

Chapitre 1

Circuits parcourus par un courant continu

INTRODUCTION	3
1. GENERALITES SUR LES CIRCUITS ELECTRIQUES	4
1.1. Notion de circuit électrique	4
1.2. Le courant électrique continu	4
1.3. La mesure de l'intensité d'un courant continu	5
1.4. La différence de potentiel	5
1.5. La mesure d'une tension continue	6
1.6. Branchement série ou parallèle	6
1.7. Notion de nœud, branche et maille dans un circuit	7
1.8. Lois des nœuds, des branches et des mailles	7
1.9. Exemples d'exercice	8
1.10. Exercices à résoudre	10
2. ETUDE THERMIQUE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE	11
2.1. L'énergie électrique	11
2.2. La puissance électrique	11
2.3. Le résistor ou résistance	12
2.4. La loi de Joule	13
2.5. La loi d'Ohm	13

2.6. Mesure d'une résistance	14
2.7. Puissance dissipée	16
2.8. Association de résistances	17
2.9. Exemples d'exercice	19
2.10. Exercices à résoudre	21
3. ETUDE GENERALE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE	22
3.1. L'électromoteur générateur	22
3.2. Association de générateurs	23
3.3. L'électromoteur récepteur	23
3.4. La loi d'Ohm généralisée	24
3.5. Le condensateur - Capacité	25
3.6. Association de condensateurs	26
3.7. Le réactor – Inductance	27
3.8. Groupement RC et RL série	28
3.9. Exemples d'exercice	31
3.10. Exercices à résoudre	33
4. APPAREILS DE MESURE	34
4.1. Le multimètre	34
4.2. La pince multifonctions	36
4.3. L'oscilloscope	38
5. CORRECTION DES EXERCICES	41

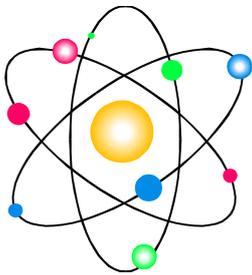
Travail personnel



INTRODUCTION

On entend par le mot **électricité** l'ensemble des manifestations dues à des charges électriques, au repos ou en mouvement.

Ces charges électriques sont de deux natures : positives ou négatives.



Dans la matière, chaque corps est constitué d'atomes avec un noyau entouré d'électrons : charges élémentaires négatives.

Un corps ne contenant que des électrons liés est un **isolant**.

Un corps contenant des électrons libres car pouvant se déplacer librement est un **conducteur** car il permet la circulation des charges électriques.

Un corps qui a perdu un électron libre devient une charge électrique positive, un corps récupérant un électron libre devient une charge électrique négative.

Les différentes charges électriques ont une influence les unes par rapport aux autres : Si l'on accumule d'un côté des charges électriques positives et de l'autre des charges négatives, il existe entre les deux une différence de potentiel électrique appelée **tension électrique**.



Lorsque les deux cotés sont reliés par un élément conducteur, les électrons libres de charges négatives se déplacent du pôle négatif vers le pôle positif. Ce déplacement de charges négatives crée un courant électrique négatif de sens opposé au sens conventionnel positif donné au **courant électrique**.

Exemples : la foudre entre deux nuages ou entre un nuage et la terre.
Une voiture chargée par le frottement dans l'air.

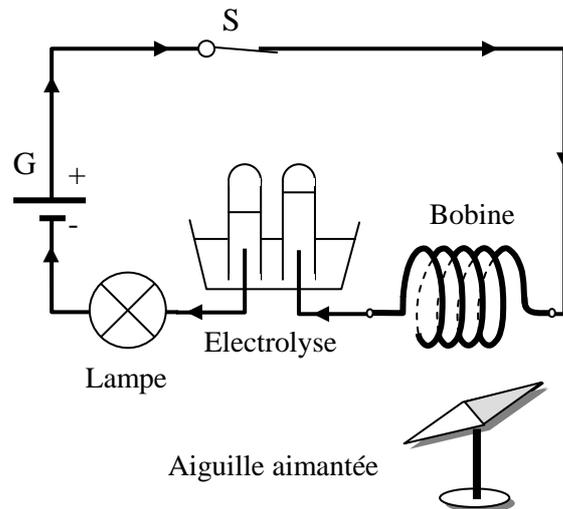
Le **courant électrique** est **porteur d'énergie** utilisée dans de nombreuses applications dans le domaine de l'électrotechnique :

- L'énergie thermique : le passage du courant électrique crée de la chaleur et rend incandescent le filament d'une lampe électrique.
- L'énergie mécanique : le passage du courant électrique crée un champ magnétique et provoque la mise en mouvement d'un moteur électrique.
- L'énergie chimique : le passage du courant électrique crée une réaction chimique et permet l'électrolyse de l'eau.

1. GENERALITES SUR LES CIRCUITS ELECTRIQUES

1.1. Notion de circuit électrique

Un circuit électrique est un ensemble comprenant un générateur, un ou plusieurs récepteurs reliés par des fils conducteurs et parcouru par un courant électrique.



Le **générateur** repéré G est la **source d'énergie**. Il crée l'énergie en établissant une différence de potentiel dans le circuit électrique.

Il s'agit par exemple d'une pile ou d'une batterie.

L'interrupteur repéré S permet ou non le passage du courant dans le circuit.

Les **récepteurs transforment l'énergie** électrique transportée par le courant

- en énergie thermique pour la lampe,
- en énergie chimique pour l'électrolyse
- en énergie mécanique pour l'aiguille aimantée.

Lorsque l'interrupteur S est ouvert, le courant électrique ne circule pas; aucun phénomène ne se passe: L'énergie n'est pas transportée.

Lorsque l'interrupteur S est fermé, **le courant électrique transporte l'énergie** dans le circuit de la borne positive vers la borne négative du générateur: la lampe s'éclaire (énergie thermique), l'aiguille aimantée dévie (énergie mécanique) et l'électrolyse fonctionne (énergie chimique).

1.2. Le courant électrique continu

Le courant électrique résulte d'un déplacement d'électrons de charge négative.

Le sens conventionnel du courant est le sens opposé au déplacement des électrons.

Les électrons de charge négative se déplacent de la borne – vers la borne + du générateur

Le courant électrique continu défini positif circule de la borne + vers la borne – du générateur

Il est représenté sur le circuit par une flèche qui indique le sens positif du courant.



André Marie Ampère
Français (1775-1836)

En régime établi, le courant électrique est constant.

L'intensité du courant électrique se note I et s'exprime en ampère.

C'est la quantité d'électricité transportée par unité de temps:

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

I en ampères (A)
q en coulombs (C)
t en secondes (s)

Une quantité d'électricité de 1 coulomb correspond au passage de 1 A pendant 1 s.

Un courant électrique de 1 A pendant 1 heure donne :

$$q = 1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$$

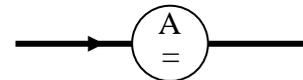
Pour information : la quantité d'électricité transportée par un électron est $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

1.3. La mesure de l'intensité d'un courant continu



On mesure l'intensité du courant électrique avec un **ampèremètre** analogique ou numérique branché en série dans le circuit ; Cette mesure nécessite de pouvoir ouvrir le circuit pour y insérer l'appareil qui doit être traversé par le courant à mesurer.

Symbole de l'ampèremètre continu :



On préfère donc utiliser la **pince ampèremétrique** qui donne la mesure de l'intensité dans le conducteur encerclé par la pince.

1.4. La différence de potentiel



Alessandro Volta
Italien (1745-1827)

Si un courant électrique circule entre deux points d'un circuit, il existe entre ces deux points une différence de potentiel électrique. Cette différence de potentiel est appelée tension électrique.

La tension électrique se note U ou V et s'exprime en volt.

C'est l'énergie transportée par la quantité d'électricité déplacée :

$$V = \frac{W}{q} \quad \begin{array}{l} V \text{ en volts (V)} \\ W \text{ en joules (J)} \\ q \text{ en coulombs (C)} \end{array}$$

La tension entre les points A et B d'un circuit c'est la différence de potentiel entre le points A et le point B. Elle est représentée sur un circuit par une flèche qui indique le potentiel le plus élevé :

$$V_{AB} = V_A - V_B \quad V \text{ en volt (V)}$$

Analogie avec l'eau : L'eau (**le courant**) circule entre deux points d'un circuit s'il existe entre ces deux points une différence de hauteur (**potentiel**) appelée pression (**tension**).

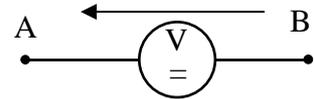
La quantité d'eau (**électricité**) déplacée par unité de temps est le débit (**intensité**).

1.5. La mesure d'une tension continue



On mesure la tension électrique entre deux points d'un circuit avec un **voltmètre** analogique ou numérique branché aux bornes des deux points. On dit aussi branché en parallèle ou en dérivation.

Symbole du voltmètre continu :



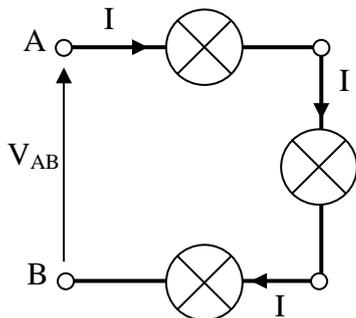
On utilise aussi un **multimètre** appareil assurant plusieurs fonctions et utilisable entre autre en voltmètre.

1.6. Branchement série ou parallèle

Nous avons vu qu'un circuit électrique comportait plusieurs éléments : un ou plusieurs générateurs, un ou plusieurs récepteurs, un interrupteur et plusieurs fils.

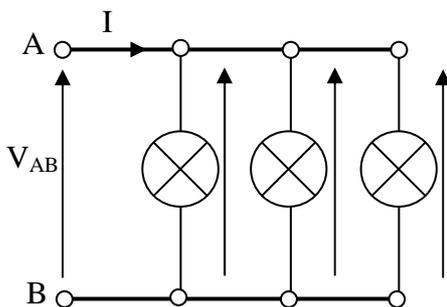
Tous ces éléments disposent de deux bornes et sont donc appelés **dipôles**.

Ils peuvent être branchés de différentes façons selon la complexité du circuit.



➤ Branchement en série :

On dit que plusieurs éléments sont branchés **en série** lorsqu'ils sont traversés par le même courant électrique. Dans l'exemple ci contre les 3 lampes sont parcourues par le même courant électrique d'intensité I ; elles sont branchées en série.



➤ Branchement en parallèle :

On dit que plusieurs éléments sont branchés **en parallèle** lorsqu'ils ont entre leurs bornes la même tension électrique. Dans l'exemple ci contre les 3 lampes sont soumises à la même différence de potentiel électrique V_{AB} ; elles sont branchées en parallèle ou en **dérivation**.

Alors branchement série ou branchement parallèle ?

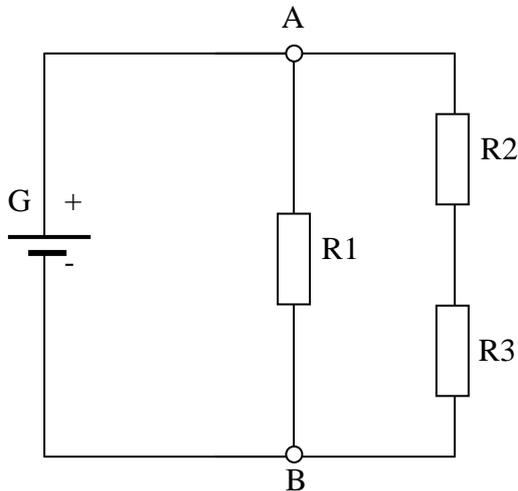
Si plusieurs générateurs ou récepteurs doivent fonctionner avec la même tension électrique, ils seront tous branchés en parallèle pour avoir entre leurs bornes la même tension.

Si plusieurs générateurs ou récepteurs doivent fonctionner avec le même courant électrique, ils seront tous branchés en série pour être traversés par le même courant.

Dans un même circuit des éléments peuvent être branchés en série et d'autres en parallèle.

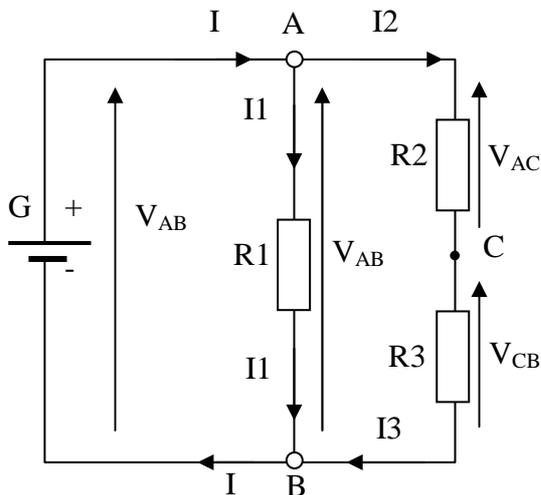
1.7. Notion de nœud, branche et maille dans un circuit

Dans le circuit ci dessous R1, R2 et R3 représentent 3 récepteurs quelconques.



- On appelle **nœud** une connexion où sont reliés plus de deux dipôles.
Dans le circuit ci contre il y a deux nœuds qui sont les points A et B.
- On appelle **branche** une partie du circuit entre deux nœuds consécutifs.
Dans le circuit ci contre il y a 3 branches entre les points A et B.
- On appelle **maille** une boucle dans le circuit.
Dans le circuit ci contre il y a trois mailles :
 - Une maille de G vers A, R1, B puis G,
 - Une maille de G vers A, R2, R3, B puis G,
 - Une maille de A vers R2, R3, B, R1 puis A.

1.8. Lois des nœuds, des branches et des mailles en courant continu



- Loi des nœuds :

Sur un nœud, la somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants

Au point A, on peut écrire : $I = I_1 + I_2$
De même au point B on a : $I_1 + I_3 = I$

- Loi des branches :

Dans une branche la tension totale est la somme des tensions prises aux bornes de chaque dipôle

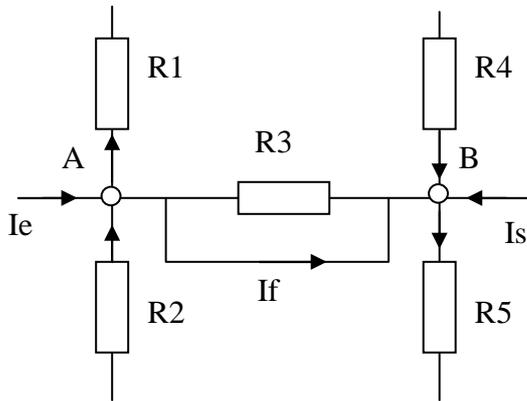
Dans la branche A, R2, R3, B on a $V_{AB} = V_{AC} + V_{CB}$

- Loi des mailles

Dans une maille la somme des tensions prises aux bornes de chaque dipôles en série est nulle

A condition de bien respecter l'orientation des flèches, dans la maille A vers R2, R3, B, R1 puis A, nous pouvons écrire : $V_{AC} + V_{CB} - V_{AB} = 0$ ou, en sens inverse, $-V_{AB} + V_{CB} + V_{AC} = 0$

1.9. Exemples d'exercice

Exemple N°1 : Exercice sur les courants électriques

On appelle I_1 , I_2 , I_3 , I_4 et I_5 l'intensité du courant dans les récepteurs R_1 , R_2 , R_3 , R_4 et R_5 .

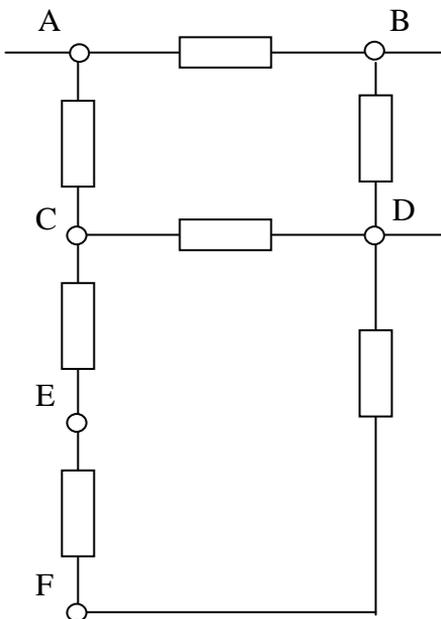
On donne :

$I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 6 \text{ A}$, $I_4 = 3 \text{ A}$, $I_5 = 4 \text{ A}$ et $I_f = 5 \text{ A}$

1° Quelle est la valeur I_3 du courant traversant R_3 ?

2° Calculer l'intensité du courant I_e et l'intensité du courant I_s

3° Calculer la quantité d'électricité transportée par le courant d'intensité I_e en 1 minute ?

Exemple N°2 : Exercice sur les tensions électriques

On donne : $V_F = 0 \text{ V}$, c'est le potentiel de référence.

On mesure : $V_{CF} = 12 \text{ V}$, $V_{DF} = 8 \text{ V}$, $V_{AD} = 6 \text{ V}$, $V_{AE} = 10 \text{ V}$ et $V_{BE} = 2 \text{ V}$

1° Donner le potentiel aux points A, B, C, D, E

2° Donner la différence de potentiel aux bornes de chaque récepteur : V_{AB} , V_{AC} , V_{CD} , V_{BD} , V_{CE} , V_{EF} .

