Les lois fondamentales du courant continu.

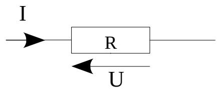
Table des matières

I Classification des dipôles passifs

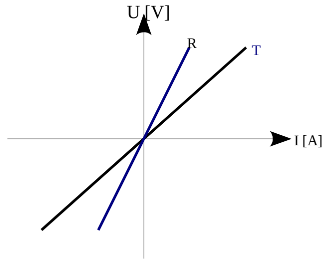
I.1 Définition d'un dipôle passif

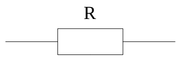
Un dipôle passif est un dipôle récepteur. Toute l'énergie électrique est transformée en chaleur : c'est l'effet Joule.

I.2 Dipôle passif linéaire

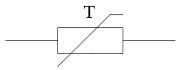


La caractéristique tension-courant U(I) d'un dipôle passif linéaire est une droite d'équation $U = R \cdot I$.





Résistance



Thermistance

(ou magnétorésistance, photorésistance)

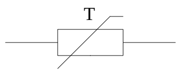
La résistance dépend d'un paramètre physique.

La puissance dissipée par effet joule est : $P_J = U \cdot I$

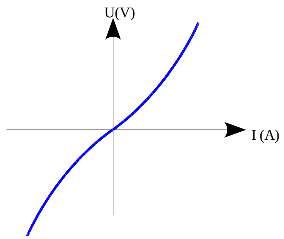
or $U = R \cdot I$ d'où :

$P_J = R \cdot I^2$

I.3 Dipôle passif non-linéaire

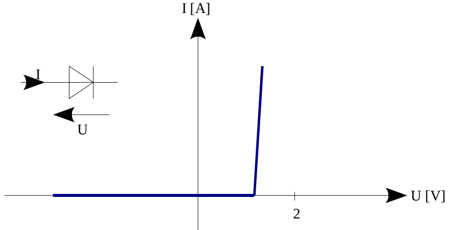


La caractéristique tension-courant U (I) est symétrique par rapport à l'origine. Son équation U = f(I) est plus complexe qu'un dipôle passif linéaire.



I.4 Dipôle non-linéaire asymétrique

Caractéristique d'une diode :



! Ici, on représente la caractéristique courant- tension I (U).

I.5 Limitation d'un composant

La puissance électrique reçue par un dipôle passif doit-être inférieure à la puissance maximale que peut dissiper le composant.

$$U \cdot I < P_{MAX}$$

Un composant peut-être aussi limité par une intensité maximale à ne pas dépasser.

$$I < I_{MAX}$$

Ainsi qu'une tension maximale à ne pas dépasser.

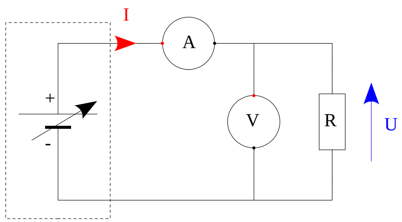
$$U < U_{MAX}$$

II Caractéristique d'un dipôle passif

Montage permettant d'effectuer la caractéristique U(I) d'une résistance R.

Schémas :

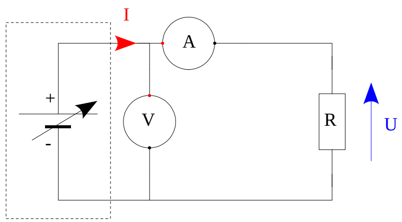
Montage aval (courte dérivation)



Générateur de tension continue variable

A utiliser si $U_{\text{ampèremètre}} << U$

Montage amont (longue déviation)



