

**Table des matières**

I Le courant électrique .....2  
 I.1 Définition de l'intensité électrique .....2  
 I.2 Sens conventionnel du courant .....2  
 I.3 Mesure de l'intensité électrique .....2  
 I.4 Circuit électrique .....3  
 II La tension électrique:.....4  
 II.1 Définition de la tension électrique .....4  
 II.2 Mesure de la tension électrique .....4  
 III Loi des mailles, loi des noeuds:.....5  
 III.1 Les branchements de base: .....5  
 III.2 Analyse d'un circuit électrique .....6  
 III.2.1 Etude d'un circuit .....6  
 III.2.2 Qu'est-ce qu'une branche ?.....6  
 III.2.3 Qu'est-ce qu'un noeud ?.....7  
 III.2.4 Qu'est-ce qu'une maille ?.....8  
 III.3 Loi des mailles .....9  
 III.4 Loi des noeuds .....10  
 IV Loi d'ohm pour un conducteur ohmique :.....10  
 IV.1 Qu'est-ce qu'une résistance ?.....10  
 IV.2 Loi d'ohm pour une résistance R .....10  
 V Association de résistances :.....12  
 V.1 Association série .....12  
 V.2 Association parallèle .....13  
 V.3 Montage quelconque : .....15  
 V.4 La conductance équivalente G.....15  
 VI Puissance électrique .....16  
 VI.1 Puissance électrique échangée .....16  
 VI.2 Dipôle générateur, dipôle récepteur.....16  
 VI.2.1 Dipôles générateurs .....16  
 VI.2.2 Dipôle récepteur.....17  
 VI.2.3 Puissance maximale admissible pour une résistance :.....18

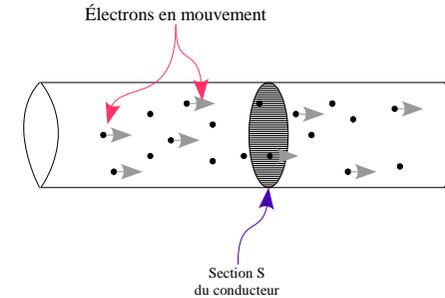
**I Le courant électrique :**

**I.1 Définition de l'intensité électrique :**

Le courant électrique correspond au déplacement des charges dans les conducteurs. Dans les métaux, les charges sont les électrons notés  $e^-$  ; dans les solutions, les conducteurs sont les ions (cations et anions).

Prenons un fil conducteur, on appelle S la section de ce fil.

L'intensité I correspond aux nombres de charges (électrons)  $\Delta q$  qui traversent cette section pendant une durée  $\Delta t$  déterminée.



L'intensité I est définie par : 
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$\left\{ \begin{array}{l} \Delta q \text{ représente la charge en Coulomb [C]} \\ \text{charge d'un électron : } -e = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ coulomb} \\ \Delta t \text{ représente la durée en seconde [s]} \end{array} \right.$

L'intensité I s'exprime en Ampère [A].

L'intensité I est une grandeur algébrique (elle peut être positive ou négative).

**Exemple**  $I_1 = 3A$  et  $I_2 = - 10 \text{ mA}$ .

**I.2 Sens conventionnel du courant :**

Par convention, le courant électrique sort de la borne positive du générateur vers la borne négative.

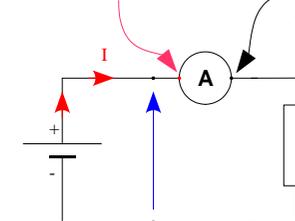
**I.3 Mesure de l'intensité électrique :**

Pour mesurer l'intensité I, on doit placer un ampèremètre **en série** dans le montage. Un ampèremètre ne perturbe pas le montage; c'est-à-dire qu'il se comporte comme un fil conducteur.

L'ampèremètre possède 2 entrées.

La borne «  $\bullet$  » ou « A » par laquelle l'intensité I doit entrer.

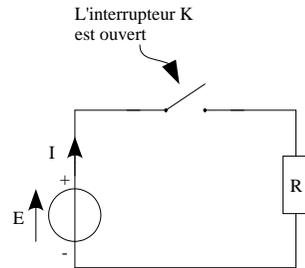
La borne «  $\bullet$  » ou « COM » par laquelle l'intensité I doit sortir.



## I.4 Circuit électrique :

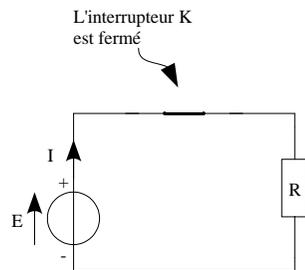
Un courant électrique ne peut s'établir que dans un circuit fermé. Celui-ci doit au moins contenir un générateur électrique et un récepteur reliés entre-eux par des conducteurs (fils).  
Circuit ouvert, circuit fermé, court-circuit :

Circuit ouvert : On dit qu'un circuit est ouvert lorsqu'il n'y a pas de circulation de courant dans le montage.