3° Représenter ces tensions aux bornes de chaque récepteur

4° Ecrire et vérifier la loi des branches dans la branche CF

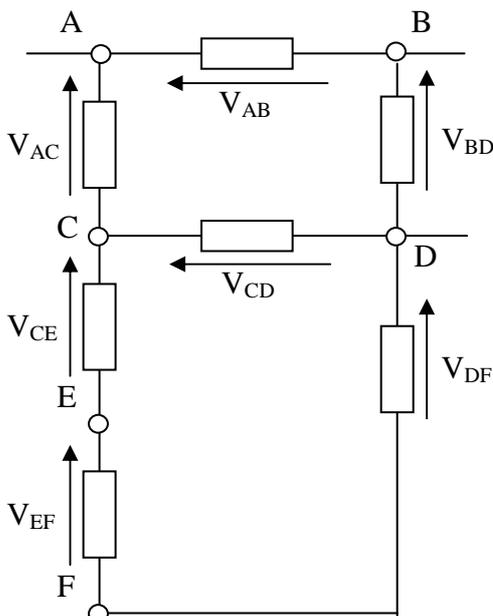
5° Ecrire et vérifier la loi des mailles dans la maille A,B,D,C,A puis dans la maille C,D,F,E,C

Exemple N°1 : Réponses et explications :

- 1° Les deux bornes de R3 sont reliées par un fil donc il n'existe pas de différence de potentiel aux bornes de R3 donc il n'y a pas de courant qui traverse R3.
on dit que R3 est en court circuit : $I_3 = 0 \text{ A}$.
- 2° Pour calculer I_e on applique la loi des nœuds au point A :
Courants rentrants = courants sortants au point A :
 $I_e + I_2 = I_1 + I_f \rightarrow I_e = I_1 + I_f - I_2 \rightarrow I_e = 1 \text{ A}$
- De même pour calculer I_s on applique la loi des nœuds au point B :
Courants rentrants = courants sortants au point B :
 $I_s + I_4 + I_f = I_5 \rightarrow I_s = I_5 - I_4 - I_f \rightarrow I_s = -4 \text{ A}$
Le signe - dans le résultat signifie que le courant I_s circule dans le sens inverse : il est sortant.
- 3° La quantité d'électricité transportée par I_e en 1 minute est : $q = I_e \times t$ avec t en secondes, I_e en ampères et q en coulombs.
En appliquant la formule on a $q = 1 \times 60 \rightarrow q = 60 \text{ C}$
Pour information, c'est le déplacement de 375 000 000 000 000 000 électrons libres !!!

Exemple N°2 : Réponses et explications :

- 1° On a $V_F = 0 \text{ V}$, $V_{CF} = 12 \text{ V}$ et $V_{CF} = V_C - V_F$ donc $V_C = V_{CF} + V_F \rightarrow V_C = 12 \text{ V}$
De même $V_{DF} = 8 \text{ V}$ et $V_{DF} = V_D - V_F$ donc $V_D = V_{DF} + V_F \rightarrow V_D = 8 \text{ V}$
De même $V_{AD} = 6 \text{ V}$ et $V_{AD} = V_A - V_D$ donc $V_A = V_{AD} + V_D \rightarrow V_A = 14 \text{ V}$
De même $V_{AE} = 10 \text{ V}$ et $V_{AE} = V_A - V_E$ donc $V_E = V_A - V_{AE} \rightarrow V_E = 4 \text{ V}$
De même $V_{BE} = 2 \text{ V}$ et $V_{BE} = V_B - V_E$ donc $V_B = V_{BE} + V_E \rightarrow V_B = 6 \text{ V}$
- 2° $V_{AB} = V_A - V_B = 14 - 6 \rightarrow V_{AB} = 8 \text{ V}$.
De même $V_{AC} = 2 \text{ V}$, $V_{CD} = 4 \text{ V}$, $V_{BD} = -2 \text{ V}$, $V_{CE} = 8 \text{ V}$, $V_{EF} = 4 \text{ V}$
 $V_{BD} = -2 \text{ V}$ signifie que le potentiel en B est plus petit que le potentiel en D



- 3° La tension $V_{AB} = V_A - V_B$ est représentée par une flèche orientée de B vers A
- 4° Dans la branche CF, la loi des branches donne :
 $V_{CF} = V_{CE} + V_{EF}$
En effet $V_{CE} = V_C - V_E$ et $V_{EF} = V_E - V_F$; Donc $V_{CE} + V_{EF} = V_C - V_E + V_E - V_F = V_C - V_F = V_{CF}$
- 5° En respectant bien l'orientation des flèches, dans la maille A,B,D,C,A on peut écrire :
 $V_{AB} + V_{BD} - V_{CD} - V_{AC} = 0$
En effet on vérifie que $8 + (-2) - 4 - 2 = 0$
- De même dans la maille C,D,F,E,C on a :
 $V_{CD} + V_{DF} - V_{EF} - V_{CE} = 0$
En effet on vérifie que $4 + 8 - 4 - 8 = 0$

Autocorrection



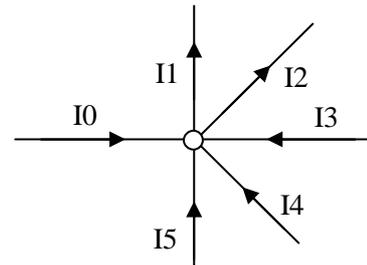
1.10. Exercices à résoudre

Exercice N°1 :

Une quantité d'électricité $q = 50\text{C}$ passe dans un circuit pendant 10s. Calculer I du courant.
De même avec 7200C pendant 1h puis avec 1Ah pendant 5 min

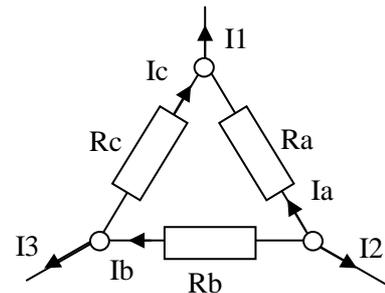
Exercice N°2 :

Calculer l'intensité I_0 en sachant que l'on a mesuré
 $I_1 = -6\text{ A}$, $I_2 = 4\text{ A}$, $I_3 = 5\text{ A}$, $I_4 = -3\text{ A}$, $I_5 = 2\text{ A}$



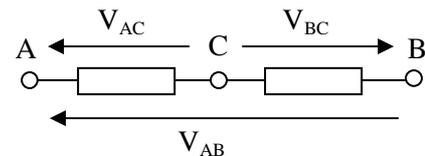
Exercice N°3 :

On donne : $I_a = 2\text{ A}$, $I_b = -3\text{ A}$, $I_c = 1\text{ A}$
Calculer I_1 , I_2 et I_3



Exercice N°4 :

Dans la branche représentée ci contre on mesure :
 $V_{AB} = 20\text{ V}$ et $V_{AC} = 10\text{ V}$
Calculer V_{BC}



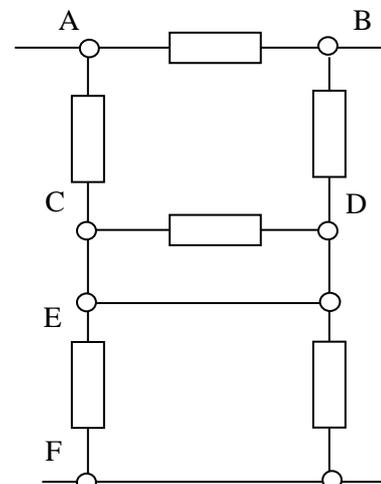
Exercice N°5 :

Dans le schéma ci contre on donne : $V_F = 5\text{ V}$

On mesure : $V_{CF} = 10\text{ V}$, $V_{DA} = 5\text{ V}$ et $V_{BE} = -5\text{ V}$

1° Donner le potentiel aux points A, B, C, D, E

2° Donner la différence de potentiel aux bornes de chaque récepteur : V_{AB} , V_{AC} , V_{CD} , V_{BD} , V_{CE} , V_{EF} .



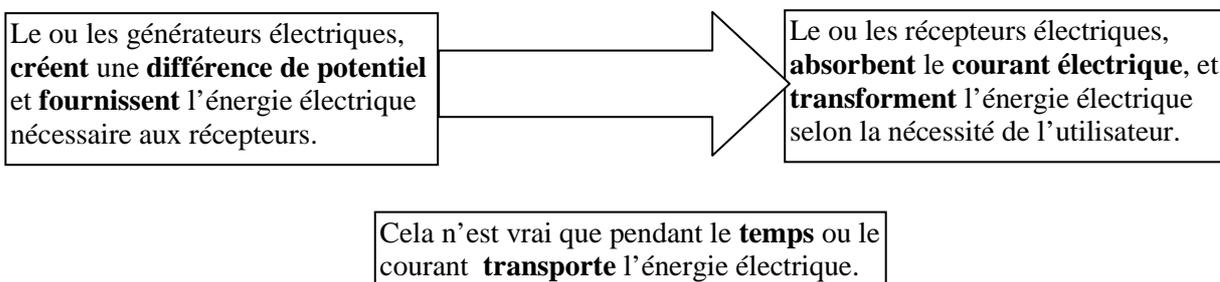
Travail personnel



2. ETUDE THERMIQUE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE

2.1. L'énergie électrique

Nous avons vu qu'un circuit électrique est composé d'un ou plusieurs générateurs et d'un ou plusieurs récepteurs reliés par des fils.



Par conséquent, l'**énergie électrique** notée W est proportionnelle

- à la différence de potentiel fournie au circuit notée V ou U en volts
- au courant électrique absorbé par le récepteur noté I en ampères
- au temps nécessaire au courant pour le transport noté t en secondes

$$W = V \cdot I \cdot t$$

(J) (V) (A) (s)

L'unité de l'énergie électrique est le **joule**.

1 joule est l'énergie électrique transportée en 1 seconde par un courant de 1 A sous une tension de 1 V.

On utilise plus communément le wattheure (Wh) et même

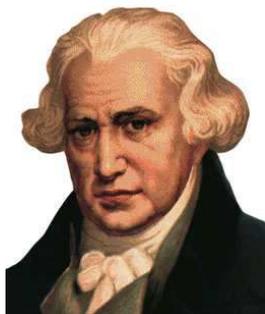
le kilowattheure dans les **compteurs d'énergie électrique** :

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

2.2. La puissance électrique

L'énergie peut se présenter sous plusieurs formes : l'énergie thermique, mécanique, chimique...

Quelque soit l'énergie produite par le générateur ou consommée par le récepteur, en un temps donné, cette quantité d'énergie dépend de la puissance de l'appareil.



James Watt
Ecoissais (1736-1819)

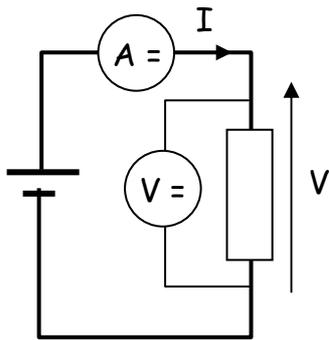
Plus un appareil est puissant, plus il produit d'énergie en un temps donné et inversement.

D'où la relation donnant la puissance P d'un appareil en fonction de l'énergie produite ou consommée par cet appareil en un temps donné :

La puissance se note P et s'exprime en watts :

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

P en watts (W)
W en joules (J)
t en secondes (S)



La **puissance électrique** d'un appareil est égale à l'**énergie électrique** produite ou consommée par cet appareil en un temps donné :

La puissance électrique d'un appareil parcouru par un courant continu est égale au produit de la tension à ses bornes par l'intensité du courant continu qui le traverse :

Des 2 relations $W = V \cdot I \cdot t$
Et $P = W / t$ on a :

$$\boxed{P = V \cdot I}$$

(W) (V) (A)

La puissance électrique consommée par un récepteur placé dans un circuit parcouru par un courant continu est obtenu en mesurant l'intensité du courant électrique absorbé par le récepteur avec un ampèremètre et la tension aux bornes du récepteur avec un voltmètre. Cette méthode est appelée **méthode voltampèremétrique** en continu.

Il suffit alors de multiplier la valeur V de la tension lue sur le voltmètre par la valeur I de l'intensité lue sur l'ampèremètre pour obtenir la puissance.



On peut mesurer directement la puissance électrique avec un **wattmètre**.

C'est un appareil de mesure avec un circuit pour la mesure de la tension et un circuit pour la mesure du courant. Le wattmètre fait lui-même la multiplication et affiche directement la valeur de la puissance.

2.3. Le résistor ou résistance

Nous avons vu que les récepteurs transforment l'énergie électrique.

D'après le principe de la conservation de l'énergie, toute l'énergie produite est transformée.

Quelque soit l'énergie produite, **la transformation de l'énergie crée toujours un échauffement**.

Cet échauffement peut être désiré lorsque l'on veut produire de l'énergie thermique ou indésirable lorsque l'on produit de l'énergie mécanique ou chimique car c'est alors une perte d'énergie.

Le déplacement des charges électriques dans un matériau donné est plus ou moins facile.

C'est ainsi que nous pouvons considérer plusieurs types de matériaux: des conducteurs ou des isolants.

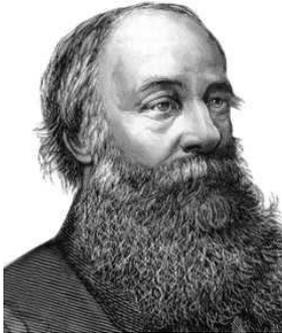
Les **matériaux isolants** s'opposent au passage du courant électrique.

Les **matériaux conducteurs** laissent passer plus ou moins facilement le courant électrique

On appelle **résistance électrique** d'un conducteur sa capacité à s'opposer au passage du courant électrique. La résistance électrique provoque un échauffement : C'est l'**effet Joule**.

Un récepteur dont le seul but est de s'opposer au passage du courant s'appelle un **résistor**.

Le résistor ne produit rien. Il consomme de l'énergie électrique et la transforme intégralement en énergie thermique. On dit que c'est un **dipôle passif**. De plus les deux bornes d'un résistor ne sont pas repérées ; on peut le brancher indifféremment dans un sens ou dans l'autre : il est **non polarisé**.



James Prescott Joule
Anglais (1818-1889)

La résistance peut être comparée au frottement d'un liquide dans une conduite ou d'un projectile dans l'air.

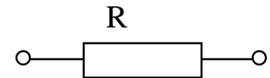
Le résistor transforme toute l'énergie électrique en chaleur.

Cette transformation s'appelle l'effet JOULE

Exemples: un rhéostat, une résistance, un radiateur électrique ...

Le résistor est notée R et **la résistance** s'exprime en ohms : (Ω).

Symbole d'un récepteur purement résistif :
ou résistor



L'inverse de la résistance est la conductance.
Elle est notée G et s'exprime en siemens : (S).

2.4. La loi de Joule

Nous avons vu que la résistance électrique en s'opposant au passage du courant électrique provoque un échauffement appelé **effet Joule**.

L'**énergie thermique** ainsi dissipée en chaleur est proportionnelle

- à la résistance électrique du récepteur notée R exprimée en ohms
- au carré de l'intensité absorbée par le récepteur noté I en ampères
- au temps pendant lequel le courant circule noté t en secondes

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

(J) (Ω) (A^2) (s)

Ceci constitue la **loi de Joule** :

L'énergie électrique dissipée en chaleur par effet Joule dans une résistance parcourue par un courant électrique est proportionnelle au carré de l'intensité.

La puissance consommée ou **puissance dissipée** en chaleur est égale à :

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

(W) (Ω) (A^2)

2.5. La loi d'Ohm

Pour un récepteur électrique de résistance R alimenté sous une tension V et parcouru par un courant I, pendant un temps donné, l'énergie électrique absorbée est égale à l'énergie thermique dissipée.

Donc : $W = V \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$

De même pour les puissances : la puissance électrique fournie est égale à la puissance dissipée.

Donc : $P = V \cdot I = R \cdot I^2$

Que l'on peut écrire sous la forme : $V \cdot I = R \cdot I \cdot I$ donc :

$$V = R \cdot I$$

(V) (Ω) (A)

Ceci constitue la **loi d'Ohm** :

La tension électrique V aux bornes d'un récepteur purement résistif est égale au produit de sa résistance R par l'intensité I du courant électrique qui le traverse.

Cas particuliers :

- Un **fil électrique** utilisé dans un circuit est un conducteur qui, parcouru par un courant électrique se comporte comme n'importe quel récepteur : Lorsque l'intensité du courant électrique transporté est trop importante il s'échauffe et peut même fondre.

Il convient donc de choisir une section de fil adaptée pour le courant à transporter, cela dans le seul but de réduire au maximum la résistance du fil au passage du courant.

La résistance d'un fil dépend de sa longueur l , de sa section s et de la résistivité ρ du matériau conducteur (pour le cuivre $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega m$).

