

Lois des circuits

Cours de sciences physiques - niveau 1re

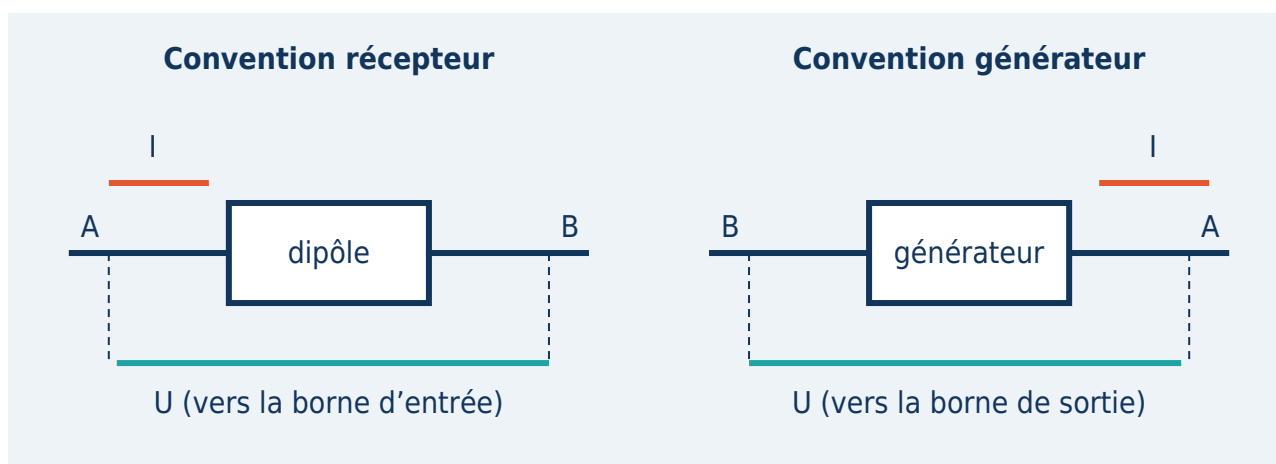
Une lampe de poche qui faiblit, une LED qui grille faute de résistance de protection, un thermomètre électronique : tous ces objets obéissent à quelques **lois des circuits** très simples reliant tension et intensité. Maîtriser ces lois permet de prévoir ce qui se passe dans un montage avant même de le brancher.

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Dipôle, tension et intensité : les conventions

Un **dipôle** est un composant électrique à deux bornes (résistance, lampe, LED, moteur, pile...). On le décrit par deux grandeurs : l'**intensité** I du courant qui le traverse, mesurée en ampères (A) avec un ampèremètre placé *en série*, et la **tension** U entre ses bornes, mesurée en volts (V) avec un voltmètre placé *en dérivation*.

Pour écrire des relations correctes, on oriente toujours le circuit. Dans la **convention récepteur**, la flèche de la tension et la flèche de l'intensité sont de sens opposés. Dans la **convention générateur**, elles sont de même sens. Une intensité ou une tension peut alors être négative si le sens réel est opposé au sens choisi.



Dans la convention récepteur, U et I sont de sens opposés ; dans la convention générateur, ils sont de même sens.

Caractéristique d'un dipôle et loi d'Ohm

La **caractéristique** d'un dipôle est la courbe qui donne la tension U à ses bornes en fonction de l'intensité I qui le traverse (ou l'inverse). On la construit point par point : on fait

varier la tension de l'alimentation et on relève U et I.

