

BTS CIEL ER	THEOREMES GENERAUX DE L'ELECTRICITE (partie 1)	Chapitre 1
Physique		

## I COURANT ET LOI DES NOEUDS

### 1- Nature microscopique du courant électrique

Le courant électrique est un mouvement d'ensemble de porteurs de charges électriques.

Il existe deux types de porteurs de charges électriques :

- les électrons (charge négative) dans les *métaux*
- les ions (charge positive ou négative) dans les *liquides et les gaz*

La charge élémentaire exprimée en Coulomb est :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Un électron transporte la charge  $q = -e$  donc  $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

### 2- Intensité du courant électrique

Pendant la durée  $\Delta t$ ,  $N$  charges transportent la quantité d'électricité :  $Q = N \times q$

L'intensité du courant électrique est définie par la relation :

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

$I$  en Ampères (A) ;  
 $Q$  en Coulombs (C) et  
 $\Delta t$  en secondes (s).

Ordre de grandeurs :

- Electronique (circuits intégrés, transistors ...) :  $\text{nA}$  ( $10^{-9} \text{ A}$ ),  $\mu\text{A}$  ( $10^{-6} \text{ A}$ ),  $\text{mA}$  ( $10^{-3} \text{ A}$ ).
- Electronique de puissance (alimentations, amplificateurs ...) :  $1 \text{ A}$  à  $1 \text{ kA}$  ( $10^3 \text{ A}$ ).
- Electrotechnique (moteurs, centrales ...) :  $10 \text{ A}$  à  $10^4 \text{ A}$ .

Application : calculer le débit d'électrons (nombre d'électrons par seconde) dans un conducteur traversé par un courant de  $1 \text{ mA}$ .

$$1 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

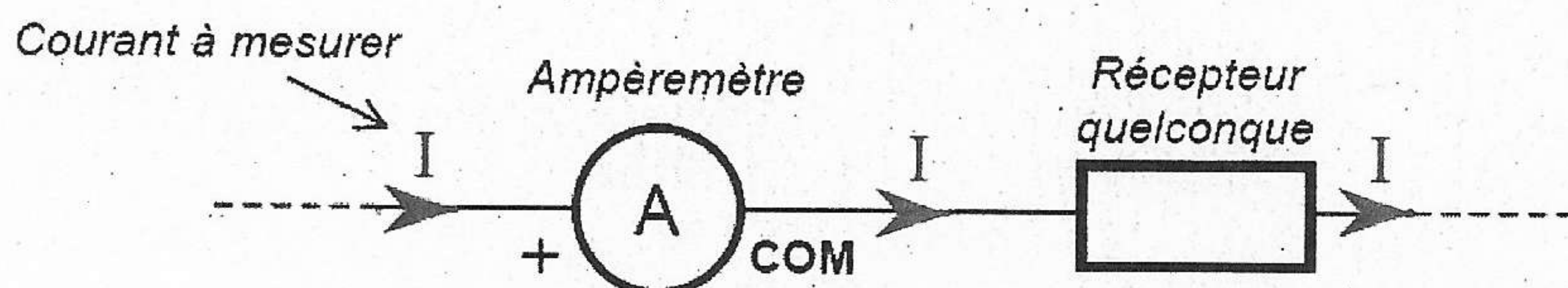
$$Q = I \times \Delta t = 1 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

$$N = \frac{Q}{q} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^{15} e^-$$

### 3- Loi des noeuds

Par convention le courant circule de la borne positive (potentiel le plus élevé) vers la borne négative (potentiel le moins élevé) d'un générateur.

La mesure du courant électrique se fait avec un *ampèremètre* que l'on branche en *série* dans le circuit. Il doit être traversé intégralement par le courant qu'il mesure, conformément au schéma ci-dessous :

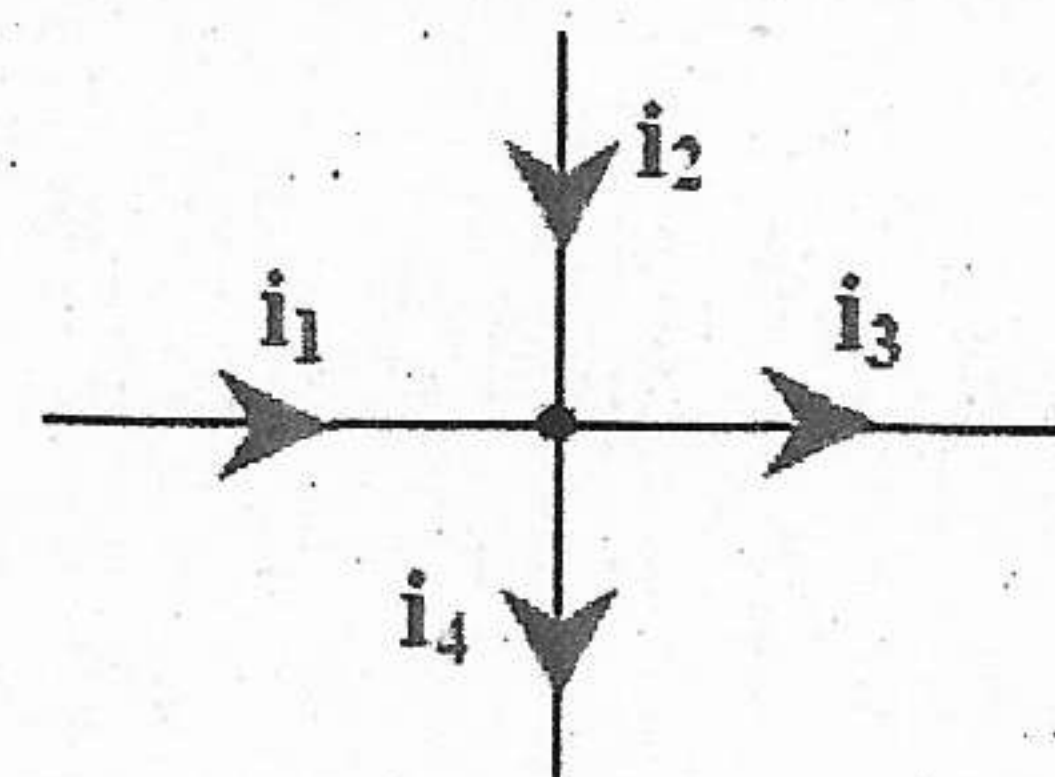


Sortie : borne Com ou « - »    Entrée : borne A ou « + »

- Le principe de conservation de la charge impose que l'intensité  $I$  du courant avant et après un dipôle soit la même.
- Un nœud est une connexion qui relie au moins trois fils. D'après le principe de conservation de la charge pour un nœud, on déduit :

Loi des nœuds : La somme des intensités des courants qui arrivent au nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent du nœud.

