

## **Théorèmes généraux de l'électrocinétique**

### **I-Éléments d'un circuit électrique**

**I.1- Circuit électrique**

**I.2- Dipôle électrique**

**I.3-Générateur et récepteur**

### **II- Etude des circuits électriques**

**II.1- Définition**

**II.2- Lois de Kirchhoff**

# I.1-Circuit électrique

- **Circuit électrique:** ensemble de composants électriques interconnectés d'une manière quelconque par des conducteurs.
- **Composant électrique**=élément à 2 bornes (dipole), représenté par :



- Dans cette catégorie on trouve par exemple : R, C, bobines, piles, etc.
- Dans certains cas le composant à plus de 2 bornes. Par exemple:
  - Un transistor (3 bornes),
  - Un transformateur peut en avoir 4 ou plus.
  - Un composant à quatre bornes est appelé quadripôle.
  - Amplificateur opérationnel (8 bornes)

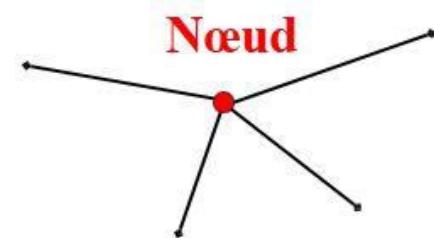


# I.1-Circuit électrique

## ➤ Nœud- Branche- Maille

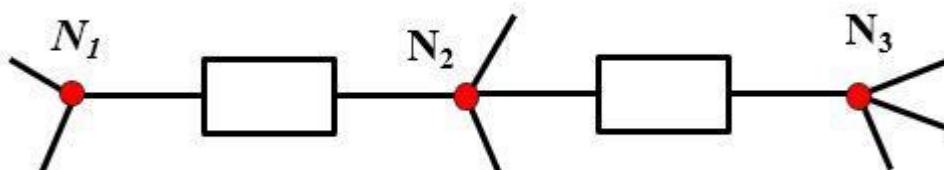
### ❖ Nœud :

un point du réseau relié à 3 branches au moins.



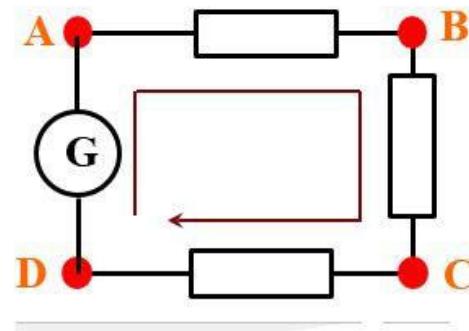
### ❖ Branche:

plusieurs dipôles reliés en série constituent une branche.



### ❖ Maille:

une maille est un parcours fermé, constitué de branches et ne passant qu'une seule fois par un nœud donné.



## I.2-Dipôle électrique

### ➤ Définition

- On appelle **dipôle électrique** un dispositif électrique qui présente deux bornes A et B permettant de le relier à un circuit extérieur.
- On distingue les dipôles générateurs qui fournissent de l'énergie au circuit extérieur et les **dipôles récepteurs** qui **absorbent** de l'énergie.
- Certains dipôles ne peuvent être que récepteurs, c'est le cas d'une **résistance** ou d'une **diode** par exemple, d'autres peuvent être **récepteur** ou **générateur** suivant les cas. Ainsi, une **inductance** peut absorber de l'énergie électrique à un instant donné et la restituer à un instant ultérieur;
- une **batterie** peut alimenter un circuit et donc se comporter en **générateur**, mais aussi être rechargée et devenir **récepteur**.

## I.2-Dipôle électrique

Pour un **dipôle passif**, on a  $I=0$  si  $U=0$ . Les trois circuits passifs principaux sont **la résistance**, **la bobine** d'induction et **la capacité**. Pour un **dipôle actif** la **tension à vide** n'est pas nulle.

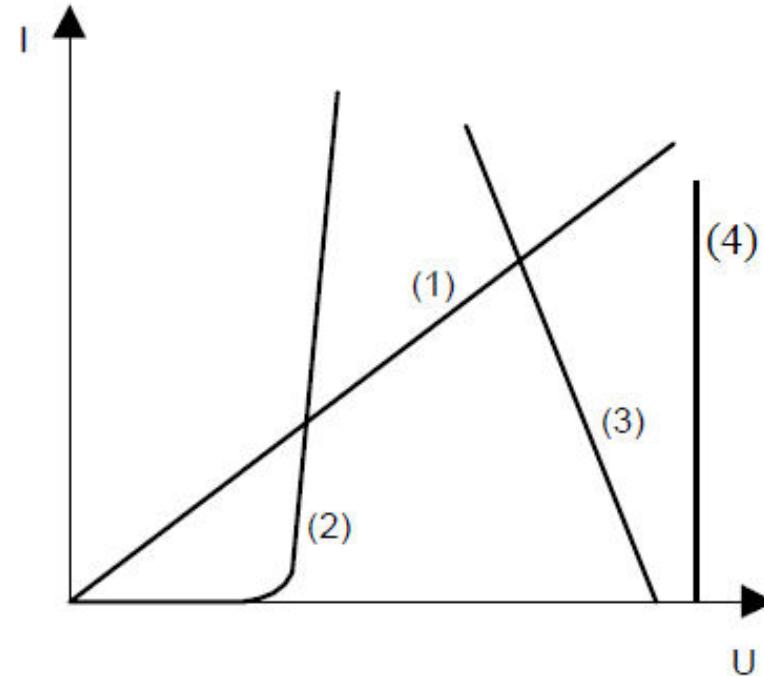
### Exemple:

Le dipôle 1 est linéaire et passif (il s'agit d'une **résistance**)

Le dipôle 2 est non linéaire et passif (**diode**)

Le dipôle 3 est linéaire et actif (**générateur de tension non idéal**)

Le dipôle 4 est linéaire et actif (**générateur de tension idéal**)