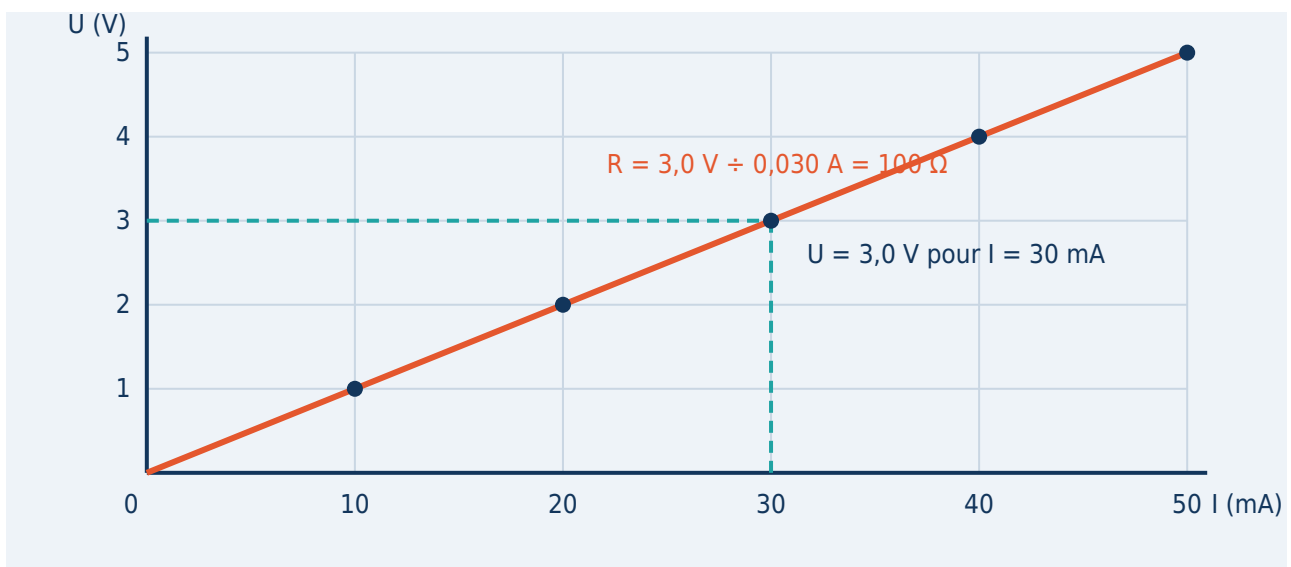
DÉFINITION

Un **conducteur ohmique** (ou résistance) est un dipôle dont la caractéristique est une **droite passant par l'origine**. Son coefficient directeur est sa **résistance R**, exprimée en ohms (Ω).

LOI D'OHM

$$U = R \times I$$

U en volts (V), R en ohms (Ω), I en ampères (A). On en tire $R = U \div I$ et $I = U \div R$.



Caractéristique d'un conducteur ohmique de 100Ω : une droite passant par l'origine, de pente R.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Un conducteur ohmique de résistance $R = 330 \Omega$ est traversé par un courant d'intensité $I = 15 \text{ mA} = 0,015 \text{ A}$. Sa tension vaut $U = R \times I = 330 \times 0,015 = 4,95 \text{ V}$. Les données ont deux chiffres significatifs : on écrit **$U \approx 5,0 \text{ V}$** .

Beaucoup de dipôles **ne sont pas ohmiques** : la caractéristique d'une lampe à filament est une courbe (sa résistance augmente avec la température du filament) et celle d'une diode électroluminescente (LED) n'est pas du tout une droite : le courant est quasi nul tant que la tension reste inférieure à une **tension de seuil** (environ 1,8 V pour une LED rouge) puis augmente très vite. Pour un tel dipôle, le rapport $U \div I$ n'est pas constant et la loi d'Ohm ne s'applique pas.

Les lois des circuits : nœuds et mailles

Un **nœud** est un point où au moins trois fils se rejoignent ; une **branche** est la portion de