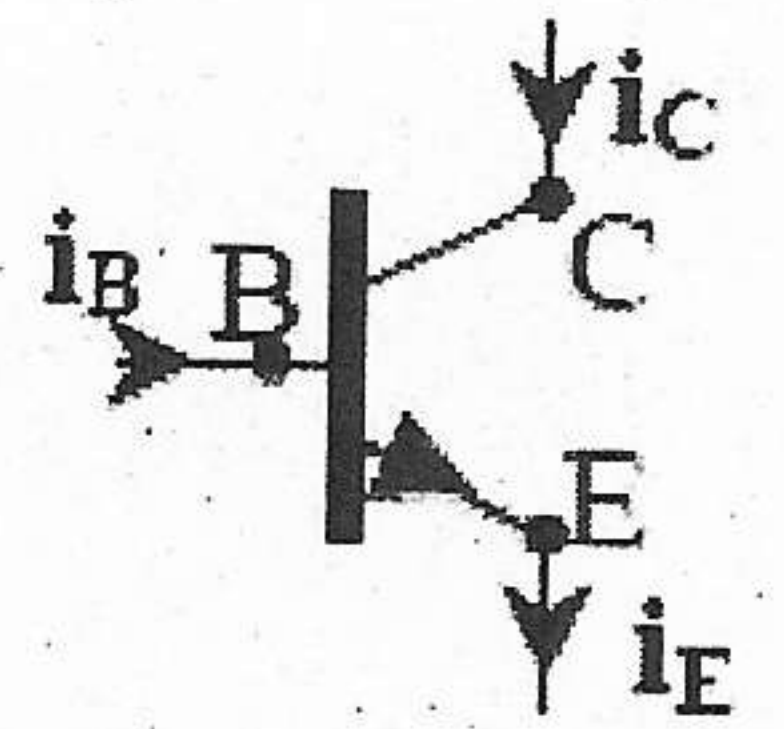
Dans l'exemple ci-contre, la loi des nœuds donne la relation :  $i_1 + i_2 = i_3 + i_4$





Remarque : L'application du principe de conservation de la charge est valable pour tout composant électronique ou même pour une portion de circuit.

Pour le transistor bipolaire, par exemple, on a la relation :  $i_B + i_C = i_E$



## II TENSION ET LOI DES MAILLES

### 1- Le potentiel électrique

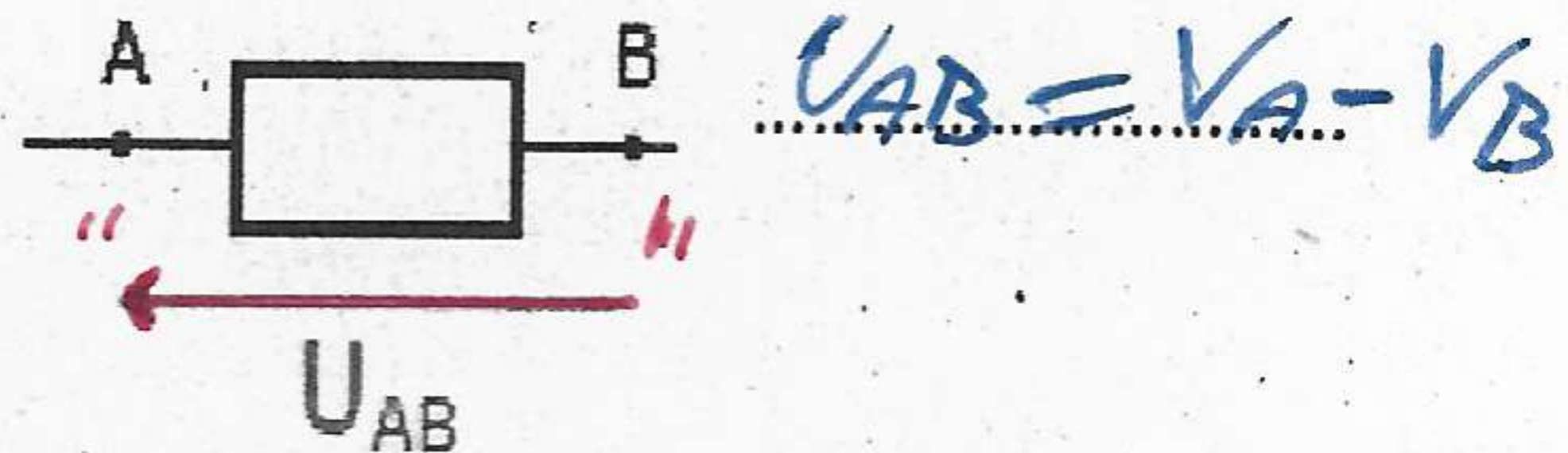
Définition : Le potentiel électrique, noté  $V$  (unité = Volt (V)) est une grandeur présente en tout point d'un circuit, on peut l'assimiler à une "pression électrique".

On le mesure avec un voltmètre dont la borne "com" ou "-" est relié au potentiel zéro (point du circuit relié à la terre); l'autre borne "+" ou "V" est reliée au point du circuit dont veut mesurer le potentiel.

### 2- La tension électrique

Définition : La tension électrique, notée  $U$  (unité = Volt (V)) aux bornes d'un circuit est la différence de potentiel entre ces deux bornes.

On notera par exemple  $U_{AB}$  la tension égale à  $V_A - V_B$ . Cette tension sera symbolisée par une flèche (pointe en A et origine en B).



*A = B par tension*

Remarques : Le sens de la flèche est choisi arbitrairement ou imposée sur le schéma.

Une tension a une valeur algébrique : elle peut être positive ou négative

Un fil de liaison a tous ces points au même potentiel (tension = 0V).