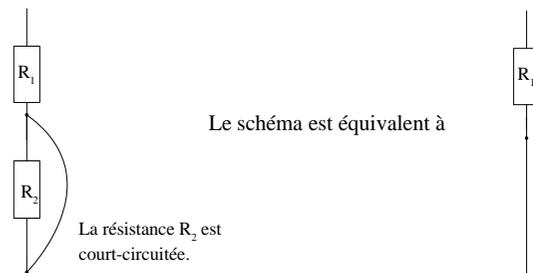
L'interrupteur K est ouvert  
L'interrupteur K étant ouvert, le courant I ne peut pas traverser la résistance R; c'est un circuit ouvert.  
 $I = 0$ .

Circuit fermé : On dit qu'un circuit est fermé lorsque le courant peut circuler dans le montage.



L'interrupteur K est fermé  
L'interrupteur K est fermé, le courant I peut traverser la résistance R; c'est un circuit fermé.

Court-circuit : Un court-circuit est la mise en contact directe des deux bornes d'un dipôle.



## II La tension électrique:

### II.1 Définition de la tension électrique :

Si les électrons sont en mouvement, c'est qu'ils sont soumis à une force. La tension électrique est la force nécessaire qu'il faut appliquer à chaque électron pour qu'il puisse se mettre en mouvement.

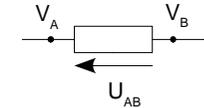
La tension électrique, souvent notée U, s'exprime en volts [V].

Il existe plusieurs noms pour la tension:

La différence de potentiels (ddp)

Exemple la tension  $U_{AB}$  est la différence de potentiels entre les points A et B soit :  $U_{AB} = V_A - V_B$ .

La force électromotrice (f.é.m) E.

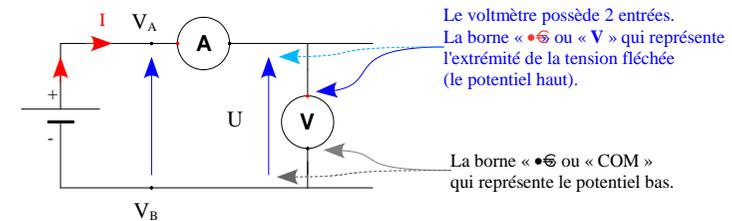


C'est aussi une grandeur algébrique; par exemple  $U_1 = 5V$  et  $U_2 = -10V$ .

### II.2 Mesure de la tension électrique

On mesure la tension électrique avec un voltmètre placé en parallèle (ou dérivation) aux bornes du dipôle dont on veut mesurer la tension électrique.

Le voltmètre, placé en dérivation ne modifie pas les caractéristiques du montage.



**Attention** : Le circuit actuel est « ouvert », c'est-à-dire que l'intensité I ne peut toujours pas circuler. Ceci correspond à une mesure *à vide* d'un générateur; c'est-à-dire qu'il n'y a aucune charge (dipôle récepteur, résistance...) branchée aux bornes du générateur.

Pour mesurer la tension U, on doit placer un voltmètre **en parallèle** dans le montage. Celui-ci doit mesurer la différence de potentiel  $V_A - V_B = U$  entre les points A et B.

Pour matérialiser le potentiel électrique, on peut faire l'analogie suivante: Si on prend un tuyau rempli d'eau, pour que l'eau puisse s'écouler, il faut pencher le tuyau; il y a un différentiel de hauteur entre les deux extrémités et, grâce à la gravité (force) l'eau peut s'écouler.

### III Loi des mailles, loi des noeuds:

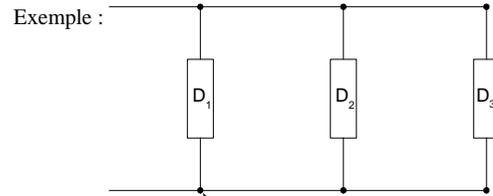
#### III.1 Les branchements de base:

Le **branchement série** est un branchement où tous les dipôles sont branchés les uns à la suite des autres.



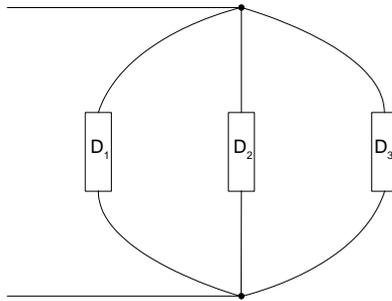
Les trois dipôles sont branchés les uns à la suite des autres, ils sont **en série**.

Le **branchement parallèle** ou **dérivation** est un branchement où toutes les bornes des dipôles sont reliées entre-elles.



Les trois dipôles ont **leurs bornes** reliées entre-elles.

Le montage ci-dessous est le même que précédemment, mais beaucoup moins esthétique.

