

# ***Analyse de circuits à Courant Continu.***

# STRUCTURE DE LA MATIÈRE ET PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ

## 1- Structure de la matière et production de l'électricité

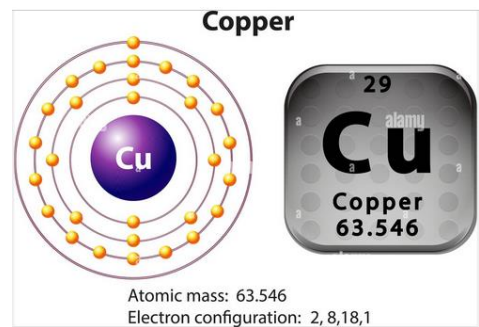
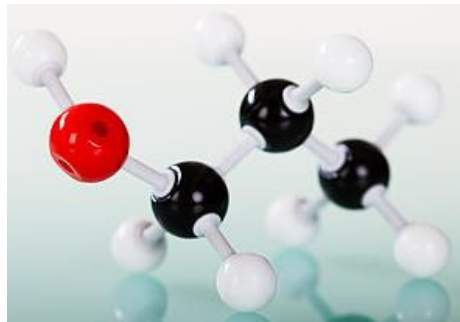
L'origine de l'électricité réside dans la structure interne de la matière ; C'est la raison pour laquelle une brève étude de la structure de la matière s'avère nécessaire.

La matière est constituée par l'assemblage, par des liaisons plus au moins fortes, de particules élémentaires, Du point de vue de la chimie.

### 1.1- Forme de la matière.

La matière est formée de plusieurs particules trop petites, appelées molécules.

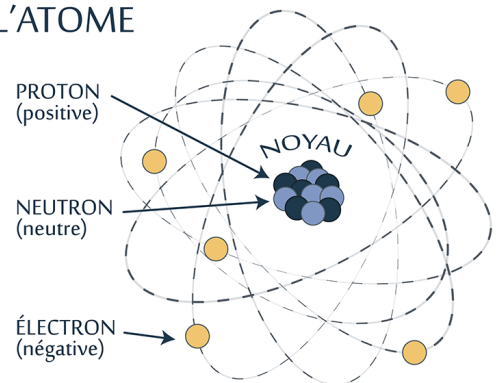
La molécule se compose elle-même d'éléments, encore plus petits, appelés atomes. L'atome lui-même constitué par un certain nombre de protons et de neutrons formant un noyau, autour duquel gravitent des électrons répartis sur une ou plusieurs couches.



L'atome est constitué par un noyau très petit et lourd portant une charge positive (+) autour duquel tournent à grande vitesse les électrons porteurs de charges négatives (-).

Entre le noyau (+) et les électrons (-) s'exercent des forces d'attraction d'autant plus grandes que les électrons sont près du noyau

### L'ATOME



Un ion : est un atome qui gagné ou perdu un ou plusieurs électrons. Il existe deux sortes d'ions, les ions négatifs et les ions positifs.

- Ion positif : est un atome qui a perdu un ou plusieurs électrons.
- Ion négatif : est un atome qui a accepté un ou plusieurs électrons.

## 1.2- Classification des corps

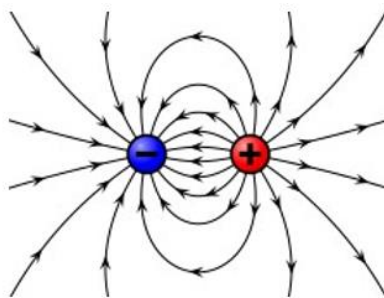
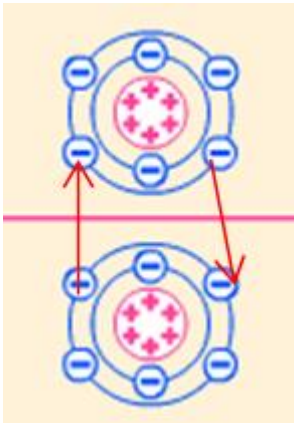
Les corps se classent en 3 catégories : conducteurs, isolants et semi-conducteurs.

- Les **conducteurs** opposent une très faible résistance au passage du courant électrique  $R=0\Omega$ . Tous les métaux sont des conducteurs, l'aluminium et le cuivre étant les plus utilisés.
- Les **isolants** sont des matériaux qui ne permettent pas le passage du courant  $R= +\infty \Omega$ . Le papier, le bois, le caoutchouc, le plastique, le verre, la porcelaine sont des exemples de matériaux utilisés comme isolants en électrotechnique.
- Les **semi-conducteurs** présentent une situation intermédiaire entre les conducteurs et les isolants.  
Le germanium et le silicium sont les semi-conducteurs les plus utilisés

## 1.3- Sortes d'électricité

### Electricité statique.

L'électricité statique étudie les phénomènes électriques concernant la charge électrique en état de repos sur les objets



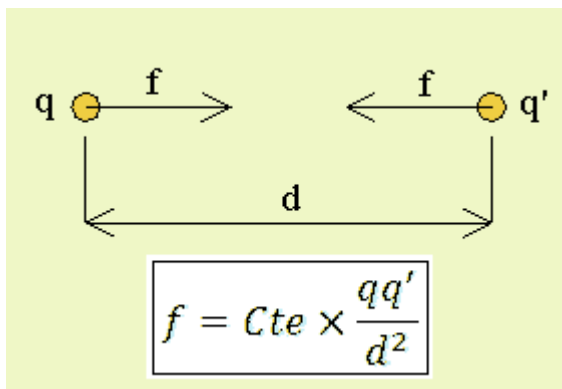
Un corps chargé présente soit un surplus soit un déficit d'électrons et le processus suivant auquel il arrive en cet état s'appelle électrisation.

**Deux charges de même signe se repoussent, tandis que deux charges de signes opposés s'attirent.**

La charge électrique s'exprime en coulombs et son symbole est C.

**Un coulomb** représente la charge cumulée de  $6,25 \times 10^{18}$  électrons.

La charge de l'électron vaut  $Q= 1,6 \times 10^{-19}$  C.



**F** = la force d'attraction ou de répulsion exercée entre les deux charges ponctuelles en Newton ;

**Q** = la première charge en Coulomb ;

**Q'** = la deuxième charge en Coulomb ;

**d** = la distance séparant les deux charges en mètres ;

**cte** = constante de proportionnalité qui dépend des propriétés électriques du milieu où se trouvent les charges

## Electricité dynamique

L'électricité dynamique étudie les phénomènes concernant le déplacement de charges électriques dans un conducteur.

### **Courant électrique**

Le déplacement ordonné des charges électriques ou autrement d'électrons à travers un corps conducteur définit le **courant électrique**.

La grandeur qui caractérise le courant électrique s'appelle **l'intensité**.

L'intensité est exprimée par le rapport entre la charge transportée par le courant à travers un conducteur durant un certain temps et la valeur de cette période de temps.

La relation mathématique de l'intensité est :

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{1 ampère c.à.d. un coulomb de charge passée dans une seconde}$$

*I* : intensité du courant en ampères (A)

*Q* : quantité d'électricité en coulombs (C)

*t* : temps en secondes (s)

### **Origine des sources de tensions :**

L'origine peut être :

- **Chimique** comme par exemple : pile, accumulateur, batterie
- **magnétique** comme par exemple : générateur ou dynamo
- **solaire** comme les piles photovoltaïques
- **piézoélectrique** qui utilise le quartz qui, lorsqu'il est soumis à une pression engendre une tension électrique
- **Thermique** comme le cas des thermocouples qui génèrent une tension électrique lorsqu'ils sont soumis à une température (CTN et CTP), utilisés pour la mesure de température.

### **Effets du courant électrique**

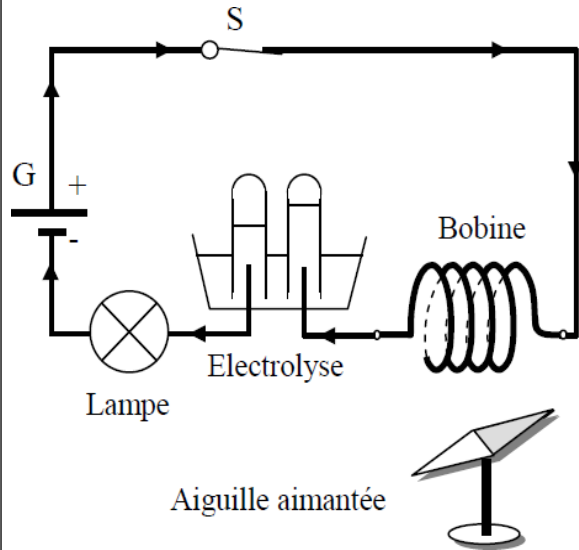
Toute application du courant électrique utilise un de ses effets. Bien que nombreux et variés ils peuvent être regroupés en trois types : thermique, chimique et magnétique.

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

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

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.

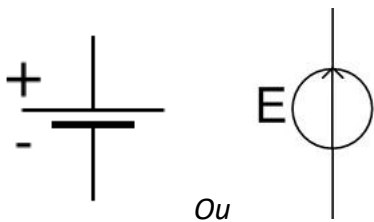


## Sources de tension de CC

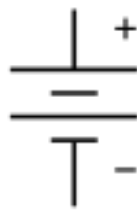
### Définition :

Une source de tension est un dipôle actif qui permet de fournir une tension ou bien une force électromotrice (fém.)

### Symbole :



Ou



Pile ou accumulateur

Batterie de piles ou d'accumulateur



## Type de sources de tension :

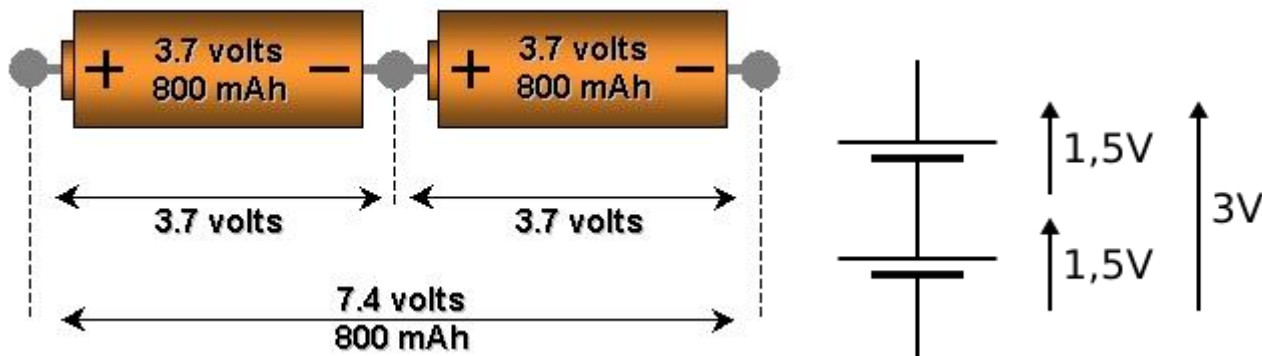
\* Pile : c'est une pile primaire qui une fois déchargée, elle n'est plus utilisée

\* Accumulateur : c'est une pile secondaire qui une fois déchargée, elle peut être rechargée

\* Batterie : c'est un ensemble de piles ou d'accumulateurs branchés entre eux pour augmenter la capacité énergétique (série ou parallèle)

## Groupement des sources de tension :

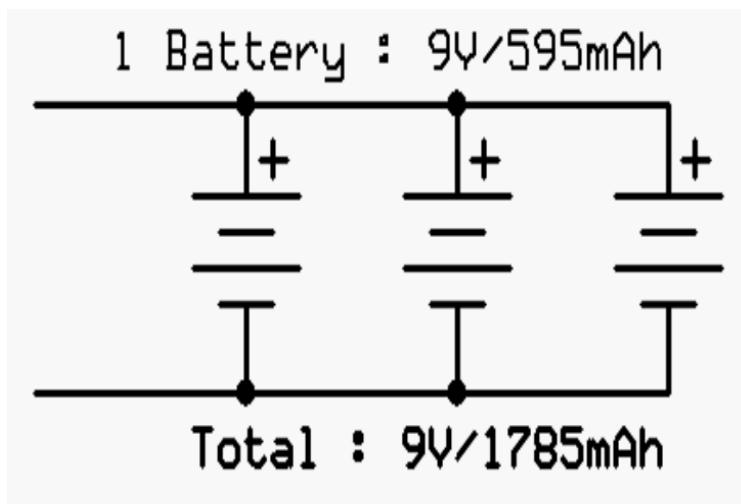
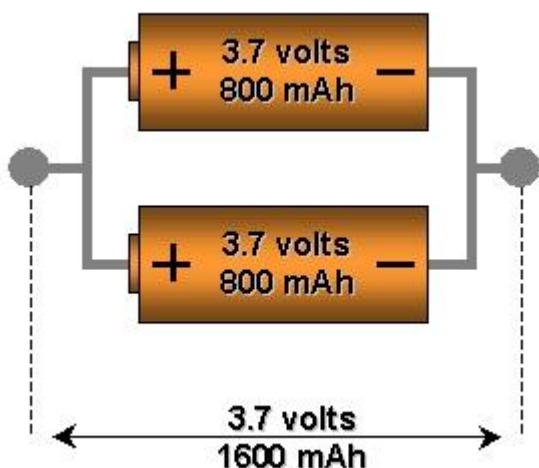
### Groupement en série :



$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n \quad \text{ou} \quad E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

en série le courant est le même

### Groupement en parallèle :



$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad \text{en parallèle la tension est la même ne change pas}$$

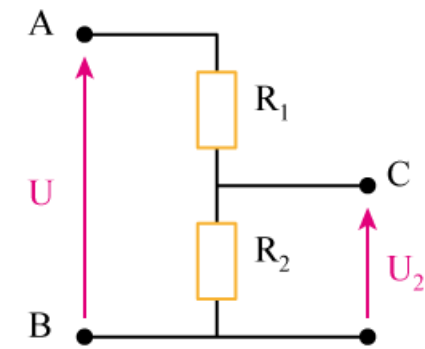
# La tension électrique

## Définition :

La tension c'est la différence de potentiel qui existe aux bornes d'un dipôle, soit une source de tension ou un récepteur ; On l'appelle aussi DDP ou FEM (Force Electromotrice).



## Différence de potentiel (DDP)

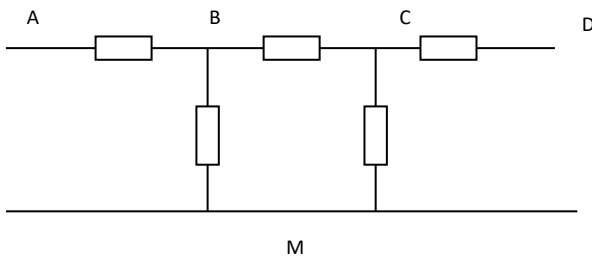


$$U = U_{AB} = V_A - V_B$$

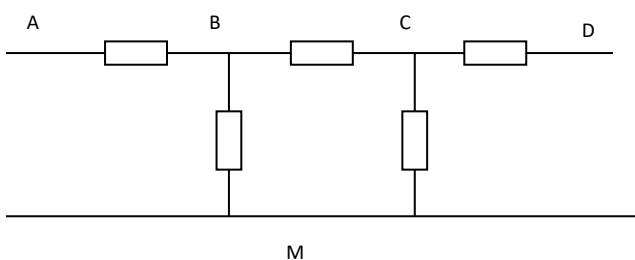
$$U_2 = U_{CB} = V_C - V_B$$

### Exercices :

#### 1) Recherche de DDP

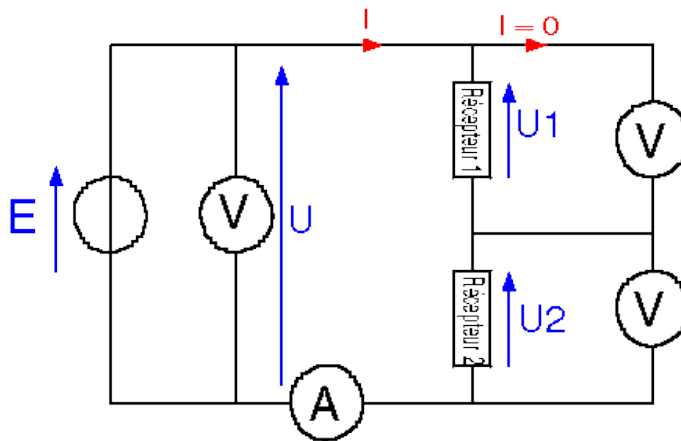


#### 2) Recherche de tensions manquantes



## Unité de mesure

L'unité de la tension  $U$  est le VOLT (V), Pour mesurer cette tension, on utilise un voltmètre Celui-ci se branche toujours en parallèle sur le circuit.



On sait que :  $V_A = 2V$     $V_B = 5V$     $V_C = -1V$   
 $V_D = 3V$     $V_M = -1V$

Déterminer toutes les DDP aux bornes des résistances

En indiquant votre méthode, en fléchant les tensions et sachant que le potentiel M est de 2V

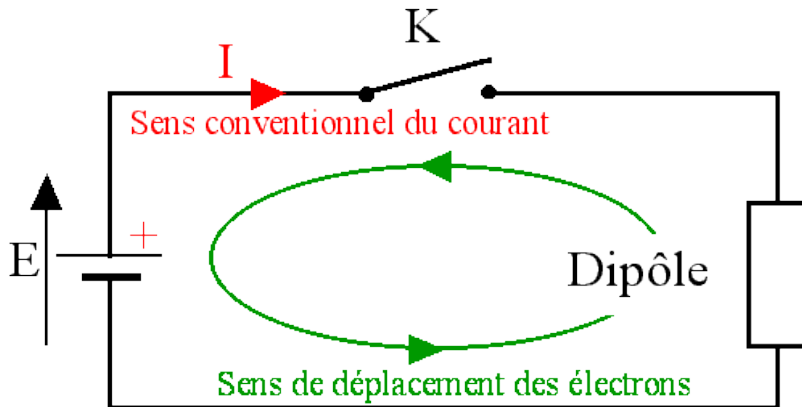
$U_{AM} = 10V$     $U_{BM} = 5V$     $U_{DM} = 1V$     $U_{BC} = 3V$

Déterminer  $U_{AB}$ ,  $U_{CD}$ ,  $U_{CM}$

## Courant électrique

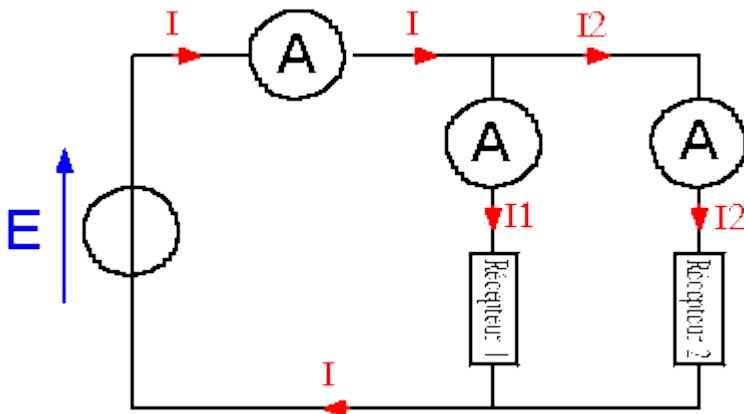
### Définition :

Le courant électrique correspond au déplacement d'électrons dans les conducteurs d'un circuit électrique. Il mesure la quantité d'électricité, c'est-à-dire le nombre d'électrons, passant dans un circuit pendant un intervalle de temps.