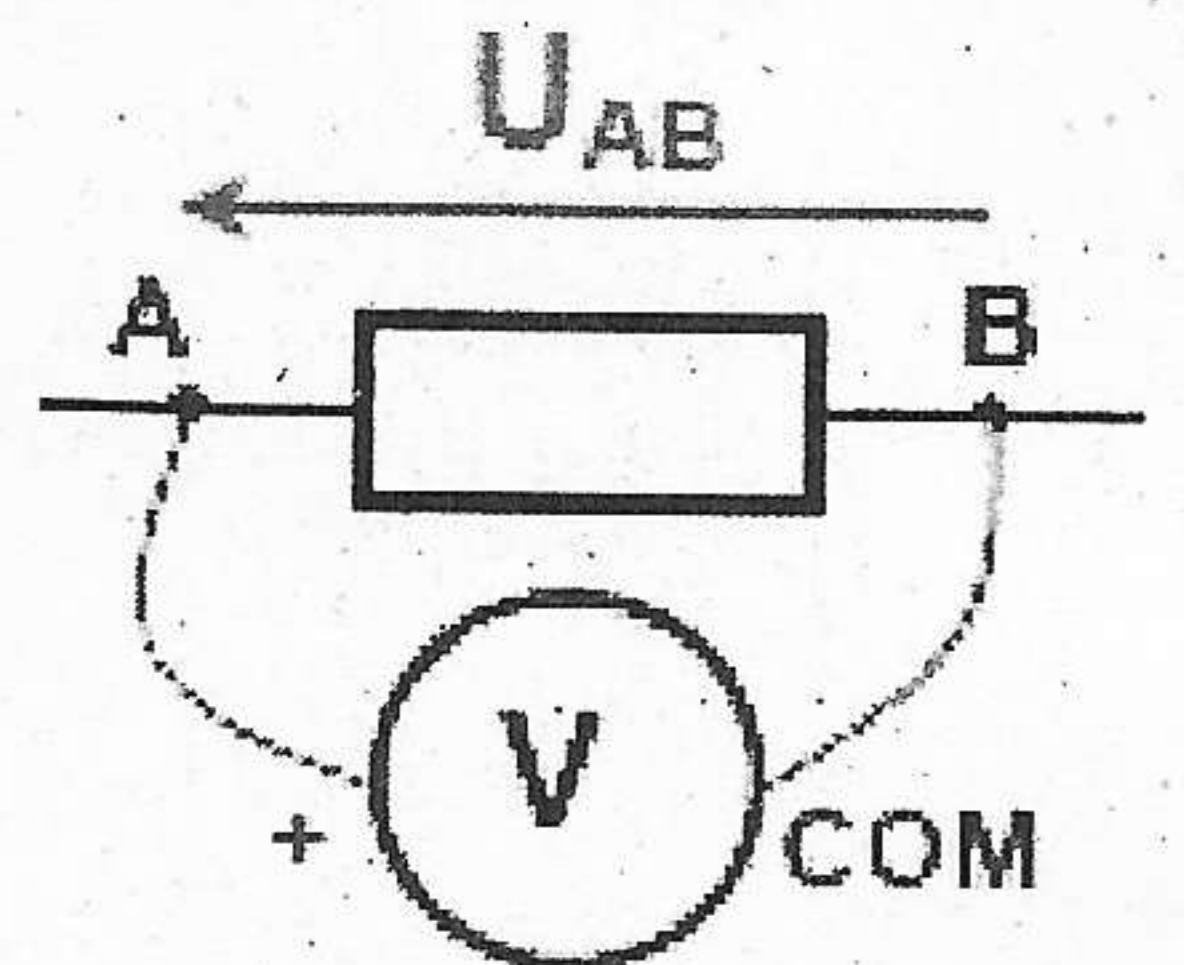
Mesure : La tension électrique entre deux points d'un circuit se mesure à l'aide d'un voltmètre que l'on branche sur ces deux points :

Par exemple, pour mesurer la tension  $U_{AB}$  :

- La borne "+" du voltmètre est relié au point A.
- La borne "COM" est reliée au point B.

Le voltmètre numérique indiquera une tension positive si le potentiel  $V_A$  est supérieur au potentiel  $V_B$  ce qui correspond à  $U_{AB} > 0$ .

Le voltmètre numérique indiquera une tension négative dans le cas contraire ( $U_{AB} < 0$ ).



Ordre de grandeur :

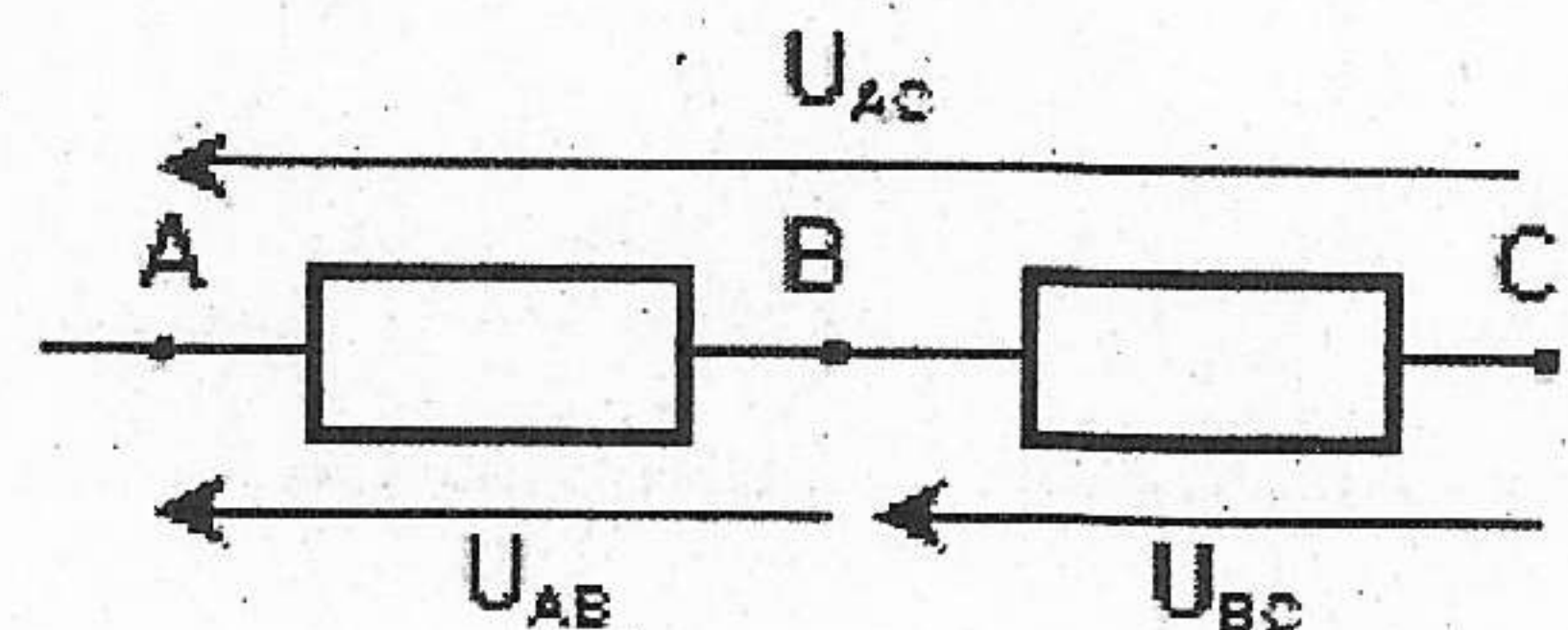
- Electronique (circuits intégrés, transistors ...) :  $\mu V$  ( $10^{-6}V$ ),  $mV$  ( $10^{-3}V$ ) et  $V$ .
- Electronique de puissance (alimentations, amplificateurs ...) :  $1V$  à  $1 kV$  ( $10^3V$ ).
- Electrotechnique (moteurs, centrales ...) :  $100V$  à  $400kV$ .