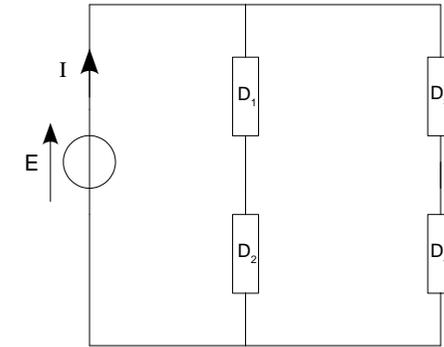


Un circuit électrique est composé au minimum d'une source de tension (générateur, pile, accumulateur, dipôle actif) et d'un récepteur (résistance, lampe, moteur, dipôle passif...) reliés entre eux par des fils conducteurs.

### III.2 Analyse d'un circuit électrique :

#### III.2.1 Etude d'un circuit

Soit le montage suivant:



Le générateur de tension fournit la tension  $E$  et l'intensité  $I$ .

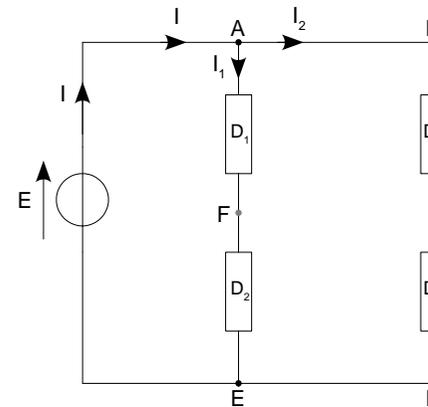
Les dipôles  $D_1$  et  $D_2$  sont branchés en série.

Les dipôles  $D_3$  et  $D_4$  sont branchés en série.

Le groupe  $(D_1 + D_2)$  est branché en parallèle sur le groupe  $(D_3 + D_4)$ .

Plaçons sur ce montage les points A, B, C, D, E et F.

#### III.2.2 Qu'est-ce qu'une branche ?



On définit une **branche** comme étant une portion de circuit électrique pris entre deux points.

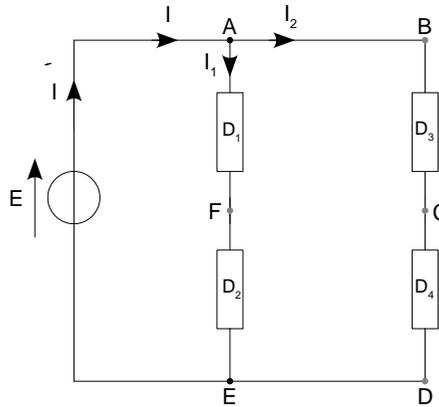
*Par exemple :*

la branche AE contient les dipôles  $D_1$  et  $D_2$ .

la branche BD contient les dipôles  $D_3$  et  $D_4$ .

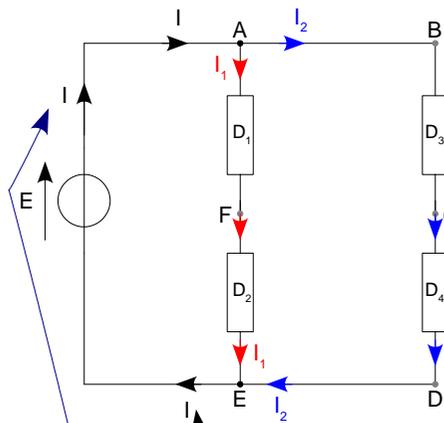
La branche AB ou DE ne contenant aucun dipôle, on n'en parlera pas!

### III.2.3 Qu'est-ce qu'un noeud ?



Lorsque l'intensité  $I$  arrive au point A, il se divise et se répartit en  $I_1$  dans la branche AE et en  $I_2$  dans la branche BD. On appelle **le point A un noeud**.

**Un noeud** est un endroit du circuit où les intensités se divisent ou se recombinent.



Dans la branche AE, les dipôles  $D_1$  et  $D_2$  sont traversés par le même courant  $I_1$ .

Dans la branche BD, les dipôles  $D_3$  et  $D_4$  sont traversés par le même courant  $I_2$ .

On voit qu'au point E, les intensités  $I_1$  et  $I_2$  se recombinent donc le **point E est aussi un noeud**.

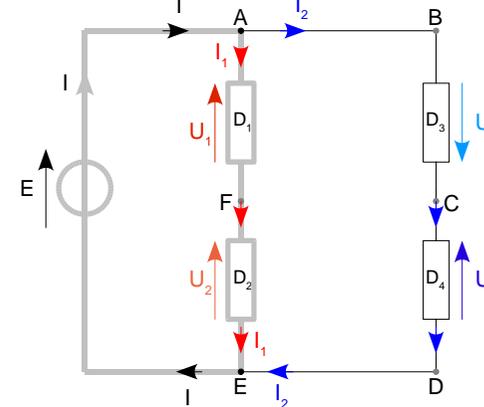
Pour les points B, F ou C, les intensités ne se divisent pas; ces points ne sont pas des noeuds.