### Unité de mesure :

L'intensité d'un courant électrique  $I$  est exprimée en ampères (symbole : A). elle se mesure à l'aide d'un Ampèremètre qui doit se brancher en série.



### Sens du courant électrique :

Généralement le courant circule de la borne + vers la borne - à l'extérieur de la source de tension.

---

## Puissance électrique

---

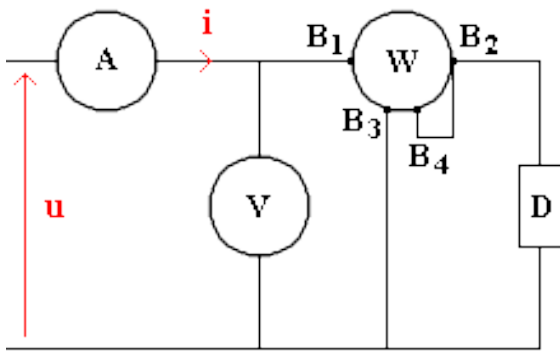
### Définition :

La puissance électrique est une grandeur caractéristique des récepteurs ou sources de tensions, c'est la valeur du travail fourni (sources de tensions) ou transformé (récepteurs).

### Unité de mesure :

La **puissance électrique** se note **P** et s'exprime en **Watt** (de symbole **W**). Le wattmètre permet de mesurer la puissance électrique, il possède deux circuits :

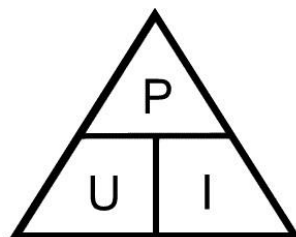
- Circuit courant qui se branche en série
- Circuit tension qui se branche en parallèle



### Relation :

La puissance électrique reçue par un appareil soumis à une tension **U** et traversée par un courant électrique d'intensité **I** s'obtient par la relation :

$$\begin{array}{c} \mathbf{P = U \times I} \\ \text{Watt} \quad \text{Volt} \quad \text{Ampère} \end{array}$$



Cette relation permet de calculer la **tension**

$$U = \frac{P}{I}$$

Cette relation permet également de calculer l'**intensité**

$$I = \frac{P}{U}$$

## **Multiples et sous multiples :**

### **Les sous-multiples et les multiples des unités de mesure**

$$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12} \text{ téra T}$$

$$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9 \text{ giga G}$$

$$1\ 000\ 000 = 10^6 \text{ méga M}$$

$$1\ 000 = 10^3 \text{ kilo k}$$

$$100 = 10^2 \text{ hecto h}$$

$$10 = 10^1 \text{ déca da}$$

$$1 = 10^0 \text{ unité}$$

$$0,1 = 10^{-1} \text{ déci d}$$

$$0,01 = 10^{-2} \text{ centi c}$$

$$0,001 = 10^{-3} \text{ milli m}$$

$$0,000\ 001 = 10^{-6} \text{ micro } \mu$$

$$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9} \text{ nano n}$$

$$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12} \text{ pico p}$$

$$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15} \text{ femto f}$$

### **Les sous-multiples et les multiples des unités de mesure**

$$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12} \text{ téra T}$$

$$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9 \text{ giga G}$$

$$1\ 000\ 000 = 10^6 \text{ méga M}$$

$$1\ 000 = 10^3 \text{ kilo k}$$

$$100 = 10^2 \text{ hecto h}$$

$$10 = 10^1 \text{ déca da}$$

$$1 = 10^0 \text{ unité}$$

$$0,1 = 10^{-1} \text{ déci d}$$

$$0,01 = 10^{-2} \text{ centi c}$$

$$0,001 = 10^{-3} \text{ milli m}$$

$$0,000\ 001 = 10^{-6} \text{ micro } \mu$$

$$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9} \text{ nano n}$$

$$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12} \text{ pico p}$$

$$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15} \text{ femto f}$$

### **Multiples et sous multiples du watt. (1cheval = 736W)**

$$1 \text{ milliwatt} = 0,001 \text{ watt} : 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ kilowatt} = 1000 \text{ watts} : 1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ mégawatt} = 1\ 000\ 000 \text{ watts} : 1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$$

$$1 \text{ gigawatt} = 1\ 000\ 000\ 000 \text{ watts} : 1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W}$$

### **Exercice 1 :**

1. Convertir 650 W en KW.

2. Convertir 2,5 kW en W.

### **Exercice 2**

La plaque signalétique d'une cafetière comporte ces indications : 230 V/ 0,9 kW.

1. A quoi correspondent chacune de ces indications ?

2. Calculer l'intensité qui traverse la cafetière quand elle fonctionne.

### **Exercice 3**

Un moteur électrique à courant continu absorbe un courant de 5A sous une tension de 230V Déterminer la puissance du moteur ? Donner cette puissance en cheval ?

## L'énergie électrique

Un corps possède de l'énergie lorsqu'il peut fournir du travail ou de la chaleur.

L'énergie peut se présenter sous des formes très diverses : l'énergie mécanique, l'énergie thermique ou calorifique, l'énergie chimique, l'énergie rayonnante ou lumineuse, l'énergie nucléaire, l'énergie électrique  
L'énergie électrique est la puissance fournie pendant un certain temps.

$$W = P \times t$$

L'énergie électrique se désigne par la lettre  $W$

L'unité est le joule (J) quand le temps est en secondes

L'unité est le wattheure (Wh) quand le temps est en heures

La mesure s'effectue avec un compteur énergie

Le wattheure :  $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$

Le Kilowattheure :  $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 3\,600\,000 \text{ J}$

### Application

#### Exercice 01 :

Le chauffage d'un bureau est assuré par deux radiateurs d'une puissance de 1000W chacun, sous une tension de 230V, de 8H00 à 18H00. Quelle est l'intensité consommée par les radiateurs ?

Déterminez l'énergie consommée lors d'une journée de fonctionnement à plein régime ?

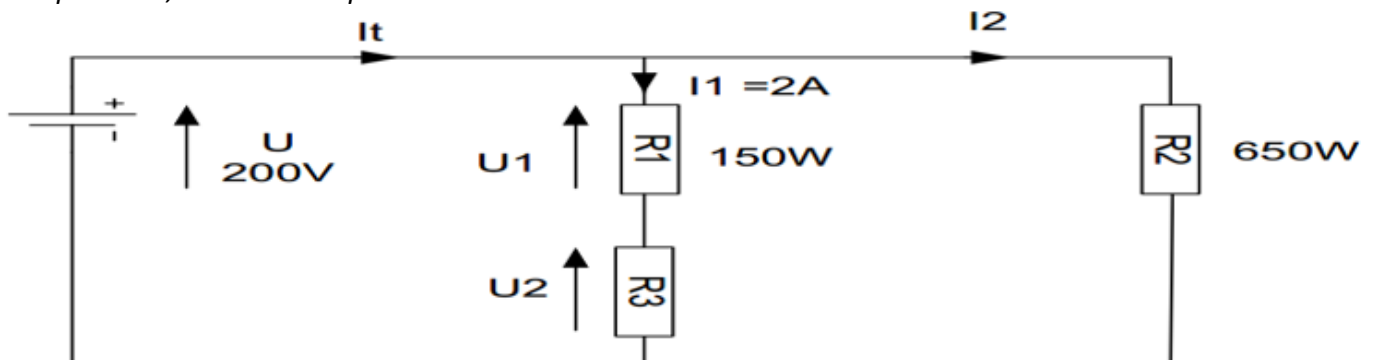
#### Exercice 02 :

L'éclairage d'une salle de classe est assuré à 8 lampes qui consomment chacune une puissance électrique de 200W les lampes restent allumées 4H/jour

Quel est le prix journalier de l'éclairage sachant que  $1 \text{ kWh} = 1,5 \text{ DH}$  ?

#### Exercice 03 :

Dans le montage ci-dessous déterminer dans l'ordre, la tension  $U_1$  puis la tension  $U_2$ , la puissance du récepteur  $R_3$ , l'intensité  $I_2$  puis l'intensité totale.



# Résistances

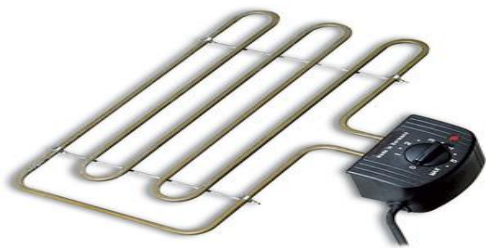
## Définition :

Les résistances sont des dipôles passifs dans lesquels toute l'énergie électrique mise en jeu est convertie en chaleur par effet Joule.

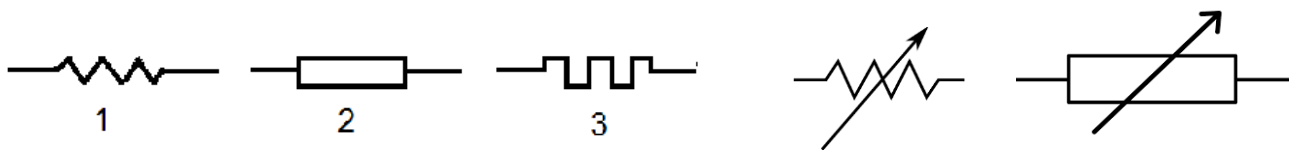
Le terme résistance possède deux significations différentes :

1-Il peut désigner un dipôle qui permet de transformer le courant en chaleur comme le fer à souder, fer à repasser, radiateur etc....

2- Il peut désigner aussi le composant qui a la propriété de s'opposer plus ou moins au passage du courant électrique

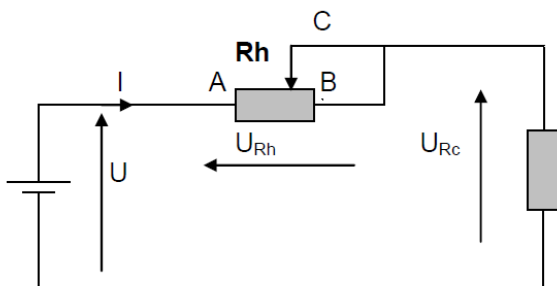


## Symbole :

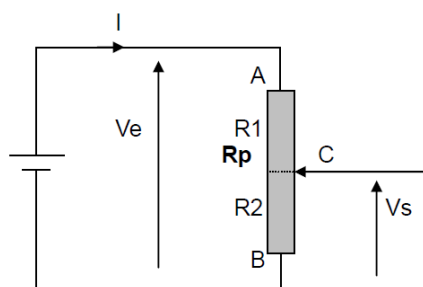


Résistance fixe

Résistance variable



Rhéostat pour varier le courant

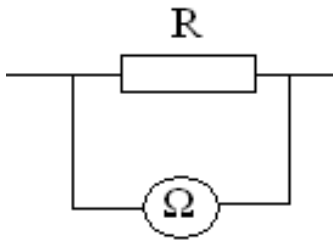


Potentiomètre pour varier la tension



## Unité de mesure

- La valeur de la résistance  $R$  s'exprime en ohm, Le symbole de l'ohm est la lettre grecque  $\Omega$  (oméga).
- La valeur d'une résistance peut être déterminée grâce aux anneaux colorés qu'elle comporte en utilisant le code des couleurs ; Elle peut être mesurée grâce à un ohmmètre qui se branche à ses bornes et hors circuit



La résistance  $R$  (en ohms :  $\Omega$ ) d'un conducteur rectiligne de résistivité  $\rho$  (en  $\Omega \cdot m$ ), de longueur  $L$  (en  $m$ ) et de section droite d'aire  $S$  (en  $m^2$ ) vaut donc :  $R = \rho \times \frac{L}{S}$

Sa valeur change avec la température  $R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha t)$

$R_t$  = résistance à  $t^\circ C$ ,  $R_0$  = résistance à  $0^\circ C$ ,  $\alpha$  = coefficient de température

**Conductance** : la conductance  $G$  est l'inverse de la résistance  $R$

$$\text{Siemens (S)} \rightarrow G = \frac{1}{R} \leftarrow \text{Ohms } (\Omega)$$

### Code de couleur d'une résistance :

N : noir (0)

M : marron (1)

R : rouge (2)

O : orange (3)

J : jaune (4)

V : vert (5)

B : bleu (6)

V : violet (7)

G : gris (8)

B : blanc (9)

Un moyen pour se rappeler du code des couleurs est de retenir l'une des deux phrases suivantes :

**Ne Manger Rien Ou Je Vous Brûle Votre Grande Barbe**

Ou

**Ne Mangez Rien Ou Jeûnez Voilà Bien Votre Grande Bêtise**

La place des mots dans la phrase indique le chiffre correspondant à la couleur de l'anneau.

### Le Code à 3 et 4 couleurs

**Première et deuxième bandes** : ce sont les deux premiers nombres qui expriment la valeur de la résistance électrique.

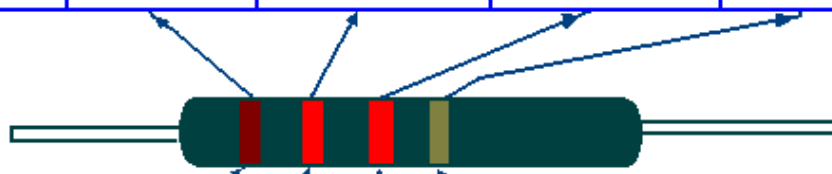
**Troisième bande** : indique le nombre de zéros à placer après les deux premiers chiffres.

Ainsi les trois premières bandes expriment la valeur de la résistance en  $\Omega$ .

**Quatrième bande** : donne la tolérance en %.

**En cas d'une résistance de 3 couleurs la tolérance est de 20 %**

COULEUR DE L'ANNEAU	1er ANNEAU	2ème ANNEAU	3ème ANNEAU	4ème ANNEAU
	NOMBRE CORRESPONDANT			TOLERANCE
Argent	—	—	Diviseur par 100	± 10 %
Or	—	—	Diviseur par 10	± 5 %
Noir	—	0	—	—
Marron	1	1	0	± 1 %
Rouge	2	2	00	± 2 %
Orange	3	3	000	—
Jaune	4	4	0000	—
Vert	5	5	00000	—
Bleu	6	6	000000	—
Violet	7	7	0000000	—
Gris	8	8	00000000	—
Blanc	9	9	000000000	—
Sans couleur	—	—	—	± 20 %



Marron    Rouge    Rouge    Or = 1 200 ohms ± 5 %  
 1            2            00           ± 5 %

### Le Code à 5 et 6 couleurs

**5 couleurs** : Première, deuxième et troisième bandes : ce sont les trois premiers nombres qui expriment la valeur de la résistance électrique.

**Quatrième bande** : indique le nombre de zéros à placer après les trois premiers chiffres.

Ainsi les quatre premières bandes expriment la valeur de la résistance en Ω.

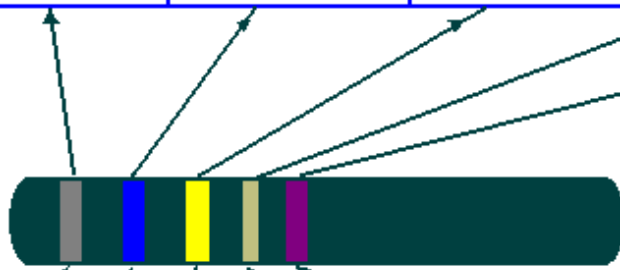
**Cinquième bande** : donne la tolérance en %.

### **6 couleurs** :

Les cinq premiers anneaux ont la même signification que les résistances à 5 anneaux.

Le sixième est un coefficient de température (variation de la conductivité électrique avec la température).

COULEUR DE L'ANNEAU	1er ANNEAU	2ème ANNEAU	3ème ANNEAU	4ème ANNEAU	5ème ANNEAU
	NOMBRE CORRESPONDANT				TOLERANCE
Argent	—	—	—	Diviseur par 100	—
Or	—	—	—	Diviseur par 10	—
Noir	—	0	0	—	—
Marron	1	1	1	0	± 1 %
Rouge	2	2	2	00	± 2 %
Orange	3	3	3	000	—
Jaune	4	4	4	0000	—
Vert	5	5	5	00000	** ± 0,5 %
Bleu	6	6	6	000000	± 0,25 %
Violet	7	7	7	0000000	± 0,1 %
Gris	8	8	8	00000000	—
Blanc	9	9	9	000000000	—



gris bleu jaune argent violet = 8,64 ohms ± 0,1 %

- \* Le cinquième anneau peut également être de même largeur que les quatre autres.
- \*\* Certains constructeurs indiquent les tolérances + ou - avec un anneau de couleur noir au lieu de vert.

**Séries de valeurs normalisées :**

E3 :	10							22							47									
E6 :	10			15				22			33				47			68						
E12 :	10		12	15	18			22		27	33	39		47		56		68		82				
E24 :	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

**Exercices :**

1- Déterminez la valeur complète des résistances suivantes puis indiquez la valeur maximale et la valeur minimale :

JAUNE-ROUGE-NOIRE-OR : .....

VIOLET-NOIRE-BLEU-ARGENT:.....

VERT-JAUNE-ROUGE-ARGENT:.....

MARRON-NOIR-MARRON-OR:.....

2- Trouvez la couleur de la résistance qu'auraient les valeurs suivantes :

$R_1 = 20 \Omega \pm 10\%$  .....

$R_2 = 370 \Omega \pm 5\%$  .....

$R_3 = 1 \text{ k}\Omega \pm 2\%$  .....

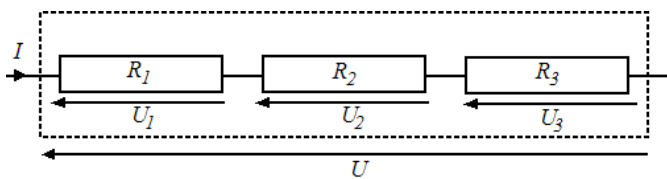
$R_4 = 22 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  .....

$R_5 = 150 \text{ k}\Omega \pm 10\%$  .....

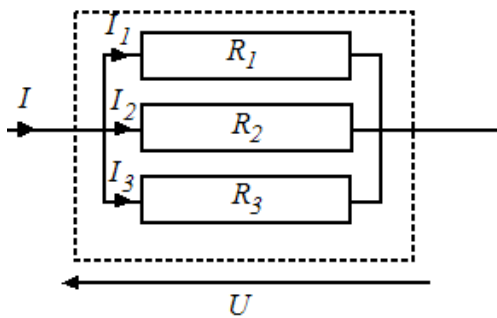
$R_6 = 68 \text{ M}\Omega \pm 5\%$  .....

### Groupement des résistances

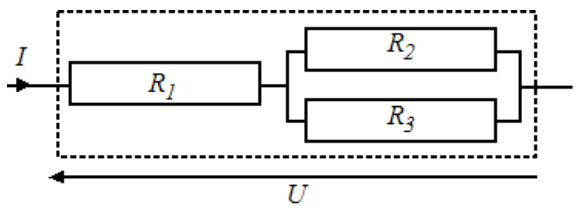
Branchement en Série



Branchement en parallèle



Branchement mixte



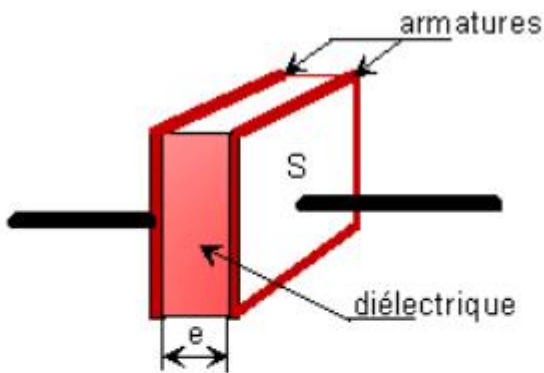
## Condensateurs

### Définition :

Le condensateur est un composant qui a la propriété de stocker de l'énergie électrique lorsqu'il est soumis à une tension.

