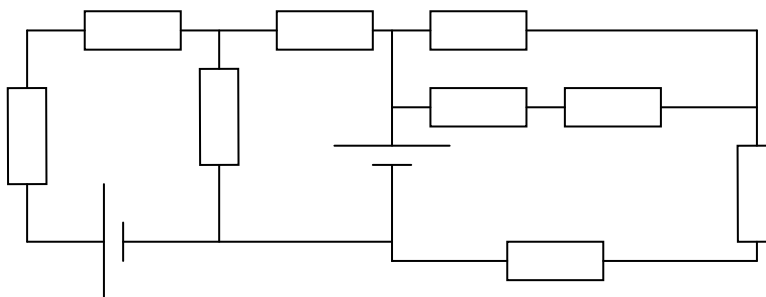
$$U_G = \varepsilon_M - \left(\sum \frac{1}{R} \right)^{-1} \cdot I$$

La tension du générateur reste la même mais la résistance interne diminue et on pourra obtenir des courants plus importants



10. LOI DES MAILLES – LOI DES NOEUDS – LOIS DE KIRCHHOFF

Un circuit est un ensemble de dipôles



Sur ce circuit nous pouvons distinguer :

- les nœuds : intersection de deux ou plusieurs fils
- les branches : ensemble d'éléments mis en série entre deux nœuds
- maille : une boucle fermée.

Loi des nœuds : En un nœud, la somme algébrique des courants est nulle.

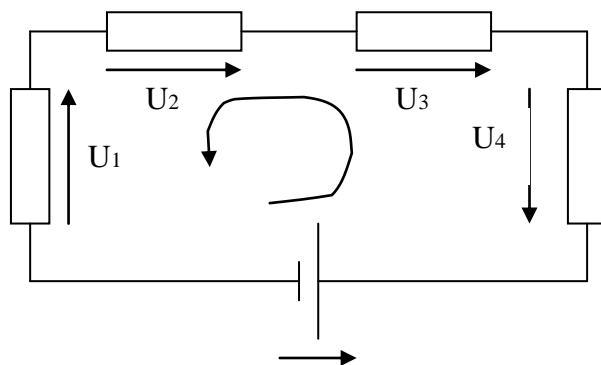
Il y a égalité entre les courants entrants et sortants

$$\sum I = 0$$

Loi des mailles : Dans une maille, la somme algébrique des tensions est nulle

On choisit un sens positif. Par exemple le sens de circulation du courant.

$$U - U_1 - U_2 - U_3 - U_4 = 0$$



11. POINT DE FONCTIONNEMENT

Le point de fonctionnement d'un circuit est un couple de points (U,I) qui correspond à l'intersection des courbes caractéristiques des éléments.

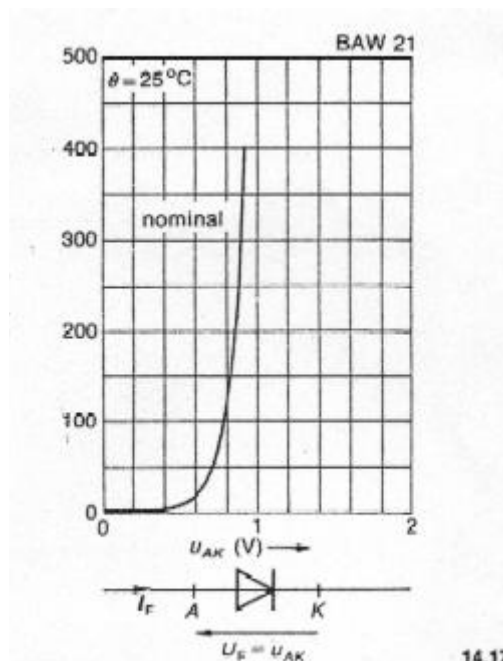
12. EXERCICES

12.1. Une résistance est branchée pendant 4 minutes aux bornes d'un générateur dont la tension électromotrice mesure 16V et la résistance interne 3 Ω. Le générateur délivre une tension de 12V. Déterminer

- La valeur de la résistance
- L'énergie totale qui est produite par le générateur
- L'énergie qui est dégagée par le générateur sous forme de chaleur
- La valeur maximum de l'intensité du courant que pourrait délivrer le générateur

12.2. Le fabricant donne, pour la diode à jonction BAW 21, la caractéristique de la diode lorsqu'elle est traversée en sens direct.