Générateur de tension continue variable

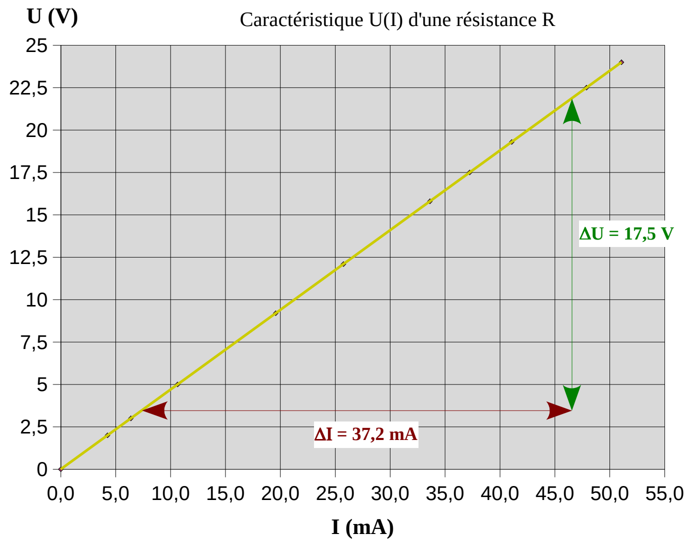
A utiliser si $I_{\text{Voltmètre}} << I$

Le montage aval sera utilisé avec les appareils numériques.

En faisant varier la tension délivrée par le générateur de tension continue de 0V à 24 V par exemple, nous obtenons le tableau de mesures suivant :

I(mA)	0,0	4,3	6,4	10,6	19,6	25,7	33,6	37,2	41,1	47,9	51,1
U(V)	0	2	3	5	9,2	12,1	15,8	17,5	19,3	22,5	24

On reporte ensuite les différents points de mesures sur un graphe :



A partir de la caractéristique, on remarque que celle-ci est linéaire et passe par le point (0,0) ce qui montre bien que le dipôle est passif et du type U = a.I avec a : pente de la droite.

On détermine la pente par la méthode des « delta ».

On calcule $R = \dfrac{\Delta U[V]}{\Delta I[A]} = \dfrac{17{,}5}{37{,}2.10^{-3}} = 470{,}3\ \Omega$

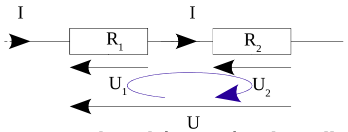
Attention : ΔU doit être exprimé en volts et ΔI doit être exprimé en ampères.

On en déduit que **U = R.I** ; la loi d'ohm est vérifiée.

III Association de résistances :

III.1 Association série :

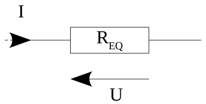
Soit le montage suivant :



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 applique la loi d'ohm pour chaque résistance :

$U_1=R_1\cdot I$ et $U_2=R_2\cdot I$

On remplace U_1 et U_2 par leur expression :

$U=R_1\cdot I+R_2\cdot I$ 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 :

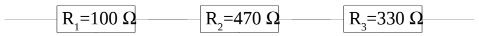
$U=R_{EQ}\cdot I$

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'entres elles.

Généralisation : Pour n résistances branchées en série :

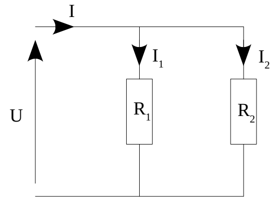
autrement écrit : $R_{EQ}=\sum_{i=1}^{i=n} R_i$

Exemple : Quelle est la résistance équivalente à ce montage ?

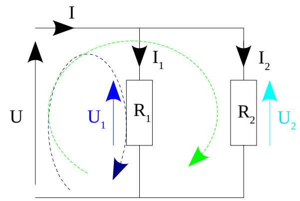


III.2 Association parallèle :

Branchons deux résistances en parallèle :



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 :

$U - U_1 = 0$ soit $U_1 = U$

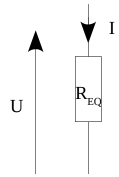
Pour la maille II :

$U - U_2 = 0$ 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 :

$U=R_1\cdot I_1 \Rightarrow I_1=\frac{U}{R_1}$ 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 ($U=R_{REQ}\cdot I$), on va ré-arranger l'expression $I=U\cdot\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$.