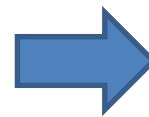
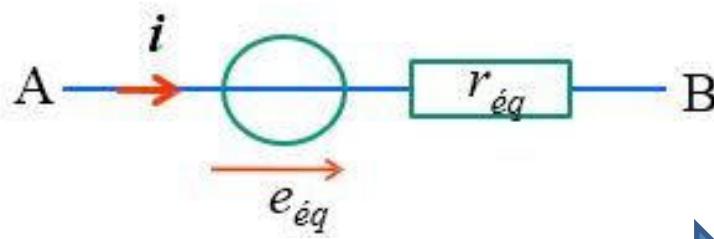
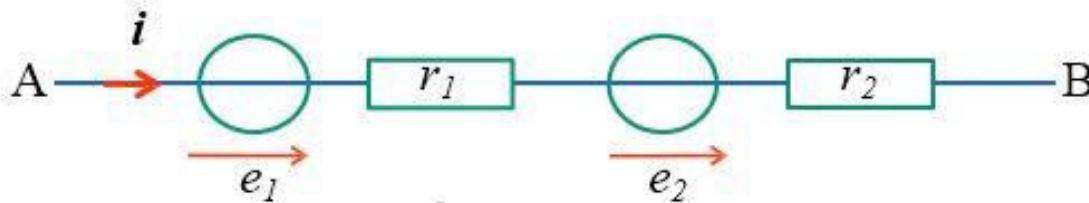


## I.2-Dipôle électrique

### ➤ Associations de dipôles actifs linéaires:

❖ En série (choix du modèle de Thévenin) :

Les f.e.m s'ajoutent (algébriquement) et les résistances internes s'additionnent.



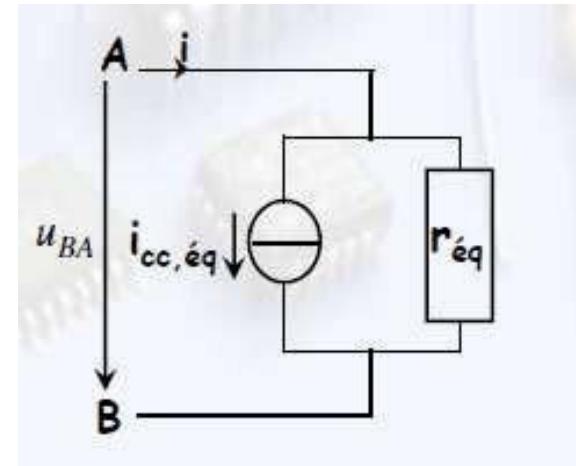
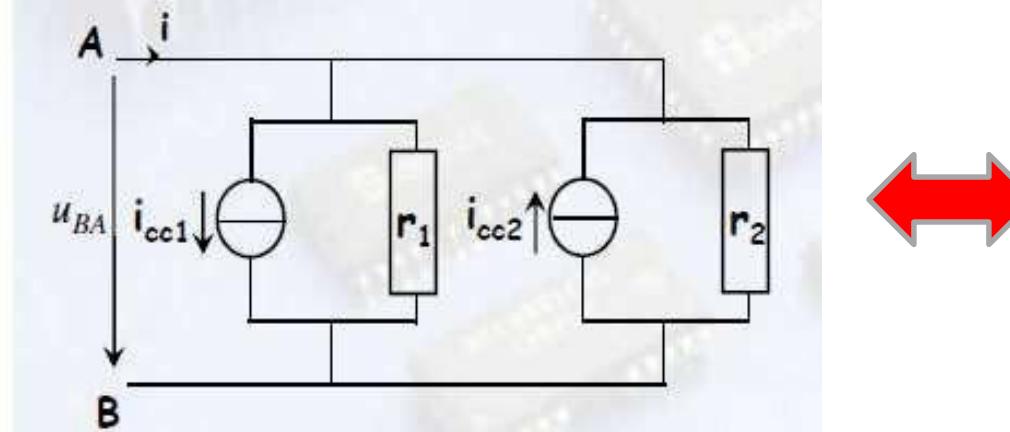
$$e_{\text{eq}} = e_1 + e_2$$
$$r_{\text{eq}} = r_1 + r_2$$

# I.2-Dipôle électrique

## ➤ Associations de dipôles actifs linéaires:

❖ En parallèle (choix du modèle de Norton) :

Les courants électromoteurs s'ajoutent (algébriquement) et les conductances s'additionnent.



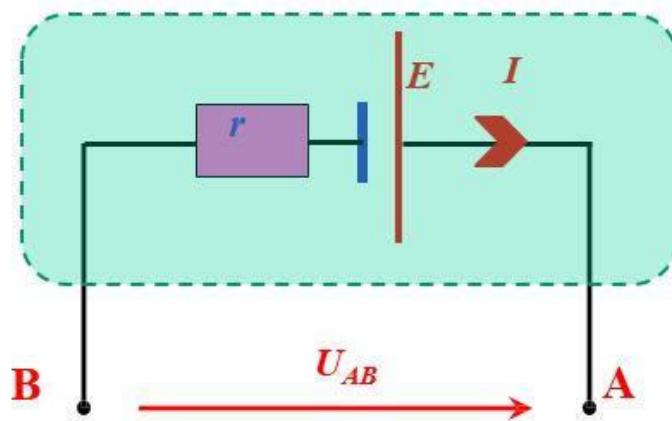
$$i_{cc,eq} = i_{cc,1} - i_{cc,2}$$

→

$$\frac{1}{r_{eq}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

# I.3-Générateur et récepteur

## ➤ Générateur de tension:



$U_{AB}$  : est dirigée vers le potentiel croissant (ici  $V_A$ )