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

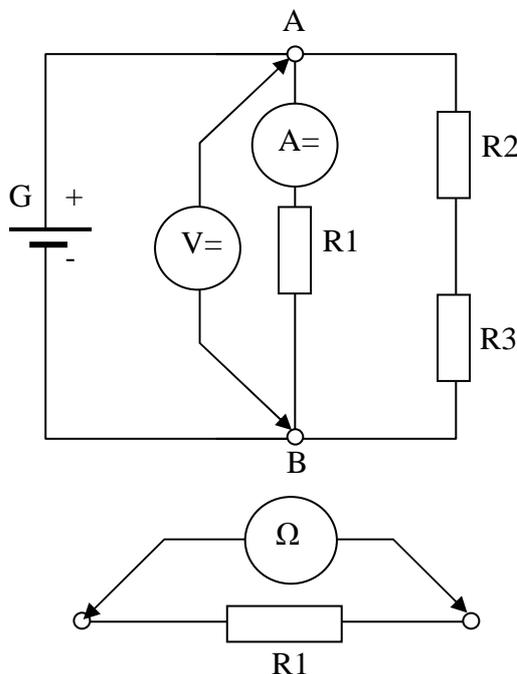
l longueur en m
 s section en m^2
 ρ résistivité en Ωm
 R résistance en Ω

- Un **fusible** est un élément de protection placé dans un circuit et choisi pour fondre rapidement si le courant dans le circuit dépasse l'intensité nominale du fusible, coupant ainsi le circuit électrique.

2.6. Mesure d'une résistance

La résistance électrique d'un récepteur placé dans un circuit parcouru par un courant continu est obtenu en mesurant l'intensité du courant électrique traversant le récepteur avec un ampèremètre et la tension aux bornes du récepteur avec un voltmètre : **méthode voltampèremétrique en continu**.

Il suffit alors de diviser la valeur de la tension par la valeur de l'intensité pour obtenir la résistance.



On peut mesurer directement la résistance électrique avec un **ohmmètre** ou un **multimètre** appareil assurant plusieurs fonctions et utilisable entre autre en ohmmètre.

Il est branché aux bornes de la résistance à mesurer lorsqu'elle est **hors tension**. Il convient donc de prendre la précaution **débrancher le récepteur** à mesurer pour éviter de mesurer la résistance totale du circuit et tout risque de court-circuit.

Dans l'exemple ci contre on détermine $R1$ en mesurant la tension V_{AB} et l'intensité du courant $I1$ traversant $R1$.

On calcule alors $R1 = V_{AB} / I1$ en respectant les unités.

Si on préfère utiliser un ohmmètre pour mesurer $R1$, il est absolument nécessaire de débrancher la résistance $R1$ et, on lit directement la valeur de la résistance sur l'appareil.

Remarque : La résistivité des matériaux dépend de la température ; Donc pour connaître précisément la résistance d'un récepteur il convient de faire les mesures dans les conditions exactes de fonctionnement c'est à dire **à chaud**.

Cette caractéristique des matériaux est utilisée pour réaliser des sondes de température : une variation de résistance donnant un écart de température.

Cas particuliers de résistance :

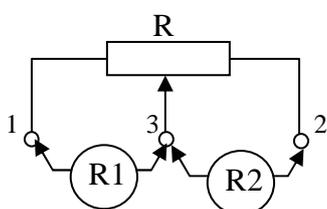
- Un **shunt** est une petite résistance de valeur très précise utilisée pour la mesure indirecte des courants de forte intensité. Le shunt est placé en série dans un circuit. Il est traversé par le courant dont on veut mesurer l'intensité. La valeur de l'intensité est déduite de la mesure de tension aux bornes du shunt. C'est souvent un fil dont la matière, la longueur et la section sont bien définies.

Par exemple : Il existe des shunts 20A 100 mV. Cela signifie que la tension aux bornes du shunt est de 100 mV lorsqu'il est traversé par un courant d'intensité 20 A.

D'après la loi d'Ohm, la résistance du shunt est $R_s = V / I = 0,1 / 20 = 5 \text{ m}\Omega$.

Si la mesure de tension donne 80 mV, cela signifie que l'intensité du courant à mesurer est 16 A

- Un **potentiomètre** ou **rhéostat** est une résistance dont on peut faire varier la valeur. Cette résistance est munie d'un curseur permettant de n'en prendre en compte qu'une partie.



Dans l'exemple ci contre, on retrouve la résistance totale R entre les bornes 1 et 2.

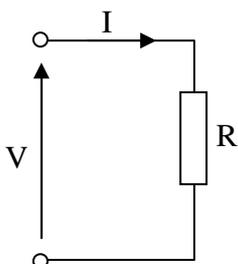
Entre les bornes 1 et 3 il n'y a qu'une partie R1 de la résistance et entre les bornes 2 et 3 il y a l'autre partie $R_2 = R - R_1$.

On a un montage équivalent à deux résistances branchées en série.

Ce composant permet d'obtenir ainsi toute les valeurs non normalisées des résistances mais il nécessite un réglage qu'il vaut mieux éviter dans les fabrications en grande quantité.

2.7. Puissance dissipée

Les différentes résistances que l'on trouve dans le commerce sont de taille ou de grosseur différentes en fonction de la **puissance thermique** qui leur est possible de dissiper. Il existe plusieurs valeurs normalisées de puissance à ne pas dépasser : $\frac{1}{8} \text{ W}$, $\frac{1}{4} \text{ W}$, $\frac{1}{2} \text{ W}$, 1W, 2 W, ...



Dans l'exemple ci contre, la résistance R est soumise à une tension V donc elle est traversée par un courant d'intensité I.

On donne $V = 24 \text{ V}$ et $R = 1,2 \text{ k}\Omega$

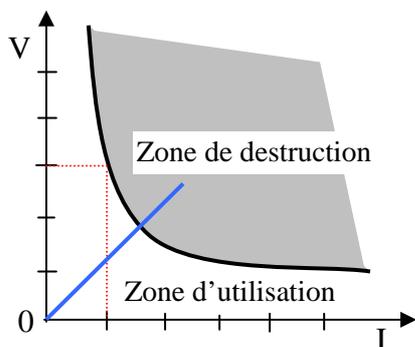
L'intensité du courant est :

D'après la loi d'Ohm : $I = V / R = 24 / 1200 = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$

La puissance dissipée est :

D'après le loi de Joule : $P = R I^2 = 1200 \times (0,02)^2 = 0,48 \text{ W} = 480 \text{ mW}$

Elle doit supporter au moins une puissance de $\frac{1}{2} \text{ W}$ sinon elle sera détruite.



Sur la courbe caractéristique $V = f(I)$ de la résistance utilisée donnant la tension en fonction de l'intensité du courant, on peut délimiter la zone d'utilisation et la zone de destruction en traçant la **courbe de dissipation maximale**.

Avec la loi d'Ohm $V = R I$

et la puissance $P = V I$ on a

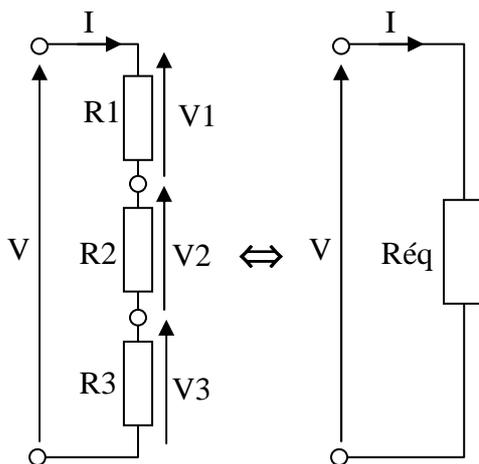
$$P = R I^2 \text{ ou } P = V^2 / R$$

Pour une puissance et une résistance données il convient d'ajuster la tension en fonction du courant maximal ou inversement.

2.8. Association de résistances

Nous avons vu que les résistances du commerce ont des valeurs normalisées. Lorsque nous voulons obtenir une valeur non normalisée il faut associer entre elles plusieurs résistances.

Comme tous les dipôles, les résistances peuvent être branchées en série ou en parallèle.



➤ Branchement de résistances en série :

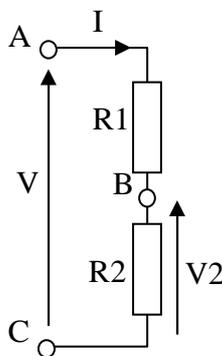
Lorsque des résistances sont branchées en série, elles sont traversées par le même courant d'intensité I .

En appliquant la loi des branches et la loi d'Ohm, on a : $V = V_1 + V_2 + V_3 = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I$
 $= (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I$
 $= R_{\text{éq}} \cdot I$

avec **$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2 + R_3$**

Dans un branchement en série, la résistance équivalente $R_{\text{éq}}$ est la somme des résistances

Cas particulier du potentiomètre ou de deux résistances branchées en série



On branche en série deux résistances R_1 et R_2 alimentées sous une tension V ou un potentiomètre dont la résistance équivalente est **$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2$**

Entre les points B et C on peut écrire $V_2 = R_2 \cdot I$

Entre les points A et C on peut écrire $V = (R_1 + R_2) \cdot I$ donc $I = V / (R_1 + R_2)$

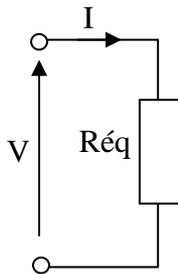
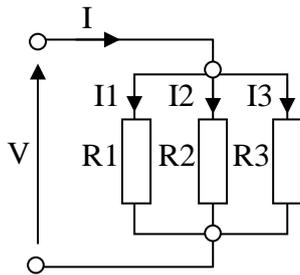
Ce qui permet d'exprimer V_2 en fonction de V : **$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V$**

Si $R_1 = R_2$ alors V_2 est deux fois plus petite que V

Un tel montage est appelé **diviseur de tension** ou **diviseur potentiométrique**.

Si R_1 est 19 fois R_2 alors V_2 est 20 fois plus petite que V .
 C'est le cas des **sondes atténuatrices de tension**.

Lorsque la tension à mesurer est trop grande par rapport aux possibilités de l'appareil de mesure Il est parfois nécessaire de diminuer la valeur du signal à mesurer. On utilise alors des sondes atténuatrices qui permettent de diviser la tension à mesurer par 20 ou même par 200.



➤ Branchement de résistances en parallèle:

Lorsque des résistances sont branchées en parallèle, elles sont alimentées par la même tension V.

En appliquant la loi des nœuds et la loi d'Ohm, on a

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V / R_1 + V / R_2 + V / R_3$$

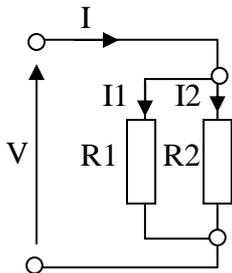
$$= (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \cdot V$$

$$= 1/R_{\text{éq}} \cdot V$$

avec $1/R_{\text{éq}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$

Dans un branchement en parallèle, l'inverse de la résistance équivalente Réq est la somme des inverses de chacune des résistances.

Cas particulier de deux résistances branchées en parallèle



On branche en parallèle deux résistances R1 et R2 alimentées sous une tension V.

La résistance équivalente du circuit est telle que $1/R_{\text{éq}} = 1/R_1 + 1/R_2$

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_2 \times R_1} \quad \text{donc} \quad R_{\text{éq}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Calcul de Réq avec une calculatrice :

Valeur de R1

Valeur de R2

Etc ...

On obtient Réq

D'après la loi d'ohm dans la branche de R1 , $I_1 = V / R_1$

D'après la loi d'ohm dans le circuit $V = R_{\text{éq}} \cdot I$ ↗

D'où l'expression de I1 en fonction de I : $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$

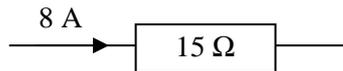
Si $R_1 = R_2$, l'intensité I1 est deux fois plus petite que l'intensité I

Un tel montage est appelé **diviseur de courant**.

2.9. Exemples d'exercice

Exemple N°1 : Exercice sur l'énergie électrique

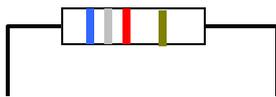
Un résistor de 15Ω est traversé par un courant électrique de 8 A



Quelle est la tension aux bornes du résistor ?
 Quelle puissance dissipe t'il ?
 Quelle énergie dégage t'il pendant 1h30 de fonctionnement et sous quelle forme ?

Exemple N°2 : Exercice sur la résistance électrique

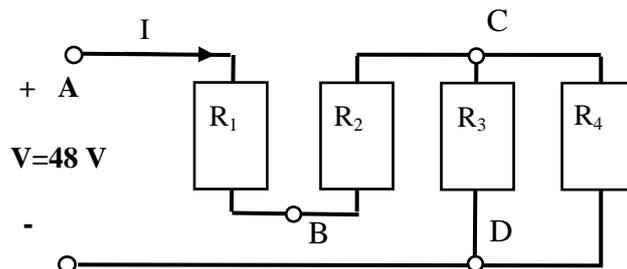
Voici les couleurs lues sur une résistance : bleu, gris, rouge et or



Quelle est sa valeur ?
 Sachant qu'elle peut dissiper au maximum 3 W quelle intensité peut elle supporter ?
 Sous quelle tension maximale faut-il l'alimenter ?

Exemple N°3 : Exercice sur l'association de résistance

On donne: $R_1 = 7 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 15 \Omega$, $R_4 = 10 \Omega$

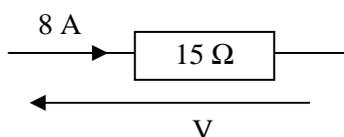


Déterminer la résistance équivalente à l'ensemble des résistors.

En déduire le courant total I dans le circuit

Calculer les tensions intermédiaires V_{AB} , V_{BC} , V_{CD}

Quelle intensité traverse R_1 , R_2 , R_3 , R_4 ?

Exemple N°1 : Réponses et explications :

Pour connaître la tension aux bornes du récepteur, on applique la

loi d'Ohm : $V = R \cdot I$

$$V = 15 \times 8 = 120 \text{ V}$$

La puissance est donnée par la **loi de Joule** : $P = R \cdot I^2$

$$P = 15 \times 8^2 = 960 \text{ W}$$

L'énergie dégagée est de l'énergie thermique par effet Joule ou énergie calorifique

D'après la **loi de Joule** : $W = R \cdot I^2 \cdot t$ avec t en seconde et W en joule

Ou bien $W = R \cdot I^2 \cdot t$ avec t en heure et W en Wattheure

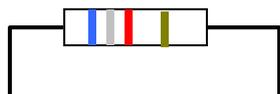
Nous avons 1h30 de fonctionnement qu'il faut convertir en secondes : 5400 s

Ou en heure : 1,5 h

Donc $W = 15 \times 8^2 \times 5400 = 5\,184\,000$ joules

Ou $W = 15 \times 8^2 \times 1,5 = 1440$ wattheure soit 1,44 kWh

le kilowattheure est l'unité communément utilisée sur les factures EDF.

Exemple N°2 : Réponses et explications :

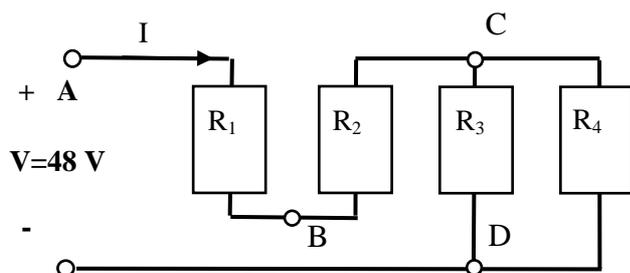
La valeur de cette résistance est de 6800Ω à 5%

On sait qu'elle peut dissiper 3 W

$$\text{Donc } P = R \cdot I^2 \text{ donne } I^2 = P / R \text{ donc } I = \sqrt{P / R}$$

L'intensité maximale possible est $I_{\max} = 21 \text{ mA}$

Pour connaître la tension maximale on applique la loi d'Ohm : $V_{\max} = R \cdot I_{\max} = 142 \text{ V}$

Exemple N°3 : Réponses et explications :

$$R_1 = 7 \Omega, R_2 = 3 \Omega, R_3 = 15 \Omega, R_4 = 10 \Omega$$

La résistance équivalente est R_1 en série avec R_2 en série avec R_3 et R_4 en parallèle

Calcul de R_3 et R_4 en parallèle :

$$R_{34} = (R_3 \times R_4) / (R_3 + R_4) = 150 / 25 = 6 \Omega$$

La résistance équivalente est $7 + 3 + 6 = 16 \Omega$

L'intensité dans le circuit est donnée par la loi d'Ohm : $I = 48 / 16 = 3 \text{ A}$

Encore avec la loi d'Ohm on a : $V_{AB} = R_1 I = 7 \times 3 = 21 \text{ V}$,

$$V_{BC} = R_2 I = 3 \times 3 = 9 \text{ V},$$

$$V_{CD} = R_{34} I = 6 \times 3 = 18 \text{ V} \text{ ou } V_{AD} - (V_{AB} + V_{BC})$$

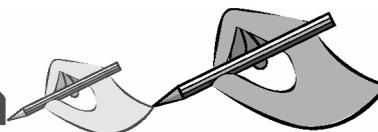
L'intensité dans R_1 et R_2 est l'intensité dans le circuit car elle sont en série donc 3 A

L'intensité dans R_3 est donnée par la loi d'Ohm : $I_3 = V_{CD} / R_3 = 18 / 15 = 1,2 \text{ A}$

Et l'intensité dans R_4 est donnée par la loi d'Ohm : $I_4 = V_{CD} / R_4 = 18 / 10 = 1,8 \text{ A}$

On peut vérifier la loi des nœuds au point C : $I = I_3 + I_4 \rightarrow 1,2 + 1,8 = 3 \text{ A}$

Autocorrection



2.10. Exercices à résoudre

Exercice N°1 :

Quelle est la tension maximale que peut supporter un résistor de $25 \text{ W} - 100 \Omega$?
Quelle est alors l'intensité du courant qui le traverse ?