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

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

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

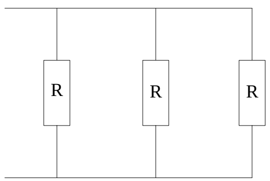
on en déduit que la résistance équivalente à deux résistances branchées en dérivation est :

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

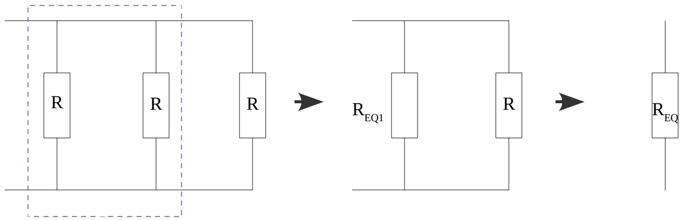
Qu'en est-il si $R_1 = R_2 = R$?

$R_{EQ} = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{R \cdot R}{R + R} = \dfrac{R \cdot R}{2 \cdot R}$ soit, en simplifiant par R, $R_{EQ} = \dfrac{R}{2}$

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 :

$R_{EQ} = \dfrac{R_{EQ1} \cdot R}{R_{EQ1} + R}$ soit, en remplaçant $R_{EQ1} = \dfrac{R}{2}$

on obtient : $R_{EQ} = \dfrac{\frac{R}{2} \cdot R}{\frac{R}{2} + R}$.

On met au dénominateur commun et on obtient :

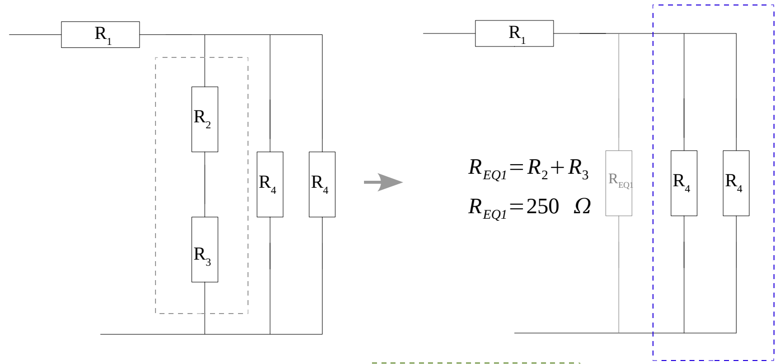
$R_{EQ} = \dfrac{\frac{R}{2} \cdot R}{\frac{R}{2} + \frac{2 \cdot R}{2}} \Rightarrow R_{EQ} = \dfrac{R \cdot R}{3 \cdot R}$ soit en simplifiant par R : $R_{EQ} = \dfrac{R}{3}$

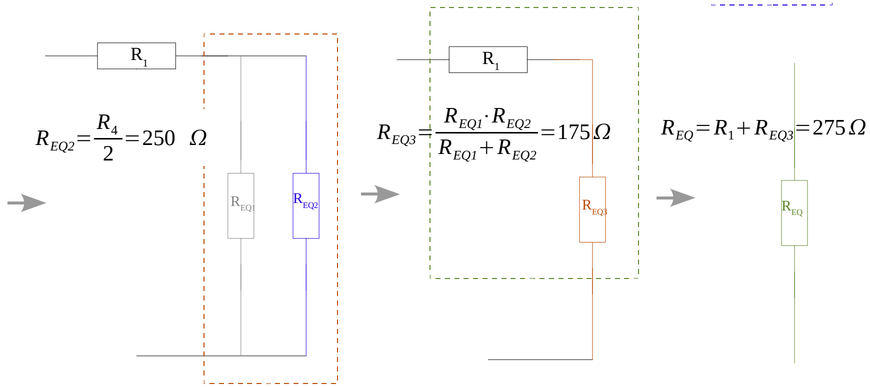
Généralisation : Pour n résistances identiques R branchées en parallèle, $R_{EQ} = \dfrac{R}{n}$

III.3 Montage quelconque :

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

Exemple : R_1 = 100 Ω, R_2 = 150 Ω, R_3 = 100 Ω, R_4 = 500 Ω,



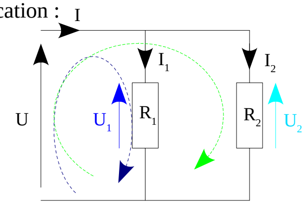


III.4 La conductance équivalente G

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

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

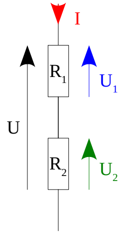
Application :



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

IV Diviseur de tension

Le diviseur de tension ne fonctionne qu'avec des dipôles branchés en série.