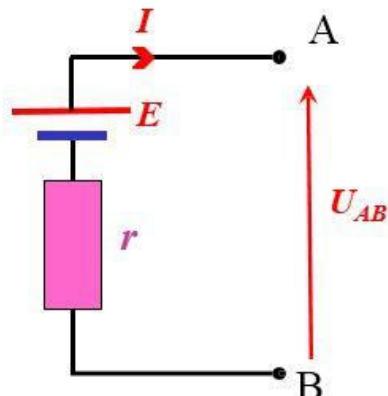
$$E > 0$$

$$U_{AB} = E - rI$$

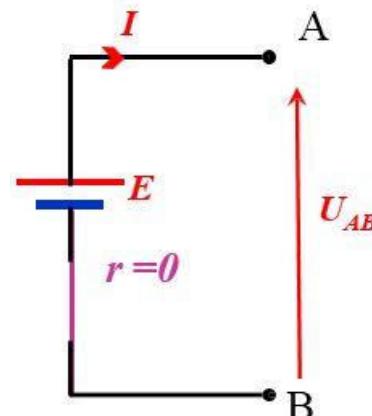
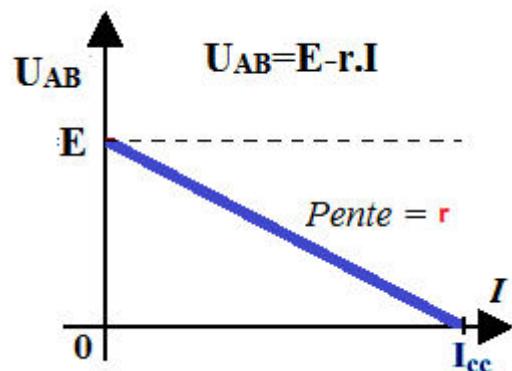
La **borne (-)** du générateur = réservoir d'**électrons** libres qui ne peuvent pas rejoindre la **borne (+)** par l'intérieur du Générateur.

# I.3-Générateur et récepteur

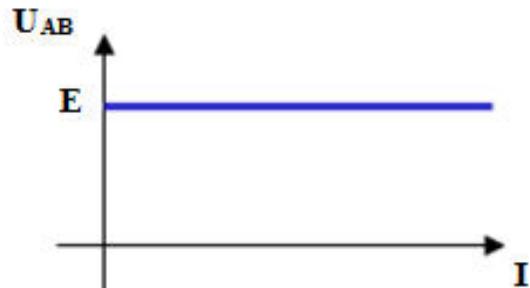
## ➤ Générateur de tension:



Réel

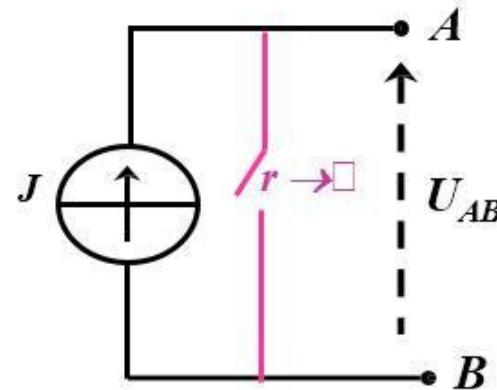
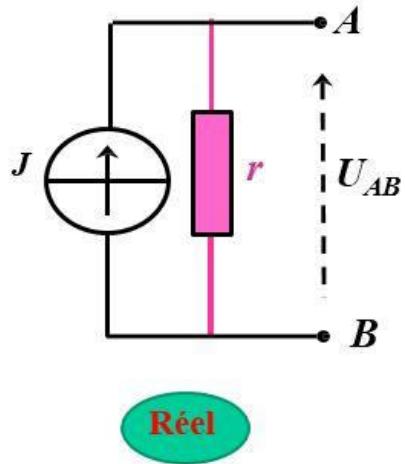


Idéal

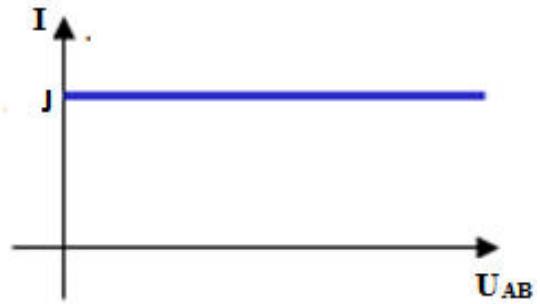
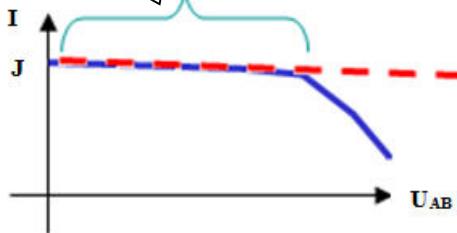


# I.3-Générateur et récepteur

## ➤ Générateur de courant:



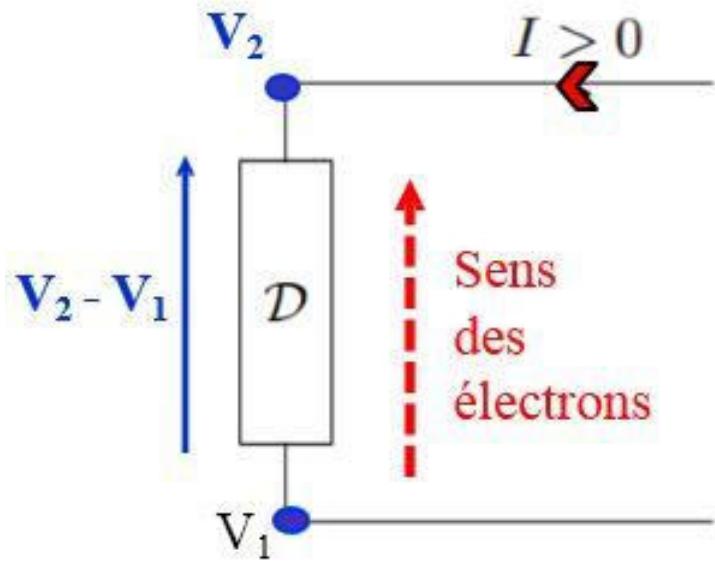
*domaine de fonctionnement linéaire ou “domaine de linéarité”*