#### IMPORTANT :

Dans chaque branche, l'intensité est partout identique!

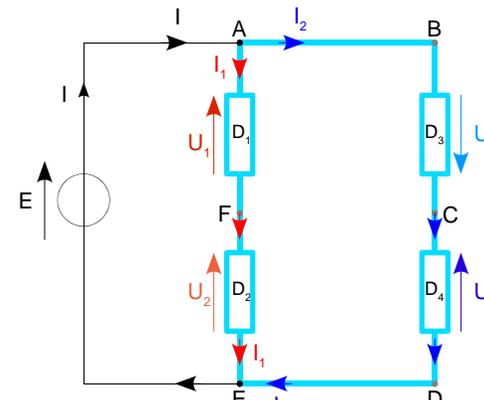
Dans la branche contenant le générateur E, l'intensité  $I$  est identique « avant » et « après » le générateur.

### III.2.4 Qu'est-ce qu'une maille ?

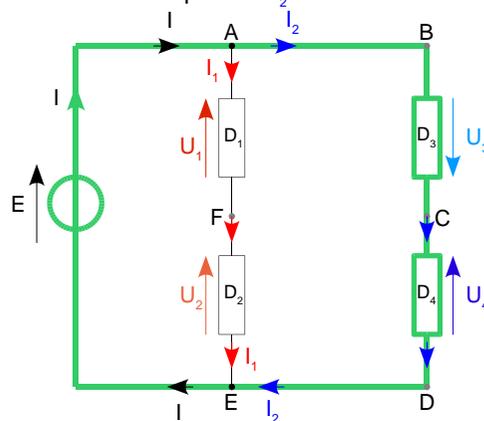


Une maille est une boucle qui ne passe jamais deux fois à la même place.

Une première maille: **La maille grise**.



Une autre maille: **la maille(ABCDEFA)**

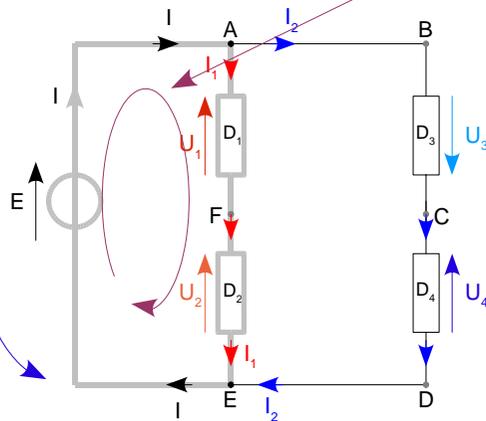


Et une dernière maille: **la maille verte**.

### III.3 Loi des mailles :

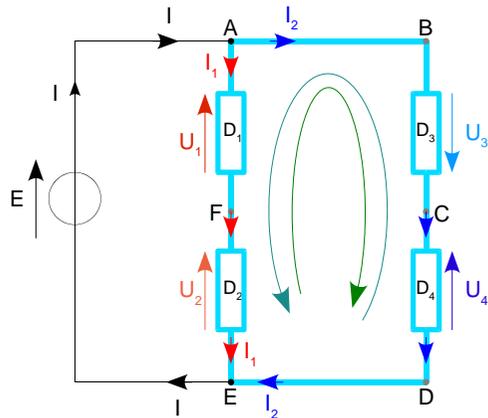
Toutes les tensions sur un schéma électrique doivent être fléchées.  
 Dans une maille, la somme des tensions algébriques est égale à zéro.

On définit une maille (ici, la maille grise) et on se fixe un **sens de parcours** de la maille ainsi qu'un **point de départ**.



On parcourt ensuite la maille suivant le sens donné et on compte algébriquement les tensions c'est-à-dire **positives les tensions qui sont dans le même sens de parcours** et **négatives celle qui sont dans le sens contraire**.

A partir du point de départ, on obtient :  $E - U_1 - U_2 = 0$



Dans la **maille bleue**, en prenant comme point de départ le point D, on obtient :

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

soit, par exemple,  $U_4 = U_3 + U_1 + U_2$

Le sens de parcours de la maille n'a aucune importance. Si maintenant, on utilise le **sens contraire** et que l'on parte toujours du point D, on obtient :

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

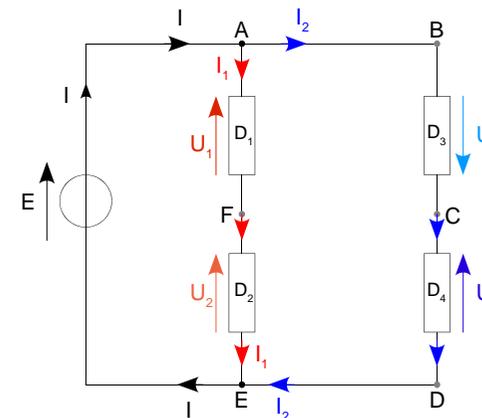
soit, par exemple,  $U_4 = U_2 + U_1 + U_3$

Ce qui est le même résultat que précédemment.