Le diviseur de tension permet de connaître les tensions aux bornes de chacun des dipôles à partir de la tension qui alimente la branche (ici U).

Loi d'ohm : $U_1 = R_1 \cdot I$; $U_2 = R_2 \cdot I$

Relation entre les tensions : $U = U_1 + U_2$ d'où :

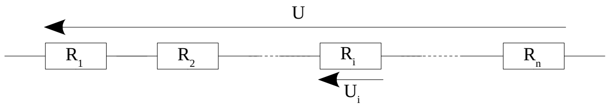
$$U = (R_1 + R_2) \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Ce qui permet de déterminer l'expression de U_1 en fonction de R_1, R_2 et U :

$U_1 = R_1 \cdot I$ et $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$ d'où $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U$ et

$U_2 = R_2 \cdot I$ et $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$ d'où $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U$.

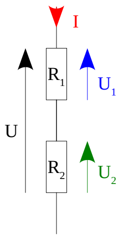
Généralisation : Dans une branche alimentée par la tension U et comportant n dipôles en série, la tension aux bornes d'un dipôle R_i est :



$$U_i = \frac{R_i}{R_1 + R_2 + ... + R_n} \cdot U$$

Le diviseur de tension permet de trouver rapidement les différentes tensions dans un montage série.

Exemple : U = 12 V ; R_1 = 470 Ω ; R_2 = 720 Ω .



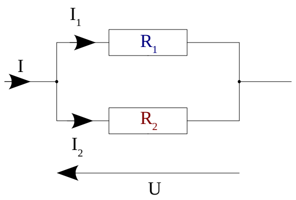
$$U_1 = \frac{470}{470 + 720} \cdot 12 = 4{,}74 \quad V$$

$$U_2 = \frac{720}{470 + 720} \cdot 12 = 7{,}26 \quad V$$

On vérifie bien que U_1 + U_2 = 4,74 + 7, 26 = 12 V = U

VDiviseur de courant :

Le diviseur de courant permet de connaître les valeurs des intensités dans les différentes branches en fonction de l'intensité principale (ici I)



Les deux résistances R_1 et R_2 sont branchées en parallèle et elles sont soumises à la même tension U.

Loi d'ohm pour la résistance R_1 :

$$U = R_1 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_1}$$

Loi d'ohm pour la résistance R_2 :

$$U = R_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U}{R_2}$$

La loi des noeuds donne : $I = I_1 + I_2$

La résistance équivalente du montage est : $R_{EQ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Ce qui permet d'écrire $U = R_{EQ} \cdot I \Rightarrow U = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$

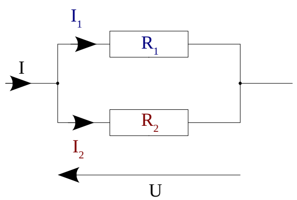
On peut ainsi exprimer l'intensité I_1 et I_2 en fonction de I, R_1 et R_2:

$I_1 = \frac{U}{R_1}$ et $U = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$ d'où $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I}{R_1}$.

En simplifiant par R_1, on obtient l'expression de I_1 : $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$

De la même manière, on montre que $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$

Exemple :



I = 250 mA

R_1 = 330 Ω

R_2 = 1 kΩ

Calcul de I_1 : $I_1 = \frac{1000}{330 + 1000} \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 188 \quad mA$