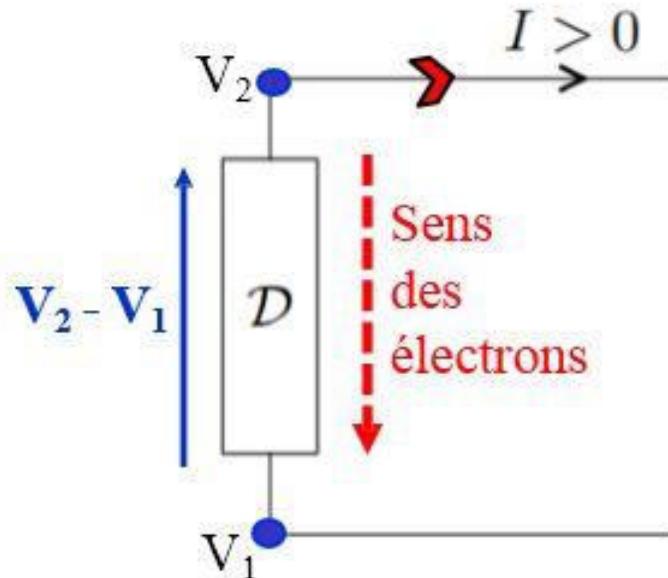
# I.3-Générateur et récepteur

## ➤ Convention de sens:

### Conventions récepteur



### Conventions générateur



# I.3-Générateur et récepteur

## ➤ Composants linéaires:

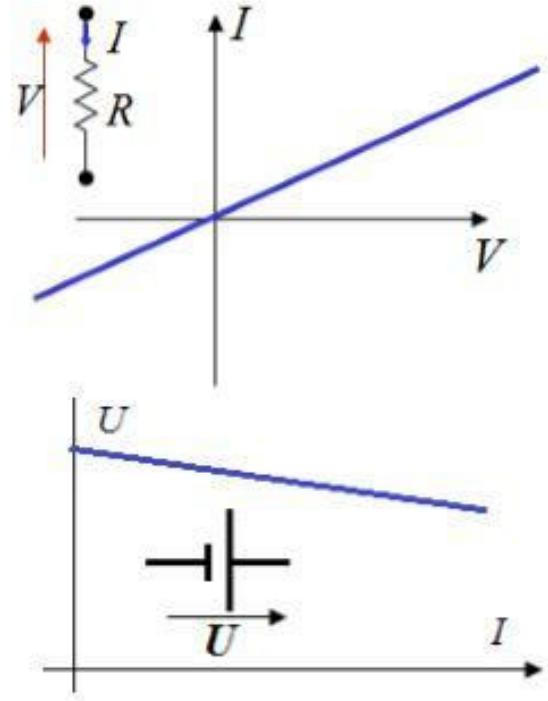
La tension aux bornes d'un composant **LINEAIRE** est par définition proportionnelle au courant qui le traverse.

La caractéristique  $I = f(U)$  d'un dipôle *linéaire* est de la forme:  $I = aU + b$

### Exemple:

Resistance :  $I = GU$  où  $G$  est la conductance

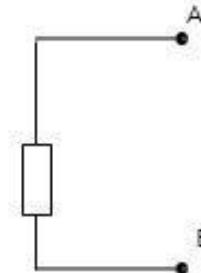
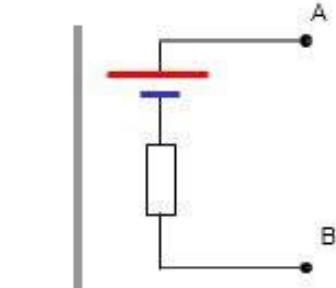
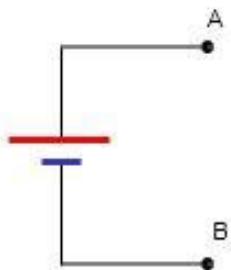
Source de tension réelle:  $I = -\frac{1}{r}U + \frac{U_0}{r}$  où  $r$  est sa résistance interne



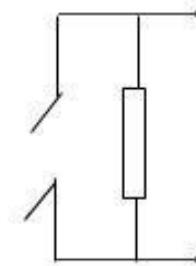
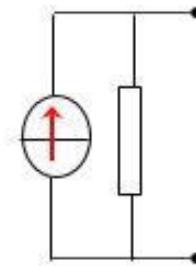
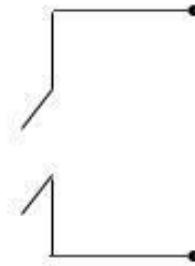
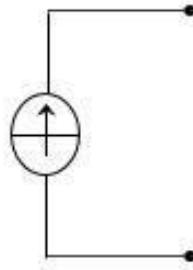
# I.3-Générateur et récepteur

➤ Impédance vue entre 2 points d'un circuit actif:

Source de tension



Source de courant



Source allumée

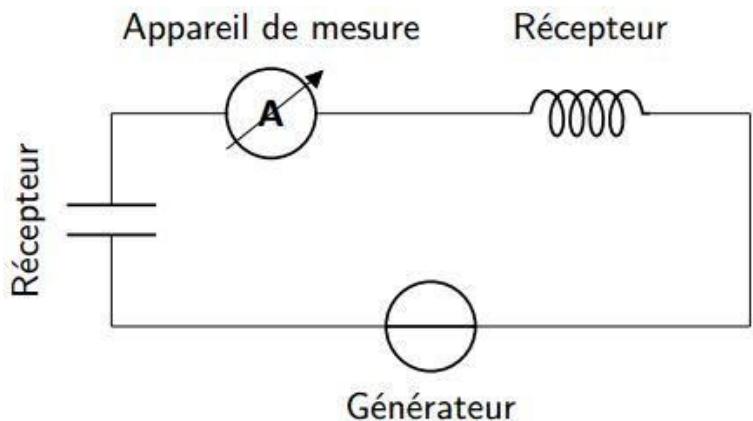
Source éteinte

Source allumée

Source éteinte

## II- Etude des circuits électriques

➤ Le circuit électrique peut contenir un certain nombres d'appareils aux propriétés différentes :



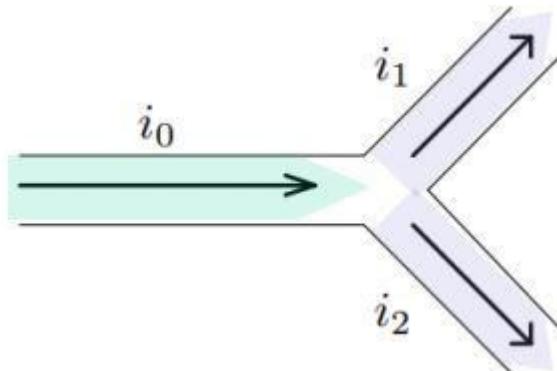
- **Générateurs** : batteries, générateurs de tension, piles. . .
- **Récepteurs** : résistances, bobines, condensateurs. . .
- **Appareils de mesure** : voltmètres, ampèremètres, oscilloscopes. . .
- **Appareils de sécurité** : disjoncteurs, fusibles. . .
- **Appareils de manœuvre** : inverseurs. . .