### 3- Lois relatives à la tension

#### • Loi d'additivité

Sur une branche (portion) d'un circuit, on trouve la relation :

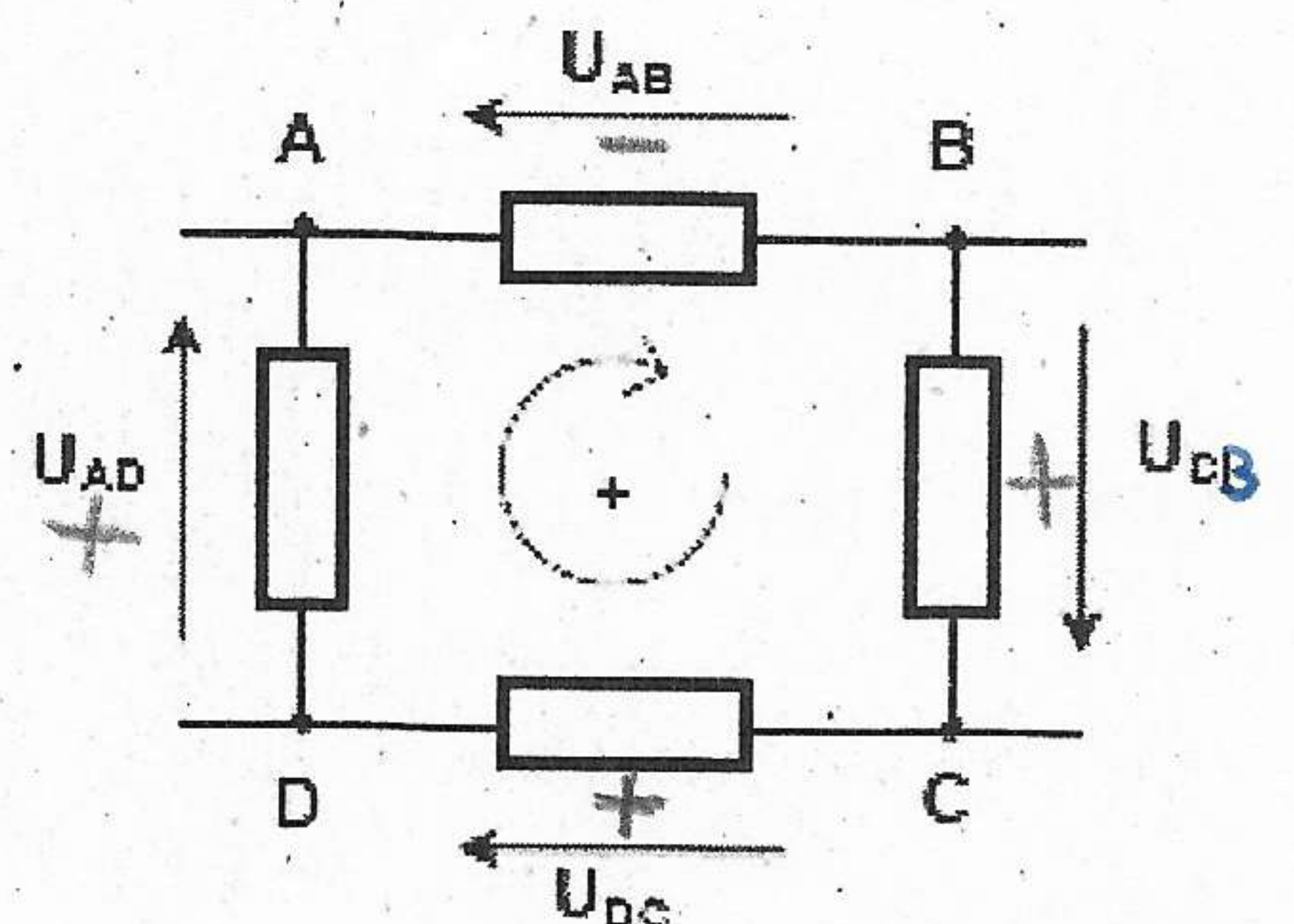
$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$$



#### • Loi des mailles

Une maille est constituée de plusieurs branches qui forment un circuit fermé. On choisit un sens arbitraire de parcours et on applique la loi des mailles : la somme algébrique des tensions est égale à zéro.