Calculer la puissance reçue par la diode lorsqu'elle est traversée par un courant de 300 mA. Sachant que l'intensité ne doit pas dépasser 400 mA, calculer la puissance maximale



12.3. Un électrolyseur de tcém 2 V, de résistance interne 10 Ω, est parcouru par un courant d'intensité 0,5 A.

Quelle est la puissance électrique reçue par ce récepteur ?

En deux heures de fonctionnement, quelles sont les quantités :

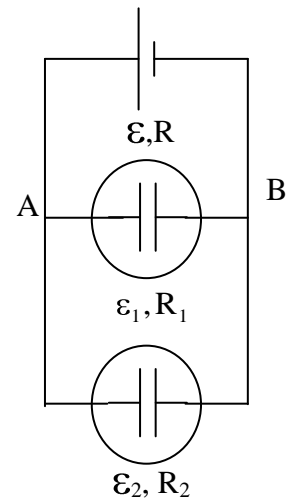
- d'énergie électrique consommée ?
- d'énergie électrique utilisée pour provoquer les réactions chimiques ?
- de chaleur dégagée ?

Calculer le rendement de l'électrolyseur

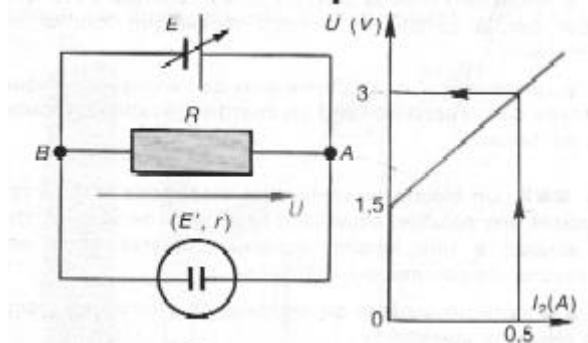
12.4. Deux électrolyseurs (tcém $\varepsilon_1 = 2\text{V}$, $\varepsilon_2 = 3\text{V}$; résistance interne $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 1\Omega$) sont montés en parallèle entre les bornes d'un générateur de tcém $\varepsilon = 6\text{V}$; résistance interne $R = 2\Omega$. On fait l'hypothèse que les deux électrolyseurs fonctionnent simultanément et qu'ils sont parcourus par des courants d'intensité I_1 et I_2 .

En déduire une relation numérique entre les intensités des courants

$$I_1 = 0,5\text{A} \quad I_2 = 0,75\text{A} \quad U = 3,5\text{V}$$



12.5. On réalise le montage de la figure dans lequel :



le générateur a une tcém ε réglable et une résistance interne nulle
le conducteur ohmique a une résistance de 10Ω
l'électrolyseur possède une caractéristique conforme au graphe.

- On fixe la tcém du générateur à la valeur de $1,2\text{V}$. Déterminer les intensités I_1 et I_2 des courants dans le conducteur ohmique et dans l'électrolyseur
- Répondre à la même question si on fixe tcém à la valeur 2V
- On place en série avec le générateur ($\varepsilon = 2\text{V}$) un rhéostat de 18Ω . On fixe la résistance du rhéostat à 1Ω , calculer les nouvelles valeurs de I_1 et I_2 . Calculer l'énergie électrique qui, dans l'électrolyseur, a servi à produire les réactions chimiques aux électrodes, l'électrolyse ayant duré 10 minutes.
- Au-dessus de quelle valeur de la résistance du rhéostat le courant cesse-t-il de passer dans l'électrolyseur ?