### III.4 Loi des noeuds :

En un noeud :

La somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants.



**Au noeud A :**

Le courant entrant est I

Les courants sortants sont  $I_1$  et  $I_2$ .

**Loi des noeuds :  $I = I_1 + I_2$**

**Au noeud B :**

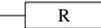
Les courants entrants sont  $I_1$  et  $I_2$ .

Le courant sortant est I.

**Loi des noeuds :  $I_1 + I_2 = I$**

## IV Loi d'ohm pour un conducteur ohmique :

### IV.1 Qu'est-ce qu'une résistance ?

Une résistance symbolisée sur les schémas par ce symbole  est un dipôle passif qui limite l'intensité électrique dans les circuits. L'unité de la résistance est le OHM (symbole  $\Omega$ ).

Une résistance est soit en carbone ou réalisée à partir de fil électrique. Si on connaît la section S en [ m<sup>2</sup> ] du fil, sa longueur l en [ m ] ainsi que sa résistivité  $\rho$  en [  $\Omega \cdot m$  ], la résistance R est donnée par la relation :  $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$

Le résistance des conducteurs varie aussi en fonction de la température. Une relation approchée permet de déterminer la résistance pour une température  $\theta(^{\circ}C)$   $R_{\theta}$  si on connaît la résistance  $R_0$  à  $0^{\circ}C$  :  $R_{\theta} = R_0 \cdot (1 + a \cdot \theta)$

### IV.2 Loi d'ohm pour une résistance R

Lorsqu'une résistance R est traversée par une intensité I, il se crée une chute de tension U. La relation entre ces trois grandeurs est la *loi d'ohm* :

$$U = R \cdot I \quad \left\{ \begin{array}{l} U \text{ en volts [V]} \\ R \text{ en ohms } [\Omega] \\ I \text{ en ampères [A]} \end{array} \right.$$

**Attention :** Pour une résistance R, courant I et tension U sont en sens contraire. Une résistance est un récepteur (dipôle passif).

### Caractéristique d'une résistance R :

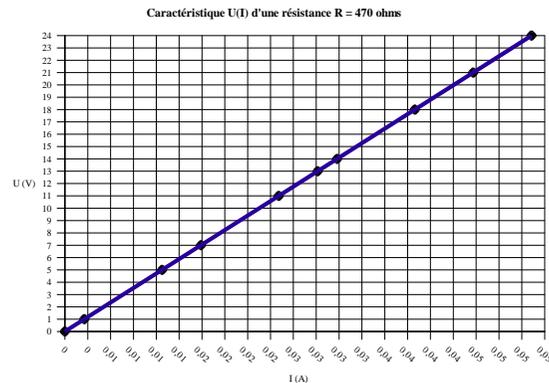
D'après la loi d'ohm,  $U = R \cdot I$

Prenons par exemple une résistance  $R = 470 \Omega$ . La loi d'ohm devient  $U = 470 \cdot I$

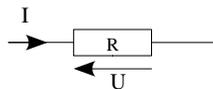
Pour différentes valeurs de U, calculons la valeur de  $I = \frac{U}{470}$  et plaçons ces valeurs dans un tableau.

U(V)	0	1	5	7	11	13	14	18	21	24
I(A)	0	2,13E-003	1,06E-002	1,49E-002	2,34E-002	2,77E-002	2,98E-002	3,83E-002	4,47E-002	5,11E-002

On peut maintenant tracer la caractéristique U(I) ou  $U = f(I)$  de la résistance R dans un graphe où l'on porte en abscisse l'intensité I et en ordonnée la tension U (analogie avec les fonctions  $y = f(x)$ )



On remarque que la caractéristique est linéaire et qu'elle passe par le point (0,0) ce qui caractérise un dipôle passif.



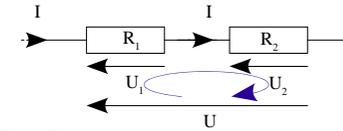
On peut aussi exprimer I en fonction de U par la relation :

$$I = G \cdot U \quad \text{avec} \quad \begin{pmatrix} I \text{ en ampère [A]} \\ U \text{ en volts [V]} \\ G \text{ en siemens [S]} \end{pmatrix}$$

### V Association de résistances :

#### V.1 Association série :

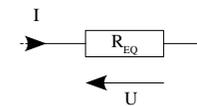
Soit le montage suivant :



Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  sont branchées en série donc elles sont traversées par le même courant I.