### Constitution :

Un condensateur est constitué de deux plaques (armatures) placés à proximité l'un de l'autre et séparés par un isolant appelé diélectrique



Valeur de la capacité d'un composant capacitif plan

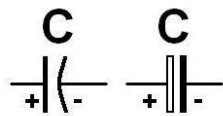
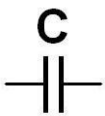
$$C = 9 \cdot 10^{-12} \cdot \epsilon_r \frac{S}{e}$$

S = surface d'une armature ( en  $m^2$  )

e = distance séparant les armatures ( en m )

$\epsilon_r$  = permittivité relative

### Symbole :



Condensateur non polarisé    Condensateur polarisé    Condensateur variable

### Unité de mesure :

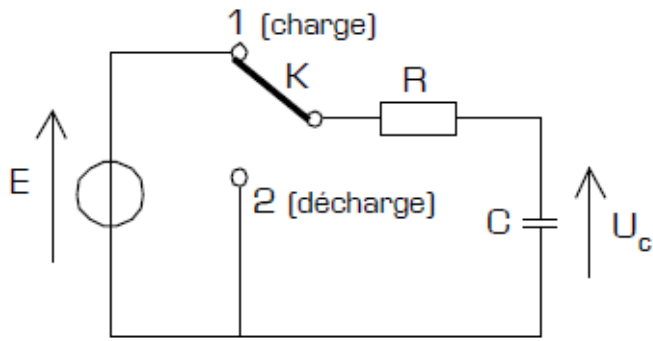
La capacité d'un condensateur est symbolisée par C et son unité de mesure est le farad (F)

Le microfarad ( $1 \mu F = 10^{-6} F$ )

Le nanofarad ( $1 nF = 10^{-9} F$ )

Le picofarad ( $1 pF = 10^{-12} F$ )

**Fonctionnement** : Charge et décharge d'un condensateur

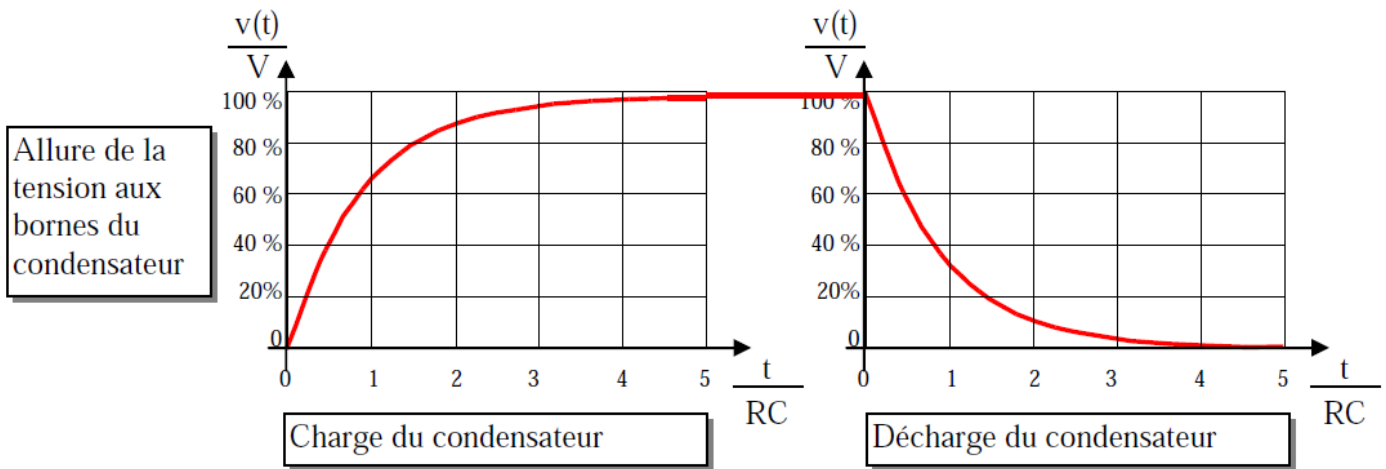


**$\tau = R \times C$**

R est en ohms [ $\Omega$ ]  
 C est en farads [F]  
 $\tau$  est en secondes [s]

On appelle constante de temps d'un circuit RC, le produit  $R \cdot C$ . La constante de temps est notée  $\tau$  (lettre grecque « tau »), et elle s'exprime en secondes ( $\tau$  est un temps).

Le temps de charge ou décharge  $T = 5 \cdot \tau = 5 \cdot RC$



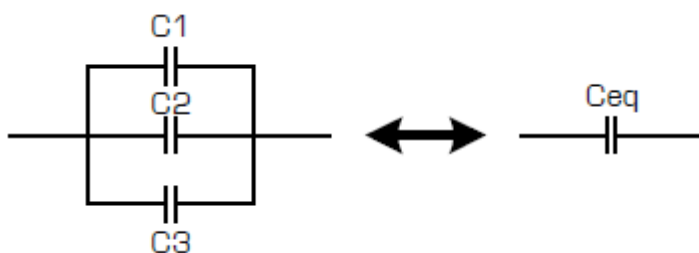
**Un condensateur est un réservoir d'énergie électrostatique.**

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.

<b><math>q = C \cdot V</math></b>	$q$ en coulombs (C) $C$ en farads (F) $V$ en volts (V)		<b><math>W = \frac{C \cdot V^2}{2}</math></b>	$W$ en joules (J) $C$ en farads (F) $V$ en volts (V)
-----------------------------------	--	--	---	--

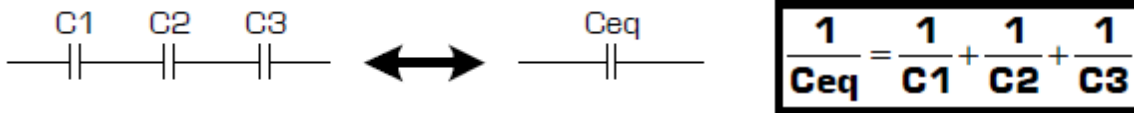
**Groupement des condensateurs :**

En parallèle :



**$C_{eq} = C1 + C2 + C3$**

En série :



Le code de couleurs des condensateurs a été établi pour le marquage des condensateurs à céramique et au mica. Le marquage indique la capacité du condensateur, la tolérance et le coefficient de température. On utilise les mêmes couleurs que pour le codage des résistances, mais les valeurs codées sont exprimées en picofarads (pF), car il s'agit de petits condensateurs. La figure ci-jointe montre le marquage des deux types de condensateurs mentionnés.

Chiffres significatifs	Multiplicateur	Tolérance	Coefficient température	Tension de service
		Rien : +/- 20 %		Rien : 500 V
	Argent : x 0,01	Argent : +/- 10 %		Argent : 2000 V
	Or : x 0,1	Or : +/- 5 %	Or : + 100	Or : 1000 V
Noir : 0	Noir : x 1	Noir : +/- 20 %	Noir : 0	
Marron : 1	Marron : x 10	Marron : +/- 1%	Marron : - 30	Marron : 100 V
Rouge : 2	Rouge : x 100	Rouge : +/- 2 %	Rouge : - 80	Rouge : 200 V
Orange : 3	Orange : x 1 K		Orange : - 150	Orange : 300 V
Jaune : 4	Jaune : x 10 K		Jaune : -220	Jaune : 400 V
Vert : 5	Vert : x 100 K	Vert : +/- 5 %	Vert : - 330	Vert : 500 V
Bleu : 6	Bleu : x 1 M		Bleu : - 470	Bleu : 600 V
Violet : 7	Violet : x 10 M		Violet : - 750	Violet : 700 V
Gris : 8			Gris : - 2200	Gris : 800 V
Blanc : 9		Blanc : +/- 10 %		Blanc : 900 V

Remarque : Lorsqu' aucune tension nominale n'a pas été spécifiée, elle est habituellement de 400 à 600V.

### Coefficient de température

La capacité d'un condensateur dépend de la température par une relation de la forme :  $C = C_0(1 + \alpha t)$ .

$C_0$  : capacité à 0°C

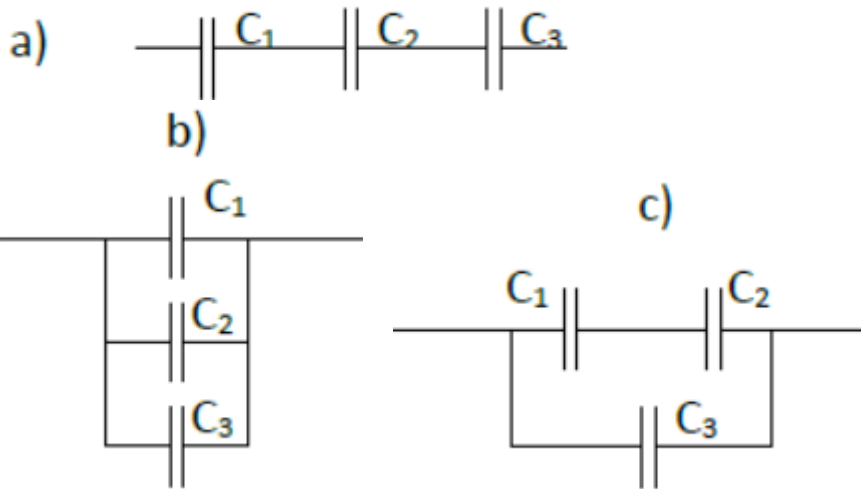
$t$  = température (°C)

$\alpha$  : coefficient de température.

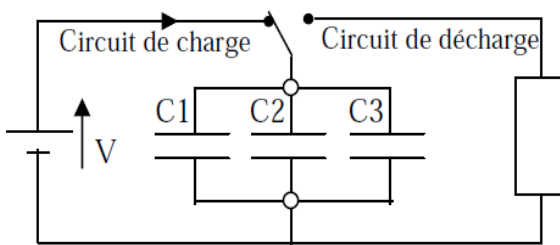
Exercices :

1- Calculer la capacité équivalente pour chaque schéma.

Avec  $C_1=10\mu\text{F}$ ,  $C_2=2\mu\text{F}$  et  $C_3=1000\text{nF}$



2-



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

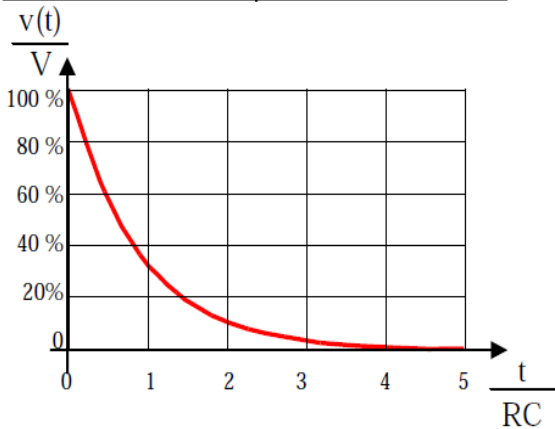
On donne  $C_1 = 2200 \mu\text{F}$ ;  $C_2 = 4700 \mu\text{F}$ ;  $C_3 = 470 \mu\text{F}$   
Quelle est la valeur du condensateur équivalent ?

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  $5 \text{ V}$  ?



## Bobine

### Définition :

La bobine est un composant qui permet d'emmagasiner de l'énergie électrique lorsqu'elle est traversée par un courant et de restituer cette énergie lorsqu'on ouvre le circuit sous forme de FEM assez considérable.

### Symbole :

Bobine sans noyau



Bobine avec noyau

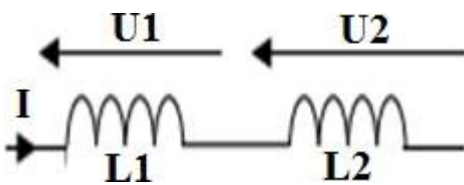


### Unité de mesure :

L'unité de la bobine L est le Henry noté ( H )

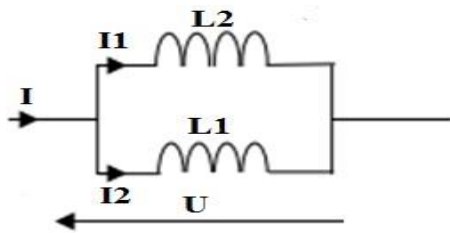
### Groupement des bobines :

Groupement en série



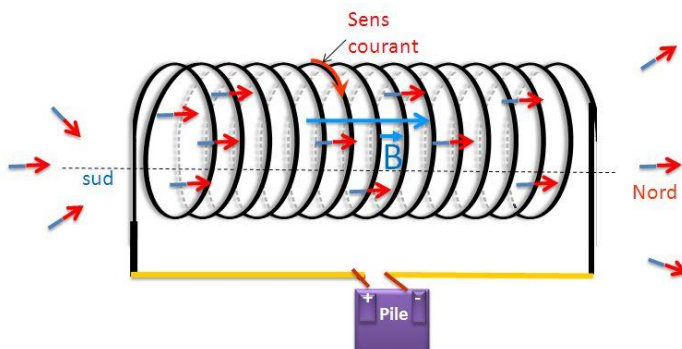
$$L_{eq} = L1 + L2 + L3 + \dots + Ln$$

Groupement en parallèle :



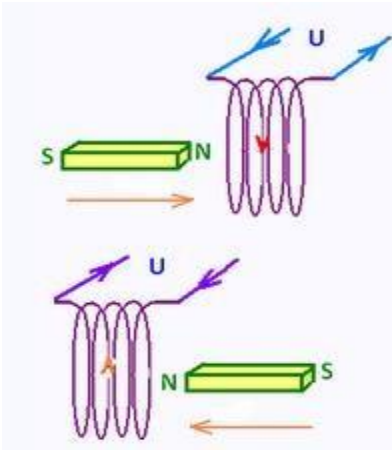
$$1/L_{eq} = 1/L1 + 1/L2 + 1/L3 + \dots + 1/Ln$$

### Champs magnétique crée par une bobine ou flux magnétique :



$$\Phi = L.I$$

$\Phi$  en webers (Wb)  
L en henrys (H)  
I en ampères (A)



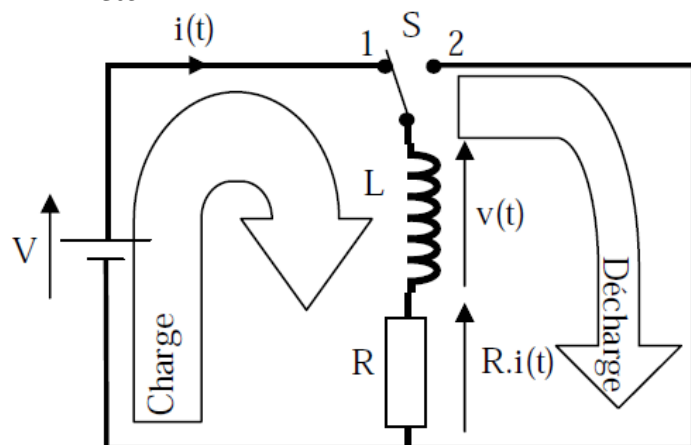
Lorsqu'un aimant est mis en mouvement à proximité d'une bobine, une tension apparaît aux bornes de la bobine et devient nulle lorsque l'aimant s'immobilise.

Cette tension prend soit une valeur positive soit une valeur négative. Le signe de cette tension dépend :

- du pôle magnétique de l'aimant mis face à la bobine, et
- du sens du mouvement de l'aimant qui s'approche ou s'éloigne de la bobine.

Les bobines sont utilisées dans de nombreuses applications, on cite :

- Pour créer une impulsion de haute tension (moteurs à allumage commandé, clôture électrique tube fluorescent).
- Pour leurs propriétés électromagnétiques (électroaimants ; relais électromécaniques moteurs électriques).
- Pour le filtrage d'un signal électrique.
- etc.....

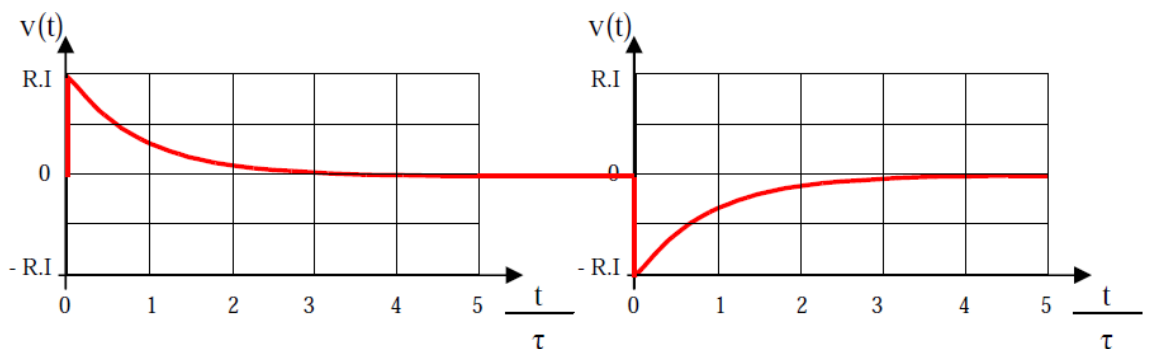


Constante de temps

$$\tau = L/R$$

- $\tau$  : constante de temps en seconde (s)
- $L$  : inductance de la bobine en Henry (H)
- $R$  : Résistance en ohm ( $\Omega$ )

Allure de la tension aux bornes du réactor



## Résistance équivalente

### Définition :

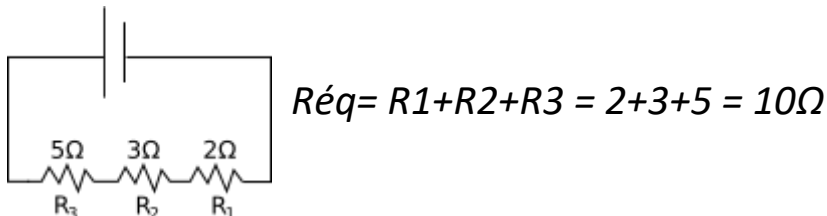
La résistance équivalente est la valeur de la résistance unique que si l'on branche à la place de toutes les résistances et soumise à la même tension va absorber le même courant.