Exercice N°2 :

Un câble électrique de longueur 100m est constitué de deux conducteurs en cuivre de section $1,5 \text{ mm}^2$ parcouru par un courant de 12 A.

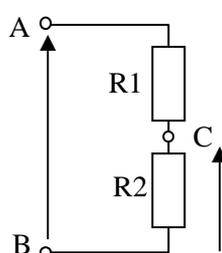
On donne la résistivité du cuivre égale à $1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$.

Calculer la résistance du câble ?

Calculer la chute de tension dans le câble ?

Calculer la puissance dissipée dans le câble ?

Exercice N°3 :



Le circuit est alimenté sous une tension de $V_{AB} = 16 \text{ V}$

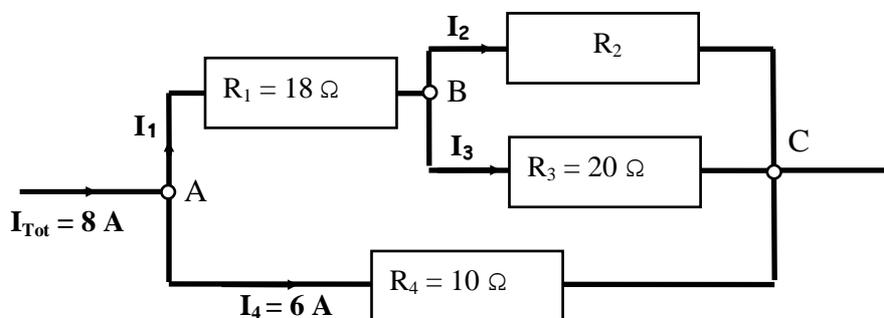
On donne $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$

Quelle est la valeur de R_2 pour avoir $V_{CB} = 12 \text{ V}$

Choisir la valeur normalisée la plus proche

Donner son code des couleurs

Exercice N°4 :



Calculer la résistance de R_2

Travail personnel



3. ETUDE GENERALE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE

Nous avons vu que les résistances sont des dipôles passifs

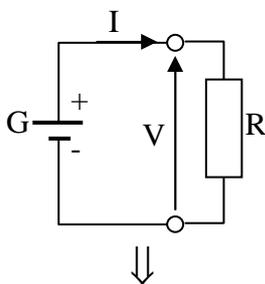
Nous allons voir qu'il existe des **dipôles actifs** que l'on appelle **électromoteurs**.

Ce sont des dipôles qui produisent l'énergie électrique à partir d'une autre énergie de nature différente ou des dipôles qui consomment l'énergie électrique pour la transformer en énergie de nature différente. Pour réaliser cette activité, ces dipôles ont leur propre consommation interne d'énergie électrique.

En général ce sont des **dipôles polarisés**. Il faut les brancher dans un sens bien déterminé car leur bon fonctionnement en dépend.

3.1. L'électromoteur générateur

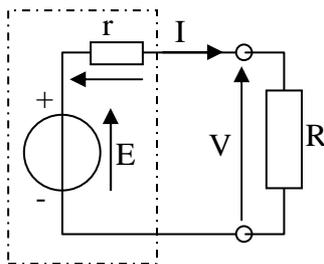
L'électromoteur générateur produit et fournit l'énergie électrique à l'installation à partir d'une énergie de nature différente : une **dynamo** fournit l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique, une **pile** électrique fournit l'énergie électrique à partir de l'énergie chimique, une **alimentation** stabilisée de laboratoire fournit l'énergie électrique à partir d'une énergie électrique de nature différente.



Prenons l'exemple d'une pile électrique :

Lorsqu'elle transforme l'énergie chimique en l'énergie électrique, elle consomme une partie de l'énergie produite qu'elle dissipe en chaleur.

On peut donc considérer tout générateur réel comme étant l'association d'un **générateur parfait** (sans consommation interne) qui produit l'énergie et d'une **résistance interne** qui dissipe une partie de l'énergie produite.



En appliquant la loi des branches on peut écrire
la loi d'Ohm pour l'électromoteur générateur :

$$V = E - r.I$$

le terme $r.I$ est la chute de tension dans la **résistance interne** du générateur et E la tension aux bornes du générateur parfait, exprimée en volts.

E s'appelle la **force électromotrice : f.é.m** du générateur.

Lorsque le circuit est ouvert, pas de charge, le courant ne circule pas, $I = 0$ et la tension mesurée aux bornes du générateur est la tension à vide.

Si on note cette tension V_0 l'indice 0 pour $I = 0$, on a

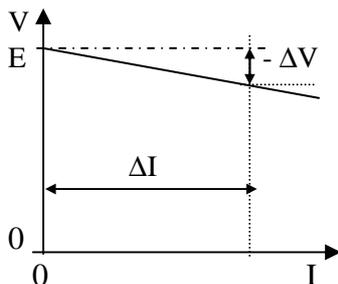
$$V_0 = E$$

On peut alors tracer la caractéristique tension en fonction du courant.

Pour $I = 0$, on a $V = V_0 = E$ et, pour $I \neq 0$ on a $V = E - r.I$

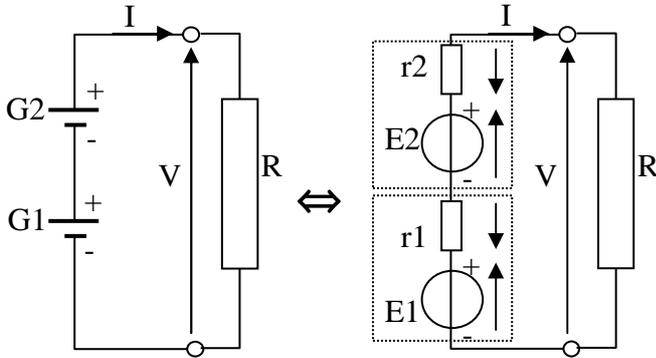
Pour une augmentation de I notée $+\Delta I$ on a une diminution de tension notée $-\Delta V$ telle que $-\Delta V = r \cdot \Delta I$ donc

$$r = -\Delta V / \Delta I$$



3.2. Association de générateurs

Les générateurs sont des dipôles polarisés : leurs bornes sont repérées + ou -. Il faut donc être prudent lors de leur branchement.



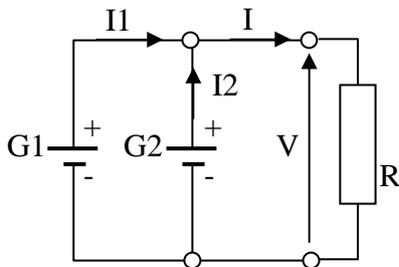
➤ Branchement de générateurs en série :

Lorsque l'on branche des générateurs en série, la borne + de l'un est reliée à la borne - de l'autre et ainsi de suite : ils sont parcourus par le même courant I.

Prenons l'exemple de deux générateurs branchés en série et appliquons la loi des branches :

$$V = E1 - r1.I + E2 - r2.I \\ = (E1 + E2) - (r1 + r2) . I$$

Les tensions s'ajoutent et l'intensité est la même.



➤ Branchement de générateurs en parallèle :

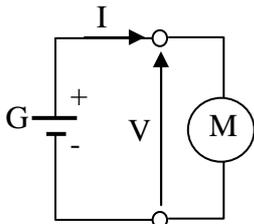
Lorsque l'on branche des générateurs en parallèle, les bornes + sont reliées et les bornes - sont reliées : ils sont soumis à la même tension V.

Lorsque deux générateurs sont branchés en parallèle : Les intensités s'ajoutent et la tension est la même dont il faut utiliser des générateurs identiques.

3.3. L'électromoteur récepteur

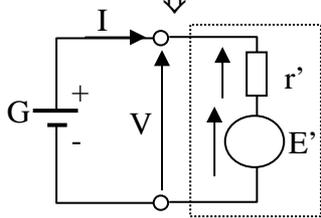
L'électromoteur récepteur absorbe et transforme l'énergie électrique de l'installation en une énergie de nature différente :

- une **moteur** transforme l'énergie électrique en énergie mécanique,
- une **cuve** à électrolyse transforme l'énergie électrique en énergie chimique,
- une **onduleur** transforme l'énergie électrique en énergie électrique différente.



Lorsqu'un moteur transforme l'énergie électrique en l'énergie mécanique, il consomme une partie de l'énergie absorbée qu'il dissipe en chaleur.

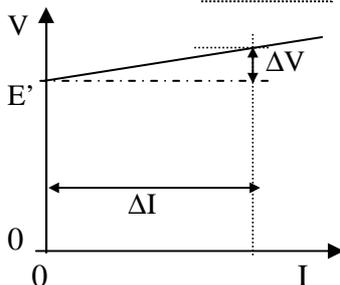
On peut donc considérer tout récepteur actif comme étant l'association d'un **électromoteur parfait** (sans consommation interne) qui transforme l'énergie et d'une **résistance interne** qui dissipe une partie de l'énergie absorbée.



En appliquant la loi des branches on peut écrire
la loi d'Ohm pour l'électromoteur récepteur :

$$V = E' + r'.I$$

$r'.I$ est la chute de tension dans la **résistance interne** de l'électromoteur et E' la tension aux bornes de l'électromoteur parfait, exprimée en volts. E' s'appelle la **force contre électromotrice : f.c.é.m** de l'électromoteur.



Comme pour le générateur, on peut alors tracer la caractéristique tension en fonction du courant de l'électromoteur récepteur

Si on note V_0 la tension lorsque $I = 0$, on a

$$V_0 = E'$$

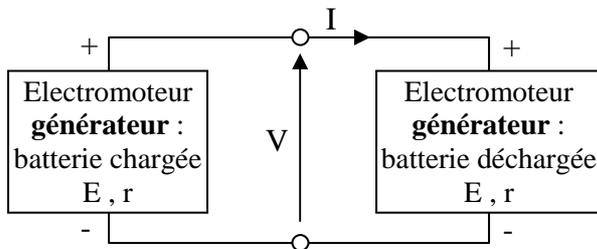
Lorsque I augmente de ΔI , V augmente de ΔV donc

$$r' = \Delta V / \Delta I$$

3.4. La loi d'Ohm généralisée

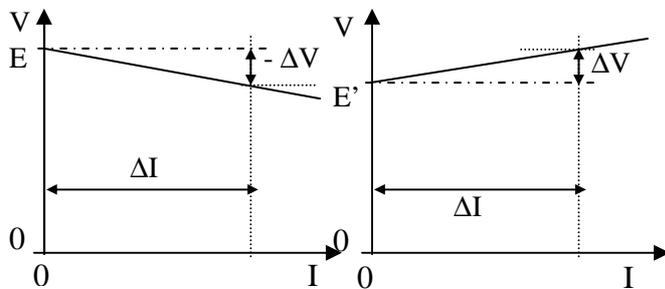
Etudions maintenant un circuit avec un électromoteur générateur et un électromoteur récepteur en prenant le cas particulier d'un électromoteur réversible : la batterie.

Lorsqu'une batterie est chargée, elle fournit l'énergie électrique au circuit c'est donc un générateur et, lorsqu'une batterie est en charge, elle absorbe l'énergie électrique et la transforme en énergie chimique



Lorsque l'on va relier le générateur au récepteur un courant électrique I va circuler dans le circuit du générateur vers le récepteur : le générateur fournit l'énergie et le récepteur l'absorbe.

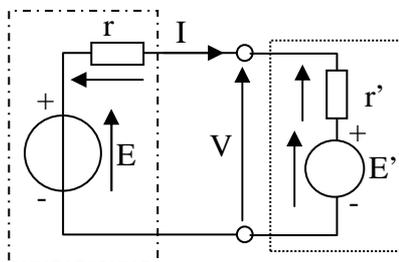
Les deux appareils étant reliés ils ont la même tension V à leurs bornes.



La tension aux bornes de la batterie chargée initialement à E va progressivement diminuer selon la loi d'Ohm du générateur $V = E - r.I$.

La tension aux bornes de la batterie déchargée initialement à E' va progressivement augmenter selon la loi d'Ohm du récepteur $V = E' + r'.I$

Ceci jusqu'à l'équilibre du système : égalité des tensions et courant nul



En appliquant la loi des mailles dans le circuit ci contre on a : $E - r.I - r'.I - E' = 0$

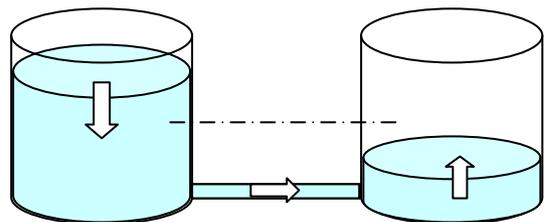
Que l'on peut écrire : $E - E' = (r + r').I$

De même si on a plusieurs générateurs et plusieurs récepteurs : $\Sigma E - \Sigma E' = \Sigma R . I$ où ΣE est la somme des forces électromotrices $\Sigma E'$ la somme des forces contre électromotrices ΣR la somme de toutes les résistances

La **loi d'Ohm généralisée** permet de calculer l'intensité du courant d'une maille : Elle est égale à la somme des forces électromotrices des générateurs ΣE diminuée de la somme des forces contre électromotrices des récepteurs $\Sigma E'$ et divisée par la somme des résistances présentes dans la maille ΣR .

$$I = \frac{\Sigma E - \Sigma E'}{\Sigma R}$$

Analogie avec l'eau : Lorsque l'on relie par un tuyau deux cuves d'eau, l'une remplie et l'autre vide, la cuve pleine va se vider dans la cuve vide jusqu'à égalité des niveaux ; Lorsque cette égalité est atteinte l'eau ne circule plus.



3.5. Le condensateur - Capacité



il existe différents condensateurs, chimique, céramique, tantale etc... Il est caractérisé par la tension maximale que l'on peut lui appliquer dite tension de service et sa capacité.

Le condensateur est un dipôle qui peut être polarisé ou non polarisé.

Symbole d'un condensateur :

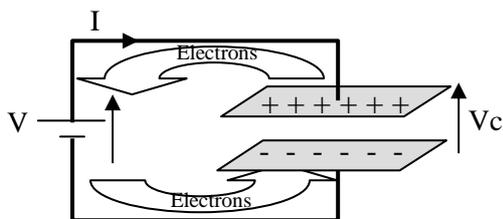
Parmi toutes les formes d'énergie électrique possible il existe l'électricité statique qui apparaît lorsqu'une substance perd ou gagne des électrons. C'est le cas par exemple lorsque l'on frotte une règle plastique sur un vêtement.

Un condensateur est un réservoir d'énergie électrostatique. Il est constitué de deux plaques métalliques séparées par un isolant appelé diélectrique.

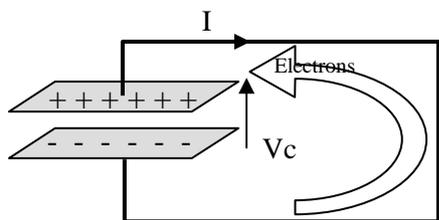
Lorsque l'on applique une tension V entre les deux plaques, le condensateur se charge et la quantité de charges électriques stockée q est proportionnelle à la tension V appliquée et à la **capacité C** qui caractérise le condensateur.

$$q = C.V$$

q en coulombs (C)
 C en farads (F)
 V en volts (V)



Charge d'un condensateur



Décharge d'un condensateur

Lorsqu'on relie un condensateur à un générateur, **il se charge**

Des électrons circulent de la borne négative du générateur vers l'armature inférieure du condensateur où ils s'accumulent, repoussant ainsi les électrons de l'armature supérieure vers la borne plus du générateur.

La tension aux bornes du condensateur augmente ainsi jusqu'à ce qu'elle atteigne la tension aux bornes du générateur.

Le condensateur est chargé : $V_c = V$ et $I = 0$

Lorsqu'on relie les deux armatures d'un condensateur chargé entre elles, **il se décharge.**

Les électrons se déplacent de l'armature chargée négativement vers l'armature chargée positivement.

La tension aux bornes du condensateur diminue ainsi jusqu'à ce qu'elle soit nulle.

Le condensateur est déchargé : $V_c = 0$ et $I = 0$

Capacité d'un condensateur :

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{e}$$

Avec :

S surface d'une armature en m^2
 e épaisseur du diélectrique en m

ϵ_0 permittivité du vide

ϵ_r permittivité du diélectrique

C capacité en farad

On utilisera plus couramment

Le microfarad (μF) = 10^{-6} F

Le nanofarad (nF) = 10^{-9} F

Le picofarad (pF) = 10^{-12} F

Durant sa charge le condensateur emmagasine de l'énergie et la restitue pendant sa décharge.