**Dans un montage série, tous les dipôles sont traversés par la même intensité I.**

On peut remplacer ce montage par un montage équivalent :



**A partir du premier montage**, en utilisant la loi des mailles, on obtient :

$$U - U_1 - U_2 = 0 \Rightarrow U = U_1 + U_2$$

On peut appliquer la loi d'ohm pour chaque résistance :

$$U_1 = R_1 \cdot I \quad \text{et} \quad U_2 = R_2 \cdot I$$

On remplace  $U_1$  et  $U_2$  par leur expression :

$$U = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I \quad \text{et en mettant I en facteur on obtient l'expression de U en fonction de } R_1,$$

$R_2$  et de I :

$$U = (R_1 + R_2) \cdot I$$

**A partir du montage équivalent**, en utilisant la loi d'ohm, on peut écrire :

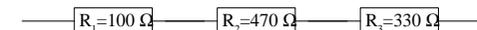
$$U = R_{EQ} \cdot I$$

Par analogie avec les deux expressions de U obtenues, on montre que la résistance équivalente de deux résistances branchées en série est égale à la somme des résistances de chacune d'entre elles.

**Généralisation :** Pour n résistances branchées en série :

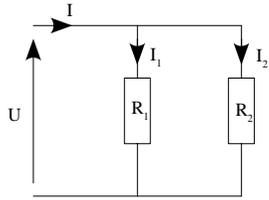
$$\text{autrement écrit : } R_{EQ} = \sum_{i=1}^{i=n} R_i$$

*Exemple :* Quelle est la résistance équivalente à ce montage ?



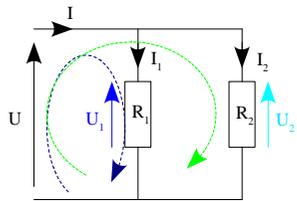
## V.2 Association parallèle :

Branchons deux résistances en parallèle :



$$R_{EQ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R \cdot R}{2 \cdot R}$$

Quelle est la tension aux bornes de chaque résistance ?  
Fléchons les tensions aux bornes de chaque résistance et définissons deux mailles :



Pour la maille I :

$$U - U_1 = 0 \text{ soit } U_1 = U$$

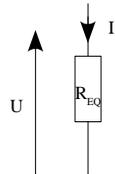
Pour la maille II :

$$U - U_2 = 0 \text{ soit } U_2 = U$$

Il s'applique la même tension  $U$  aux bornes de chaque dipôle.

**Dans un montage parallèle, tous les dipôles sont soumis à la même tension  $U$ .**

Ce montage peut-être remplacé par celui-ci :  
et, en utilisant la loi d'ohm,  $U = R_{EQ} \cdot I$



En appliquant la loi des noeuds, on obtient :  $I = I_1 + I_2$

En utilisant la loi d'ohm pour chaque résistance, on obtient :

$$U = R_1 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_1} \text{ et } U = R_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U}{R_2}$$

soit, en remplaçant les expressions des intensités  $I_1$  et  $I_2$  par leur expression :

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \Rightarrow I = U \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Pour pouvoir comparer cette expression avec celle obtenue avec le montage équivalent (

$$U = R_{REQ} \cdot I \text{ ), on va ré-arranger l'expression } I = U \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) .$$

$$I = U \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = U \cdot \left( \frac{R_2}{R_1 \cdot R_2} + \frac{R_1}{R_1 \cdot R_2} \right) \Rightarrow I = U \cdot \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \right)$$

$$\text{soit } U = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I :$$

En comparant cette expression avec  $U = R_{EQ} \cdot I$  ,

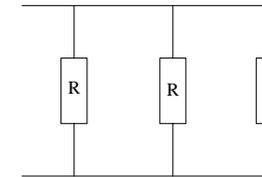
on en déduit que la résistance équivalente à deux résistances branchées en dérivation est :

$$R_{EQ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

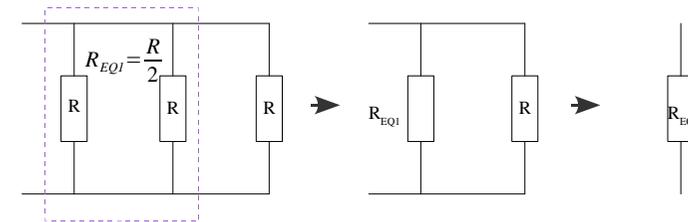
**Qu'en est-il si  $R_1 = R_2 = R$ ?**

soit, en simplifiant par  $R$ ,

**Et si maintenant, on branche 3 résistances identiques  $R$  en parallèle ?**



On cherche la résistance équivalente  $R_{EQ1}$  pour deux résistances en parallèle et on refait un schéma équivalent.