12.6. On trace la caractéristique d'un électrolyseur à électrodes de carbone et contenant une solution aqueuse de chlorure de sodium. Pour une tension inférieure à $2,6\text{V}$, l'intensité du courant est nulle. Pour une tension supérieure, on observe un dégagement gazeux sur les électrodes.

Tracer la caractéristique. Sur un certain domaine de fonctionnement à préciser, la caractéristique est linéarisable. Déterminer la tcém et la résistance interne

Pour une tension de $3,5\text{V}$, quel est le rendement électrochimique de cet électrolyseur ?

U (V)	2,75	2,85	2,95	3,10	3,20	3,27	3,35	3,42	3,50	3,56	3,63
I (mA)	2	5	10	19	30	40	50	60	70	80	90

12.7. La résistance d'une photorésistance dépend de son éclairement : le lux est l'unité d'éclairement. Nous avons tracé le réseau de caractéristiques d'une photorésistance. Cette photorésistance est montée en série avec un générateur de t.e.m. 20 V ($r = 0$) et une bobine d'un relais de résistance 2000Ω .

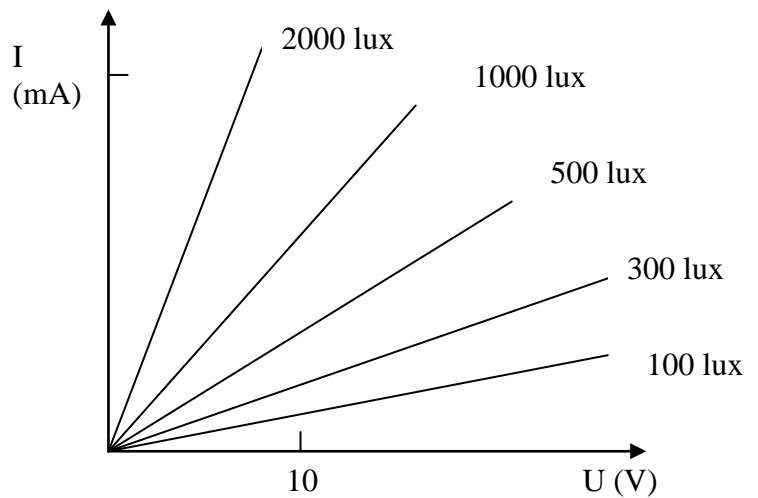
Pour les différents éclairements, calculer l'intensité du courant dans le circuit, tracer $I = f(\text{éclairement})$.

Le courant d'enclenchement I_e du relais est 7 mA, le courant de déclenchement I_d est de 4 mA.

Calculer les éclairements

d'enclenchement et de déclenchement du relais.

Pour I_e et I_d , calculer la puissance fournie au relais.



12.8. Un circuit électrique est formé d'une dynamo de résistance interne $0,3 \Omega$, d'un moteur de résistance interne $0,5 \Omega$ et de fil de connexion de résistance $1,7 \Omega$.

Une tension de 24 V est présente aux bornes de la dynamo. Calculez :

- la tension électromotrice de la dynamo
- la tension appliquée aux bornes du moteur
- la tension contre-électromotrice du moteur

12.9. Une plaque de cuisinière électrique porte les indications 230 V – 2000W. Elle comprend 3 résistances et des bornes numérotées de 1 à 4 comme sur le schéma. Ces bornes peuvent être reliées entre elles et/ou au réseau au moyen d'un commutateur rotatif.

a. La puissance maximum s'obtient en court-circuitant les bornes 2 et 3 d'une part et les bornes 1 et 4 d'autre part, les bornes 2 et 4 étant reliées au réseau.

Calculez la résistance du circuit et la puissance dissipée.