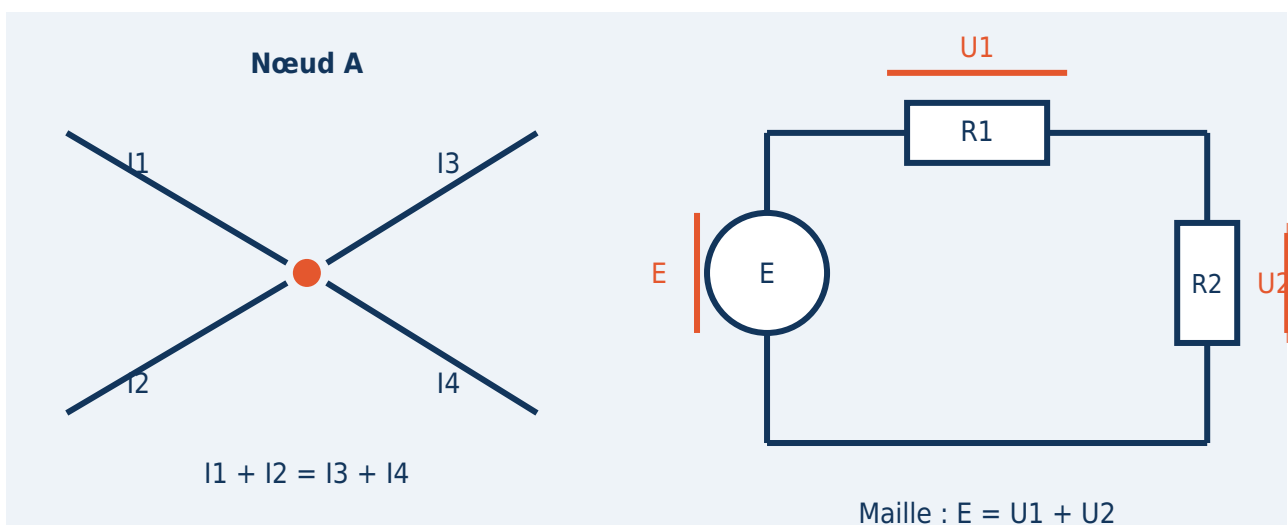
circuit située entre deux nœuds ; une **maille** est un chemin fermé formé de branches.

LOI DES NŒUDS

La somme des intensités des courants qui **arrivent** à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui en **repartent**. Cela traduit la conservation de la charge électrique.

LOI DES MAILLES

Dans une maille, en parcourant le circuit dans un sens, la somme algébrique des tensions est nulle : les tensions orientées dans le sens du parcours comptent positivement, les autres négativement.



Loi des nœuds (à gauche) et loi des mailles (à droite) : $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ et $E = U_1 + U_2$.

Associations de conducteurs ohmiques

ASSOCIATION EN SÉRIE

Les dipôles sont traversés par la **même intensité** ; les tensions s'ajoutent : $U = U_1 + U_2$. La résistance équivalente est $R_{\text{éq}} = R_1 + R_2$.

ASSOCIATION EN DÉRIVATION (PARALLÈLE)

Les dipôles ont la **même tension** à leurs bornes ; les intensités s'ajoutent : $I = I_1 + I_2$. La résistance équivalente vérifie $1 \div R_{\text{éq}} = 1 \div R_1 + 1 \div R_2$, soit $R_{\text{éq}} = R_1 R_2 \div (R_1 + R_2)$ pour deux résistances. Elle est toujours *plus petite* que la plus petite des résistances.

EXEMPLE RÉSOLU

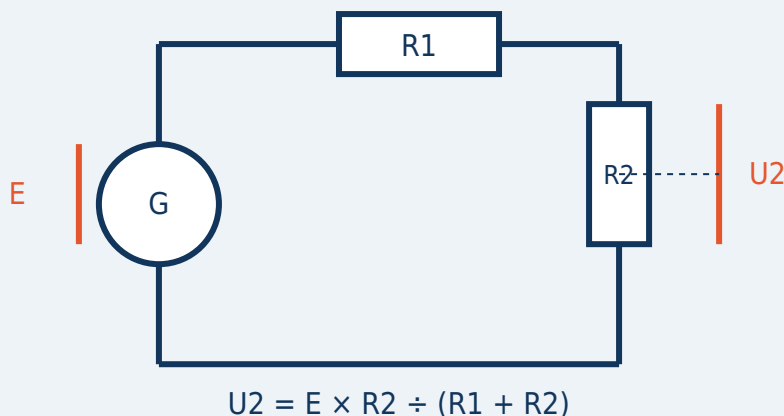
$R_1 = 220 \, \Omega$ et $R_2 = 470 \, \Omega$ sont en série sous $U = 9,0 \, \text{V}$. $R_{\text{éq}} = 220 + 470 = 690 \, \Omega$; $I =$