## II.2- Lois de Kirchhoff

### ➤ Loi des nœuds:

La somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants sortant du nœud.

$$i_1 + i_2 = i_0$$



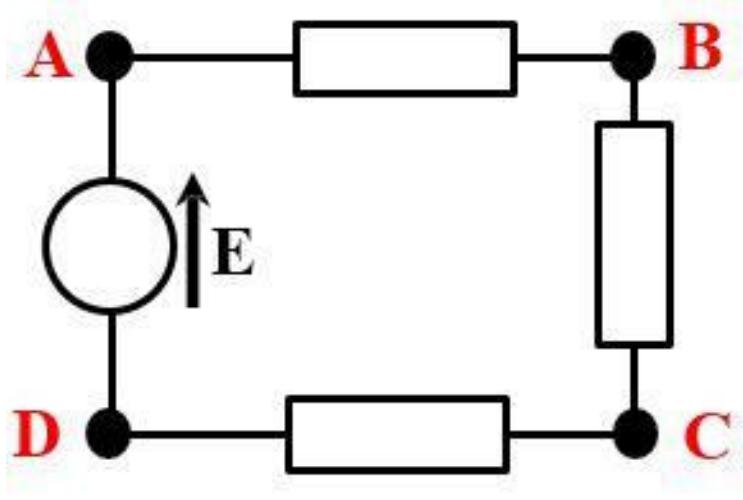
$$\sum I_{\text{entrant}} = \sum I_{\text{sortant}}$$

$$\sum I_{\text{entrant}} - \sum I_{\text{sortant}} = 0$$

## II.2- Lois de Kirchhoff

### ➤ Loi des mailles:

La somme **algébrique** des tensions rencontrées dans une **maille** est nulle.



Exemple

ABCDA est une maille

$$\sum_{\text{Maille}} (d. d. p) = 0$$

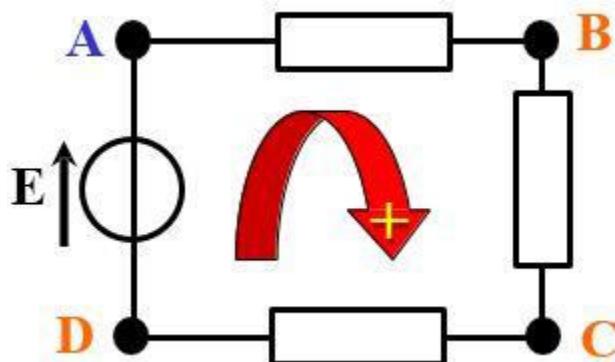
## II.2- Lois de Kirchhoff

### ➤ Loi des mailles:

Comment appliquer la loi des mailles ?

Règle:

- ✓ On choisit un **point de départ** et un **sens de parcours arbitraire** de la maille.
- ✓ Affecter à chaque composant polarisé des pôles (+) et (-)
- ✓  $(+E_k)$  si le pôle + est rencontré en premier; sinon  $(-E_k)$
- ✓  $(+R_k I_k)$  (même sens que le parcours); sinon  $(-R_k I_k)$



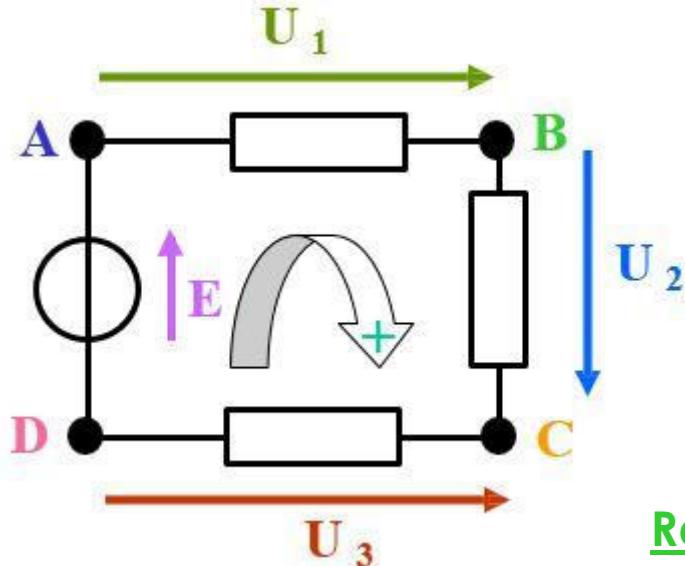
Exemple

Maille ABCDA

+

## II.2- Lois de Kirchhoff

### ➤ Loi des mailles:



Exemple

Maille ABCDA

+

$$-U_1 - U_2 + U_3 - E = 0$$

Rq: On peut écrire la relation d'une autre manière :