Pour notre exemple, on a la relation :  $-U_{AB} + U_{CB} + U_{DC} + U_{AD} = 0$





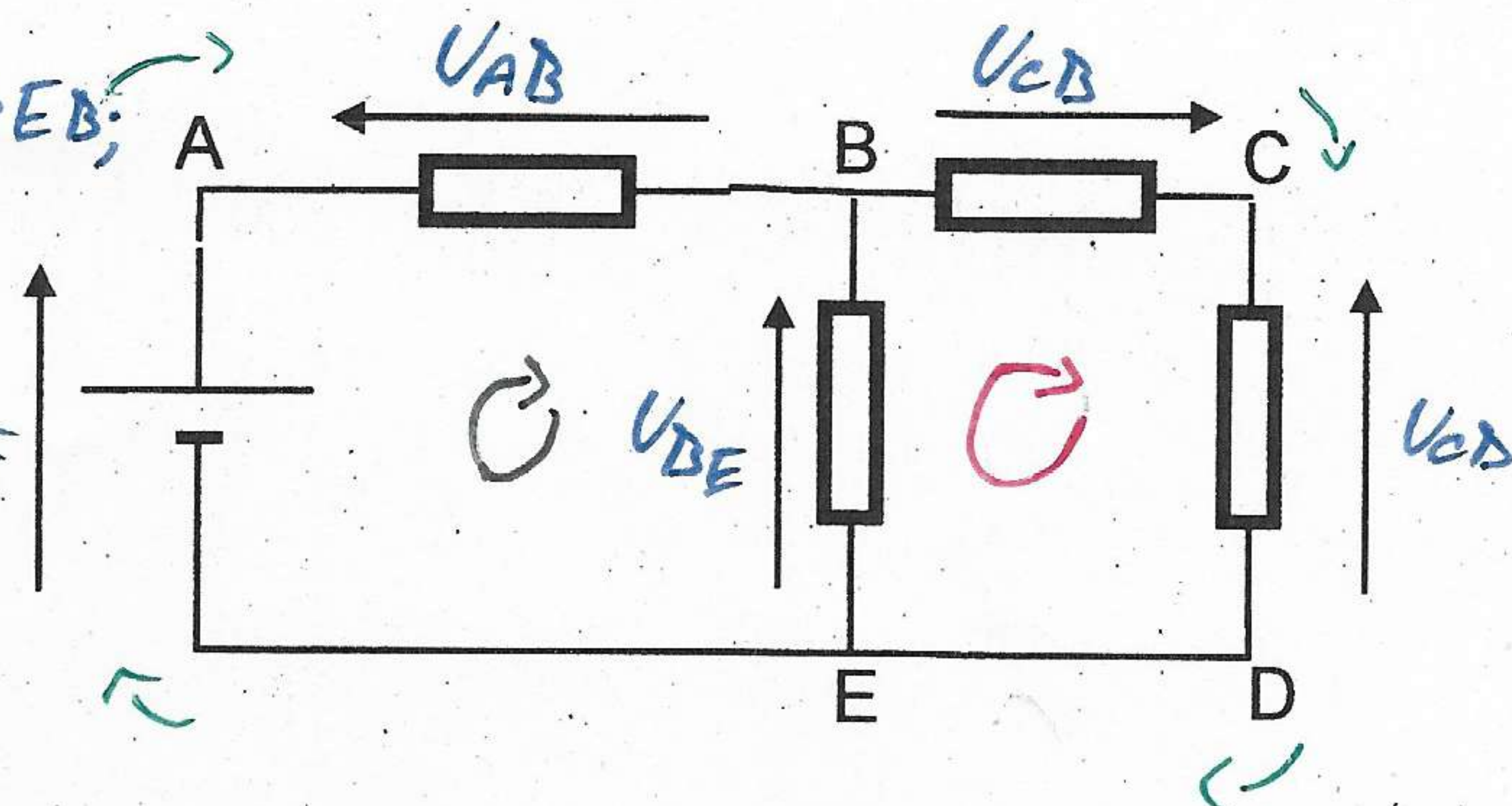
• Exemple

- ✓ Combien y-a-t-il de mailles ? 3 : ABEA; BCDEB; ACDA
- ✓ Annoter les différentes tensions.
- ✓ Ecrire les lois des mailles.

$$ABEA = -U_{AB} - U_{BE} + U_{AE} = 0$$

$$BCDEB = U_{CB} - U_{CD} + U_{BE} = 0$$

$$ACDA = -U_{AB} + U_{CB} - U_{CD} + U_{AE} = 0$$

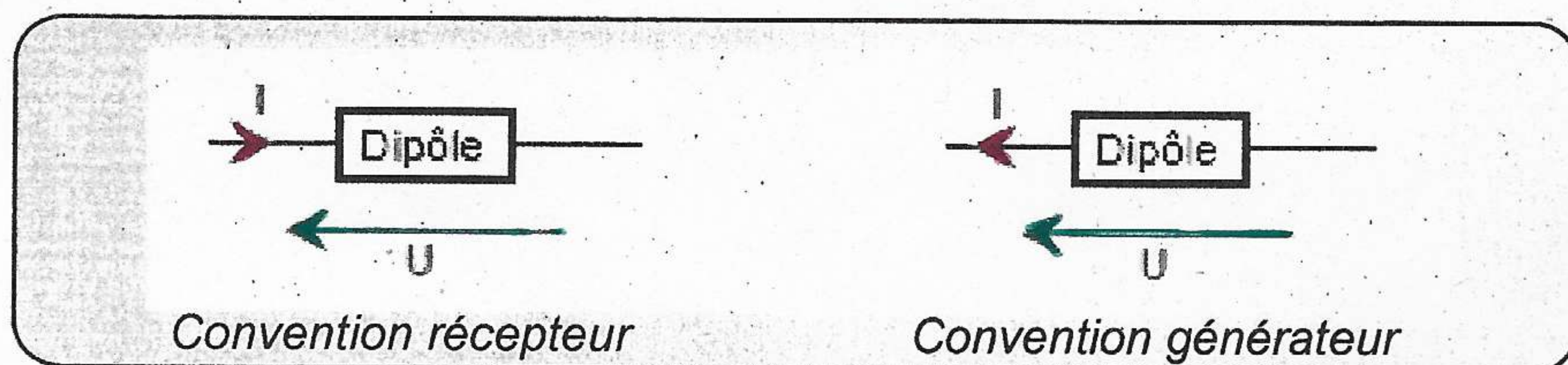
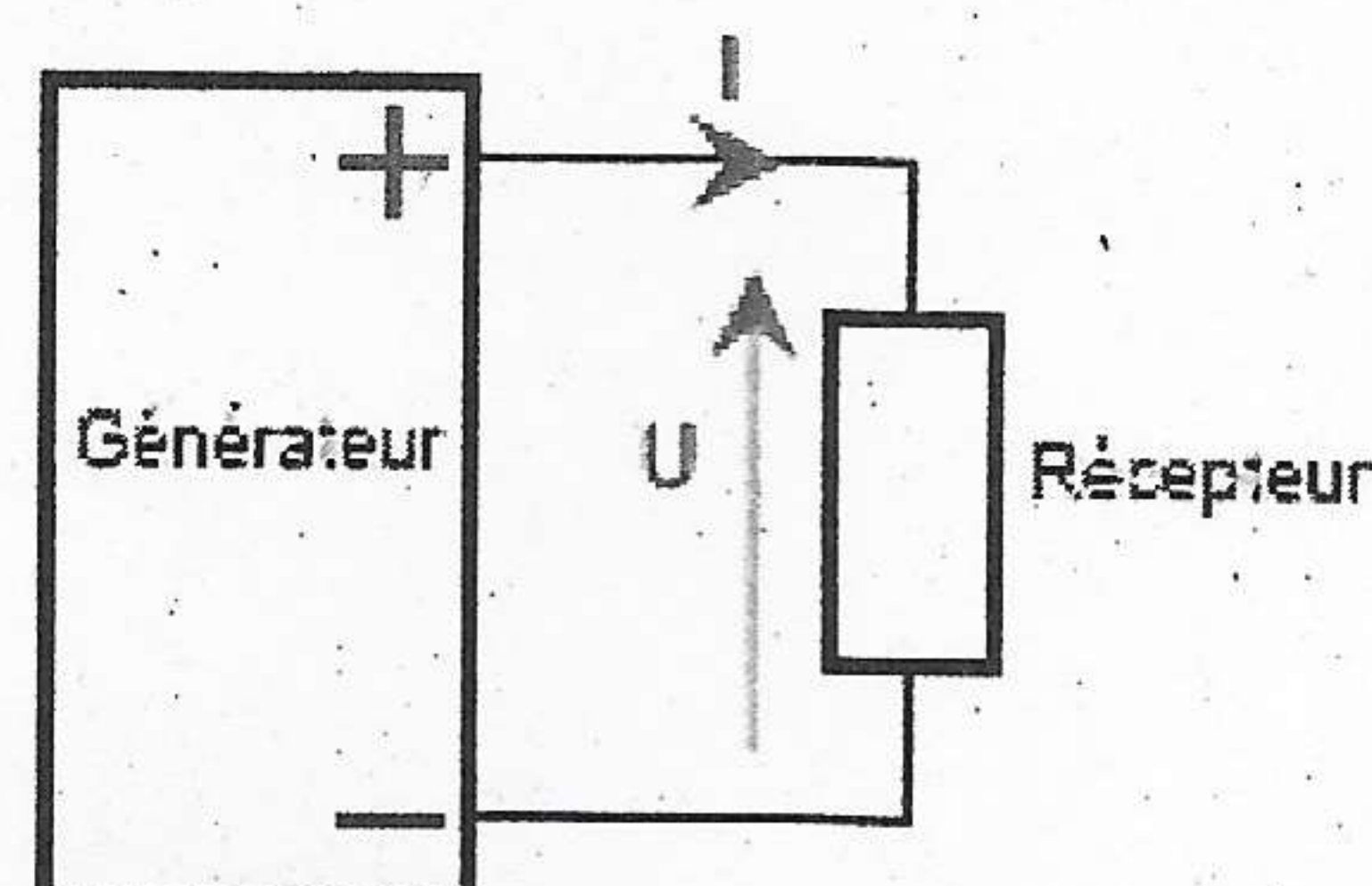