En appliquant la formule de la résistance équivalente pour 2 résistances en parallèle on obtient :

$$R_{EQ} = \frac{R_{EQ1} \cdot R}{R_{EQ1} + R} \text{ soit, en remplaçant } R_{EQ1} = \frac{R}{2} \text{ on obtient : } R_{EQ} = \frac{\frac{R}{2} \cdot R}{\frac{R}{2} + R} .$$

On met au dénominateur commun et on obtient :

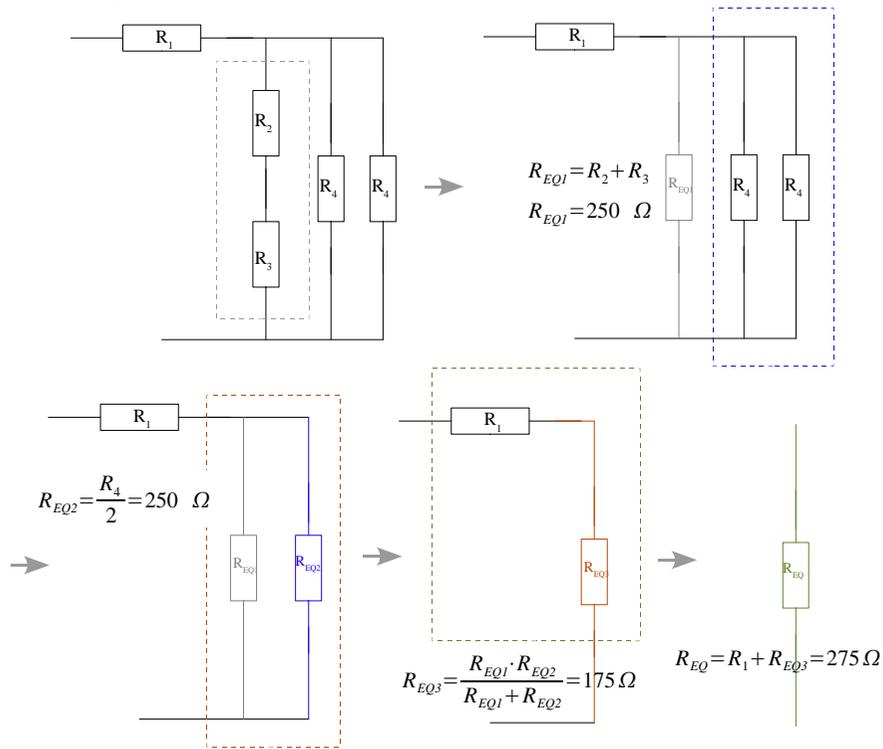
$$R_{EQ} = \frac{\frac{R}{2} \cdot R}{\frac{R}{2} + \frac{2 \cdot R}{2}} \Rightarrow R_{EQ} = \frac{R \cdot R}{3 \cdot R} \text{ soit en simplifiant par } R : R_{EQ} = \frac{R}{3}$$

**Généralisation** : Pour  $n$  résistances identiques  $R$  branchées en parallèle,  $R_{EQ} = \frac{R}{n}$

### V.3 Montage quelconque :

Lorsqu'un montage comporte plusieurs résistances branchées de différentes manières, on essaie de le simplifier en cherchant les résistances équivalentes.

Exemple :  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 150 \Omega$ ,  $R_3 = 100 \Omega$ ,  $R_4 = 500 \Omega$ ,

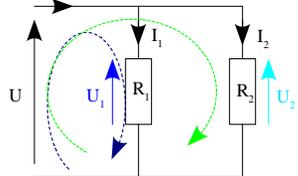


### V.4 La conductance équivalente G

On définit la conductance par  $G = \frac{1}{R}$  avec  $\{(G \text{ en Siemens } [S])\}$ .

La loi d'ohm est :  $U = R \cdot I$  soit :  $I = \frac{1}{R} \cdot U$  ou  $I = G \cdot U$ .

Application : I



Loi des nœuds :  $I = I_1 + I_2$  et :  
 $I_1 = G_1 \cdot U$  et  $I_2 = G_2 \cdot U$  et  $I = G_{EQ} \cdot U$  d'où :  
 $G_{EQ} = G_1 + G_2$

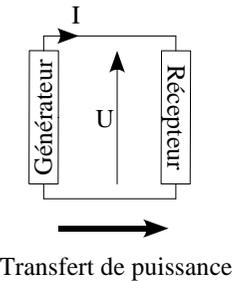
## VI Puissance électrique

### VI.1 Puissance électrique échangée

Lorsqu'on relie un générateur à un récepteur, ils ont en commun l'intensité  $I$  et la tension  $U$ .

La puissance électrique échangée est :

$$P = U \cdot I \text{ avec } \begin{cases} U \text{ en volts } [V] \\ I \text{ en ampère } [A] \\ P \text{ en watts } [W] \end{cases}$$



### VI.2 Dipôle générateur, dipôle récepteur

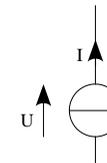
#### VI.2.1 Dipôles générateurs

On appelle **dipôles générateurs ou actifs** tous les dipôles qui peuvent produire soit une tension ou une intensité de manière autonome (un générateur de tension, une pile, une prise de « courant », une dynamo ...). Par convention, lorsqu'on représente un dipôle actif, tension et courant sont dans le même sens.