L'énergie électrique accumulée par un condensateur de capacité C et chargé sous une tension V est :

$$W = \frac{C.V^2}{2}$$

W en joules (J)
 C en farads (F)
 V en volts (V)

3.6. Associations de condensateurs

Comme pour les résistances, les condensateurs du commerce ont des valeurs normalisées.

Le marquage est fait avec 2 chiffres pour la valeur et une lettre indiquant l'unité :

10n pour 10 nanofarads

ou avec 2 chiffres pour la valeur plus un troisième indiquant le nombre de zéro en picofarads :

103 pour 10 000 pF soit 10 nanofarads

Lorsque nous voulons obtenir une valeur non normalisées il faut associer plusieurs condensateurs.

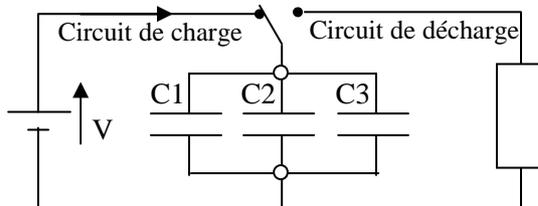
➤ Branchement de condensateurs en parallèle :

Lorsque des condensateurs sont branchés en parallèle, ils sont chargés par la même tension V .

L'énergie emmagasinée pendant la charge puis restituée pendant la décharge est la somme des énergies emmagasinées par chacun des condensateurs.

$$\text{Donc : } \begin{aligned} W_{\text{totale}} &= W_{C1} + W_{C2} + W_{C3} \\ C_{\text{éq}} \cdot V^2/2 &= C1 \cdot V^2/2 + C2 \cdot V^2/2 + C3 \cdot V^2/2 \end{aligned}$$

$$\text{avec } C_{\text{éq}} = C1 + C2 + C3$$



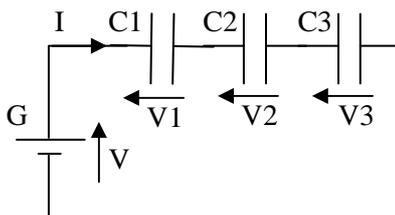
Dans un branchement en parallèle, les capacités des condensateurs s'ajoutent.

➤ Branchement de condensateurs en série :

Lorsque des condensateurs sont branchés en série, ils sont traversés par le même courant I .

La quantité d'électricité q déplacée pendant la charge ou pendant la décharge est la même pour chacun des condensateurs. D'après la loi des mailles on a :

$$\begin{aligned} V &= V1 + V2 + V3 \\ &= q / C1 + q / C2 + q / C3 \\ &= q / C_{\text{éq}} \end{aligned}$$



$$\text{avec } 1/C_{\text{éq}} = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3$$

En série, l'inverse de la capacité équivalente est la somme des inverses de chacune des capacités.

Le condensateur réagit aux variations de tension.

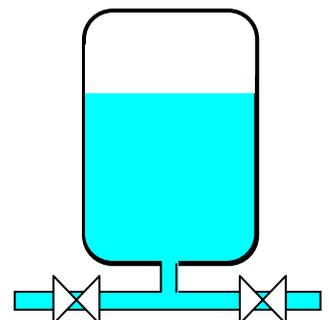
Analogie avec l'eau : Le condensateur est comparable à un réservoir d'eau :

Lorsqu'il est alimenté, il accumule une quantité d'eau (il se charge)

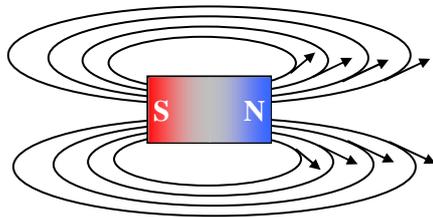
Lorsque l'alimentation est coupée il sert d'alimentation (il se décharge)

Il ne faut pas dépasser la pression maximale (tension de service) sinon il y a un risque de destruction

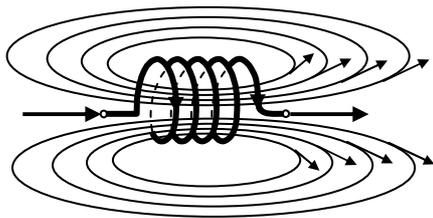
Exemple un château d'eau.



3.7. Le réactor - Inductance



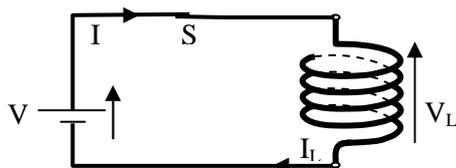
Champ magnétique produit par un aimant



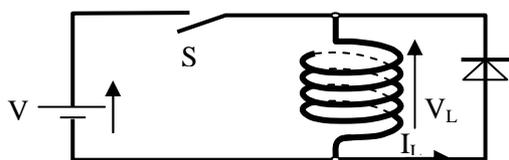
Champ magnétique produit par un réactor parcouru par un courant électrique

Le réactor est une bobine appelée aussi solénoïde et comportant plusieurs spires. Il se caractérise par l'intensité maximale qu'il peut supporter et par son inductance L .
Le réactor est un dipôle non polarisé mais dont le sens du bobinage donne l'orientation du champ magnétique.

Symbole d'un réactor ou bobine



Lorsqu'on établit le courant dans le circuit le réactor se charge en énergie.



Lorsque le courant disparaît, le réactor libère l'énergie emmagasinée. Il est nécessaire de protéger le circuit avec un dispositif appelé diode de roue libre.

Une autre forme d'énergie possible est l'électromagnétisme qui apparaît lorsqu'un courant électrique passe dans un fil conducteur. Il y a création d'un champ magnétique dont l'effet est comparable à celui d'un aimant.

Un aimant a la particularité de pouvoir attirer ou repousser l'aiguille d'une boussole ; Il est constitué de deux pôles : un pôle nord et un pôle sud. Les pôles de même nature se repoussent les pôles de nature contraire s'attirent.

Un aimant produit autour de lui une zone d'influence appelé **champ magnétique**.

Le même effet se produit lorsqu'un fil est parcouru par un courant électrique.

Tout courant électrique crée un champ magnétique.

Un réactor est un réservoir d'énergie électromagnétique.

Il est constitué d'un fil électrique bobiné autour d'un noyau magnétique dans lequel est stockée l'énergie.

Lorsqu'un courant électrique I parcourt la bobine, il crée un champ magnétique. La quantité de champ magnétique qui traverse la bobine est appelée flux magnétique. Le flux est proportionnel à l'intensité I du courant et à l'**inductance L** qui caractérise la bobine.

$$\Phi = L.I$$

Φ en webers (Wb)
 L en henrys (H)
 I en ampères (A)

Lorsqu'on alimente un réactor avec un générateur, un courant électrique I s'établit dans le circuit créant un champ magnétique qui réagit au courant en s'opposant au déplacement des électrons : **il se charge** en énergie.

L'intensité du courant dans le réactor augmente progressivement jusqu'à atteindre l'intensité dans le circuit.

Le réactor est chargé : $I_L = I$ et $V_L = 0$

Ceci est vrai pour un réactor parfait. En réalité un réactor a une résistance interne r due à la longueur du fil bobiné qui dissipe une partie de l'énergie électrique en chaleur.

Lorsqu'on coupe l'alimentation du réactor, le courant électrique dans le circuit disparaît. Le réactor réagit à cela en libérant l'énergie emmagasinée : **il se décharge**.

L'intensité dans le réactor diminue jusqu'à atteindre zéro.

Le réactor est déchargé : $I_L = 0$ et $V_L = 0$

L'intensité du champ magnétique s'appelle l'**induction** notée B et exprimée en tesla (T).

Un réactor de longueur l constitué de N spires et parcouru par un courant I crée un champ magnétique d'induction B égale à :

$$B = \mu_0 \cdot N \cdot \frac{I}{l}$$

B induction en tesla
 I intensité en ampère
 l longueur en mètre
 N nombre de spires
 μ_0 perméabilité de l'air
 $= 4\pi \cdot 10^{-7}$

Le **flux** transporté par une bobine constituée de N spires est :

$$\Phi = B \cdot S \cdot N$$

Φ flux en weber
 S section de la spire m^2

Durant sa charge le réactor emmagasine de l'énergie et la restitue pendant sa décharge.

L'énergie électrique accumulée par un réactor d'inductance L et traversée par un courant d'intensité I est :

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

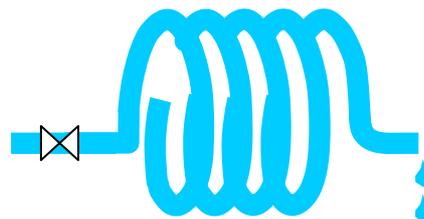
W en joules (J)
 L en henrys (H)
 I en ampères (A)

L'énergie thermique dissipée par effet joule est :

$$W = r \cdot I^2 \cdot t$$

Le réactor réagit aux variations de courant.

Analogie avec l'eau : Le réactor est comparable à tuyau enroulé. Lorsqu'on ouvre la vanne il se passe un certain temps avant que l'eau ne coule : il faut vider l'air contenu dans le tuyau. Lorsque l'on ferme la vanne l'eau ne s'arrête pas instantanément de couler : il y a une quantité d'eau emmagasinée dans le tuyau.



3.8. Groupement RC et RL série

Nous avons vu lors de l'étude du condensateur que la tension à ses bornes varie pendant la charge et pendant la décharge du condensateur, puis reste constante en régime établi : elle est égale à la tension du générateur lorsque le condensateur est chargé, à zéro lorsque le condensateur est déchargé.

Il en est de même pour l'intensité du courant dans le circuit de charge ou de décharge.

De la même façon nous avons vu pour le réactor que l'intensité du courant dans le réactor varie pendant la charge et pendant la décharge du réactor, puis reste constante en régime établi : elle est égale à l'intensité nominale lorsque le réactor est chargé, à zéro lorsque le réactor est déchargé.

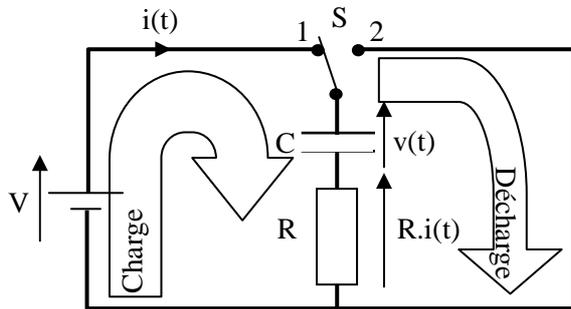
Il en est de même pour la tension électrique aux bornes du réactor pendant la charge ou la décharge.

Nous allons vérifier ce qui se passe en régime transitoire.

Pour cela appelons $v(t)$ la tension variable en fonction du temps aux bornes du condensateur ou la tension variable en fonction du temps aux bornes du réactor

et : $i(t)$ l'intensité du courant variable en fonction du temps dans le circuit

➤ Groupement Résistance et Condensateur série.



Dans le circuit de charge, interrupteur S en position 1, la résistance ralentit le passage du courant électrique, nous pouvons écrire : $V = v(t) + R.i(t)$
 à l'instant $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur en 1 on a $V = 0 + R.I$ donc $I = V/R$
 puis $v(t)$ augmente et donc $i(t)$ diminue
 au bout d'un certain temps la charge est terminée on a $V = v(t)$ et $i(t) = 0$

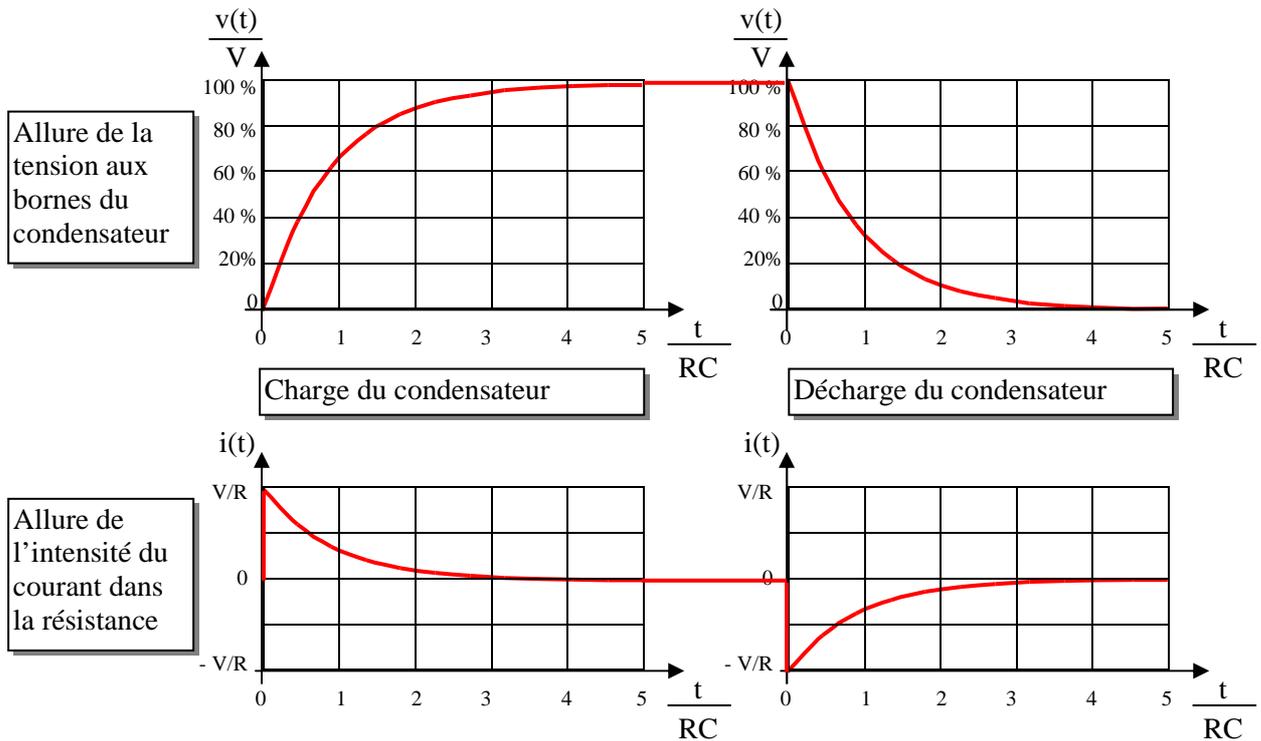
Le temps de charge et de décharge dépend du produit RC appelé constante de temps :

R en ohms
 C en farads
 τ en secondes

$$\tau = R.C$$

De même dans le circuit de décharge, S en position 2, nous pouvons écrire : $v(t) + R.i(t) = 0$
 à l'instant $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur en 2 on a $V + R.I = 0$ donc $I = -V/R$
 puis $v(t)$ diminue et donc $i(t)$ diminue
 au bout d'un certain temps la décharge est terminée on a $v(t) = 0$ et $i(t) = 0$

Les courbes universelles de charge et de décharge d'un condensateur C à travers une résistance R donnent l'allure de la tension aux bornes du condensateur $v(t)$ en pourcentage de la tension V aux bornes du générateur en fonction du temps t exprimé par rapport à la constante de temps RC.

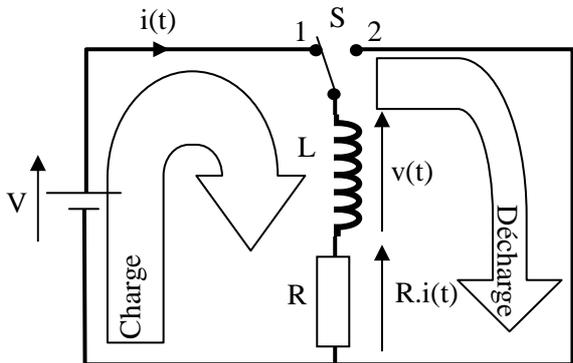


Ces courbes montrent que la charge et la décharge du condensateur sont pratiquement terminées au bout d'un temps $t = 5 \times R.C$

Donc connaissant les valeurs de R et de C on peut facilement déterminer le temps nécessaire pour que la tension aux bornes du condensateur atteigne un certain pourcentage de la tension V du générateur. Cette fonction appelée temporisation sera étudiée dans un autre chapitre.

Un autre intérêt du condensateur est le filtrage des tensions fonction également étudiée ultérieurement.

➤ Groupement Résistance et Réactor série.