### III RÉSISTANCE, LOI D'OHM ET LOIS D'ASSOCIATIONS

#### 1- Convention générateur et convention récepteur

Considérons le circuit électrique ci-contre et essayons de trouver une orientation judicieuse des flèches courant et tension.

De l'observation du circuit ci-dessus, on peut en déduire deux conventions pour représenter le courant et la tension pour un dipôle.



Pour un dipôle récepteur, il sera judicieux d'adopter la convention récepteur (flèches de U et I indiquant un sens contraire).

#### 2- Loi d'Ohm

La loi d'Ohm pour un conducteur ohmique de résistance R ou résistor linéaire, avec la convention récepteur est :

$$U = R \times I$$

$$\frac{U(V)}{I(A)}$$

$$R(\Omega)$$

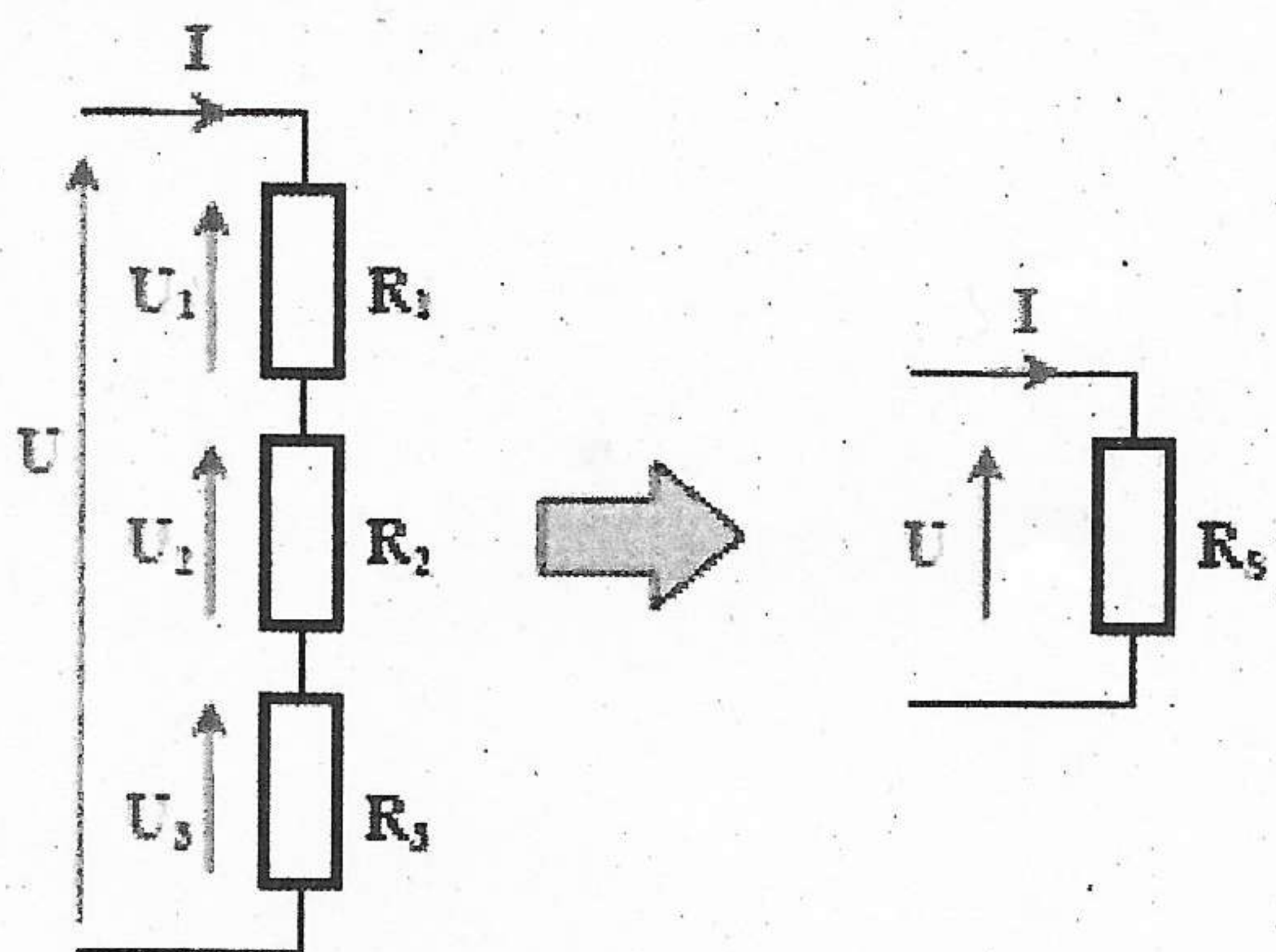
$$\frac{U}{R \times I}$$

Remarque : En convention générateur on aura  $U = -R \times I$

#### 3- Association série

Définition : Des dipôles sont en série lorsqu'ils sont traversés par le même courant.