**Groupement en série :** elles sont traversées par le même courant

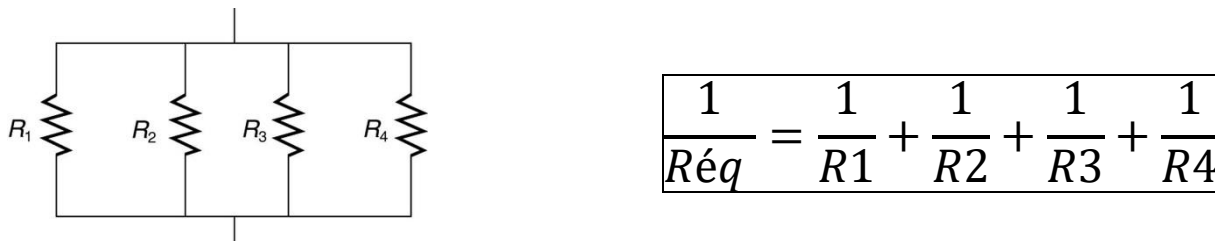
$$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$



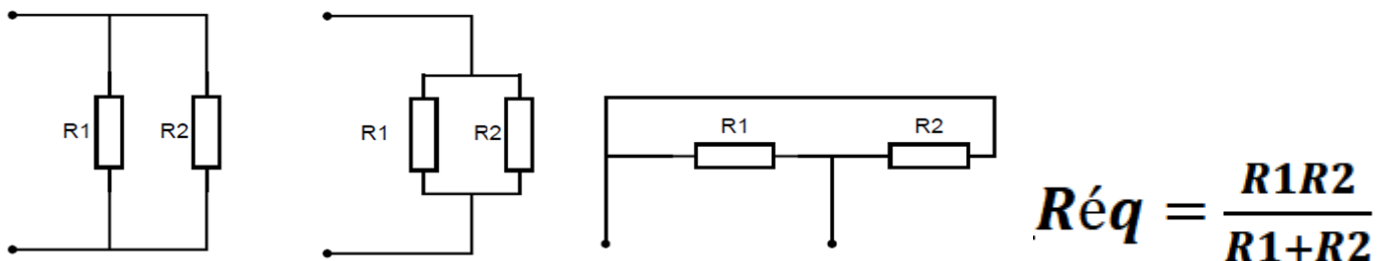
Dans un branchement en série, la résistance équivalente  $R_{\text{éq}}$  est la somme des résistances

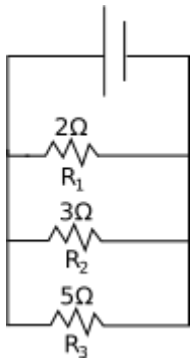


**Groupement en parallèle :** elles sont soumises à la même tension



Cas de deux résistances en parallèle seulement :





Exemple :

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

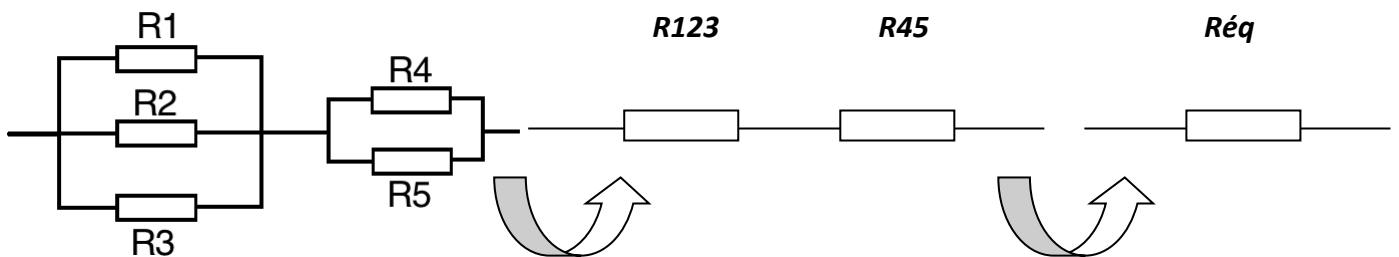
$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} = \frac{15 + 10 + 6}{30} = \frac{31}{30}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{30}{31} = 0.96\Omega$$

### Groupement mixte :

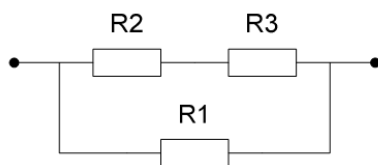
Pour un groupement mixte on calcul la résistance équivalente en passant par des étapes, on regroupe en premier temps ceux qui sont 100% en série et ceux qui sont 100% en parallèle ; Après on obtiendra un nouveau schéma jusqu'à elle reste une seule c'est elle  $R_{\text{eq}}$ .

Exemple :



### Exercices :

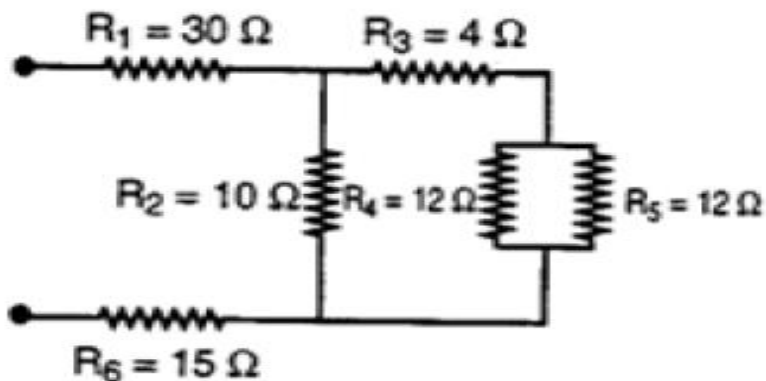
Exercices : Calculer la résistance équivalente des circuits suivants :



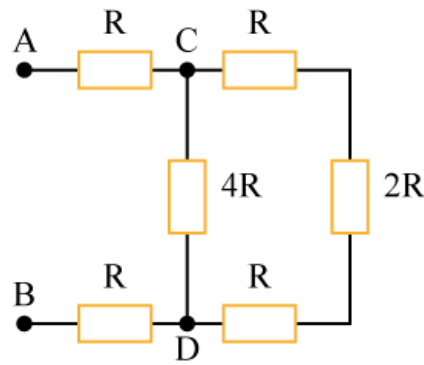
1.

On donne :  $R_1 = 330 \Omega$  ,  $R_2 = 220 \Omega$  et  $R_3 = 820 \Omega$ .

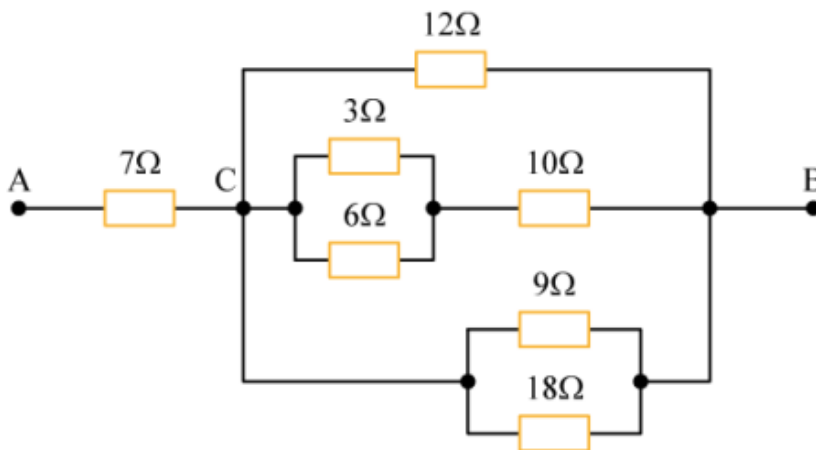
2.



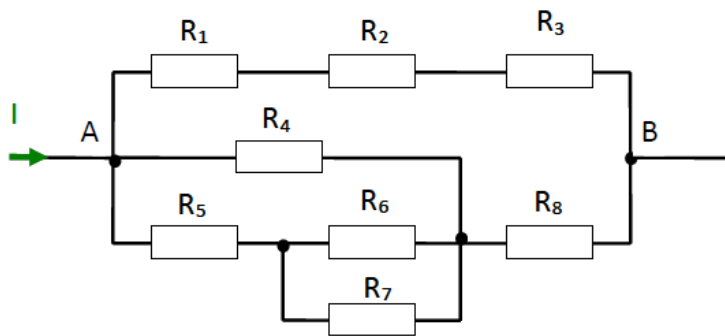
3.



4.



5.



**Données :**

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 250\Omega$$

$$R_4 = R_6 = R_7 = R_8 = 500\Omega$$

---

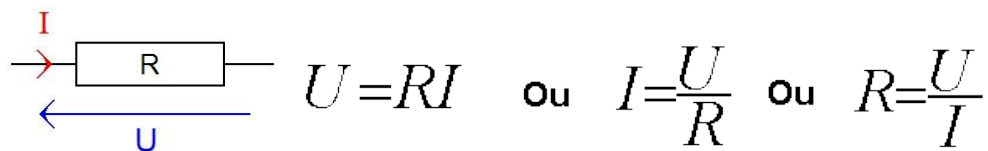
## LOI D'OHM

---

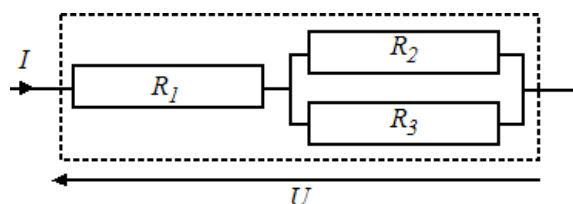
### Définition :

La loi d'ohm est une loi physique très importante dans le domaine électrique. Cette loi met en relation 3 éléments : la valeur d'une résistance (en ohms), le courant qui la traverse (en Ampère) et la tension entre ses bornes (en Volt).

### Enoncé de la loi d'ohm



La résistance  $R$  peut être une résistance ou une résistance équivalente à un groupement de résistance



$U = R_{\text{éq}} \times I$

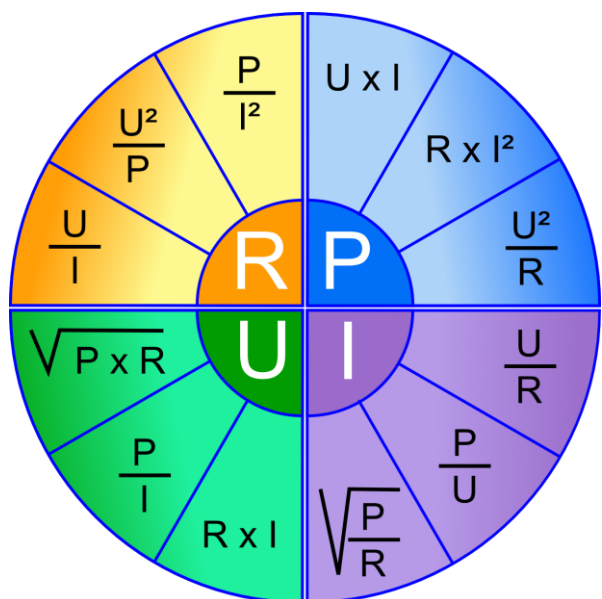
$U = \left( R1 + \frac{R2 \times R3}{R2 + R3} \right) \times I$

**Loi d'ohm et Puissance**

$U = R \times I$  et  $P = U \times I$

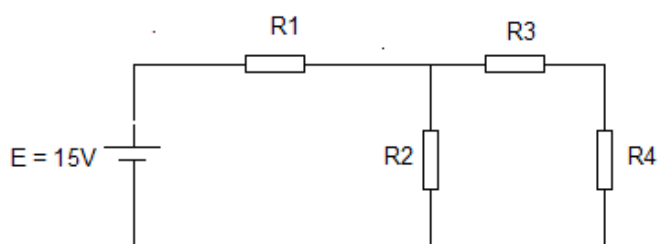
Remplaçons  $U$  par  $R \times I$   $\Rightarrow P = R \times I \times I = R \times I^2$

Remplaçons  $I$  par  $U/R$   $\Rightarrow P = U \times U/R = U^2/R$



**Exercice1 :**

Pour le circuit à courant continu ci-dessous :

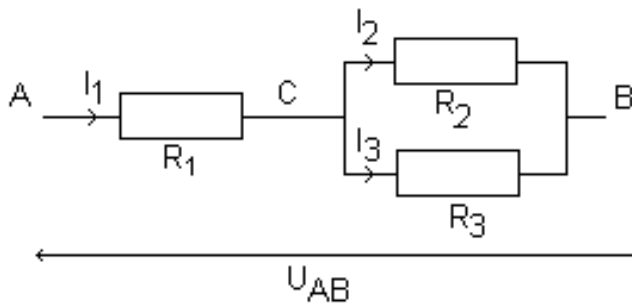


On donne :  $R1 = 100\Omega$ ,  $R2 = 50\Omega$ ,  $R3 = 25\Omega$ ,  $R4 = 25\Omega$ .

- a- calculer La résistance équivalente du circuit.
- b- calculer Le courant total du circuit.
- c- calculer L'intensité du courant qui parcourt chaque résistance et la tension aux bornes de chaque résistance.
- d- Nommer l'appareil permettant de mesurer l'intensité totale dans le circuit, et représenter le sur le schéma

**Exercice2 :**

Soit le circuit suivant :



Données :

$R_1=56\Omega$

$R_2=68\Omega$

$R_3=82\Omega$

$U_{AB}=6V$

1. Calculer la résistance équivalente  $R$  du dipôle AB.
2. Déterminer l'intensité du courant  $I_1$  traversant  $R_1$ .
3. Calculer la tension  $U_{AC}$ .
4. Calculer la tension  $U_{CB}$ .
5. Calculer les intensités  $I_2$  et  $I_3$  des courants traversant  $R_2$  et  $R_3$ .

---

## Analyser des circuits simples en CC

---

**Introduction :**

Nous allons voir dans ce cours des formules qui permettent de gagner beaucoup de temps dans l'étude des circuits électriques.

**Loi de Kirchhoff :**

**1- La loi des mailles :**

Une maille est un circuit électrique refermé sur lui-même

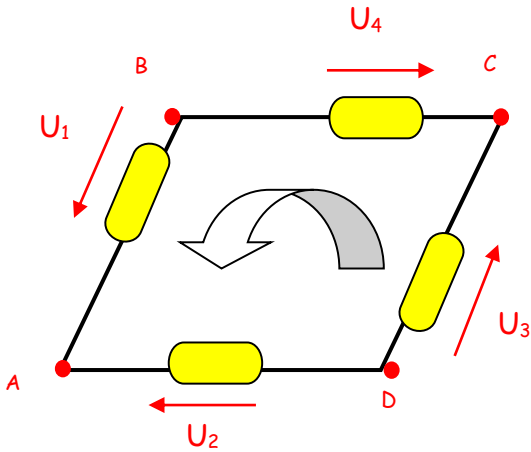
La loi des mailles permet de donner une relation entre plusieurs tensions à l'intérieur d'un même circuit électrique.

**➡** La somme de toutes les tensions électriques sur un circuit fermé est nulle.

Après s'être fixé un sens de parcours pour la maille choisie, une tension est comptée :

- Positive, si sa flèche est dans le même sens que le sens du parcours.

➤ Négative, si sa flèche est dans le sens opposé de celui du parcours.



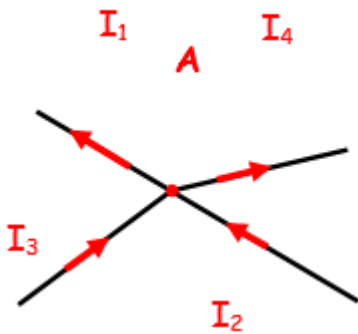
Sur la maille ABCD, avec le sens donné :

$$U_1 - U_2 + U_3 - U_4 = 0 \text{ V} \quad \text{OU} \quad U_1 + U_3 = U_2 + U_4$$

## 2- La loi des nœuds

Un nœud est un point particulier d'un circuit électrique d'où partent plusieurs conducteurs, il devient intéressant lorsque le nombre des conducteurs est supérieur à deux, ainsi

➡ La somme des intensités des courants entrant dans un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui en sortent.



**Au nœud A :**

Les courants entrants :  $I_2$  et  $I_3$

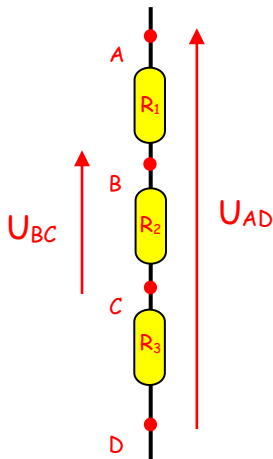
Les courants sortants :  $I_1$  et  $I_4$

La loi des nœuds exprime la relation entre ces courants :

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3$$

### 3- Le pont diviseur de tension

La méthode proposée s'utilise lorsque plusieurs dipôles sont traversés par un même courant, le cas le plus commun est celui de dipôles branchés en série.



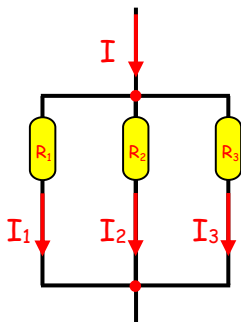
$$U_{AB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} U_{AD}$$

$$U_{BC} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} U_{AD}$$

$$U_{CD} = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} U_{AD}$$

### 4- Le pont diviseur de courant

La méthode proposée s'utilise lorsque plusieurs dipôles sont soumis à une même tension, le cas le plus commun est celui de dipôles branchés en dérivation.

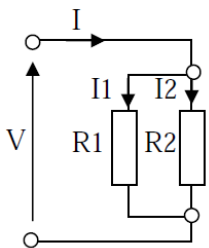


$$I_1 = \frac{R_{eq}}{R_1} I$$

$$I_2 = \frac{R_{eq}}{R_2} I$$

$$I_3 = \frac{R_{eq}}{R_3} I$$

$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2 + G_3} I ; I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2 + G_3} I ; I_3 = \frac{G_3}{G_1 + G_2 + G_3} I$$

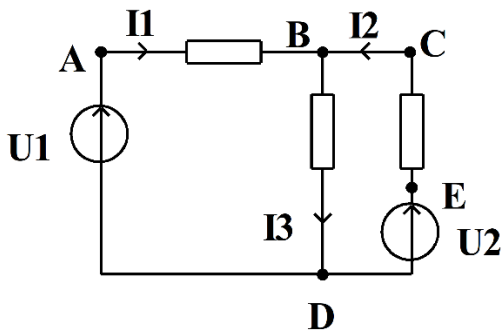


- Cas particulier de deux résistances :  $I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$  ;  $I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$

## Exercices :

### Lois des nœuds et des mailles

Exercice 1 : Soit le circuit suivant :



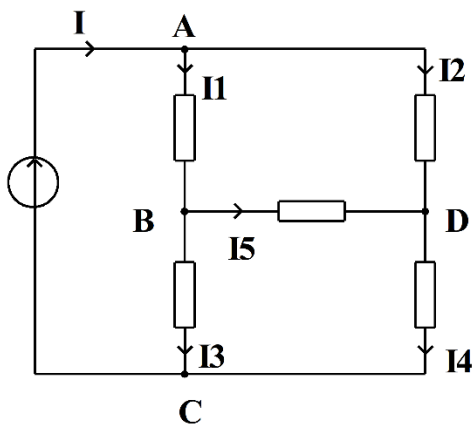
On donne :

$$\begin{aligned}U_1 &= 15 \text{ V} \\U_2 &= 5 \text{ V} \\U_{BD} &= 10 \text{ V} \\I_1 &= 3 \text{ A} \\I_3 &= 2 \text{ A}\end{aligned}$$

1°) Calculer  $I_2$

2°) Calculer  $U_{AB}$  et  $U_{EC}$

Exercice 2 : Soit le circuit suivant :



On donne :

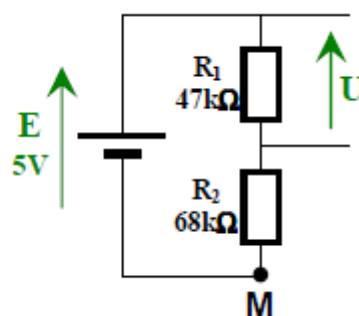
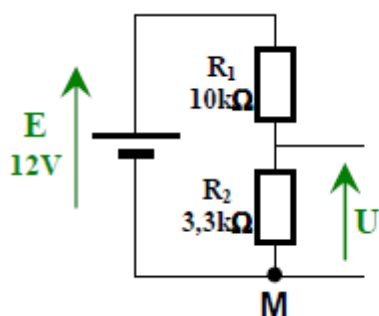
$$\begin{aligned}U_{AC} &= 20 \text{ V} \\I_1 &= 3 \text{ A} \\I_2 &= 4 \text{ A} \\I_5 &= 1 \text{ A} \\U_{DC} &= 5 \text{ V} \\U_{BC} &= 12 \text{ V}\end{aligned}$$

1°) Calculer  $I$ ,  $I_3$  et  $I_4$ .