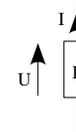
Représentation d'un générateur de tension continu parfait :



Représentation d'une source de courant parfaite :



Représentation quelconque d'un dipôle actif :



Quelquefois, un dipôle peut être actif et ensuite passif par exemple, un accumulateur : lorsqu'il alimente un récepteur, c'est un dipôle actif, et lorsqu'on le recharge, il devient récepteur, c'est-à-dire dipôle passif.

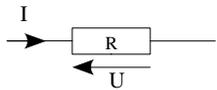
Par convention,  $U > 0$  et  $I > 0$  d'où  $P = U \cdot I > 0$  (Si  $P < 0$ , le dipôle est passif).

## VI.2.2 Dipôle récepteur

Un **dipôle récepteur ou passif** est un dipôle qui a besoin d'une source de tension ou de courant pour fonctionner (une résistance, une lampe, un moteur ...). Pour un dipôle passif, **tension et courant sont dans le sens contraire**.

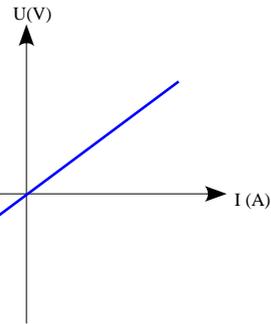
Représentation de quelques dipôles passifs et de leurs caractéristiques (elles passent toutes par 0) :

Une résistance :

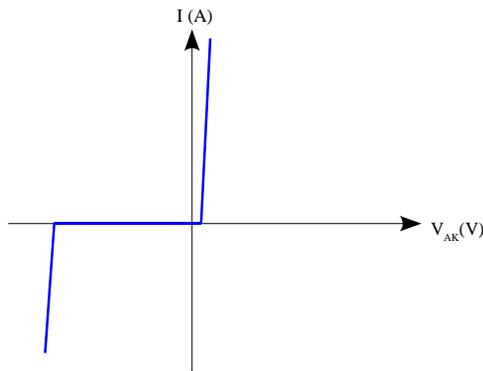
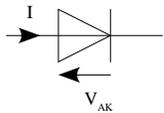


Par convention,  $U > 0$ ,  $I > 0$  d'où  $P > 0$

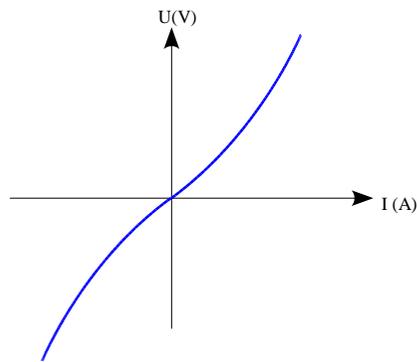
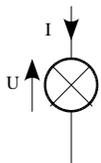
Si  $P < 0$  alors c'est un dipôle actif



Une diode :



Une lampe :



## VI.2.3 Puissance maximale admissible pour une résistance :

Les résistances en carbone ne peuvent dissiper une puissance  $P_{MAX}$  définie par le constructeur. La taille des résistances détermine la puissance maximale. Exemple  $P_{MAX} = \frac{1}{4}$  W.

Ceci permet de déterminer les valeurs maximale de l'intensité ou de la tension admissible pour la résistance.

Exemple 1 : Une résistance  $R = 1 \text{ k}\Omega$  ;  $\frac{1}{4}$  W

$$\begin{aligned} U &= R \cdot I \\ P &= U \cdot I \end{aligned} \Rightarrow P = R \cdot I^2 \text{ d'où } I_{MAX} = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{0,25}{1000}} = 15,8 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow P = \frac{U^2}{R} \text{ d'où } U_{MAX} = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{0,25 \times 1000} = 15,8 \text{ V}$$

Il n'y aura pas de destruction du composant tant que l'intensité sera inférieure à 15,8 mA et tant que la tension à ses bornes ne dépassera pas 15,8 V.

Ces calculs permettent de dimensionner les caractéristiques d'un montage.

Exemple 2 : On dispose de deux résistances  $R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$  ;  $\frac{1}{4}$  W et  $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$  ;  $\frac{1}{2}$  W, Ces deux résistances sont branchées en parallèle. Quelle doit-être la tension à ne pas dépasser?

$$\text{Pour la résistance } R_1 : U_{1MAX} = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{0,25 \times 2200} = 22,4 \text{ V}$$

$$\text{Pour la résistance } R_2 : U_{2MAX} = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{0,5 \times 2200} = 33,2 \text{ V}$$

Les deux résistances étant branchées en parallèle, la tension maximale ne doit pas dépasser 22,4 V; au-delà, la résistance  $R_1$  serait détruite.