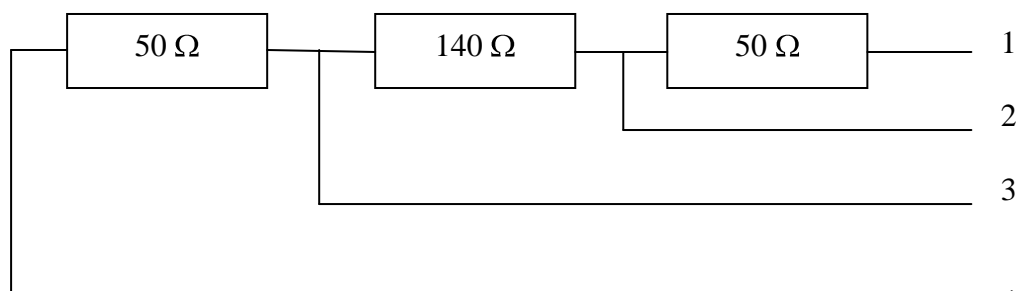
b. Comment procéder pour que R soit de 100Ω ?

Calculez la puissance dissipée.

c. On court-circuite les bornes 2 et 3. Les bornes 1 et 3 sont reliées réseau.

Calculez la résistance du circuit et la puissance dissipée.

d. Comment procéder pour obtenir une résistance minimale non nulle ?

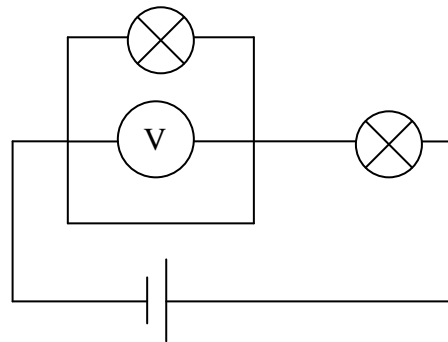


12.10. On dispose de 4 résistances identiques de $2\text{ k}\Omega$. Dessinez le schéma des associations suivantes

- association en série ayant une résistance de $6\text{ k}\Omega$
- association en parallèle ayant une résistance de $1\text{ k}\Omega$
- association ayant une résistance de $5\text{ k}\Omega$ par combinaison des associations en série et en parallèle

12.11. Le circuit électrique schématisé comporte un générateur qui délivre une tension de 220V à ses bornes, des fils de connexion, un voltmètre et deux ampoules identiques.

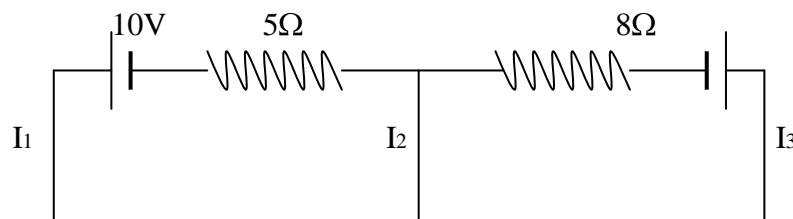
- a. Est-ce que les ampoules brillent de la même manière ?
- b. Quelle est la tension affichée par le voltmètre ?
- c. Comment doit-on modifier le circuit pour que les ampoules brillent de manière identique ?
- d. Qu'indiquent à présent le voltmètre ?



12.12. Un voltmètre est placé aux bornes d'un générateur afin de mesurer la tension de sortie : il indique 20 V . La résistance interne de ce voltmètre est très grande par rapport à la résistance du circuit.

- a. Le voltmètre indique 18 V lorsqu'une résistance de $5\ \Omega$ est raccordée aux bornes du générateur. Calculez la résistance interne du générateur et l'intensité du courant qui la traverse
- b. On remplace la résistance par un moteur qu'on empêche de tourner (le moteur est assimilé à une résistance) : la tension mesurée est de 16 V
Calculez la résistance interne du moteur et l'intensité du courant
- c. On laisse tourner le moteur : la tension mesurée est de 19 V
Calculez l'intensité du courant, la puissance consommée par le moteur, sa puissance mécanique et la valeur de la tension contre-électromotrice

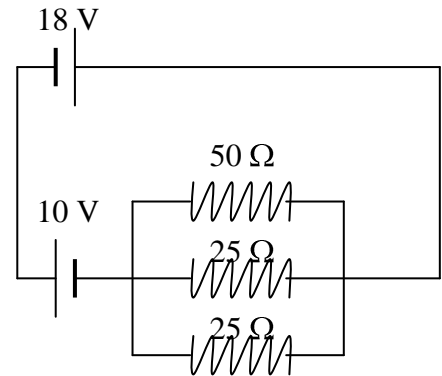
12.13. Calculer les courants I_1, I_2, I_3 dans le circuit