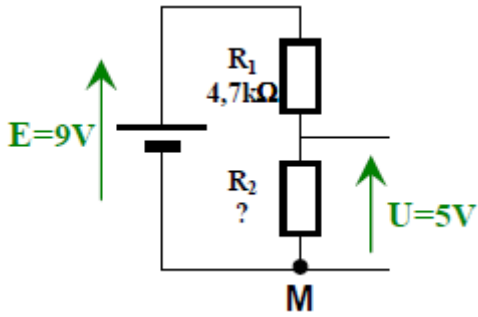
2°) Calculer  $U_{AD}$ ,  $U_{AB}$  et  $U_{BD}$ .

### Diviseur de tension et courant

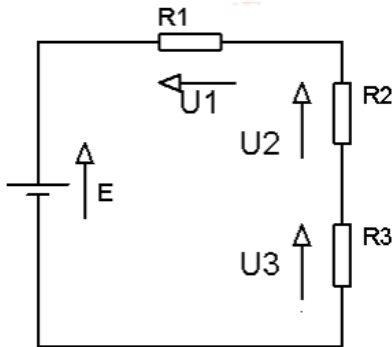
Exercice 1 : Calculer la tension  $U$  pour les deux circuits :



**Exercice 2 :** Calculer la valeur de R2



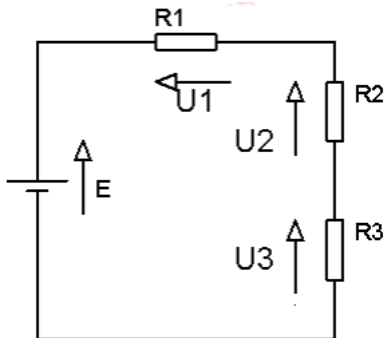
**Exercice 3 :** Soit le circuit suivant :



On donne :  $E = 15 \text{ V}$ ,  $R1 = 22 \Omega$ ,  $R2 = 15\text{k}\Omega$  et  $R3 = 180\Omega$

- 1) Calculer la tension  $U1$  aux bornes de  $R1$
- 2) Calculer la tension  $U2$  aux bornes de  $R2$
- 3) Calculer la tension  $U3$  aux bornes de  $R3$

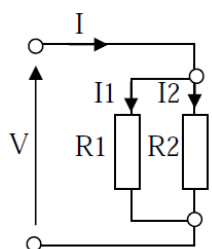
**Exercice 4 :** Soit le circuit suivant :



On donne :  $E = 12 \text{ V}$ ,  $R1 = 2,2 \text{ k}\Omega$ ,  $R2 = 1\text{k}\Omega$  et  $R3 = 1,8\text{k}\Omega$

- 1) Exprimer  $U1$ ,  $U2$  et  $U3$  en fonction de  $E$ ,  $R1$ ,  $R2$  et  $R3$ .
- 2) Combien vaut la somme des 3 tensions  $U1+U2+U3$  ?
- 3) Calculer la valeur la tension  $U3$ .
- 4) On désire obtenir une tension  $U3 = 2 \text{ V}$ , sans modifier les valeurs de  $R1$  et  $R3$ . Quelle doit être la valeur de  $R2$  ?

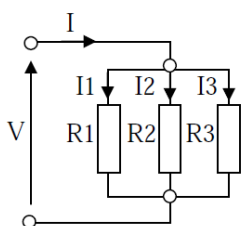
**Exercice 5 :**



Sachant que la valeur de  $I = 2\text{A}$  et  $R1 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R2 = 200 \Omega$

Calculer les courants  $I1$  et  $I2$

**Exercice 6 :**



Sachant que la valeur de  $I = 6\text{A}$  et  $R1 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R2 = 4\text{k}\Omega$  et  $R3 = 8\text{k}\Omega$

Calculer les courants  $I1$ ,  $I2$  et  $I3$

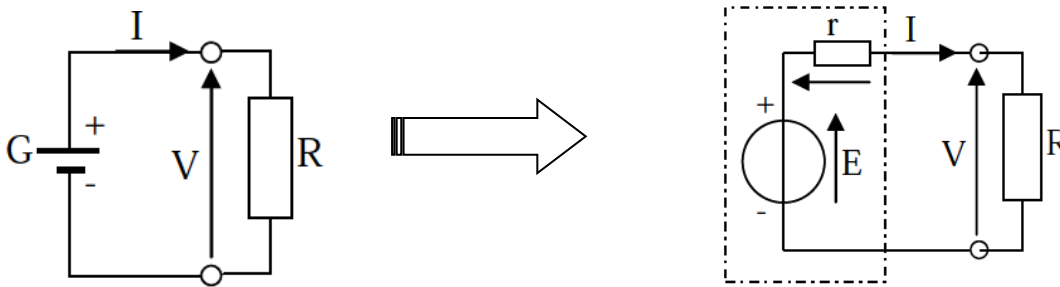
## Générateur de tension et de courant

### Générateur de tension :

Le générateur produit et fournit l'énergie électrique à l'installation.

**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.



$$V = E - r.I$$

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.

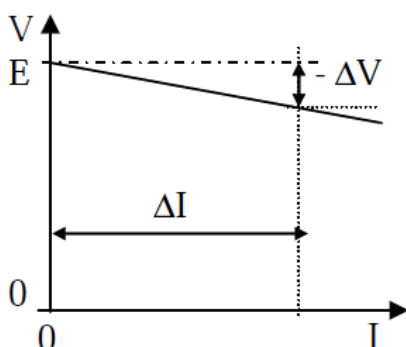
Elle s'appelle la force électromotrice : f.é.m. du générateur.

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.

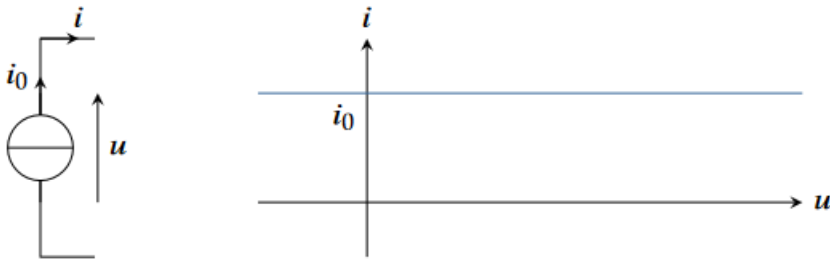
Pour  $I = 0$ , on a  $V = V_0 = E$  et, pour  $I \neq 0$  on a  $V = E - r.I$



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

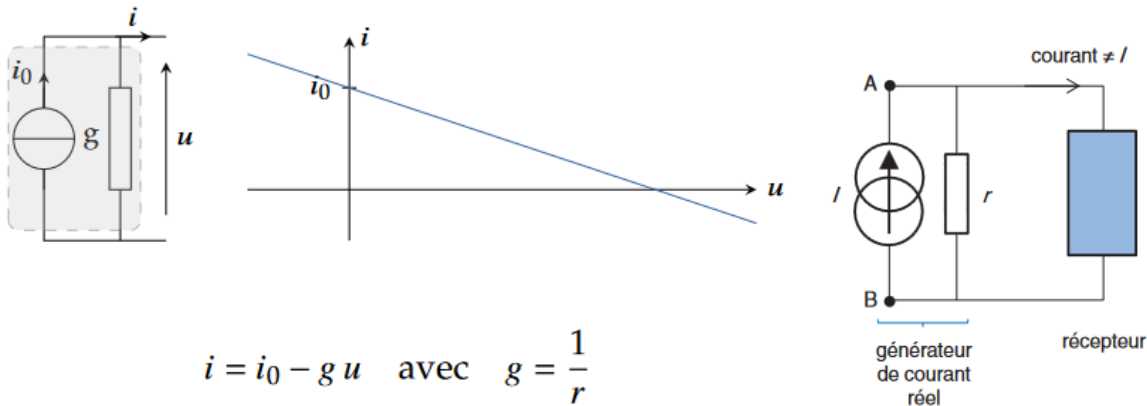
## Générateur de courant :

Le rôle d'une source de courant est d'imposer un courant constant indépendamment de la tension qui règne à ses bornes. **Une source de courant idéale** aura la caractéristique suivante :

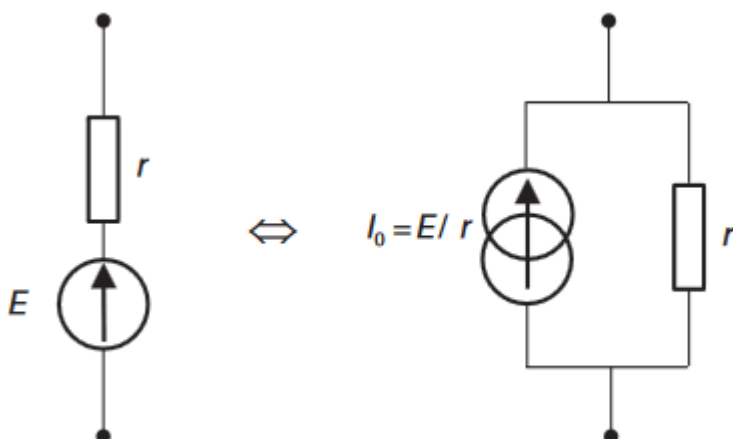


$i = i_0$  quel que soit  $U$

Où  $i_0$  désigne le courant électromoteur (c.é.m). Pour tenir compte des pertes par effet Joule d'une **source de courant réelle**, on la modélise par une source idéale en parallèle avec une conductance interne  $g$ . La caractéristique s'écrit alors :



Equivalence entre générateur de tension et courant :



## Théorème de superposition

### Définition :

Ce théorème est fondamental. Il va permettre d'étudier des circuits comportant plusieurs générateurs (de tension ou de courant) en considérant l'influence de chaque générateur indépendamment des autres.

### Enoncé :

Dans un circuit électrique comportant plusieurs générateurs :

- La tension entre deux points d'un circuit électrique est égale à la somme des tensions obtenues entre les deux points lorsque chaque générateur fonctionne seul.
- L'intensité du courant dans une branche est égale à la somme des intensités circulant dans chaque branche lorsque chaque source agit seule.

### Les étapes de calcul :

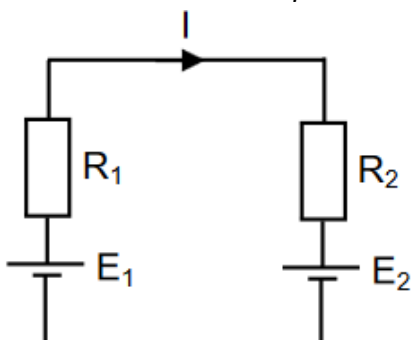
Les étapes de calcul à suivre pour appliquer le théorème de superposition sont :

- 1- Eteindre toutes les sources de tension et de courant, sauf une.
- 2- Remplacer les sources éteintes par un court-circuit (pour les sources de tension), par un circuit ouvert (source de courant). Si ce sont des générateurs réels, laisser leur résistance interne.



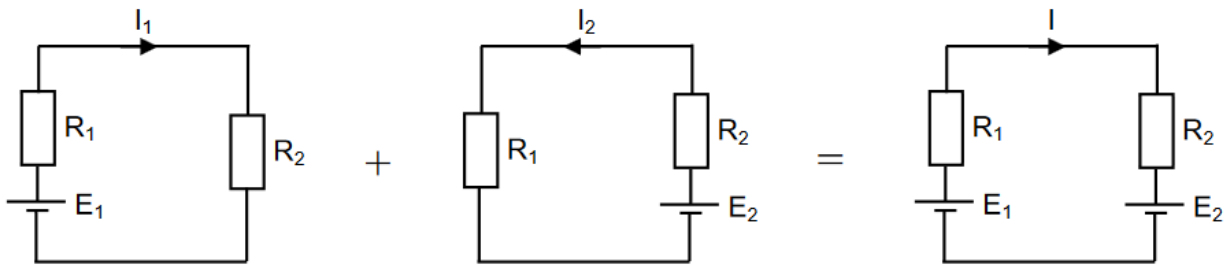
### Exemple d'application :

- 1- Soit le circuit électrique ci-contre, on se propose de déterminer le courant  $I$  qui circule.



On peut alors imaginer deux circuits indépendants tel que :

- $I_1$  correspond au courant qui circule dans un circuit (1), sans  $E_2$
- $I_2$  correspond au courant qui circule dans un circuit (2), sans  $E_1$



A.N:

- G ( $E_1 = 12V$  ;  $R_1 = 1,5 \Omega$ )
- G ( $E_2 = 8V$  ;  $R_2 = 0,5 \Omega$ )

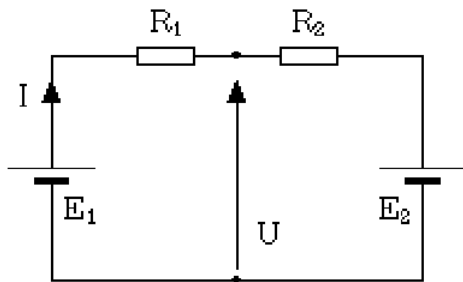
$$I_1 = E_1 / (R_1 + R_2) \text{ et } I_2 = E_2 / (R_1 + R_2)$$

Donc  $I = I_1 - I_2$

$$I = E_1 / (R_1 + R_2) - E_2 / (R_1 + R_2) = E_1 - E_2 / (R_1 + R_2)$$

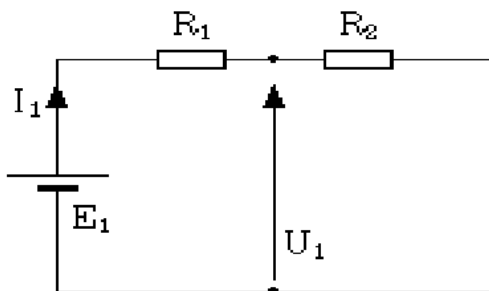
$$\begin{cases} I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 - 8}{1,5 + 0,5} = 2 \text{ A} \\ I = I_1 - I_2 = \frac{12}{2} - \frac{8}{2} = 2 \text{ A} \end{cases}$$

2-



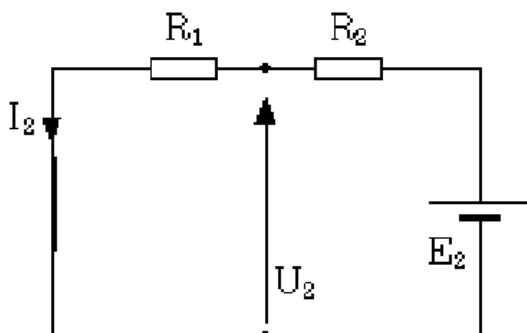
Calcul de la tension U

1ère étape :



$$U_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_1$$

2ème étape :



$$U_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E_2$$

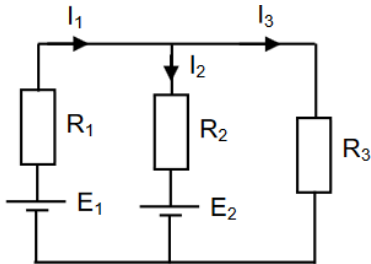
La solution totale U est égale à la somme des deux solutions précédemment trouvées :

$$U = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} E_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

**Exercices1 :**

Soit le circuit suivant, on se propose de déterminer les intensités des courants dans les trois branches par la méthode de superposition.



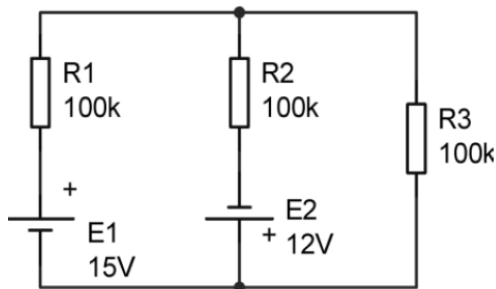
Avec :

$$R_1 = 2 \Omega ; R_2 = 5 \Omega ; R_3 = 10 \Omega$$

$$E_1 = 20 \text{ V} ; E_2 = 70 \text{ V}$$

**Exercice 2 :** Soit le montage suivant :

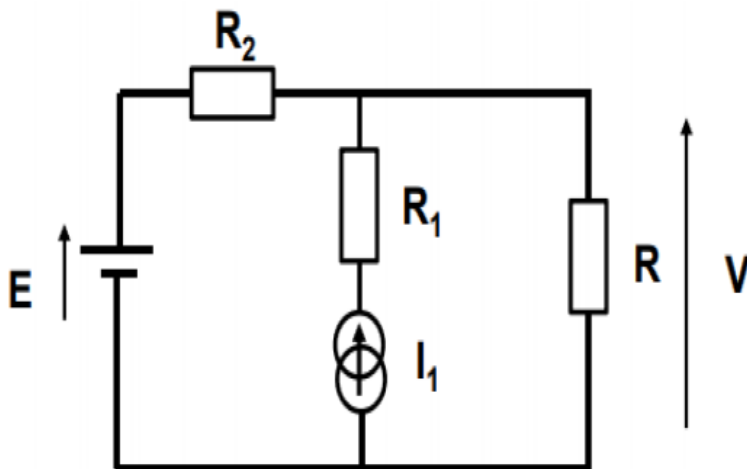
Calculer le courant qui circule dans R3 d'après le théorème de superposition.



**Exercice 3 :** Soit le montage suivant :

On donne :  $E=10\text{V}$ ,  $I_1=2\text{A}$ ,  $R=100\Omega$ ,  $R_1=400\Omega$ ,  $R_2=200\Omega$

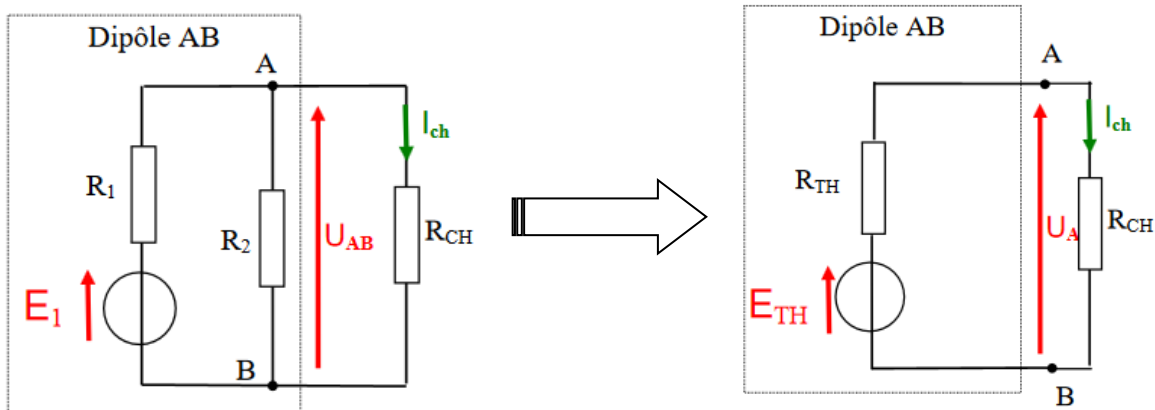
Déterminer la tension  $V$  d'après le théorème de superposition.



## Les théorèmes de Thévenin et Norton

### 1- Théorème de Thévenin :

Tout montage électrique aussi complexe, il peut être remplacé par une source de tension idéale appelée «  $E_{th}$  » associé à un résistor appelé «  $R_{th}$  » câblé en série. Ce montage est appelé « Modèle de Thévenin ». Ce modèle de Thévenin permet de simplifier les calculs.