Le temps de charge et de décharge dépend du produit RC appelé constante de temps :

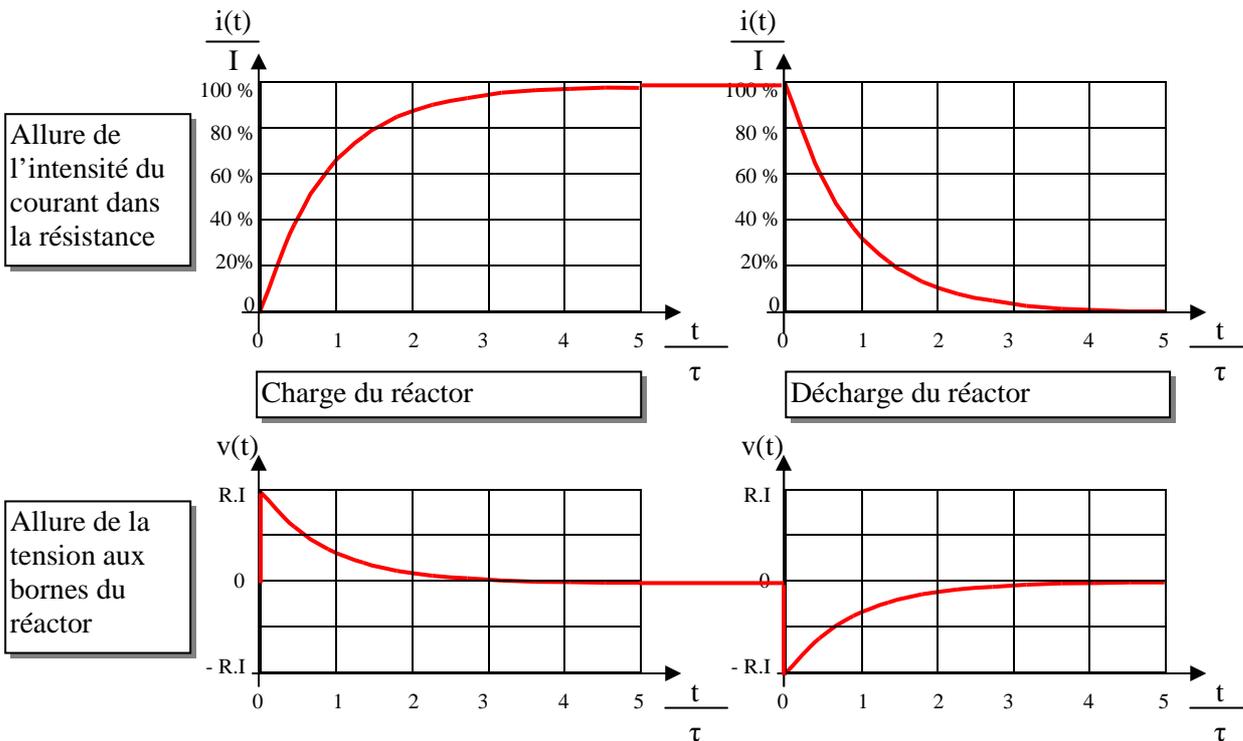
R en ohms
L en henrys
 τ en secondes

$$\tau = R/L$$

Dans le circuit de charge, interrupteur S en position 1, la résistance ralentit le passage du courant électrique, nous pouvons écrire : $V = v(t) + R.i(t)$
à l'instant $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur en 1 on a $i(t) = 0$ donc $V = v(t)$
puis $i(t)$ augmente et donc $v(t)$ diminue
au bout d'un certain temps la charge est terminée on a $i(t) = I$ donc $V = R.I$

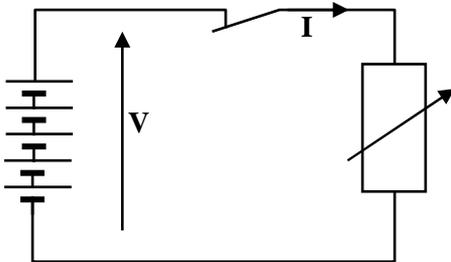
De même dans le circuit de décharge, S en position 2, nous pouvons écrire : $v(t) + R.i(t) = 0$
à l'instant $t = 0$ où l'on ferme l'interrupteur en 2 on a $i(t) = I$ donc $V = - R.I$
puis $i(t)$ diminue et donc $v(t)$ diminue
au bout d'un certain temps la décharge est terminée on a $i(t) = 0$ et $v(t) = 0$

Les courbes universelles de charge et de décharge d'un réactor L à travers une résistance R donnent l'allure de l'intensité du courant dans le réactor $i(t)$ en pourcentage de l'intensité I fournie par le générateur en fonction du temps t exprimé par rapport à la constante de temps.



Ces courbes montrent que le courant est pratiquement établi dans le circuit au bout d'un temps $t = 5 \tau$ Toutefois ces courbes sont beaucoup utilisées que les précédentes. Un intérêt du réactor est le lissage du courant fonction utilisée pour s'affranchir des problèmes de compatibilité électromagnétique également étudiée ultérieurement.

3.9. Exemples d'exercice

Exemple N°1 : Exercice sur le générateur

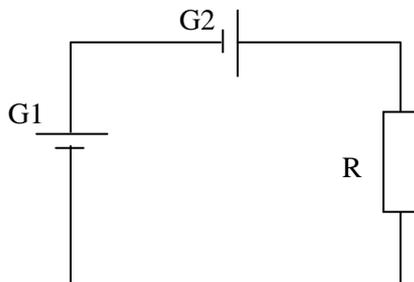
On mesure une tension de 14 V aux bornes d'une batterie d'accumulateurs quand elle ne débite aucun courant.

Calculer sa f.é.m.

Calculer la tension à ses bornes quand elle débite un courant de 20A , sa résistance interne étant de $100 \text{ m}\Omega$.

On branche entre ses bornes un résistor de $2,7 \Omega$.

Quelle est l'intensité débitée par la batterie et la tension entre ses bornes ?

Exemple N°2 : Exercice sur la loi d'ohm généralisée

Dans le circuit ci contre on donne $R = 15 \Omega$,

Pour le générateur G1 : $E1 = 24 \text{ V}$ et $r1 = 2 \Omega$

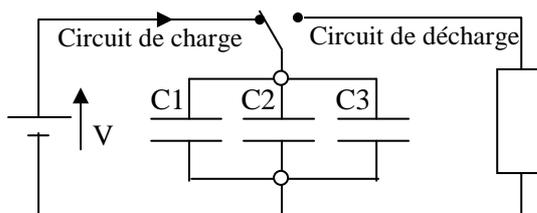
Et pour G2 : $E2 = 12 \text{ V}$ et $R2 = 1 \Omega$

G2 est il le générateur ou récepteur ?

Représenter les tensions et le courant sur le circuit

Calculer l'intensité du courant dans le circuit

Et la tension aux bornes de chaque dipôle.

Exemple N°3 : Exercice sur le condensateur

On charge 3 condensateurs sous une tension $V = 25 \text{ V}$

On donne $C1 = 2200 \mu\text{F}$; $C2 = 4700 \mu\text{F}$; $C3 = 470 \mu\text{F}$

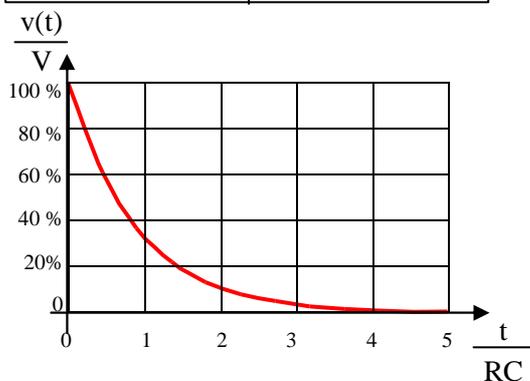
Quelle est la valeur du condensateur équivalent ?

Quelle est l'énergie totale emmagasinée dans les 3 condensateurs ?

Lorsque les condensateurs sont chargés quelle est la tension à leurs bornes ?

On donne $R = 0,47 \text{ k}\Omega$, calculer la constante de temps du circuit de décharge

Au bout de combien de temps la tension aux bornes des condensateurs atteindra t-elle de 5 V ?

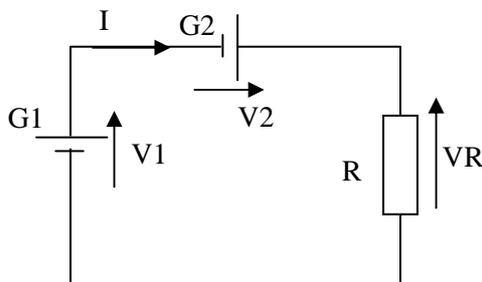


Exemple N°1 : Réponses et explications :

La fém du générateur est la tension aux bornes de la batterie mesurée à vide c'est à dire lorsqu'elle ne débite aucun courant donc $fém = E = 14 \text{ V}$.

On applique la loi d'Ohm pour un générateur : $V = E - r I = 14 - (0,1 \times 20) \rightarrow V = 12 \text{ V}$

On applique la loi des mailles : $V = R I = E - r I \rightarrow I = E / (R+r) \quad I = 14 / 2,8 \rightarrow I = 5 \text{ A}$
Et alors $V = E - rI = 14 - (0,1 \times 5) \rightarrow V = 13,5 \text{ V}$

Exemple N°2 : Réponses et explications :

La borne - de G2 est branchée à la borne + de G1 donc G1 et G2 sont en série G2 fournit de l'énergie c'est un générateur

On appliquant la loi des mailles : $V1 + V2 - VR = 0$

Donc $E1 - r1 \cdot I + E2 - r2 \cdot I - R \cdot I = 0$

On a $E1 + E2 = (r1 + r2 + R) \cdot I$

Donc $I = (E1 + E2) / (r1 + r2 + R)$

C'est la loi d'Ohm généralisée $I = 36 / 18 \rightarrow I = 2 \text{ A}$

$V1 = E1 - r1 \cdot I = 24 - 2 \times 2 \rightarrow V1 = 20 \text{ V}$

$V2 = E2 - r2 \cdot I = 12 - 1 \times 2 \rightarrow V2 = 10 \text{ V}$

$VR = R \cdot I = 15 \times 2 \rightarrow VR = 30 \text{ V}$

la loi des mailles est vérifiée : $V1 + V2 - VR = 0$

Exemple N°3 : Réponses et explications :

La capacité d'un condensateur équivalent à 3 condensateurs en parallèle est égale à la somme des capacités de chacun des condensateurs : $C_{\text{éq}} = C = C1 + C2 + C3$

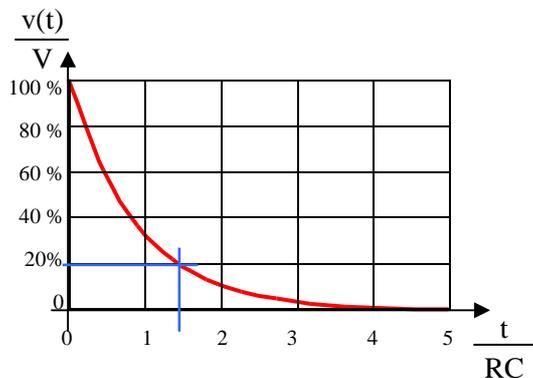
$$= 2200 \mu\text{F} + 4700 \mu\text{F} + 470 \mu\text{F} \rightarrow C = 7370 \mu\text{F}$$

L'énergie emmagasinée est : $W = C \cdot V^2 / 2$

$$= 7370 \cdot 10^{-6} \times 25^2 / 2 \rightarrow W = 2,3 \text{ J}$$

Lorsque les condensateurs sont chargés ils ont chacun 25 V à leurs bornes

La constante de temps du circuit de décharge est le produit $\tau = RC = 470 \times 7370 \cdot 10^{-6} \rightarrow \tau = 3,47 \text{ s}$

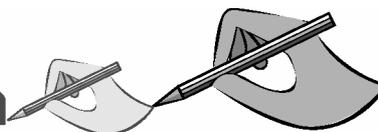


5 V représente 20% de la tension de départ

sur la courbe de décharge on voit que les 20% sont atteints lorsque $t / RC = 1,4$ donc $t = 1,4 RC$

$$t = 5 \text{ s}$$

Autocorrection

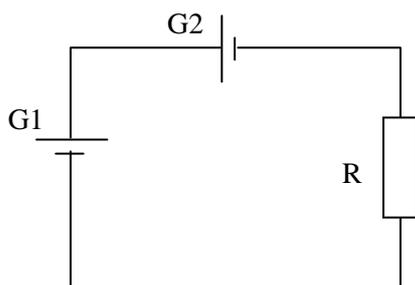


3.10. Exercices à résoudre

Exercice N°1 :

Un générateur fournit une tension de 50 V lorsqu'il est à vide.
Lorsqu'il fournit un courant de 10 A à un récepteur, la tension à ses bornes est de 48 V
Quelles sont sa f.e.m et sa résistance interne ?
Le récepteur a une résistance interne de $0,5 \Omega$
Quelle est la f.cem du récepteur ?

Exercice N°2 :



Dans le circuit ci contre on donne $R = 10 \Omega$,
Pour le générateur G1 : $E1 = 30 \text{ V}$ et $r1 = 1 \Omega$
Et pour G2 : $E2 = 12 \text{ V}$ et $R2 = 1 \Omega$

G2 est il générateur ou récepteur ?
Représenter les tensions et le courant sur le circuit
Calculer l'intensité du courant dans le circuit
Et la tension aux bornes de chaque dipôle.

Exercice N°3 :

On charge une batterie pendant 12 heures avec un courant constant de 6 A.
Quelle est la quantité d'électricité fournie par la batterie ?

Lorsque la batterie est complètement chargée, elle a un f.é.m. de 13,2 V et une résistance interne de $30 \text{ m}\Omega$. Quelle est la tension à ses bornes si on demande 90 A au démarrage ?

Quel est le courant de court-circuit de la batterie ?

Quel est le courant débité dans la résistance de dégivrage de la vitre arrière dont la valeur est $0,85 \Omega$?

Quelle est alors la puissance dissipée sur la vitre et la tension aux bornes de la batterie ?

Exercice N°4 :

Quelle est l'énergie emmagasinée dans un réactor d'inductance $L = 0,5 \text{ H}$ et de résistance $r = 2 \Omega$ lorsqu'il est parcouru par un courant de 8 A ? Quelle est alors la puissance dissipée par le réactor ?

Travail personnel



4. APPAREILS DE MESURE

4.1. Le multimètre

Le **multimètre** est un appareil de mesure qui regroupe plusieurs appareils. Il existe des multimètres de table utilisés en laboratoire sur une table de mesures ou des multimètres de poche utilisés sur un équipement.

Le multimètre le plus répandu existe en version **numérique** ou **digital** : la valeur de la mesure est affichée directement sur un afficheur digital à cristaux liquides.

Il existe également le multimètre version **analogique** pour lequel la mesure est indiquée par une aiguille.

La valeur de la mesure est déterminée par l'utilisateur en fonction du **calibre** choisi pour la mesure, de l'**échelle** appropriée sur laquelle on effectue la lecture et de la **lecture** faite de la position de l'aiguille sur l'échelle.

Choisir le calibre de l'appareil
Repérer l'échelle appropriée
Relever la position de l'aiguille
Calculer la valeur de la mesure

$$\text{Valeur} = \frac{\text{calibre} \times \text{lecture}}{\text{échelle}}$$



Il existe dans le commerce des multimètres plus ou moins performants :

Les plus simples assurent les fonctions de base : Voltmètre, ampèremètre et ohmmètre.

D'autres multimètres permettent aussi la mesure de capacité, d'inductance, de fréquence et même le test de composant diode transistor etc...

La caractéristiques des multimètres varient en fonction de leur prix :

La résolution (nombre d'afficheurs), la précision, la robustesse, la simplicité et la sécurité sont des critères de choix importants qu'il convient de prendre en compte.



Affichage digital à cristaux liquides: 3 digits ½ (2000 points)

Mise sous tension de l'appareil: POWER ou ON-OFF

Choix du type du courant :

DC ou = pour Direct Courant : courant continu

AC ou ~ pour Alternative Courant : courant alternatif

Choix de la fonction :

V pour Voltmètre

A pour ampèremètre

Ω pour ohmmètre

F pour fréquencemètre

Choix des calibres :

pour les tensions : 2V, 20 V, 200V

Le choix du calibre dépend de la mesure à effectuer

Le calibre indique la valeur maximale de la mesure

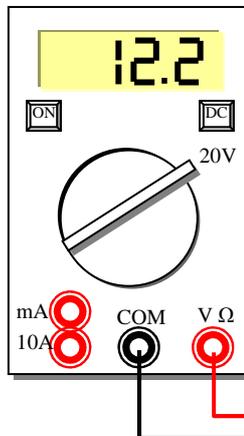
Choix des bornes :

COM est la borne commune pour toutes les mesures

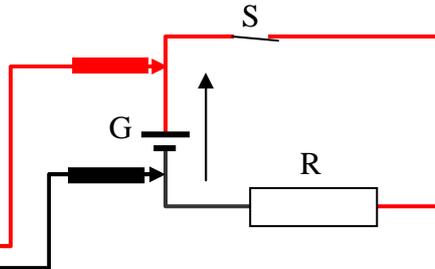
La borne V Ω est utilisée en voltmètre ou Ohmmètre

Les bornes mA et 10A sont utilisées en ampèremètre

➤ Mesure d'une tension électrique continue

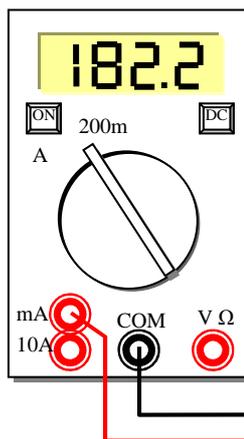


Pour mesurer une tension, on branche le multimètre **en parallèle** ou aux bornes du circuit, la pointe de touche noire (COM) étant connectée au potentiel de référence, la rouge au potentiel le plus élevé.
Avec le sélecteur central, on sélectionne la fonction Voltmètre DC (mesure d'une tension continue), et le calibre approprié, 20 V par exemple.