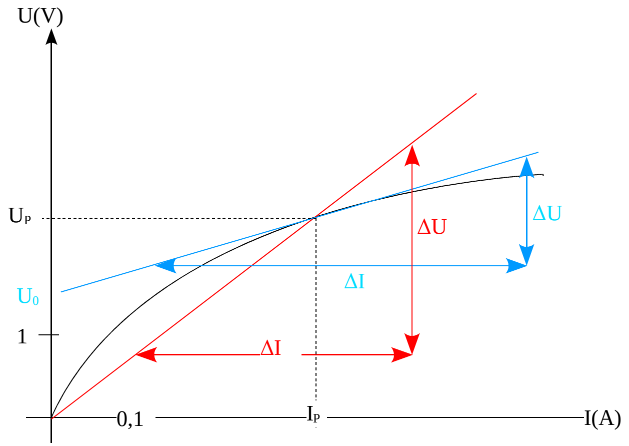
Calcul de I_2 : $I_2 = \frac{330}{330 + 1000} \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 62 \quad mA$

On vérifie que $I_1 + I_2 = 188 \cdot 10^{-3} + 62 \cdot 10^{-3} = 250 \quad mA = I$

VI Caractéristique U(I) est association de dipôles passifs non-linéaires

VI.1 Résistance apparente et résistance dynamique d'un dipôle passif non-linéaire :

La caractéristique U(I) d'un dipôle est la suivante (Caractéristique noire):



VI.1.1 Résistance apparente

Pour un point de fonctionnement P donné, le dipôle est équivalent à une résistance dont la caractéristique serait $U = R_A.I$. avec $R_A=\frac{\Delta U}{\Delta I}$.

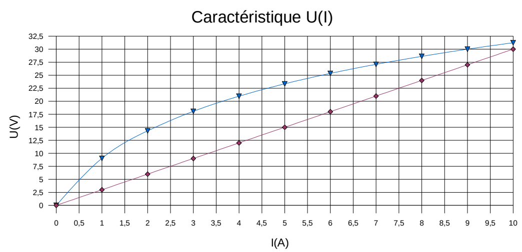
VI.1.2 Résistance dynamique

On trace la tangente à la caractéristique au point de fonctionnement.

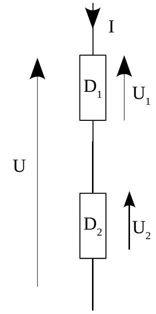
Le coefficient de la droite $R_D=\frac{\Delta U}{\Delta I}$ représente la Résistance dynamique.

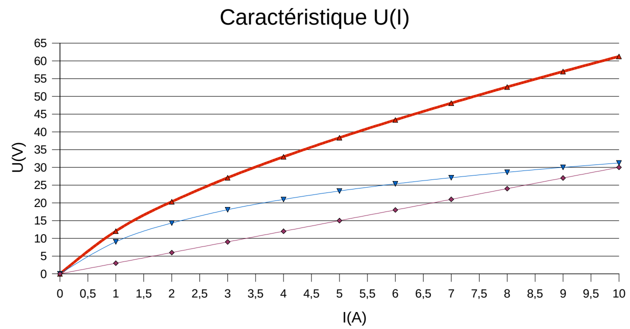
VI.2 Association série

Deux dipôles ont les caractéristiques suivantes (D1) (D2):



Lorsqu'ils sont branchés en série, ils sont traversés par la même intensité I.

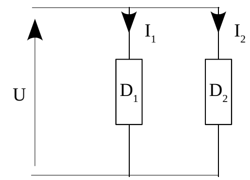


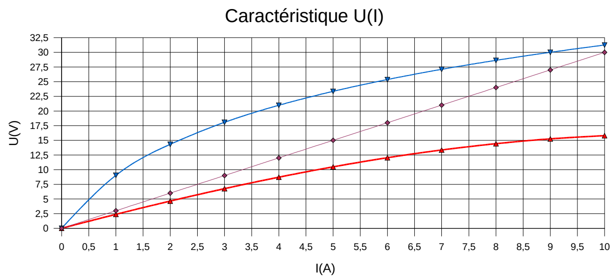


La nouvelle caractéristique est obtenue en additionnant, pour chaque intensité les tensions U_1 et U_2.

VI.3 Association parallèle

Les deux dipôles ont la tension U en commun.





La nouvelle caractéristique est obtenue en additionnant pour chaque tension les intensité I_1 et I_2.