#### a) Calcul de générateur de Thévenin :

- 1- Retirer la résistance de charge  $R_{CH}$
- 2- Calculer la tension aux bornes de la charge  $R_{CH}$  retirée.

En pratique, il suffit de retirer la résistance de charge  $R_{CH}$  et de placer un voltmètre à sa place.

#### b) Calcul de la résistance de Thévenin :

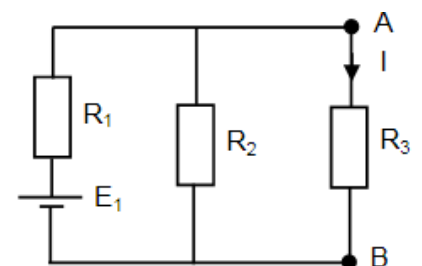
Pour calculer la résistance de Thévenin il faut retirer la résistance de charge  $R_{CH}$  et mesurer ou calculer la résistance équivalente aux bornes A et B avec :

- Les sources de courants remplacés par des circuits ouverts.
- Les sources de tension remplacées par des courts-circuits.

Exemple1 :

On considère le circuit électrique donné par la figure suivante :

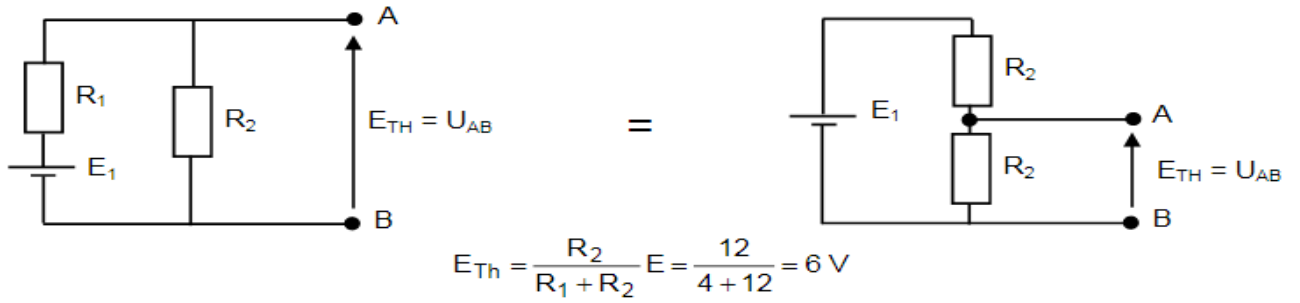
- On donne :  $E = 8 \text{ V}$  ;  $R_1 = 4 \Omega$  ;  $R_2 = 12 \Omega$  ;  $R_3 = 9 \Omega$
- Calculer le courant  $I$  qui traverse la résistance  $R_3$  en appliquant le théorème de Thevenin,



**Solution :**

1) Calcul de  $E_{Th}$

On débranche la résistance  $R_3$ , la configuration sera donc :

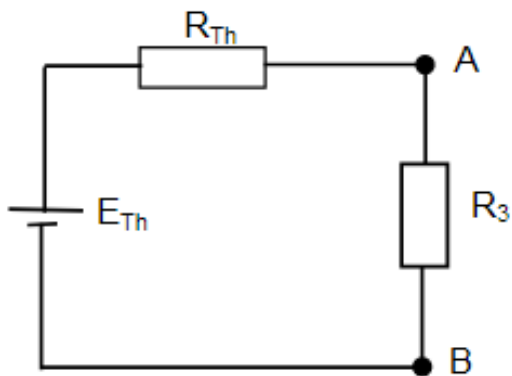


2) Calcul de  $R_{Th}$

$R_3$  étant toujours débranchée, on court-circuite  $E$ , la configuration sera donc :



3) Calcul de  $I$

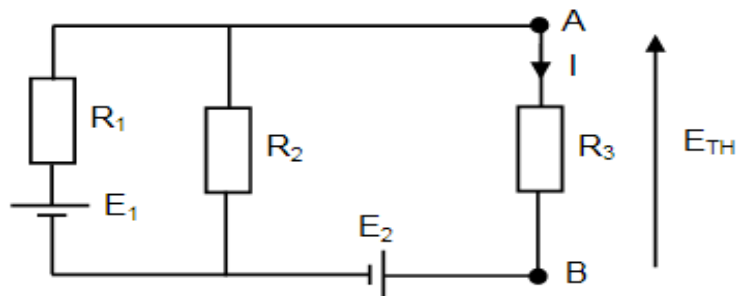


$$I = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_3} = \frac{6}{3 + 9} = 0,5 \text{ A}$$

**Exercice1 :**

Appliquons le théorème de Thevenin pour calculer le courant  $I$  du circuit suivant :

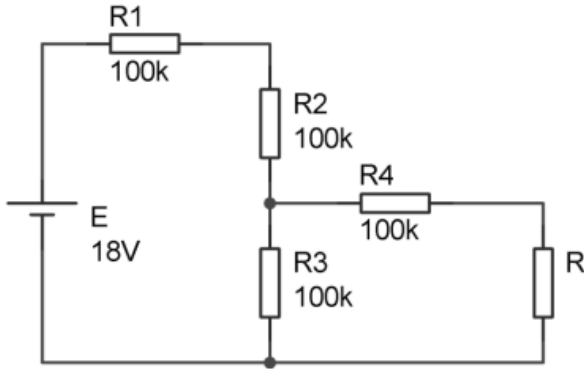
On donne :  $E_1 = 20 \text{ V}$  ;  $E_2 = 70 \text{ V}$  ;  $R_1 = 2 \Omega$  ;  $R_2 = 10 \Omega$  ;  $R_3 = 5 \Omega$



**Solution :**

## Exercice 2 :

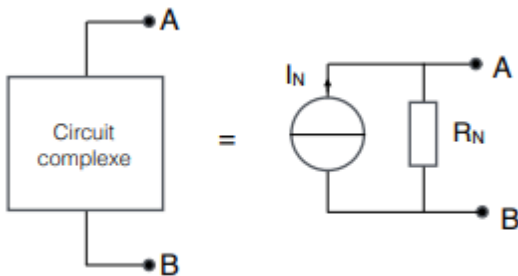
Soit le montage suivant :



- 1) Dessiner le générateur de Thévenin, en tenant compte de la résistance  $R$ .
- 2) Pour  $R = 150 \text{ k}\Omega$ . Déterminer le courant qui traverse  $R$ .
- 3) Calculer la puissance fournie à  $R$ .

## 2- Théorème de Norton :

Un circuit électrique plus ou moins complexe (composé de sources de tension ou de courant et des résistances) et possédant deux bornes A et B entre lesquelles est raccordée une charge  $R_c$  : peut-être remplacé par : un générateur de courant de Norton  $I_N$  et une résistance de Norton  $R_N$ .



### a) Calcul de générateur de Norton :

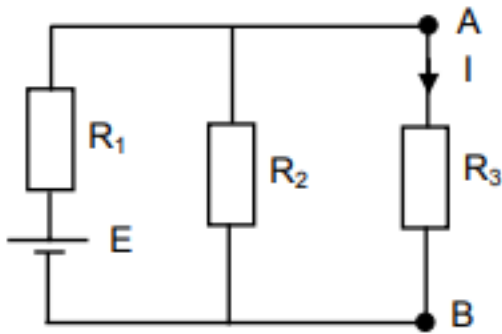
Pour calculer le courant de Norton d'un circuit il faut :

- 1- Retirer la résistance de charge  $R_c$  branchée entre les points A et B.
- 2- Remplacer la résistance de charge  $R_c$  déconnectée par un court-circuit (fil électrique).
- 3- Calculer le courant  $I_N$  qui circule entre les points A et B.

### b) Calcul de la résistance de Norton :

$R_n = R_{th}$  est la résistance calculée entre les points A et B lorsque la résistance de charge  $R_c$  est déconnectée avec extinction des sources.

**Exemple :** Soit le montage suivant :

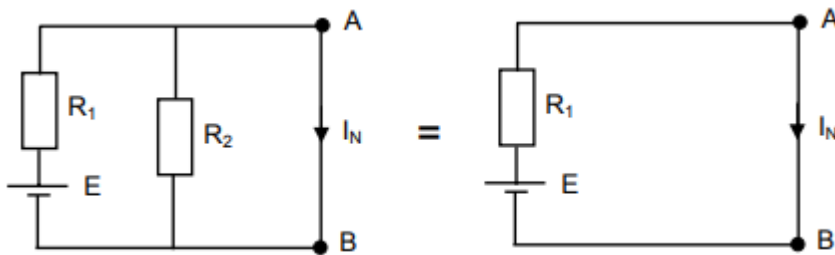


On donne :  $E = 8 \text{ V}$  ;  $R_1 = 4 \Omega$  ;  $R_2 = 12 \Omega$  ;  $R_3 = 9 \Omega$

- Calculer le courant  $I$  qui traverse la résistance  $R_3$  en appliquant le théorème de Norton

**1- Calcul de  $I_N$  (le courant de Norton) :**

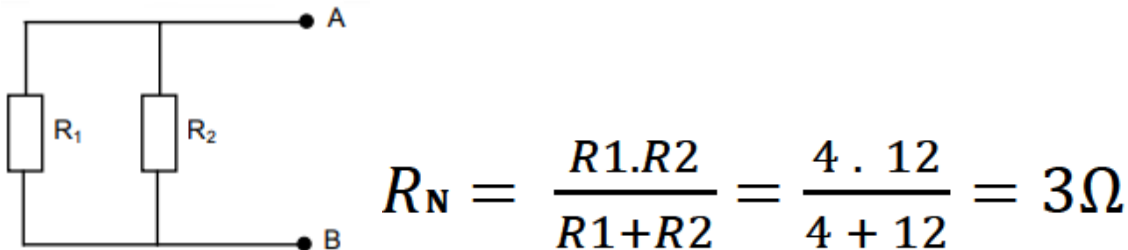
On débranche la résistance  $R_3$  et on court-circuite les bornes A et B, la configuration sera donc :



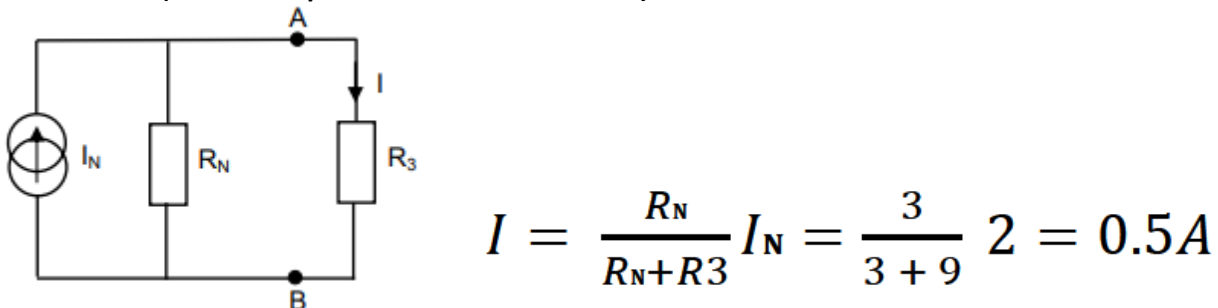
$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{8}{4} = 2 \text{ A}$$

**2- Calcul de  $R_N$  (la résistance de Norton) :**

$R_3$  étant toujours débranchée, on court-circuite  $E$ , la configuration sera donc :

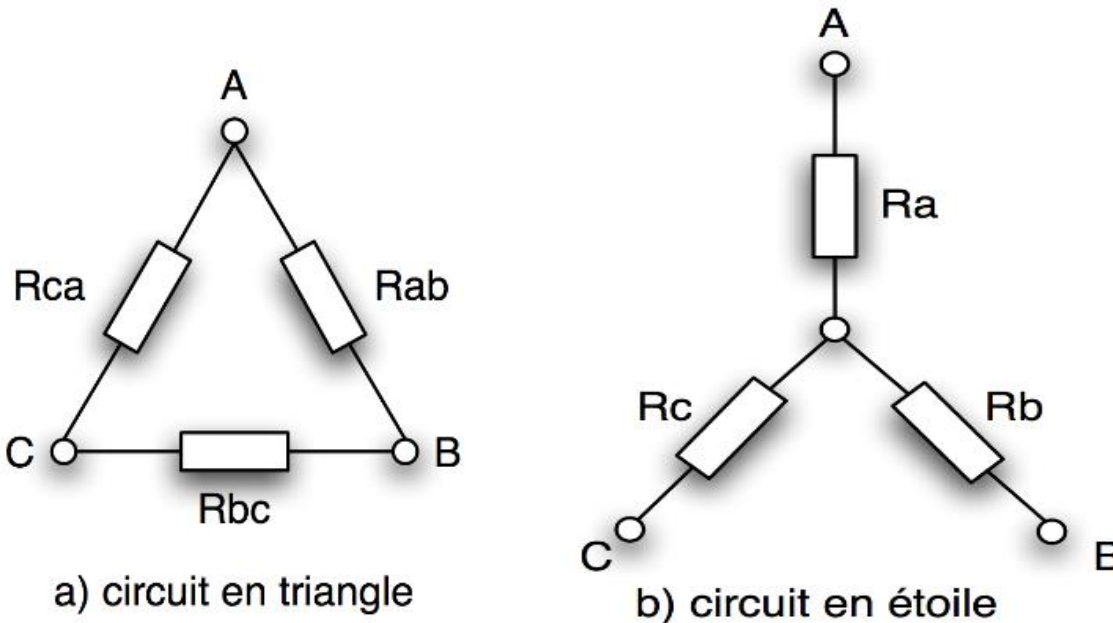
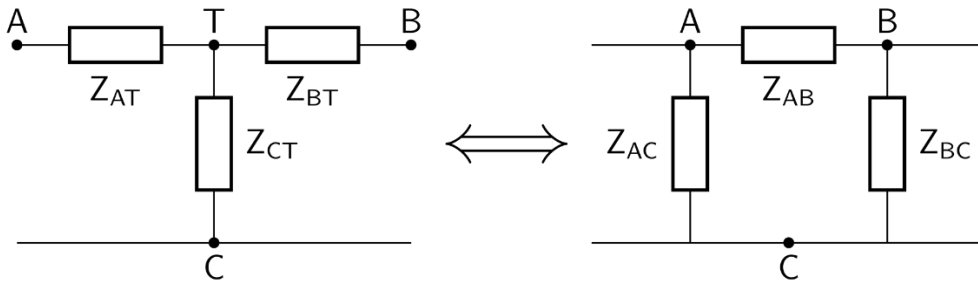


**3- Calcul de  $I$  (le courant qui traverse la résistance  $R_3$ ) :**



## THEOREME DE KENNELY

Le théorème de KENNELY permet de transformer un circuit de 3 résistances en triangle (ou delta  $\Delta$ ) en un circuit de 3 résistances en étoile (ou Y). Les formules utilisées sont les suivantes :



1) Transformation triangle – étoile :

$$R_A = \frac{R_{CA} R_{AB}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} \quad R_B = \frac{R_{AB} R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}} \quad R_C = \frac{R_{AC} R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

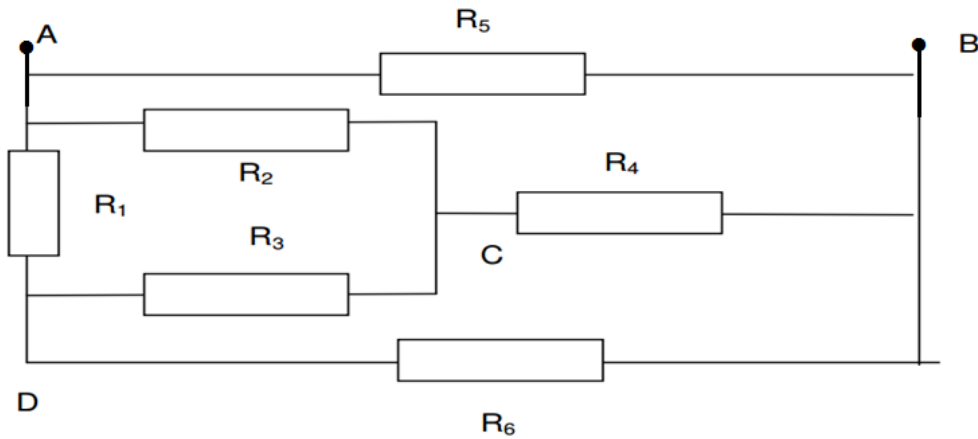
2) Transformation étoile – triangle :

$$G_{AB} = \frac{G_A G_B}{G_A + G_B + G_C} \quad G_{BC} = \frac{G_B G_C}{G_A + G_B + G_C} \quad G_{CA} = \frac{G_C G_A}{G_A + G_B + G_C}$$

$$R_{AB} = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_C} \quad R_{BC} = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_A} \quad R_{CA} = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_B}$$

**- Exercice 01 :**

Soit le montage suivant :



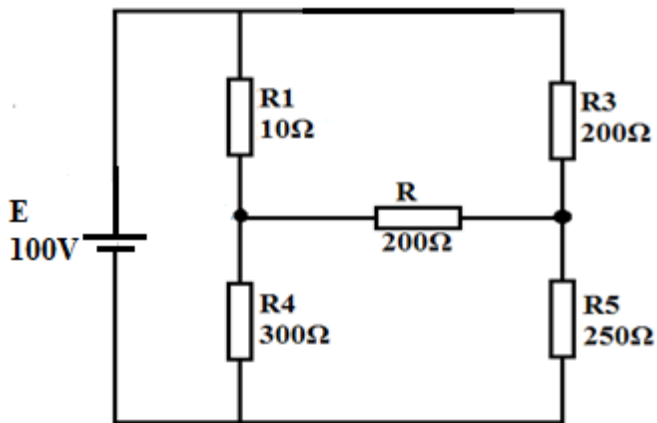
On donne :  $R_1 = 220 \Omega$ ,  $R_2 = 10k\Omega$ ,  $R_3 = 100\Omega$ ,  $R_4 = 10k\Omega$ ,  $R_5 = 1k\Omega$ ,  $R_6 = 300\Omega$

Par application du théorème de Kennely,

Déterminer la valeur de la résistance équivalente  $R_{AB}$

**- Exercice 02 :**

Soit le montage suivant :



- 1) Calculer la résistance totale  $R_{eq}$  vue par la source E.
- 2) Calculer l'intensité du courant  $I$  fourni par la source E.
- 3) Calculer la puissance électrique  $P$  fournie par la source E.

## THEOREME DE MILLMAN

Le théorème de Millman permet d'exprimer le potentiel en un nœud quelconque d'un réseau en fonction des potentiels aux nœuds voisins.

Le théorème de Millman s'applique à un circuit électrique constitué de  $n$  branches en parallèle. Chacune de ces branches comprenant un générateur de tension parfait en série avec un élément linéaire (comme une résistance par exemple).

**Définition :**

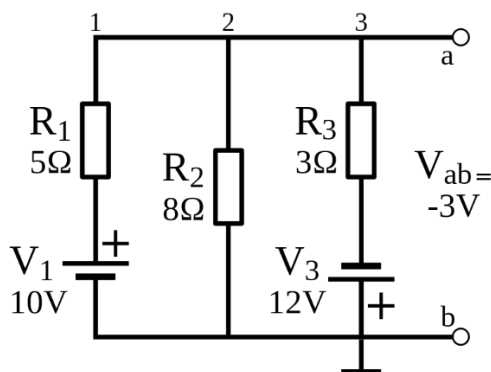
La tension aux bornes des branches est égale à la somme des forces électromotrices respectivement multipliées par la conductance de la branche, le tout divisé par la somme des conductances.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \dots + \frac{E_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

**Remarque :**

Si une résistance se retrouve seule sur une des branches, alors pour la formule du théorème de Millman il faut considérer que la résistance est en série avec un générateur de tension nulle.