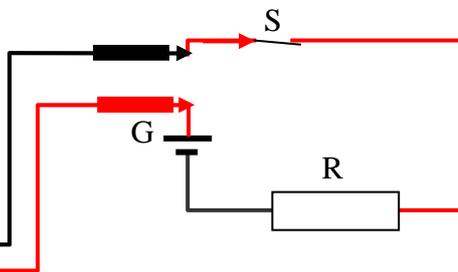


Si les pointes de touche sont inversées, la valeur affichée est négative

➤ Mesure d'une intensité électrique continue



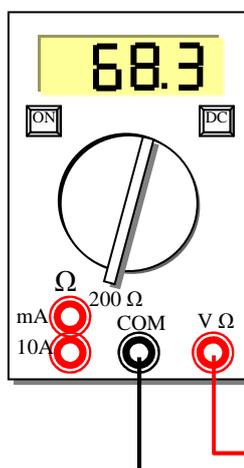
Pour mesurer une intensité, on branche le multimètre **en série** dans le circuit. Pour cela il est nécessaire d'ouvrir le circuit pour y insérer le multimètre, le courant rentrant par la pointe de touche rouge et sortant par la noire.
Avec le sélecteur central, on sélectionne la fonction Ampèremètre DC (mesure d'une intensité continue), et le calibre 200 mA par exemple.



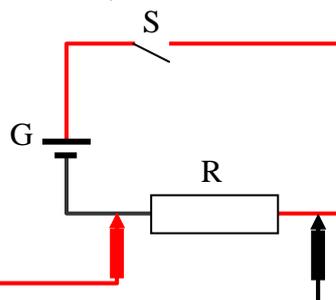
Il faut ouvrir le circuit pour insérer l'appareil

Il y a un calibre et une borne spéciale pour les fortes intensités 10A max

➤ Mesure d'une résistance électrique



Pour mesurer une résistance, on branche le multimètre **en parallèle** ou aux bornes de la résistance lorsqu'elle est hors tension, circuit ouvert ou, débranchée du circuit avec l'une ou l'autre des deux pointes de touche.
Avec le sélecteur central, on sélectionne la fonction Ohmmètre Ω (mesure d'une résistance), et le calibre 200 Ω par exemple.



Circuit hors tension ou résistance débranchée

4.2. La pince multifonctions

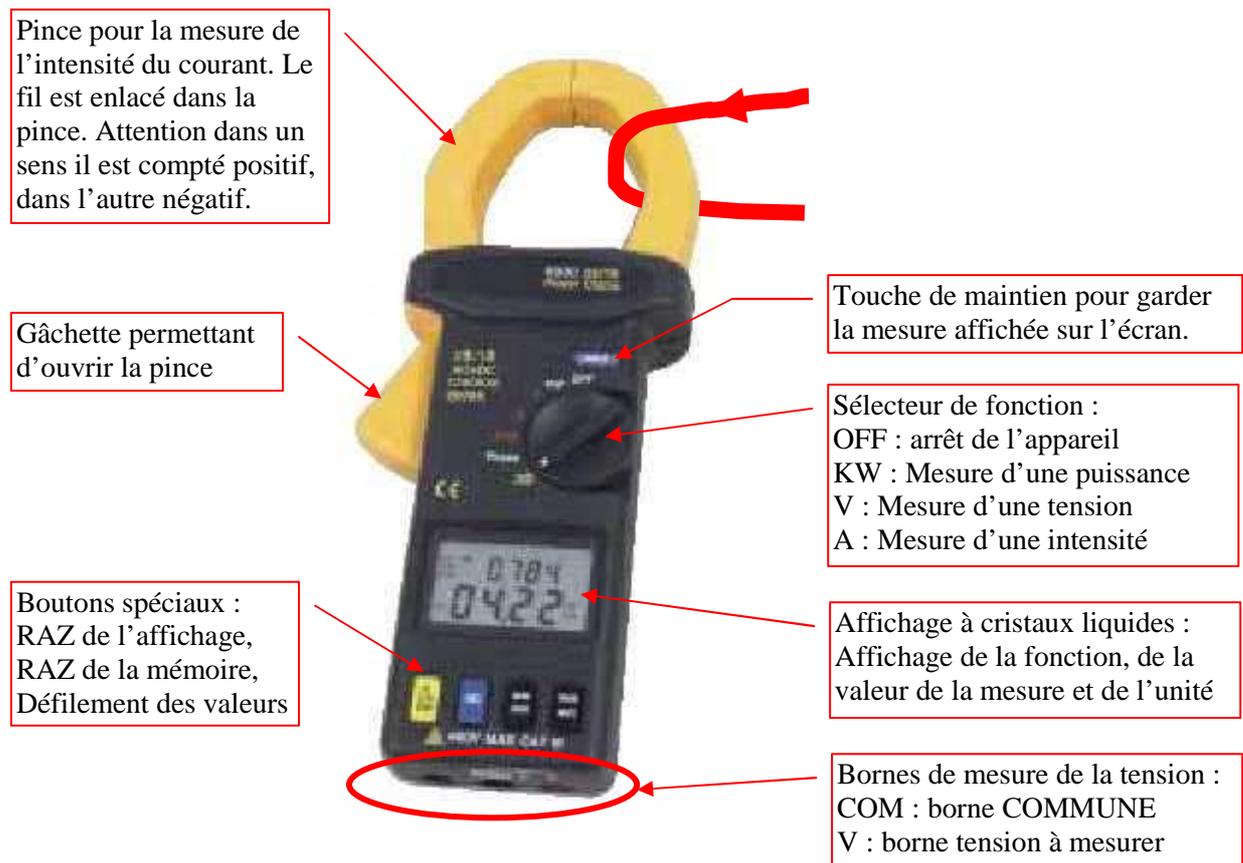
La pince multifonctions est un appareil de mesure qui regroupe plusieurs appareils. L'utilisation principale d'une pince multifonctions c'est la pince ampèremétrique, c'est à dire la possibilité de mesurer une intensité sans avoir à ouvrir le circuit.

La pince multifonctions permet aussi la mesure des tensions et des puissances en courant continu ou en courant alternatif.

Comme pour le multimètre, les fonctions sont choisies avec un sélecteur.



Exemple de pince multifonctions permettant les mesures de tension, courant et puissance



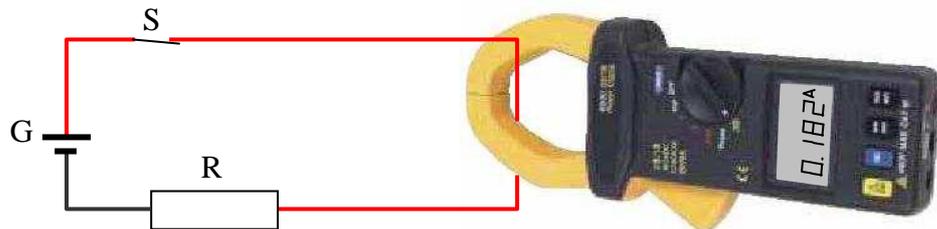
➤ Mesure d'une tension électrique continue

Pour mesurer la tension continue aux bornes du récepteur R, positionner le sélecteur sur la fonction Voltmètre, V : et brancher les deux pointes de touches aux bornes du récepteur :



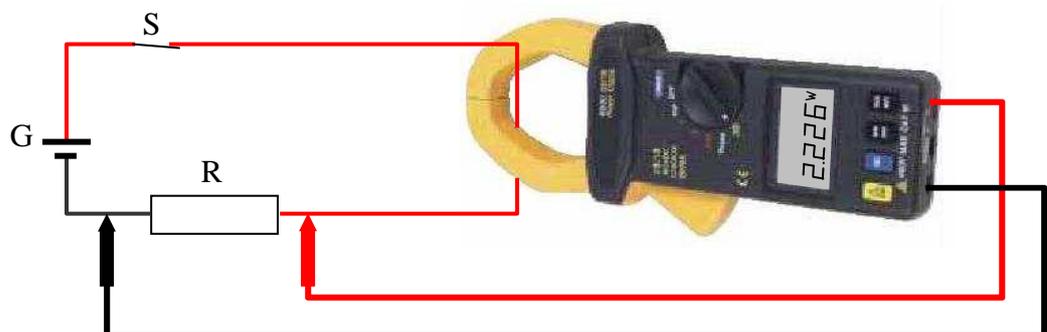
➤ Mesure d'une intensité électrique continue

Pour mesurer l'intensité du courant continu dans récepteur R, positionner le sélecteur sur la fonction Ampèremètre, A : et enlancer le fils alimentant le récepteur avec la pince :



➤ Mesure d'une puissance électrique continue

Pour mesurer l'intensité du courant continu dans récepteur R, positionner le sélecteur sur la fonction Wattmètre, KW ; brancher les deux pointes de touches aux bornes du récepteur pour avoir la tension et, enlancer le fils alimentant le récepteur avec la pince pour avoir le courant : La pince détermine la puissance consommée par le récepteur.



4.3. L'oscilloscope

L'oscilloscope est un voltmètre permettant de visualiser l'allure d'une tension électrique et de la mesurer.

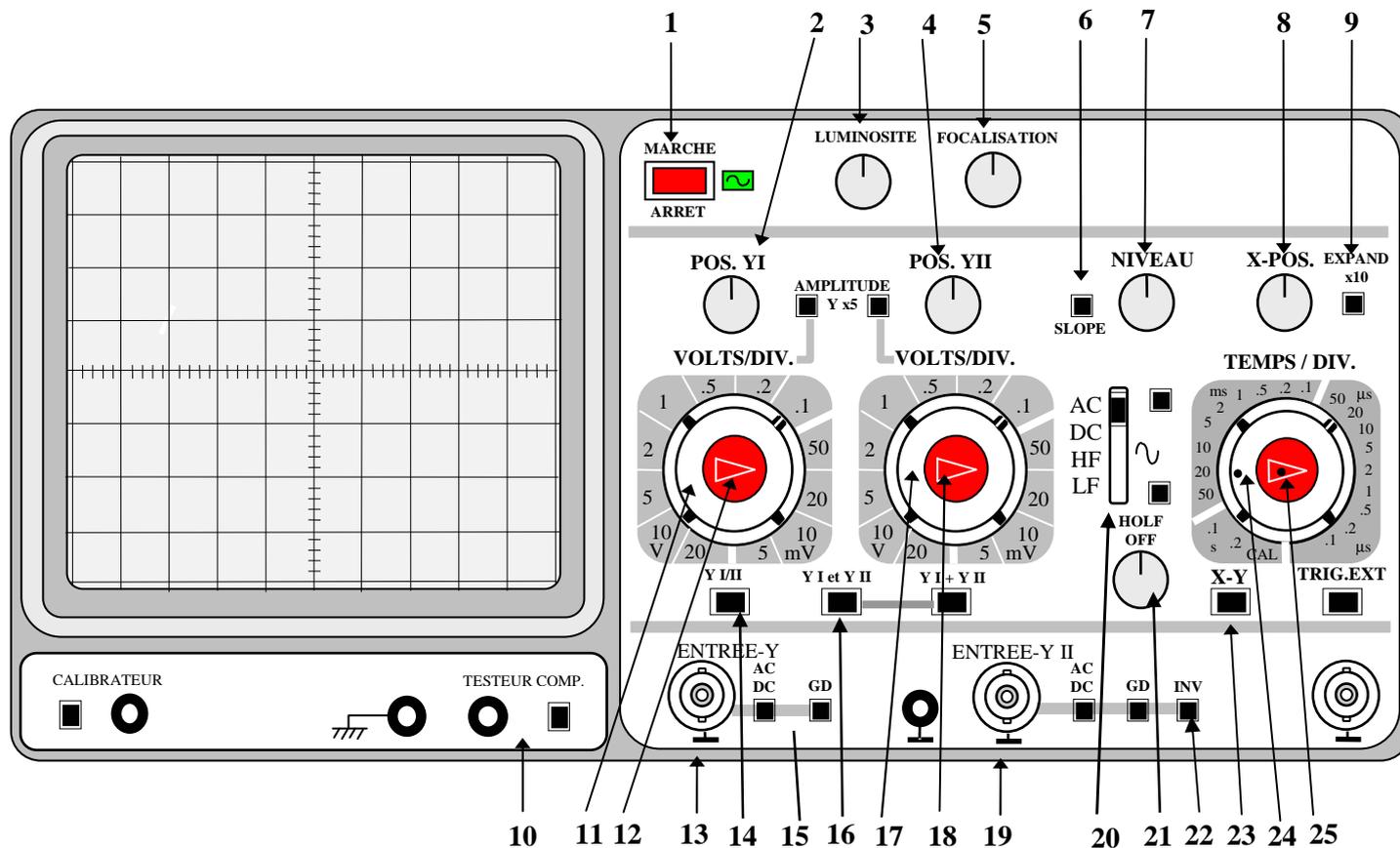
Il permet aussi de connaître l'image et la valeur d'un courant électrique grâce à la mesure d'une tension aux bornes d'une résistance connue précisément (un shunt).



La face avant de l'oscilloscope est constitué de plusieurs zones :

- Une zone **visualisation des signaux** permet l'affichage d'une ou deux tensions en fonction du temps. La qualité du spot est réglée avec les boutons luminosité et focalisation. L'affichage est fait sur un écran comportant 10 divisions sur l'axe horizontal et 8 divisions sur l'axe vertical.
- Une zone **mesures d'amplitude** permet le réglage des calibres tension afin de les adapter aux grandeurs à mesurer. Le calibre est défini en volts par division. Par exemple le calibre 2 volts/div permet de visualiser une tension d'amplitude maximale de 16 volts (2 V x 8 divisions d'écran). On parle aussi de sensibilité verticale.
- Une zone **mesures de temps** permet le réglage du calibre temps. Pour visualiser une tension il est nécessaire de déplacer le spot sur l'axe horizontal ou axe des temps. On parle de balayage. La vitesse de balayage est définie en temps par division. Par exemple la vitesse de balayage ou base de temps de 10 ms/div permet l'affichage d'une tension pendant 100 ms : (10 ms x 10 divisions). On parle aussi de sensibilité horizontale.
- Une zone **entrées des signaux** de mesure. Attention les deux entrées ont la même référence !

Exemple d'un oscilloscope 2 voies ou deux entrées



Liste et désignation des boutons de commande

Repère	Nom	Fonction
1	ON /OFF	Bouton marche-arrêt de l'appareil
3	LUMINOSITE	Réglage de la luminosité du faisceau
5	FOCALISATION	Réglage de la netteté du faisceau
2	POS-YI	Déplacement vertical de la trace de la voie I
4	POS-YII	Déplacement vertical de la trace de la voie II
8	Y-POS II	Déplacement horizontal des deux traces
6	AT/NORM	Déclenchement de la mesure automatique ou non
7	LEVEL	Réglage du niveau de déclenchement
9	EXPAND	Expansion horizontal par 10 → base de temps divisée par 10
	TIME / DIV.	Réglage de la durée de balayage
10		Mode testeur de composants
11	VOLTS / DIV	Sensibilité verticale (voie I)
12		Calibrage de la sensibilité (voie I)
13	ENTREE Y I	fiche BNC-entrée de la tension à visualiser (voie I)
17	VOLTS / DIV	Sensibilité verticale (voie II)
18		Calibrage de la sensibilité (voie II)
19	ENTREE Y II	fiche BNC-entrée de la tension à visualiser (voie II)
14	Y I / II	Choix de la voie à visualiser (relâché: voie I)
16	Y I ET Y II	Visualisation d'une voie ou des 2 voies si bouton enfoncé
18	Y I + Y II	Addition des 2 voies si bouton enfoncé
		Inversion de la tension voie I
15		Sélection continu ou alternatif et réglage position du zéro
20		Sélection mode de déclenchement
21	HOLD OFF	Maintien du signal entre eux balayage
22	X-Y	Sélection mode X-Y : la voie I est en abscisse
23	TEMPS / DIV	Sensibilité horizontale
24		Calibrage de la sensibilité horizontale
	INV	Inversion de la tension voie II