Exemple :



$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$



Loi : Dans une association de résistors en série, la résistance équivalente est égale à la somme des résistances.

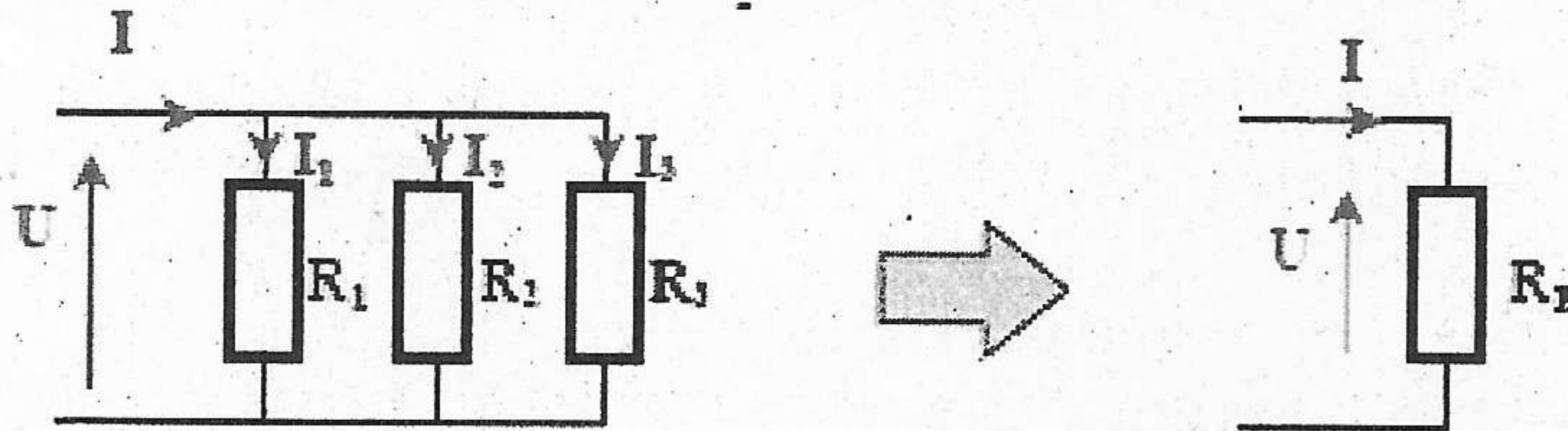
Si N est le nombre des résistors, on a :  $R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_N$

Remarque : Pour N résistors identiques R :  $R_s = N \times R$

#### 4- Association parallèle

Définition : Des dipôles sont en parallèle lorsqu'ils sont soumis à la même tension.

Exemple :

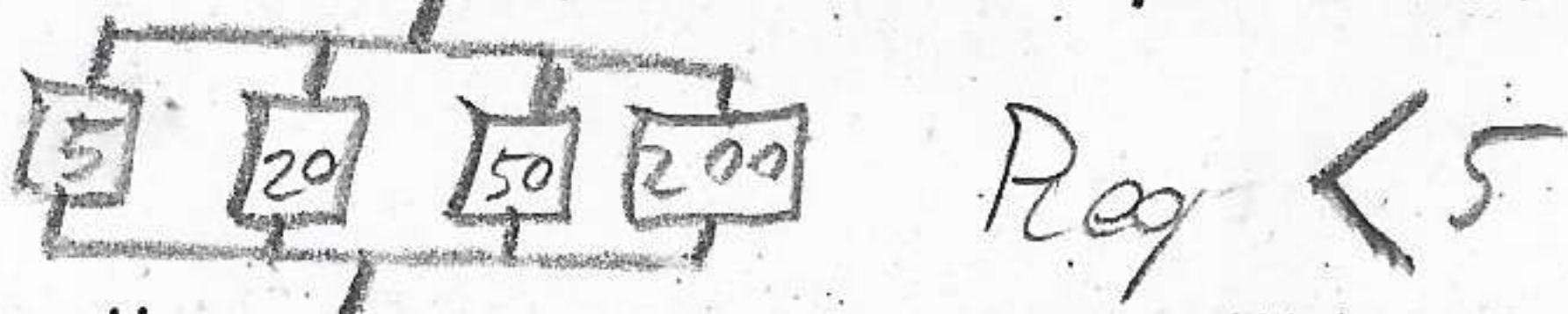


$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Leftrightarrow R_p = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Loi : Dans une association de résistors en parallèle, l'inverse de la résistance équivalente est égale à la somme des inverses de chaque résistance.

Si N est le nombre des résistors, on a :  $1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$ .

▲ Remarque 1 : Lors d'une association en parallèle, la résistance  $R_{eq}$  est plus petite que la plus petite des résistances.