**Exemple :**



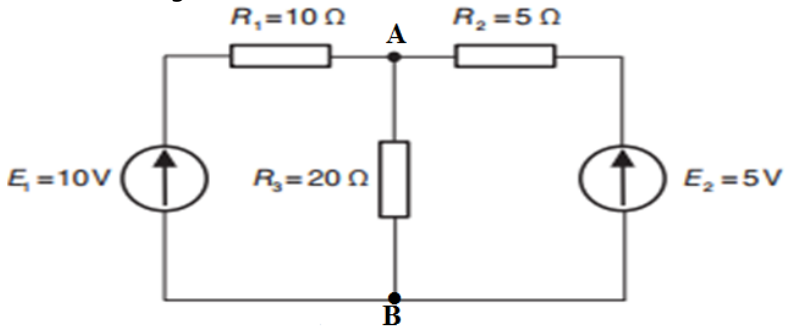
- Sur la figure ci-contre, la tension  $V_{ab}$  (ou  $V_M$ ), a été calculée en suivant la formule du théorème de Millman:

$$V_{ab} = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{10}{5} + \frac{0}{8} + \frac{-12}{3}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{8} + \frac{1}{3}} = -3V$$

- Le signe négatif signifie que la tension au point  $a$  est négative par rapport à la masse commune.

**- Exercice 01 :**

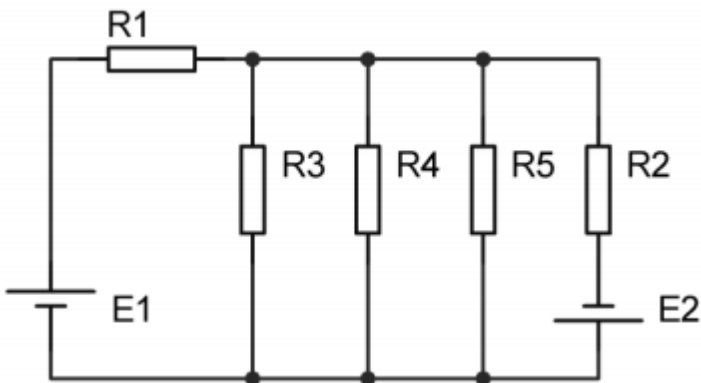
Soit le montage suivant :



- 1) D'après le théorème de MILLMAN calculer la tension  $U_{ab}$ .
- 2) Déduire le courant qui traverse chaque résistance.

**- Exercice 02 :**

Soit le montage suivant :



On donne :  $E_1 = 10V$ ,  $E_2 = 5V$ ,  $R_1 = R_2 = 1k\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = R_5 = 1,5k\Omega$

- 1) D'après le théorème de MILLMAN calculer la tension aux bornes la résistance  $R_3$ .
- 2) Déduire le courant qui traverse chaque résistance.

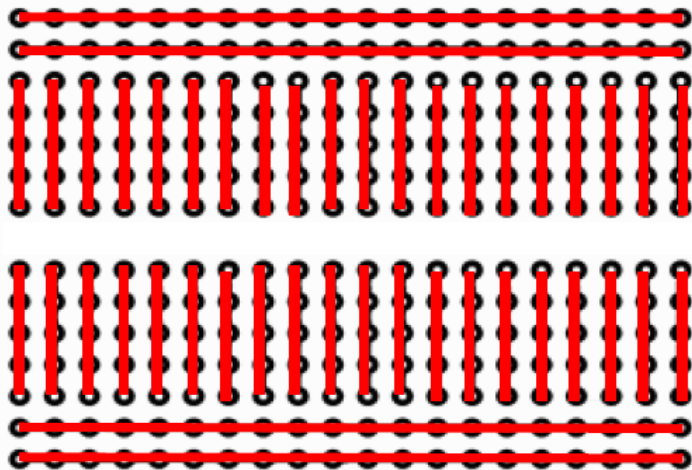
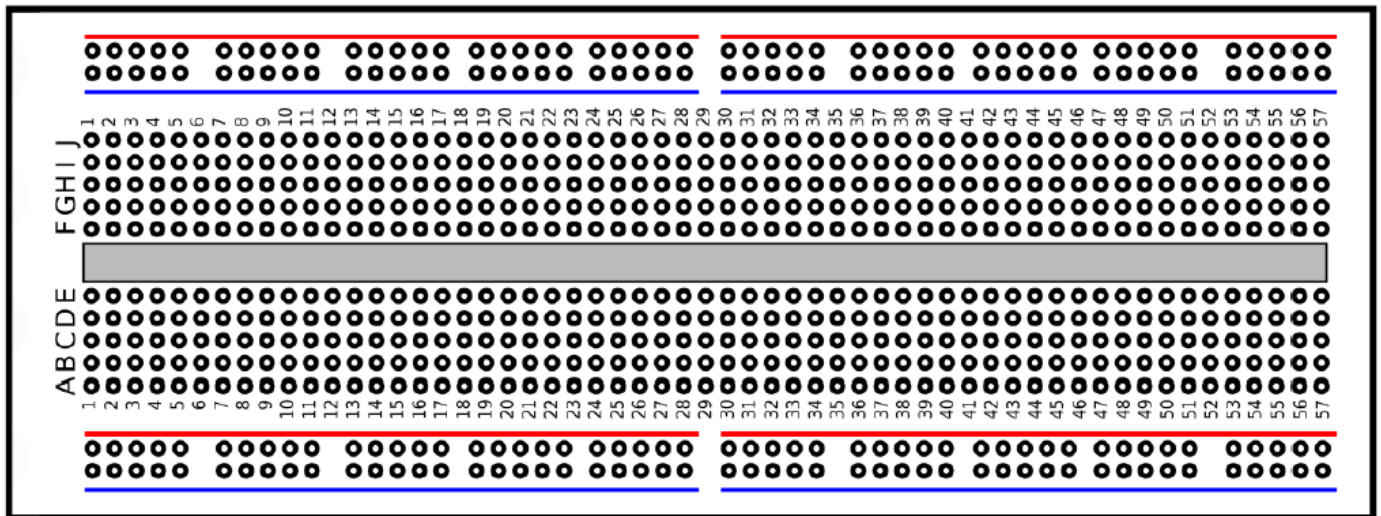
# Branchement des circuits électriques sur plaque de montage

## Introduction :

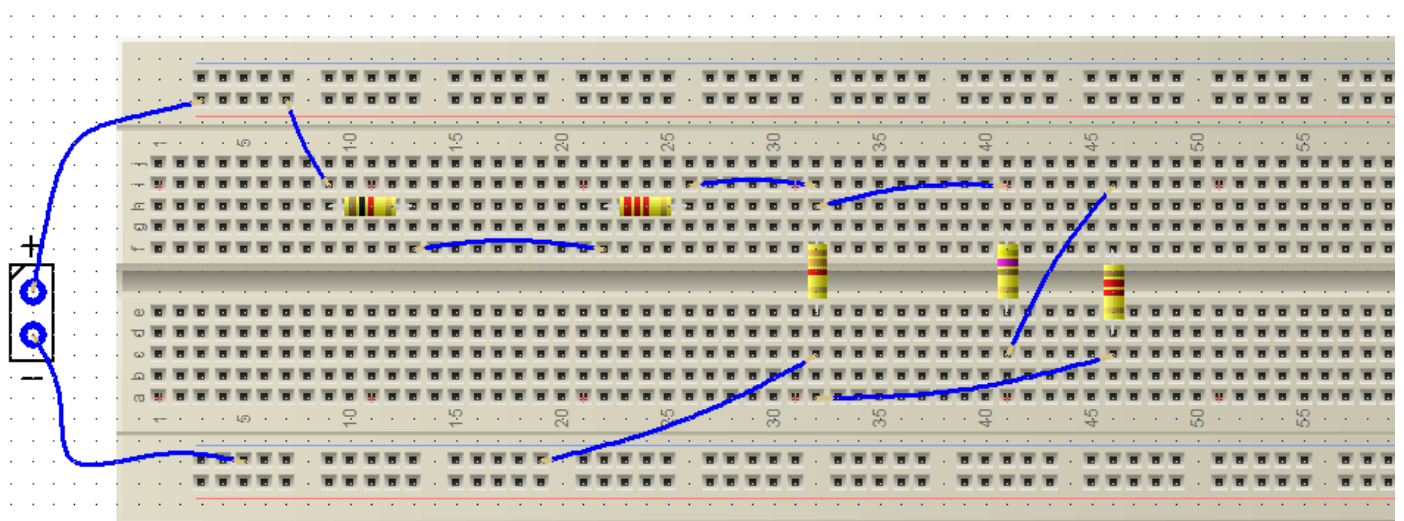
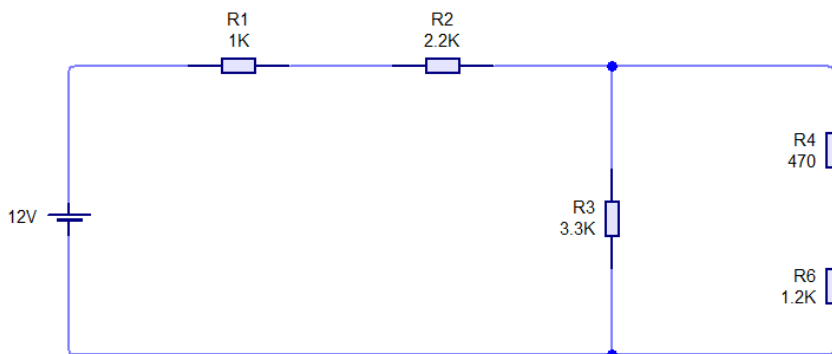
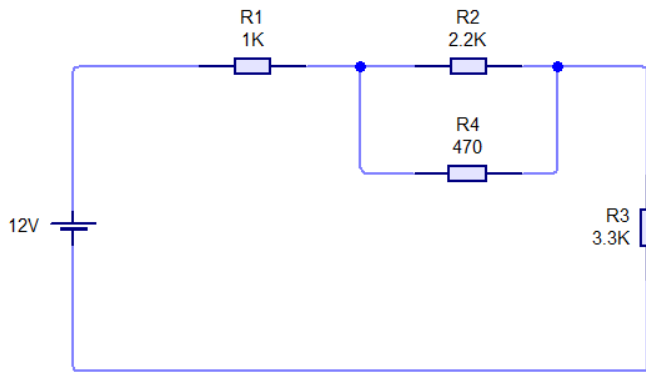
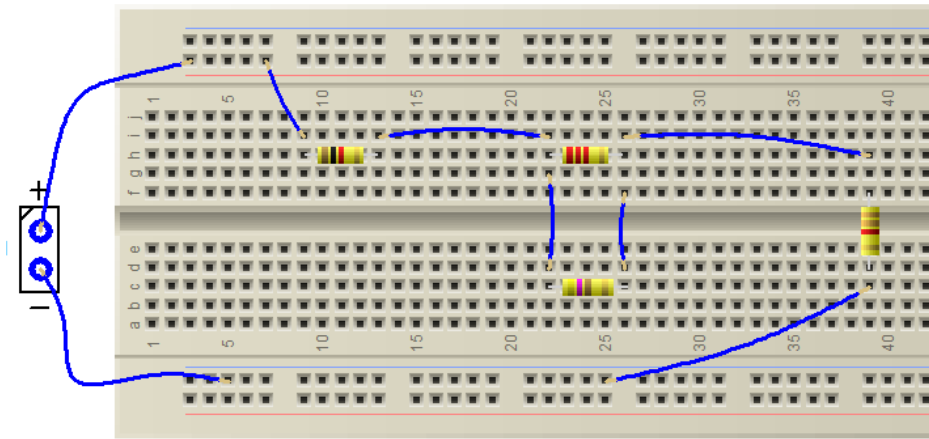
La méthode pour tester un montage électrique ou électronique sans soudage, consiste à utiliser une **plaque d'essai ou de montage (LABDEC)**

## Aspect général :

En règle générale, les plaques d'essais sont de forme rectangle. Il y a plusieurs rangées de trous : Certaines rangées sont verticales tandis que d'autres sont horizontal.



Exemple de branchement :



## Utilisation des appareils de mesure

### Les appareils de mesures électriques :

L'appareil de mesure qui permet de mesurer **la tension** électrique entre deux points d'un circuit est **le voltmètre**.

Celui qui mesure **le courant** dans une branche d'un circuit, est un **ampèremètre**.

Celui qui mesure **la résistance**, est un **ohmmètre**

Celui qui mesure tous ces grandeurs s'appelle un **multimètre**.

### Les types d'appareils de mesures :

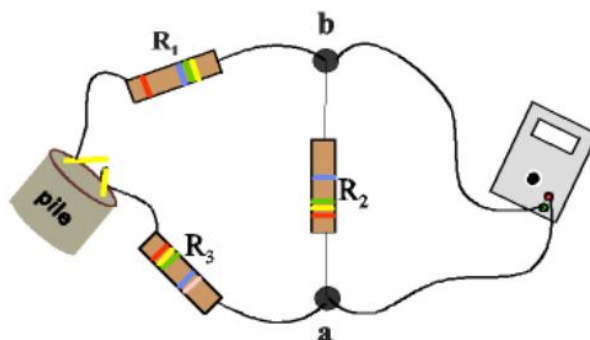
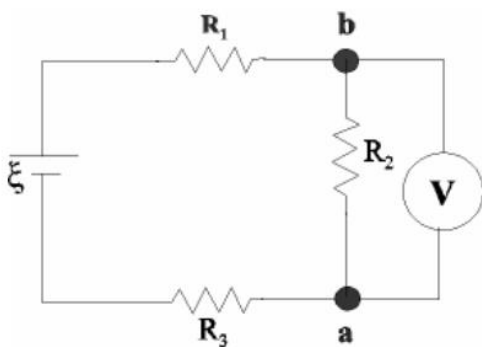
On distingue deux types :

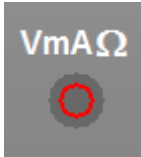
Les appareils analogiques ou à aiguille et les appareils numériques ou digitaux



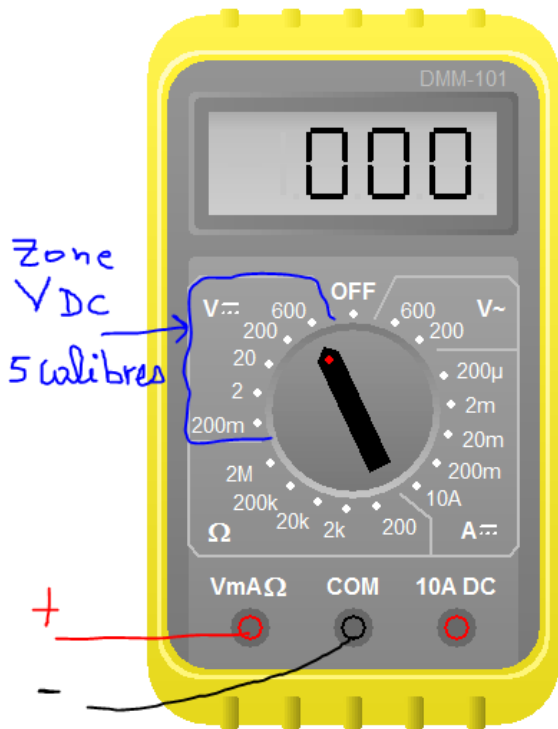
### Comment mesurer une tension ? :

On branche le voltmètre en parallèle.





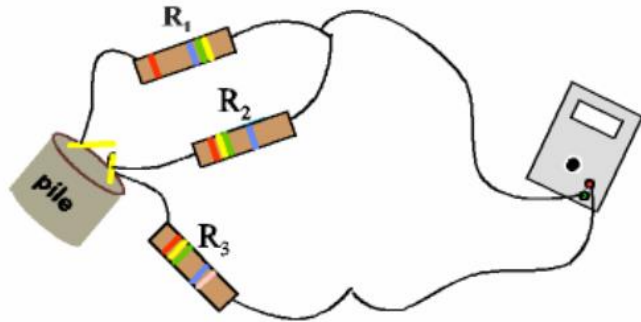
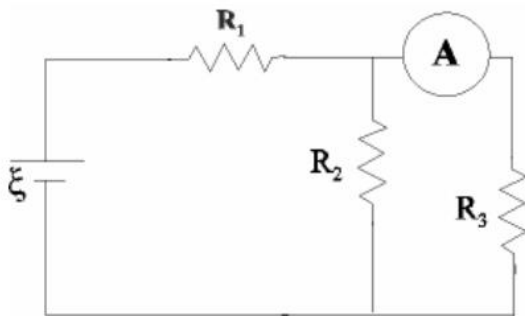
Le cordon rouge branché dans la borne **VmAΩ** et le noir dans la borne **COM**



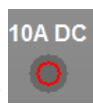
- 600 : la tension maximum à mesurer est 600 volts
- 200 : la tension maximum à mesurer est 200 volts
- 20 : la tension maximum à mesurer est 20 volts
- 2 : la tension maximum à mesurer est 2 volts
- 200m : la tension maximum à mesurer est 200 millivolts

### Comment mesurer le courant ? :

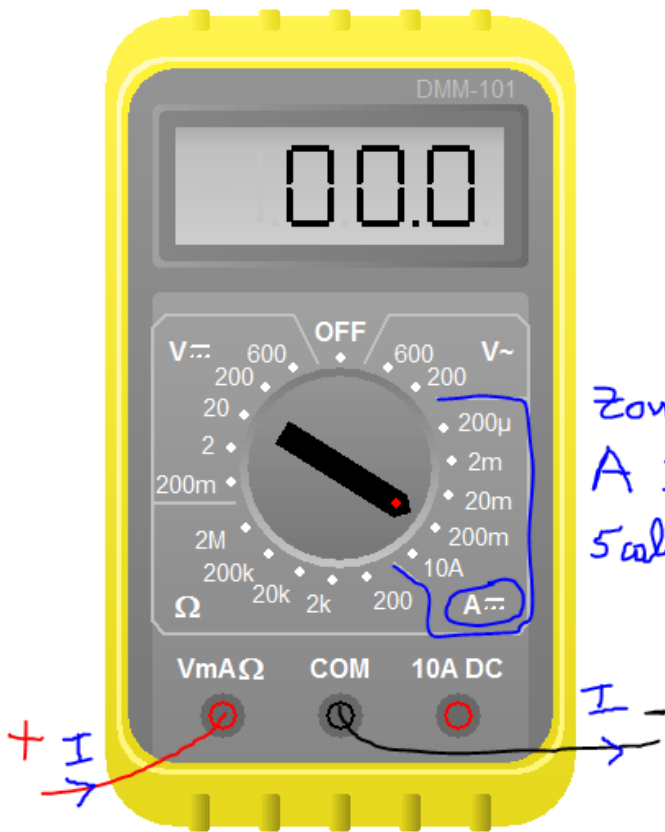
On branche l'ampèremètre en série



Le cordon rouge branché dans la borne **VmAΩ** et le noir dans la borne **COM** pour les faibles courants



Le cordon rouge branché dans la borne **10A DC** et le noir dans la borne **COM** pour les courants supérieurs à 200mA et inférieurs à 10A



Différents calibres :