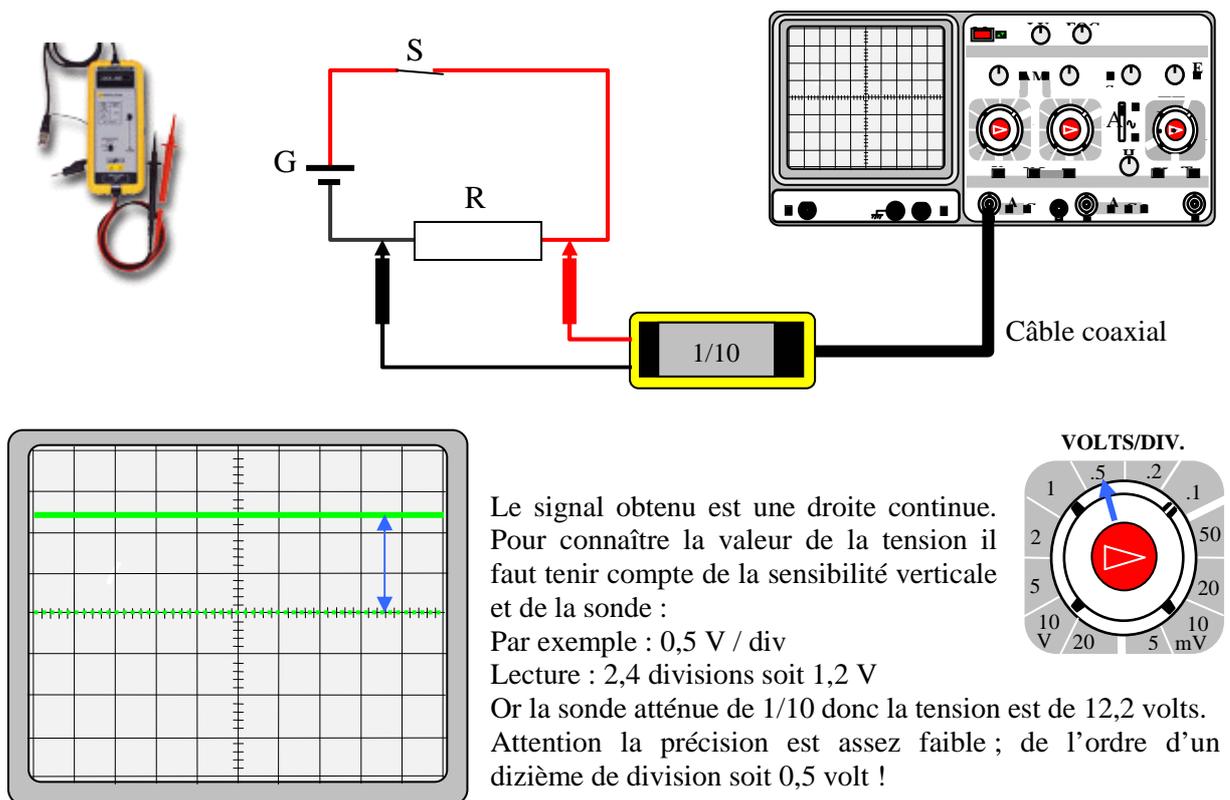
Procédure de mise en marche d'un oscilloscope

1°	Vérifier que tous les boutons poussoirs sont en position relâchée (repos)	
2°	Vérifier que tous les boutons de calibrage sont en butée à droite	12 – 18 - 25
3°	Mettre sous tension l'oscilloscope	1
4°	Régler la luminosité et la netteté du faisceau	3 - 5
5°	Choisir l'entrée ou les entrées des signaux	
6°	Centrer les traces horizontalement et verticalement	2 – 4 - 8
7°	Placer les boutons de couplage en position DC	
8°	Brancher la ou les tensions à visualiser	13 - 19
9°	Régler la sensibilité verticale pour obtenir un déplacement maximal du spot	11 - 17
10°	Régler le balayage pour ne pas voir le déplacement du spot	24

➤ Visualisation d'une tension électrique

Pour visualiser une tension électrique continue, il suffit de relier l'une des entrées aux bornes du récepteur. Toutefois il est fortement conseillé d'utiliser une sonde différentielle de tension pour faire les mesures en toute sécurité et, isoler les entrées de l'oscilloscope lorsque les mesures sont référencées à des potentiels différents.

Attention une sonde atténue le signal d'entrée : Il faut en tenir compte lors de la mesure

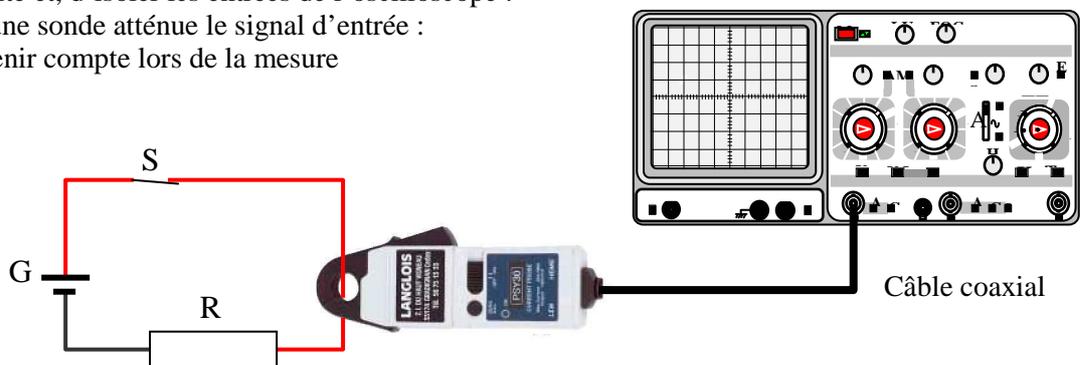


➤ Visualisation d'un courant électrique

De même pour visualiser une intensité électrique continue nous allons utiliser une sonde de courant qui délivre une tension image du courant à mesurer et permet de faire les mesures en toute sécurité et, d'isoler les entrées de l'oscilloscope .

Attention une sonde atténue le signal d'entrée :

Il faut en tenir compte lors de la mesure



Autocorrection

5. CORRECTION DES EXERCICES

Correction des exercices paragraphe 1.10 page 10

Exercice N°1 :

Une quantité d'électricité $q = 50\text{C}$ passe dans un circuit pendant 10s : $I = q / t \rightarrow \boxed{I = 5\text{A}}$
 De même avec 7200C pendant 1h : on convertit $1\text{h} = 3600\text{s}$: $I = q / t \rightarrow \boxed{I = 2\text{A}}$
 puis avec 1Ah pendant 5min : on a $1\text{Ah} = 3600\text{C}$ et $5\text{min} = 300\text{s}$: $I = q / t \rightarrow \boxed{I = 12\text{A}}$

Exercice N°2 :

$I_1 = -6\text{A}$, $I_2 = 4\text{A}$, $I_3 = 5\text{A}$, $I_4 = -3\text{A}$, $I_5 = 2\text{A}$

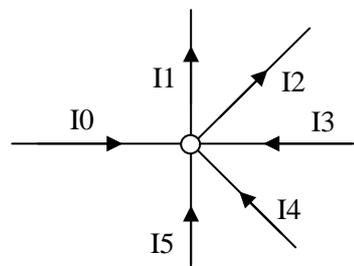
D'après la loi des nœuds : $I_0 + I_3 + I_4 + I_5 = I_1 + I_2$

$$\rightarrow I_0 = I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5$$

$$\rightarrow I_0 = -6 + 4 - 5 - (-3) - 2$$

$$\rightarrow I_0 = -6 + 4 - 5 + 3 - 2$$

$$\rightarrow \boxed{I_0 = -6\text{A}}$$
 : c'est en fait un courant sortant



Exercice N°3 :

On donne : $I_a = 2\text{A}$, $I_b = -3\text{A}$, $I_c = 1\text{A}$

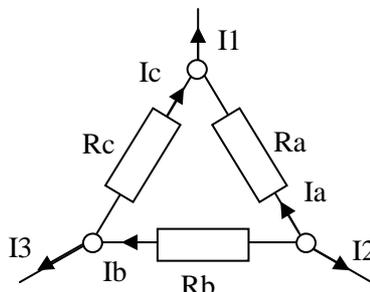
On applique la loi des nœuds :

$$I_a + I_c = I_1 \rightarrow \boxed{I_1 = 3\text{A}}$$

$$I_a + I_b + I_2 = 0 \rightarrow I_2 = -I_a - I_b \rightarrow \boxed{I_2 = 1\text{A}}$$

$$I_b = I_3 + I_c \rightarrow I_3 = I_b - I_c \rightarrow \boxed{I_3 = -4\text{A}}$$

I_3 est en fait dans le sens inverse de celui donné par la flèche.



Exercice N°4 :

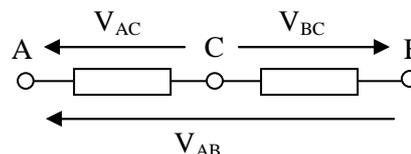
On a $V_{AB} = 20\text{V}$ et $V_{AC} = 10\text{V}$

On applique la loi des branches entre les points A et B :

$$V_{AB} = V_A - V_B = V_A - V_C + V_C - V_B$$

$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CB}$$

$$V_{AB} = V_{AC} - V_{BC} \rightarrow \boxed{V_{BC} = -10\text{V}}$$
 ; le potentiel en C est supérieur au potentiel en B



Exercice N°5 :

On a : $V_F = 5\text{V}$

$V_{CF} = 10\text{V} \rightarrow V_C - V_F = 10\text{V} \rightarrow \boxed{V_C = 15\text{V} = V_E = V_D}$ (un fil relie les points C et E avec le point D)

$$V_{DA} = 5\text{V} \rightarrow V_D - V_A = 5\text{V} \rightarrow \boxed{V_A = 10\text{V}}$$

$$V_{BE} = -5\text{V} \rightarrow V_B - V_E = -5\text{V} \rightarrow \boxed{V_B = 10\text{V}}$$

Correction des exercices paragraphe 2.10 page 21

Exercice N°1 :

Quelle est la tension maximale que peut supporter un résistor de $25 \text{ W} - 100 \Omega$?

On utilise la relation : $P = V^2 / R \rightarrow V^2 = P \times R \rightarrow V = \sqrt{P \times R} \rightarrow \boxed{V = 50 \text{ V}}$

Quelle est alors l'intensité du courant qui le traverse ?

On utilise la relation : $P = V \times I \rightarrow I = P / V \rightarrow I = 25 / 50 \rightarrow \boxed{I = 0,5 \text{ A}}$

Exercice N°2 :

Un câble électrique de longueur 100m est constitué de deux conducteurs en cuivre de section $1,5 \text{ mm}^2$ parcouru par un courant de 12 A.

On donne la résistivité du cuivre égale à $1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$.

La résistance du câble est :

$R = \rho \cdot \frac{l}{s}$	l longueur en m s section en m^2 ρ résistivité en $\Omega \text{ m}$ R résistance en Ω
------------------------------	--

Le câble est constitué de deux conducteurs :

La résistance d'un conducteur est :

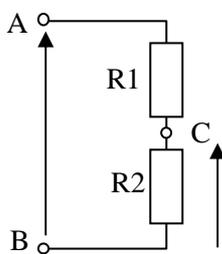
$R = 1,6 \cdot 10^{-8} \times 100 / 1,5 \cdot 10^{-6} = 1,07 \Omega$

La résistance du câble est 2 fois plus grande $\rightarrow \boxed{2,13 \Omega}$

La chute de tension dans le câble est : $V = R \times I \rightarrow 2,1 \times 12 = \boxed{25,6 \text{ V}}$

La puissance dissipée dans le câble est : $P = R \times I^2 \rightarrow 2,13 \times 12^2 = \boxed{307 \text{ W}}$ perdus par effet joule
 (150 W par conducteur)

Exercice N°3 :



Le circuit est alimenté sous une tension de $V_{AB} = 16 \text{ V}$

On donne $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$

Quelle est la valeur de R_2 pour avoir $V_{CB} = 12 \text{ V}$

Choisir la valeur normalisée la plus proche et Donner son code des couleurs

On applique la loi d'Ohm aux bornes de R_2 : $R_2 = V_{CB} / I$; il faut déterminer I

On applique la loi d'Ohm aux bornes de R_1 : $I = V_{AC} / R_1$; il faut déterminer V_{AC}

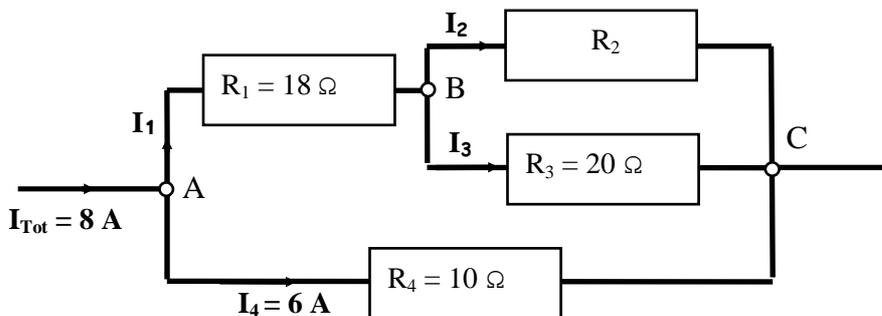
On applique la loi des branches : $V_{AB} = V_{AC} + V_{CB} \rightarrow V_{AC} = V_{AB} - V_{CB} \rightarrow V_{AC} = 4 \text{ V}$

$\rightarrow I = 1,21 \text{ mA}$

$\rightarrow \boxed{R_2 = 9900 \Omega}$

La valeur normalisée la plus proche est $\boxed{10 \text{ k}\Omega}$ couleur Marron, Noir, Orange

Exercice N°4 :



Pour déterminer R_2 , il faut connaître I_2 et V_{BC}

$I_1 = I_{\text{tot}} - I_4 = 2 \text{ A}$

$V_{AB} = R_1 \times I_1 = 36 \text{ V}$

$V_{AC} = R_4 \times I_4 = 60 \text{ V}$

$V_{BC} = V_{AC} - V_{AB} = 24 \text{ V}$

$I_3 = V_{BC} / R_3 = 1,2 \text{ A}$

$I_2 = I_1 - I_3 = 0,8 \text{ A}$

$R_2 = V_{BC} / I_2 \rightarrow \boxed{R_2 = 30 \Omega}$

Correction des exercices paragraphe 3.10 page 33Exercice N°1 :

Un générateur fournit une tension de 50 V lorsqu'il est à vide.

Lorsqu'il fournit un courant de 10 A à un récepteur, la tension à ses bornes est de 48 V

Quelles sont sa fém et sa résistance interne ?

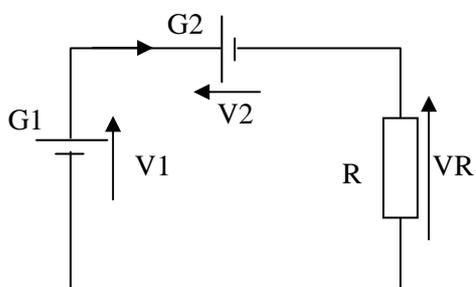
La fém est la tension à vide : $E = 50 \text{ V}$

En appliquant la loi d'Ohm : $V = E - r \cdot I$ on a $r = (E - V) / I = (50 - 48) / 10 \rightarrow r = 0,2 \Omega$

Le récepteur a une résistance interne de $0,5 \Omega$

Quelle est la fém du récepteur ?

D'après la loi d'ohm pour un récepteur : $V = E' + r' \cdot I \rightarrow E' = V - r' \cdot I = 48 - (0,5 \times 10) \rightarrow E' = 43 \text{ V}$

Exercice N°2 :

Dans le circuit ci contre on donne $R = 10 \Omega$,

Pour le générateur G1 : $E1 = 30 \text{ V}$ et $r1 = 1 \Omega$

Et pour G2 : $E2 = 12 \text{ V}$ et $R2 = 1 \Omega$

G2 est en opposition par rapport à G1 c'est un récepteur

D'après la loi d'Ohm généralisée

$I = (E1 - E2) / (r1 + r2 + R) \rightarrow I = 18 / 12 \rightarrow I = 1,5 \text{ A}$

$V1 = E1 - r1 \cdot I = 30 - 1,5 \rightarrow V1 = 28,5 \text{ V}$

$V2 = E2 + r2 \cdot I = 12 + 1,5 \rightarrow V2 = 13,5 \text{ V}$

$VR = R \cdot I \rightarrow VR = 15 \text{ V}$

On vérifie bien la loi des branches : $V1 = V2 + VR$

Exercice N°3 :

On charge une batterie pendant 12 heures avec un courant constant de 6 A.

La quantité d'électricité fournie par la batterie est : $q = I \cdot t \rightarrow q = 72 \text{ Ah}$ ou 259200 C

Lorsque la batterie est complètement chargée, elle a un f.é.m. de 13,2 V et une résistance interne de 30 mΩ. La tension à ses bornes si on demande 90 A au démarrage est : $V = E - r \cdot I \rightarrow V = 10,5 \text{ V}$

Le courant de court-circuit de la batterie est obtenu lorsque il y a court circuit donc $V = 0$

$\rightarrow E = r \cdot I_{cc} \rightarrow I_{cc} = E / r \rightarrow I_{cc} = 440 \text{ A}$

Le courant débité dans la résistance de dégivrage de la vitre arrière dont la valeur est $R = 0,85 \Omega$ est :

$\rightarrow I = E / (r + R) \rightarrow I = 15 \text{ A}$

La puissance dissipée sur la vitre et la tension aux bornes de la batterie est : $P = R \cdot I^2 \rightarrow P = 191 \text{ W}$

Exercice N°4 :

L'énergie emmagasinée dans un réactor d'inductance $L = 0,5 \text{ H}$ et de résistance $r = 2 \Omega$ lorsqu'il est parcouru par un courant de 8 A est : $W = \frac{1}{2} L \cdot I^2 \rightarrow W = 16 \text{ J}$

La puissance dissipée par le réactor est : $P = r \cdot I^2 \rightarrow P = 128 \text{ W}$