Remarque 2 : Lors d'une association en parallèle de deux résistances  $R_1$  et  $R_2$ , la résistance  $R_{eq}$  est égale au produit divisé par la somme des deux résistances

Remarque 3 :

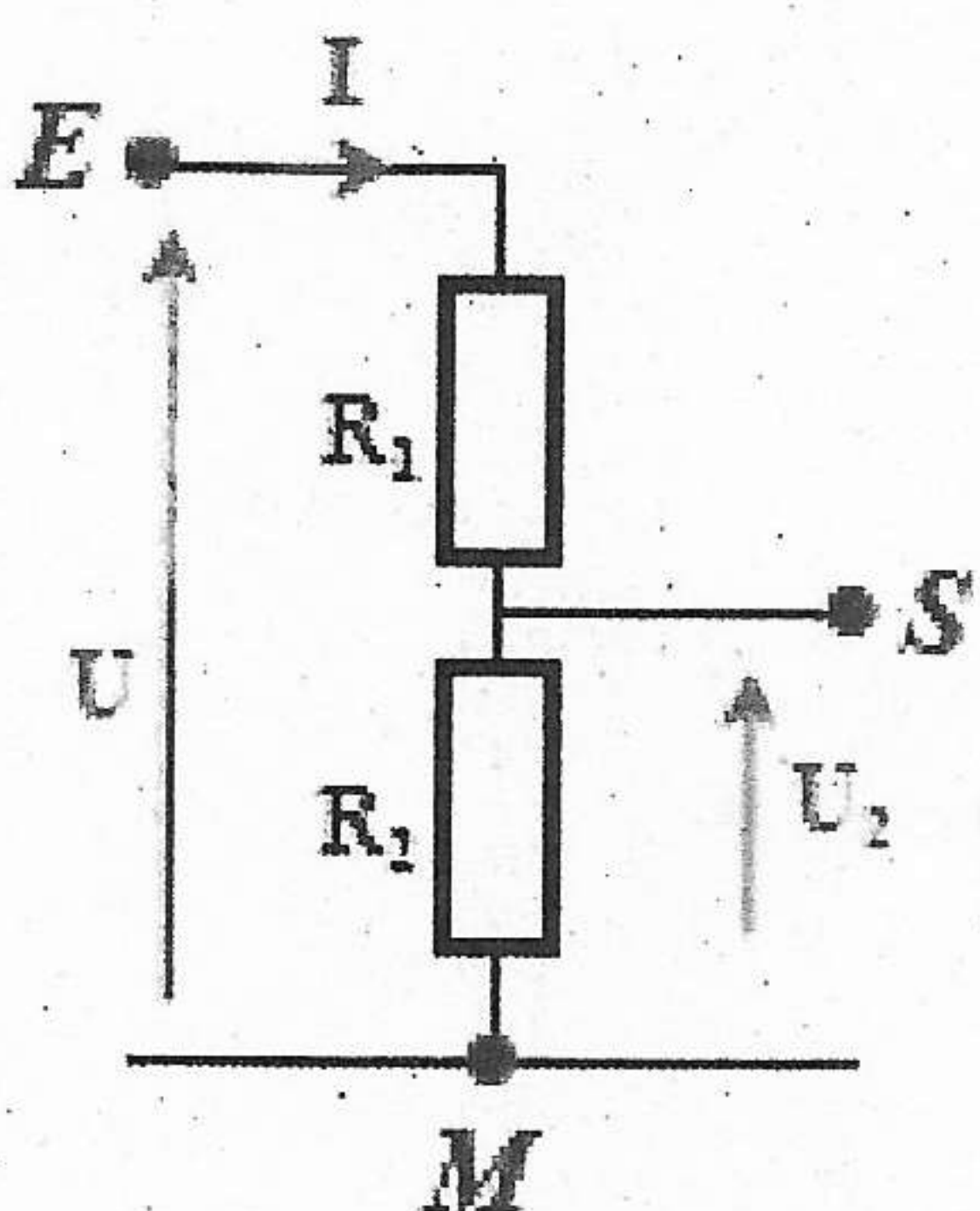
$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

2 résistances !

#### 5- Diviseur de tension

Définition : on est en présence d'un diviseur de tension chaque fois que des résistors sont branchés en série c'est-à-dire traversés par le même courant.

Montage :



Relation donnant  $U_2$  en fonction de  $U$ ,  $R_1$  et  $R_2$  :

(loi ohm)  $U_2 = R_2 \times I$  et  $U = (R_1 + R_2) \times I$

donc  $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$  I devient  $U_2$

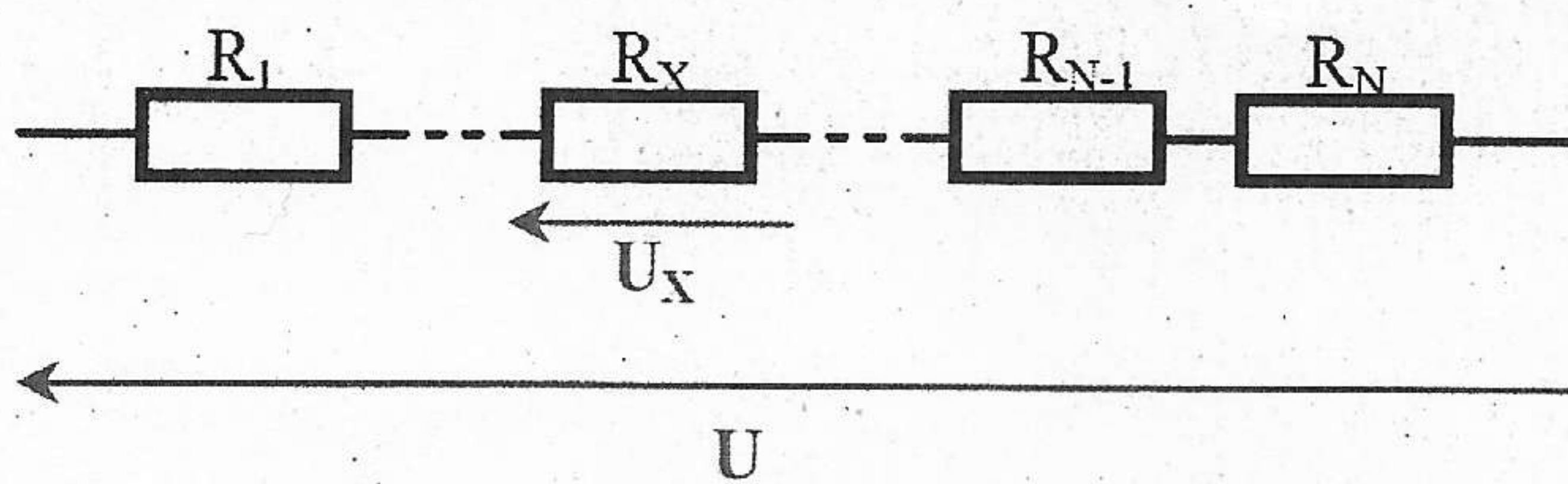
$$U_2 = \frac{R_2 \cdot U}{R_1 + R_2}$$

$$\Delta U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U$$

face  $U_2$   
face  $U$



Généralisation : Considérons le schéma ci-dessous (N résistors en série)



$$U_x = \frac{R_x}{R_1 + R_2 \dots R_N} \times U$$