200u : max 200 micro-ampère

2m : max 2 mA

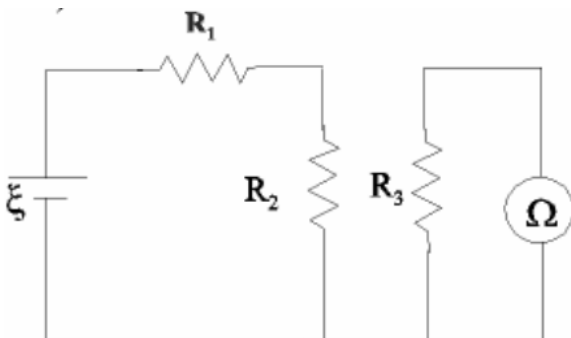
20m : Max 20mA

200m : Max 200mA

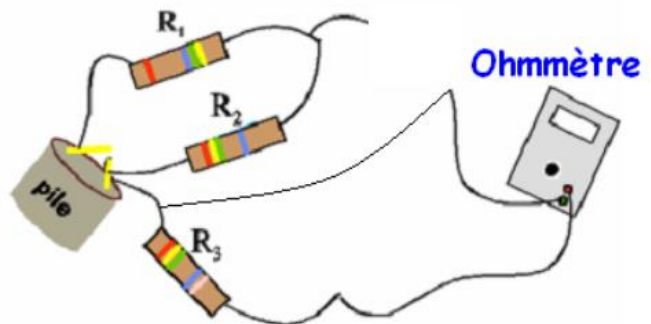
10A : Max 10A (cordons COM - 10A DC)

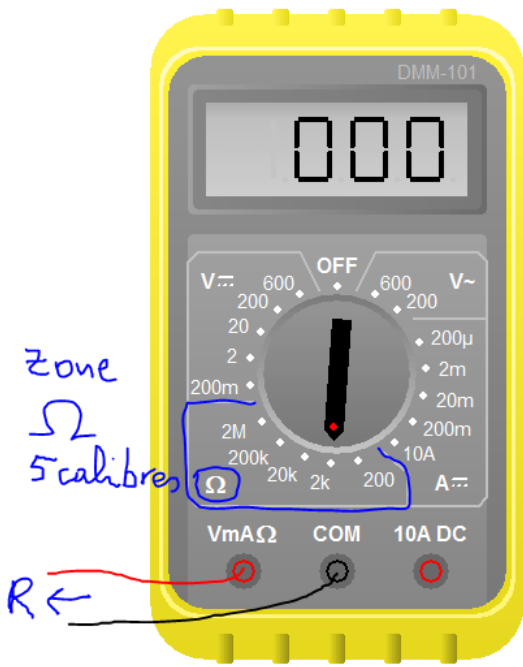
### Comment mesurer la résistance ? :

On mesure la résistance avec un ohmmètre qui se branche à ses bornes et hors circuit



Mesure de R3 seule





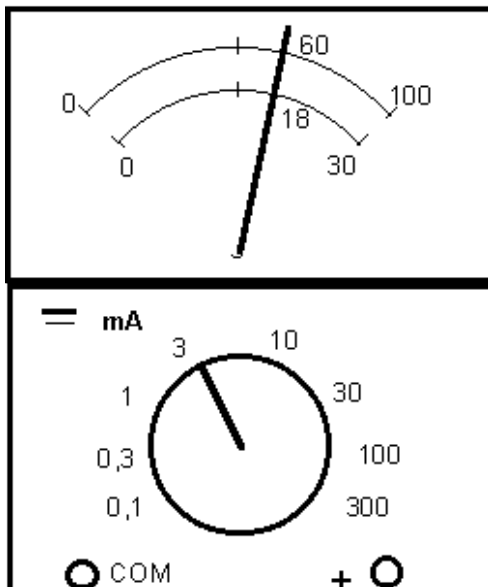
- 200 : mesure des résistances inférieurs à 200Ω
- 2k : mesure des résistances inférieurs à 2 kilo ohm
- 20k : mesure des résistances inférieurs à 20kΩ
- 200k : mesure des résistances inférieurs à 200kΩ
- 2M : mesure des résistances inférieurs à 2MΩ

**Lecture de la valeur mesurée :**

- ✓ Pour les appareils de mesures numériques la lecture est directe
- ✓ Pour les appareils de mesures analogiques :

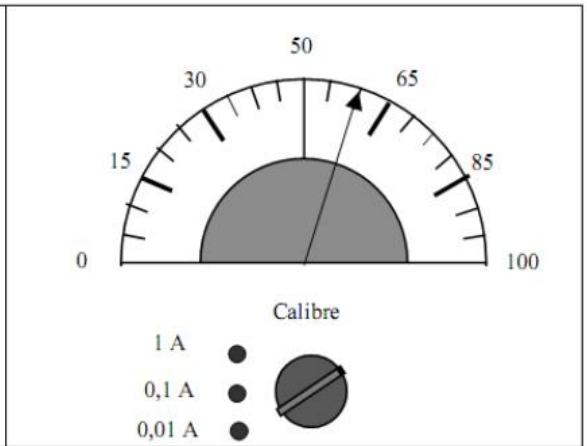
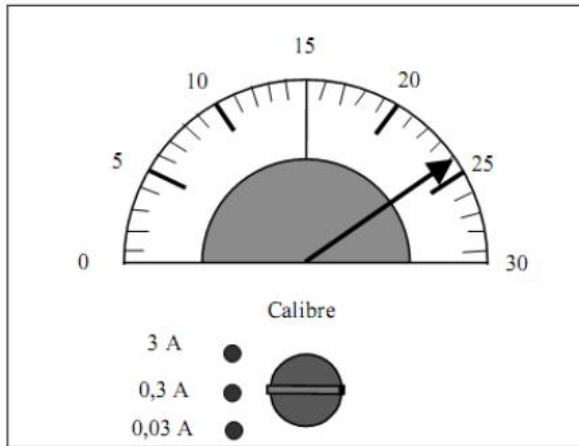
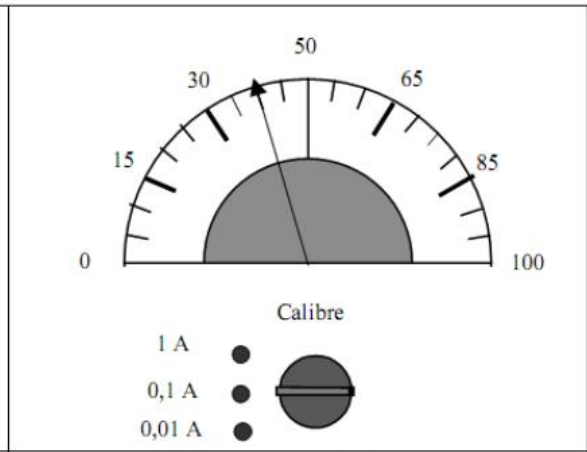
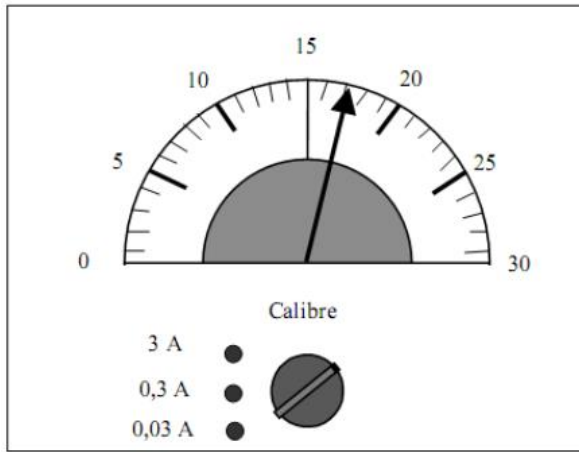
$$\text{Mesure} = \frac{\text{Lecture} \times \text{Calibre}}{\text{Echelle}}$$

Exercices : donner la valeur de la grandeur électrique suivante

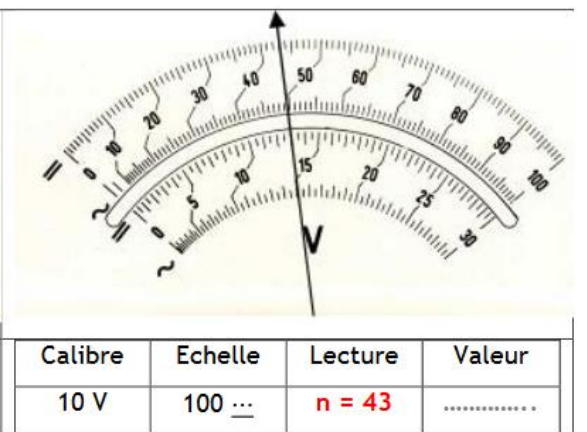
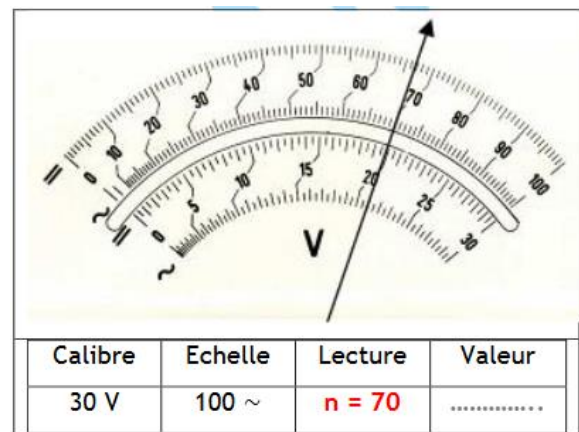
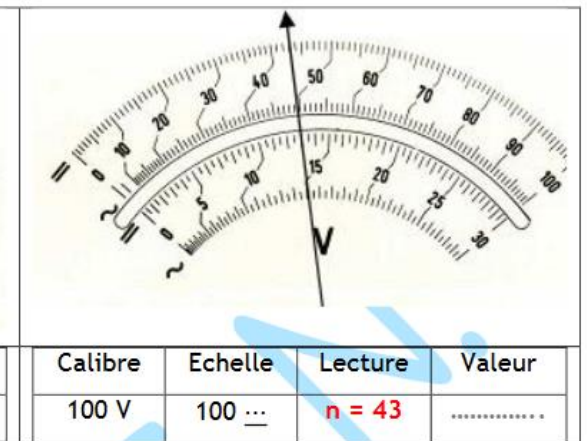
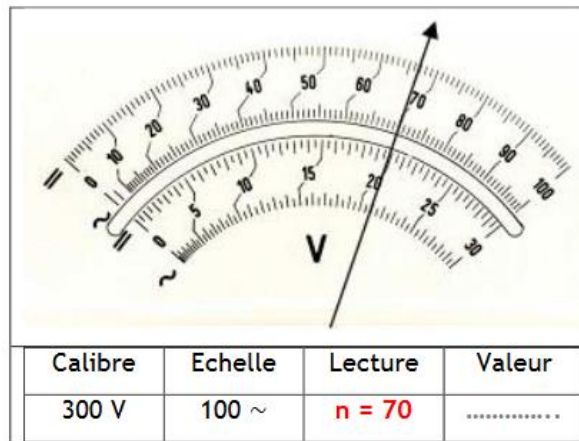


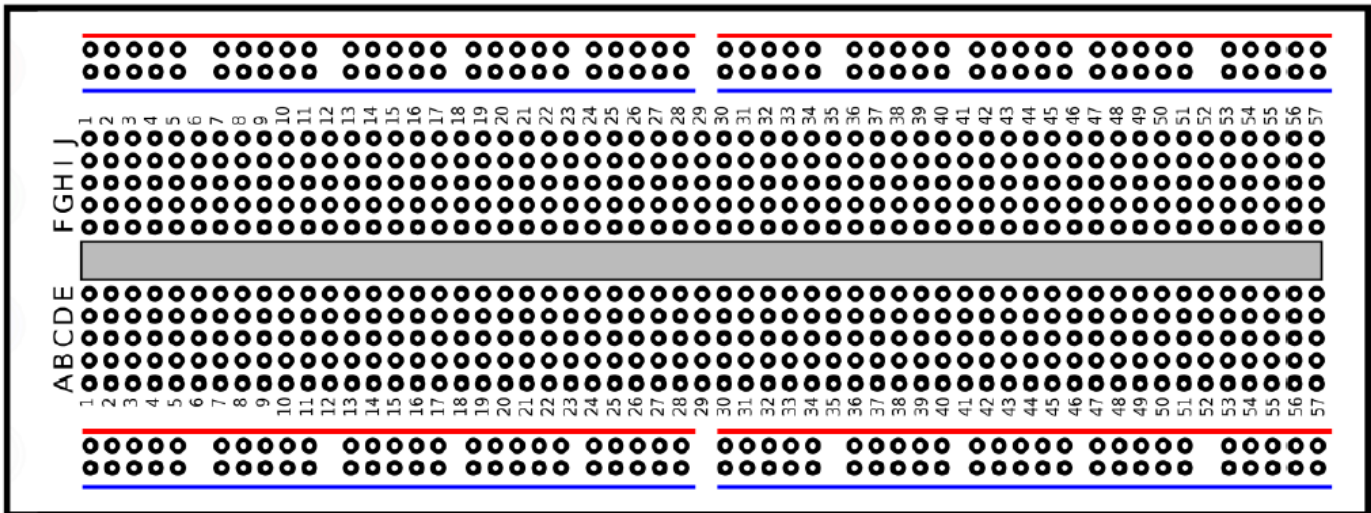
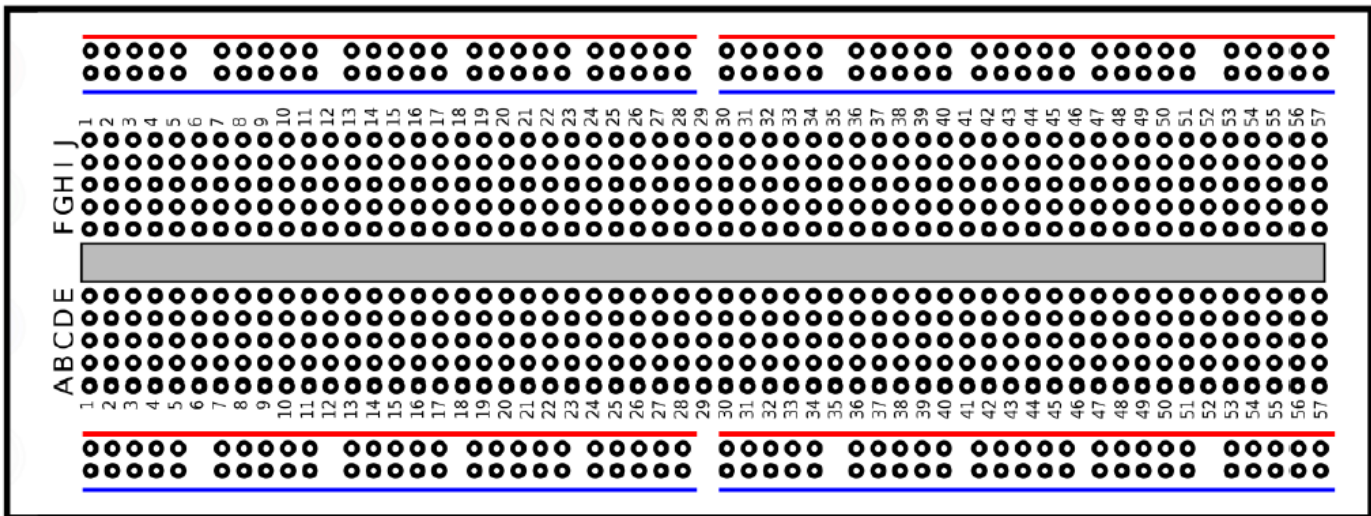
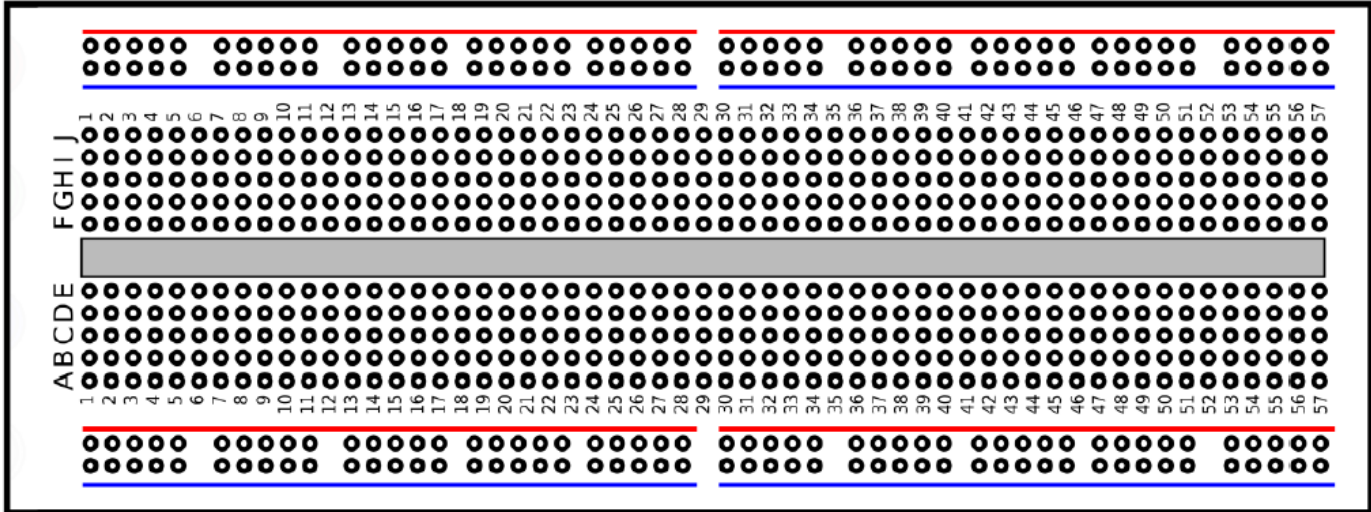
1-

2-



3-





---

## *Erreurs de mesure.*

---

### 1) définitions

*Une grandeur mesurée à sa valeur réelle. Le résultat obtenu pour la valeur de cette grandeur suite à un processus de mesure peut différer plus ou moins de sa valeur réelle et cela en à cause des moyens et méthodes de mesure utilisés, ou encore du soin de la manipulation.*

*Soit  $X_0$  la valeur calculée de référence de la grandeur et  $X_m$  la valeur mesurée par l'appareil de mesure.*

*L'erreur absolue, est considéré la différence :  $\varepsilon = X_m - X_0$ .*

*α L'erreur absolue  $\varepsilon$  exprimé de combien on s'est « trompé » lors de la mesure, mais elle ne donne pas des informations sur la précision de la mesure.*

*α L'erreur relative,  $\varepsilon_r$  s'exprime par le pourcentage défini comme il s'ensuit :*

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon \times 100}{X_0} = \frac{X_m - X_0}{X_0} \times 100 [\%]$$

*L'erreur relative permet d'apprécier la précision d'une mesure.*

*Deux types d'erreurs : d'après les causes qui les produisent, les erreurs sont :*

*α Erreurs subjectives : dues aux manipulations et produites par son attention, son habilité et son acuité visuelle.*

*Les erreurs subjectives les plus fréquentes, sont :*

- La mauvaise appréciation des fractions des graduations de l'échelle.*
- Le choix incorrect de l'échelle de lecture.*
- Le défaut de parallaxe (l'axe de la visée n'est pas perpendiculaire sur aiguille et le cadran en même temps lorsqu'on fait le la lecture).*

**α Erreurs objectives** : dues aux imperfections des appareils de mesure, aux influences de l'environnement ou encore à la méthode utilisée.

Exemple de tableau de mesure :

Tableau de résultats			
	Valeurs théoriques	Valeurs pratiques	% erreur
E=10 V			
$I_t$			
$I_1$			
$I_2$			
$I_3$			
$V_1$			
$V_2$			
$V_3$			
$R_{eq}$			
$P_1$			
$P_2$			
$P_3$			
$P_t$			