$9,0 \div 690 = 0,0130 \text{ A}$, soit **13 mA**. Alors $U_1 = 220 \times 0,0130 \approx \mathbf{2,9 \text{ V}}$ et $U_2 = 470 \times 0,0130 \approx \mathbf{6,1 \text{ V}}$: on vérifie $2,9 + 6,1 = 9,0 \text{ V}$. En parallèle, les mêmes résistances donneraient $R_{\text{eq}} = (220 \times 470) \div 690 \approx \mathbf{150 \Omega}$.

Le diviseur de tension

Deux conducteurs ohmiques en série, alimentés sous la tension E , se partagent cette tension proportionnellement à leurs résistances. La tension aux bornes de R_2 est :

$$U_2 = E \times R_2 \div (R_1 + R_2)$$



Le diviseur de tension : U_2 est une fraction de E , fixée par le rapport des résistances.

ERREUR FRÉQUENTE

La formule du diviseur n'est valable que si **rien d'autre** n'est branché aux bornes de R_2 (ou si le dipôle branché consomme un courant négligeable). Autre piège : confondre l'addition des résistances en série avec celle des résistances en dérivation.

Générateur et capteurs résistifs

Un générateur réel, comme une pile, est modélisé par une **force électromotrice** E (tension à vide) en série avec une **résistance interne** r . Sa tension de sortie diminue quand le courant débité augmente :

$$U = E - r \times I$$

Pour une pile de $E = 4,5 \text{ V}$ et $r = 1,5 \Omega$ branchée sur une résistance $R = 10 \Omega$, la loi des mailles donne $E = (R + r) \times I$, d'où $I = 4,5 \div 11,5 \approx 0,39 \text{ A}$ et $U = R \times I \approx 3,9 \text{ V}$.

Un **capteur résistif** est un dipôle dont la résistance dépend d'une grandeur physique : la **CTN** (thermistance à coefficient de température négatif) voit sa résistance diminuer quand la température augmente ; la **photorésistance** (LDR) voit sa résistance diminuer quand

l'éclairement augmente. Placé dans un diviseur de tension, un tel capteur transforme la grandeur mesurée en une tension exploitable. Pour obtenir cette relation, on **étalonne** le capteur : on mesure sa résistance pour plusieurs valeurs connues de la grandeur, puis on trace la courbe d'étalonnage.

Protéger une LED : un raisonnement type

Une LED supporte un courant limité (typiquement 10 à 20 mA). On la place en série avec une résistance de protection R . Avec une alimentation $E = 5,0 \text{ V}$, une LED dont la tension à ses bornes vaut $U_{\text{LED}} = 2,0 \text{ V}$ pour $I = 10 \text{ mA}$, la loi des mailles donne $E = R \times I + U_{\text{LED}}$, donc $R = (5,0 - 2,0) \div 0,010 = 3,0 \times 10^2 \Omega$. On choisit dans la série normalisée la valeur immédiatement supérieure, 330Ω , ce qui donne $I = 3,0 \div 330 \approx 9,1 \text{ mA}$: le courant reste inférieur à la valeur maximale.

L'essentiel à retenir

- Convention récepteur : U et I de sens opposés ; convention générateur : de même sens.
- Conducteur ohmique : $U = R \times I$, caractéristique linéaire passant par l'origine ; une LED ou une lampe n'est pas ohmique.
- Loi des nœuds : somme des courants entrants = somme des courants sortants.
- Loi des mailles : somme algébrique des tensions nulle dans une maille.
- Série : $R_{\text{eq}} = R_1 + R_2$, même I ; dérivation : $1/R_{\text{eq}} = 1/R_1 + 1/R_2$, même U .
- Diviseur de tension : $U_2 = E \times R_2 \div (R_1 + R_2)$.
- Générateur : $U = E - r \times I$; capteur résistif : R varie avec la grandeur mesurée (CTN, LDR).
- Donner le résultat avec le bon nombre de chiffres significatifs et l'unité.