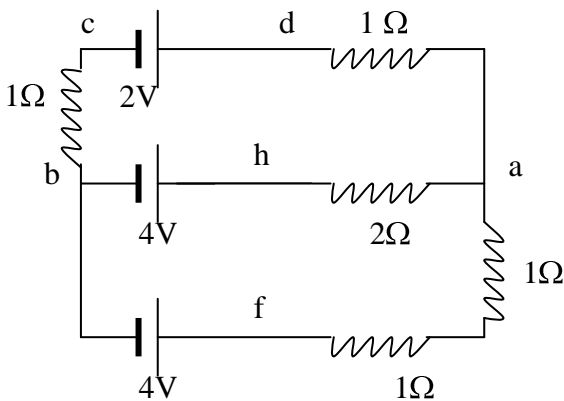
12.14. Dans le circuit représenté ci-dessous, on a monté en série un ensemble de trois résistances placées en parallèle et deux accumulateurs, le premier, de tém 18V et le deuxième de tém 10 V, tous deux de résistance interne négligeable.

Déterminez si ces deux accumulateurs ont une fonction de générateur ou de récepteur. Calculez les courants I dans les accumulateurs et les courants dans les résistances. Indiquez le sens de ces courants.

$$I = 2,8A \quad I_1 = I_2 = 1,12A \quad I_3 = 0,56A$$



12.15. Appliquer les lois de Kirchhoff au circuit afin de déterminer les valeurs des courants I_1, I_2, I_3 .



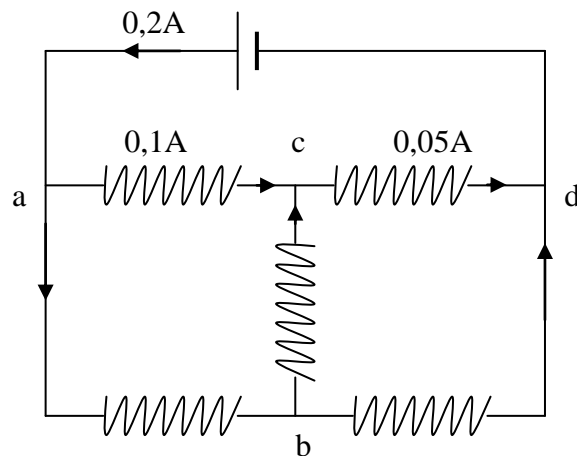
Indiquer le sens des tensions. Calculer le potentiel du point B si on relie le point A à la masse.

$$I_2 = I_3 = \frac{1}{3}A$$

$$I_1 = \frac{2}{3}A$$

$$V_b = -\frac{10}{3}V$$

12.16. On considère le circuit formé d'une pile et de cinq conducteurs ohmiques. Calculez les courants I_1, I_2, I_3 parcourant respectivement les branches ab, bc, bd orientés comme l'indique le schéma puis conclure quant au sens du courant dans la branche bc.



12.17. Une ligne téléphonique est constituée d'un fil AB ; le conducteur de retour A'B' est la terre. La ligne relie deux centraux distants de 60 km. La résistance de la ligne est de $5 \Omega / \text{km}$.

A un moment donné, on constate des perturbations sur la ligne. Dans le but de repérer le défaut d'isolement, on réalise les deux expériences suivantes:

- l'extrémité B étant en communication avec la terre, la résistance entre A et A' est de $97,5 \Omega$.
- L'extrémité B étant maintenant isolée, on réalise la même expérience et on trouve que la résistance du nouveau circuit est de 100Ω .

On en conclut qu'il doit exister un défaut d'isolement entre un point P du fil AB et un point P' voisin de la terre. Déterminez à quelle distance de A, il faudra envoyer l'équipe de réparation.