$$U_2 + U_1 + E = U_3$$

$$U_{CB} + U_{BA} + U_{AD} = U_{CD}$$

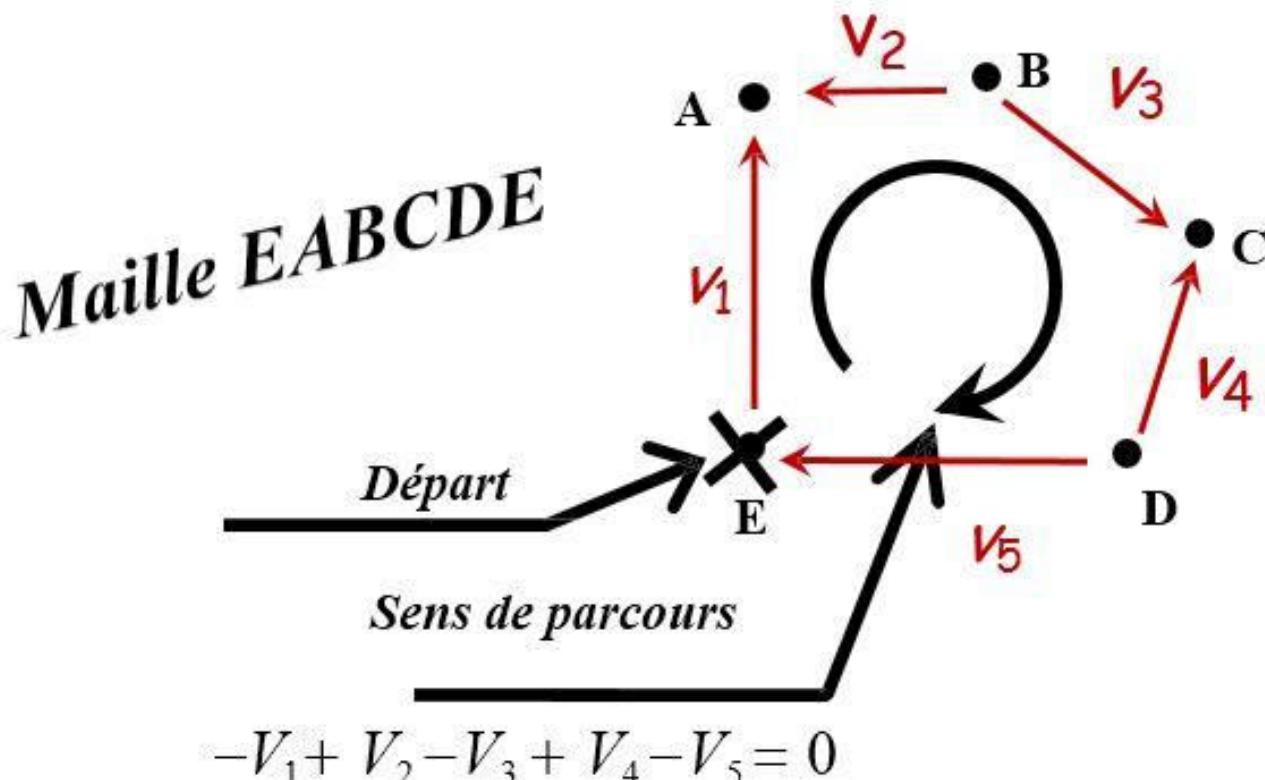
Attention ! L'écriture ci-dessus nécessite un ordre strict des lettres !

La loi des mailles traduit l'additivité des tensions:

$$\sum_{\text{Maille}} (d. d. p) = 0$$

## II.2- Lois de Kirchhoff

### ➤ Loi des mailles:



$$V_2 + V_4 = V_1 + V_3 + V_5$$

## ➤ Exercices d'application:

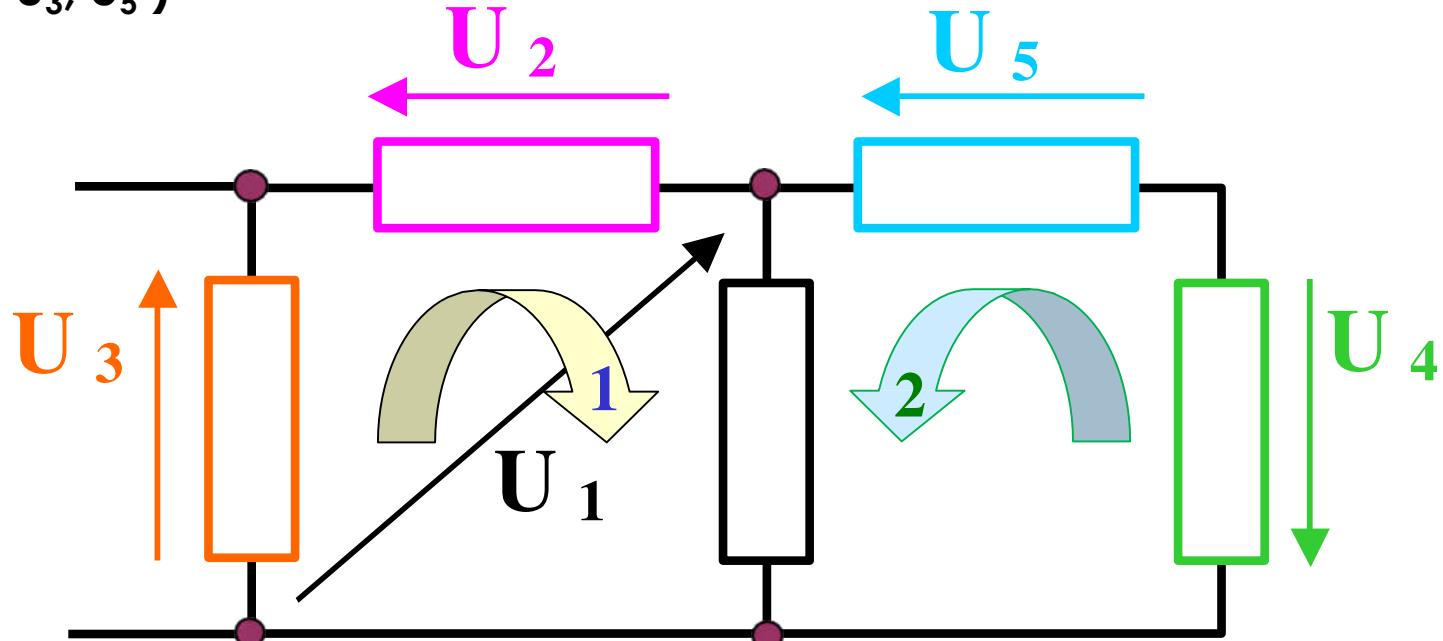
Exo 1: Déterminer les tensions inconnues, en utilisant la loi des mailles: (  $U_3$ ;  $U_5$  )

Données:

$$U_1 = 20 \text{ V}$$

$$U_2 = 5 \text{ V}$$

$$U_4 = -8 \text{ V}$$



Solution:

**Maille 1:**

$$-U_3 + U_2 + U_1 = 0$$

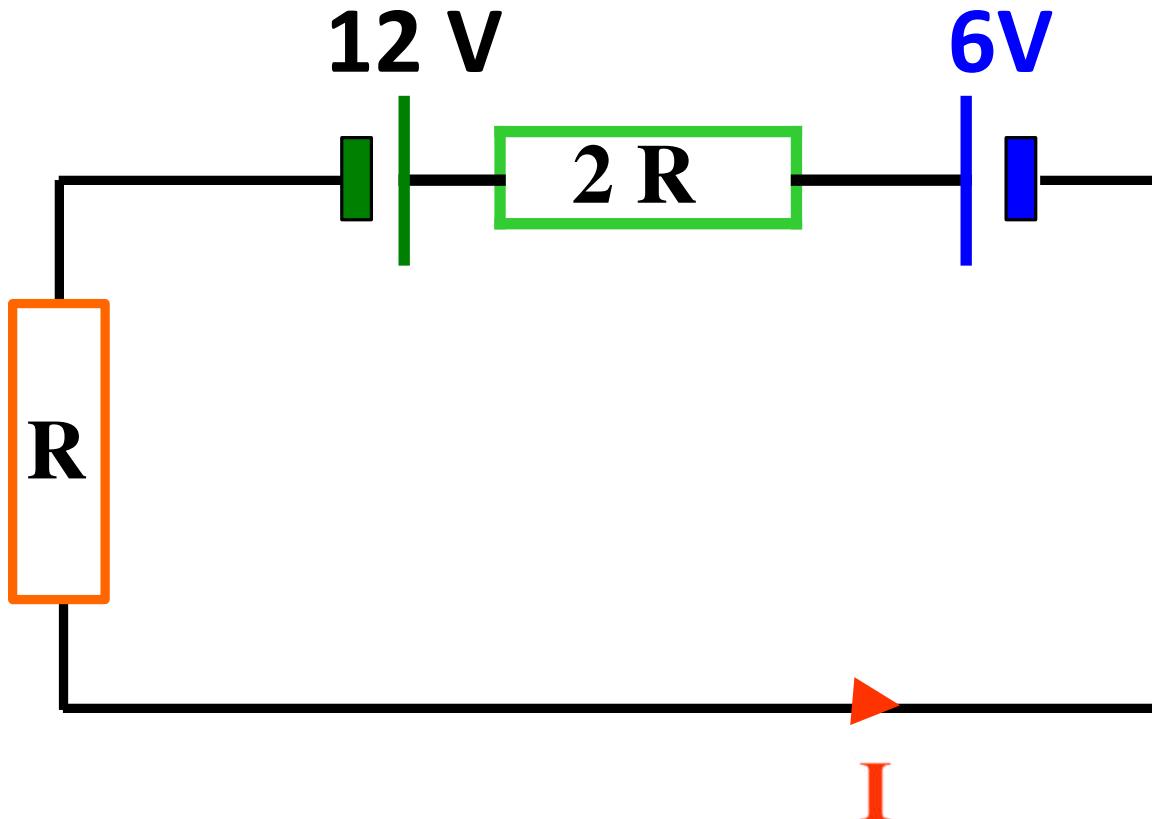
$$U_3 = 25 \text{ V}$$

**Maille 2:**

$$-U_5 + U_1 + U_4 = 0$$

$$U_5 = 12 \text{ V}$$

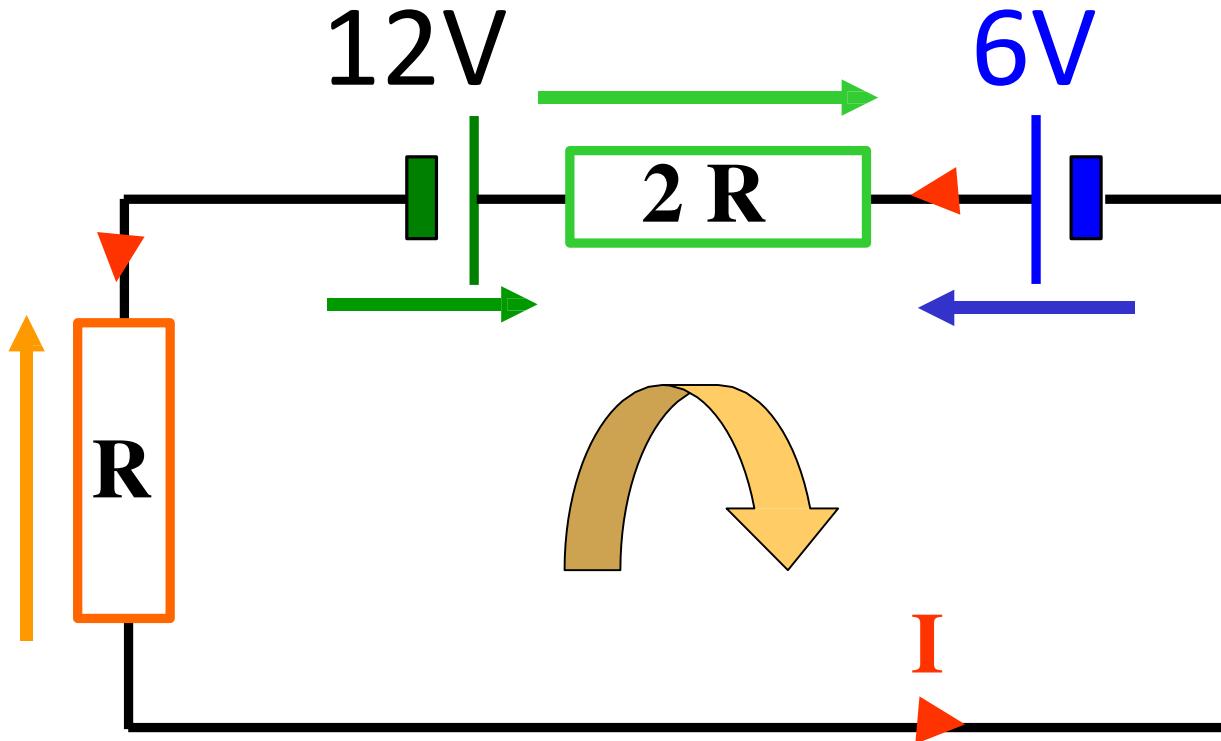
**Exo 2:** Calculer l'intensité  $I$  du courant qui traverse le circuit. Préciser le sens conventionnel du courant.



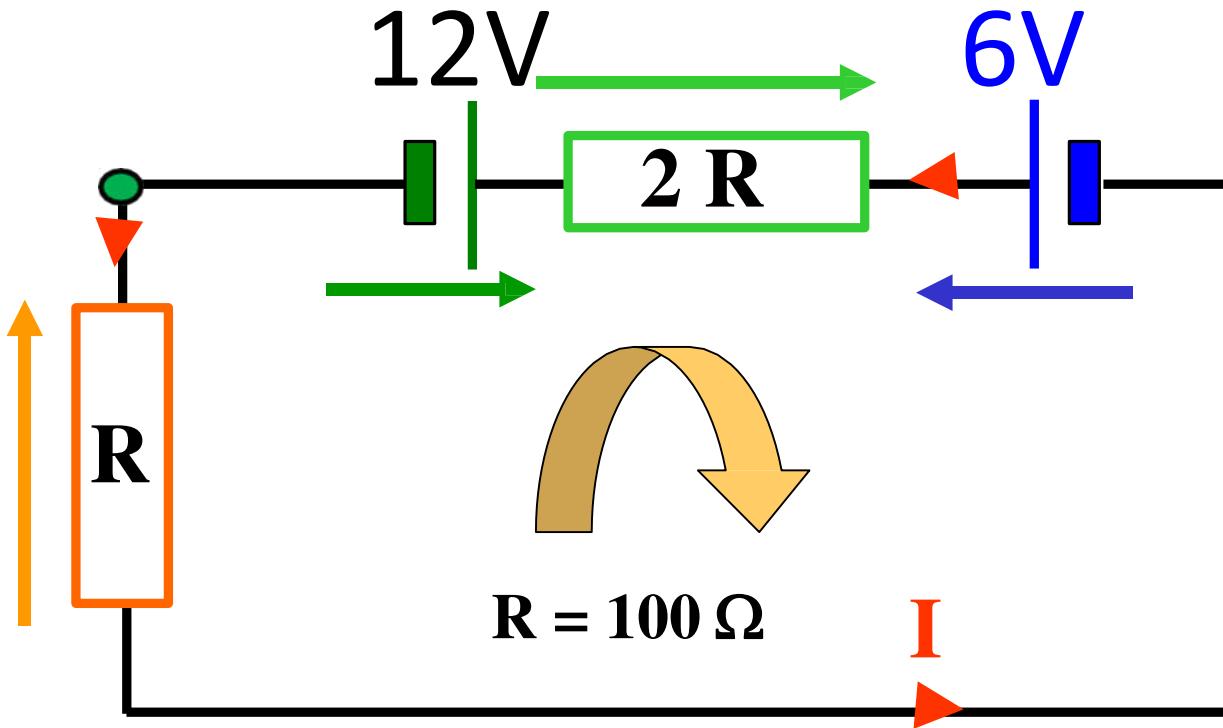
Solution:

$I$

On choisit un sens arbitraire pour le courant et on applique la loi des mailles.



- On choisit un sens arbitraire de parcours pour la maille.
- On flèche les tensions et on applique l'additivité des tensions.



$$(-RI) - 12V - (2RI) + 6V = 0$$

On en déduit :

$$I = -20 \text{ mA}$$

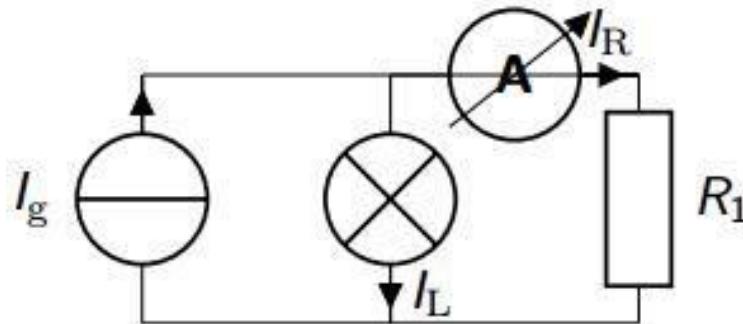
L'intensité a le sens  
contraire du sens  
indiqué!!!!

### Exo 3:

Une lampe  $e$  et une résistance  $R_1$  sont branchées en parallèle sur un générateur de courant, délivrant une intensité  $I_g = 0,5$  A.

Un ampèremètre mesure le courant  $I_R = 0,3$  A traversant la résistance.

Comment trouver  $I_L$  ?



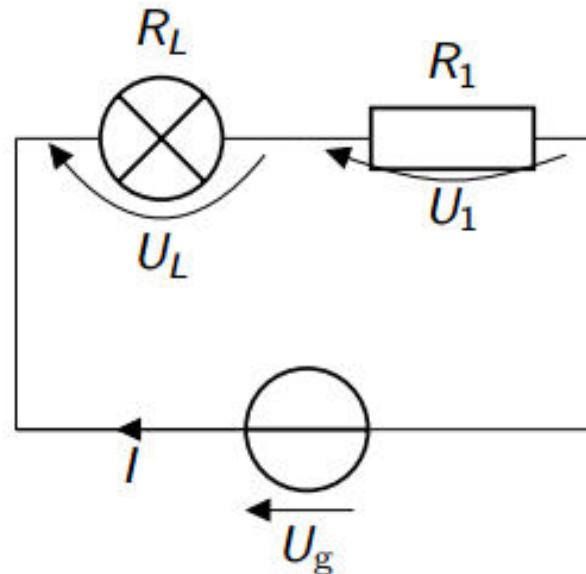
Solution:

En appliquant la loi des nœuds au point A :

$$\text{on a } I_g = I_R + I_L \rightarrow I_L = I_g - I_R \quad \text{A.N: } I_L = 0,2 \text{ A}$$

#### Exo 4:

Une lampe de résistance  $R_L$  et une résistance  $R_1$  sont branchées en série sur un générateur de tension, délivrant une tension  $U_g = 12$  V. Comment calculer la chute de tension dans la lampe,  $U_L$  ?



Solution:

La loi d'Ohm nous permet d'écrire:

$$U_1 = R_1 \cdot I \quad \text{et} \quad U_L = R_L \cdot I \quad \Rightarrow \quad U_1 = R_1 \cdot U_L / R_L$$