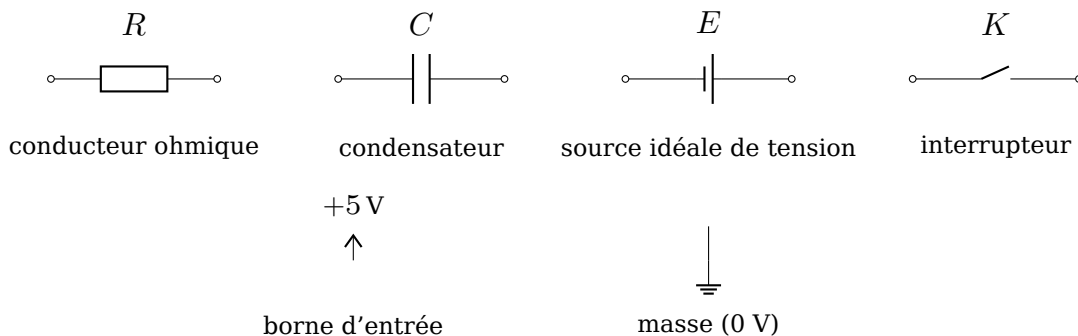


Circuits électriques

Le dipôle RC — un conducteur ohmique et un condensateur en série avec une source — demande de savoir lire un schéma, flécher une tension, appliquer la loi d'Ohm et écrire une loi des mailles. Cette fiche rassemble ces outils, tous vus en première.

1. Le circuit et ses symboles

Un **circuit** est un ensemble de composants reliés par des **fils conducteurs** (représentés par de simples traits). Un composant à deux bornes est un **dipôle**. Voici les symboles normalisés utiles pour le dipôle RC, et deux **repères** qu'on rencontre sur les schémas d'électronique :



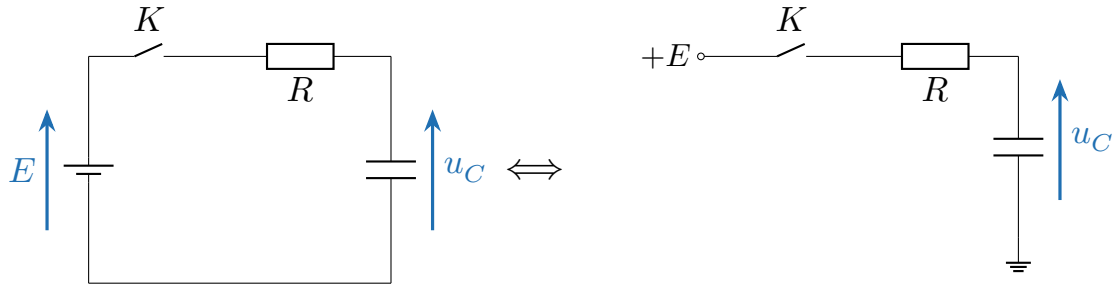
Intensité et tension

Deux grandeurs décrivent l'état électrique d'un circuit :

- l'**intensité** du courant i , en **ampères** (A) : le débit des charges qui traversent un fil. Elle se mesure avec un **ampèremètre** branché **en série** (dans le fil).
- la **tension** u , en **volts** (V) : la différence de potentiel entre deux points. Elle se mesure avec un **voltmètre** branché **en dérivation** (aux bornes du dipôle, en parallèle).

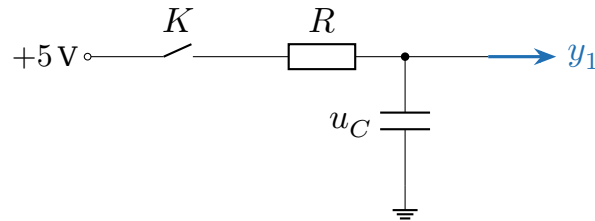
2. Deux manières de représenter un circuit

En électronique — notamment sur les montages à microcontrôleur du chapitre 19 — on ne dessine souvent **pas** le générateur. À la place, un **nœud d'entrée** donne le potentiel de la borne $+$, et un symbole de **masse** fixe le **0 V** de référence (la borne $-$). Le générateur est **sous-entendu** entre ces deux repères : c'est **le même circuit** qu'avec la pile dessinée.



À gauche, la source est dessinée (E entre ses deux bornes) ; à droite, sa borne $+$ devient le **nœud d'entrée** à potentiel $+E$ au-dessus de la masse, et sa borne $-$ devient la **masse**. La même tension u_C se lit sur les deux schémas. Sur un microcontrôleur, ce potentiel $+E$ vaut concrètement **+5 V** (ou +3,3 V).

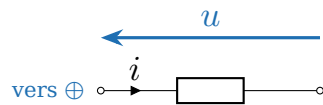
Lorsqu'on fait une **mesure** dans le circuit, on rencontre souvent l'écriture suivante : le circuit est déplié horizontalement, et la **sortie** que l'on enregistre est repérée par une **flèche sortante**, ici notée y_1 . Cette sortie n'est autre que la tension u_C aux bornes du condensateur, prise par rapport à la masse :



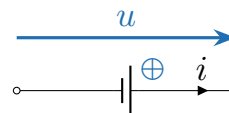
Relier y_1 à un microcontrôleur ou à une carte d'acquisition permet donc d'enregistrer la tension aux bornes du condensateur.

3. Flécher les grandeurs : les deux conventions

On **oriente** l'intensité par une flèche placée **sur un fil** (le sens choisi ; si le calcul donne $i < 0$, le courant circule en sens inverse). On repère la tension par une flèche placée **à côté du dipôle**, dont la **pointe indique la borne de plus haut potentiel** (la borne $+$). La position **relative** des deux flèches définit une **convention** :



convention récepteur
 u et i de sens contraires



convention générateur
 u et i de même sens

Conventions récepteur et générateur

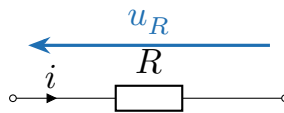
- En **convention récepteur**, la flèche de tension et la flèche de courant sont **de sens contraires**. On l'emploie habituellement pour les dipôles qui **reçoivent** de l'énergie : conducteur ohmique, condensateur en charge.

- En **convention générateur**, elles sont **de même sens**. On l'emploie habituellement pour un dipôle qui **fournit** de l'énergie : la source de tension.

Le choix d'une convention n'est qu'un choix de flèches : il fixe le **signe** des relations que l'on écrit ensuite (§4 et §6).

4. La loi d'Ohm

Un **conducteur ohmique** est caractérisé par sa **résistance** R , en **ohms** (Ω). En **convention récepteur**, la tension à ses bornes et l'intensité qui le traverse sont proportionnelles :



Loi d'Ohm

Pour un conducteur ohmique fléché en convention récepteur :

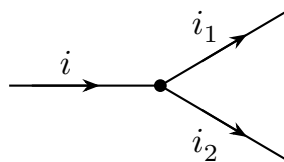
$$u_R = R i$$

avec u_R en volts (V), R en ohms (Ω) et i en ampères (A).

Exemple. Une résistance $R = 2,0 \text{ k}\Omega$ traversée par $i = 3,0 \text{ mA}$ porte à ses bornes $u_R = 2000 \times 3,0 \times 10^{-3} = 6,0 \text{ V}$.

5. La loi des nœuds

Un **nœud** est un point où plusieurs fils se rejoignent. La charge n'y **s'accumule pas** : tout ce qui y arrive en repart.



$$i = i_1 + i_2$$

Loi des nœuds

En un nœud, la somme des intensités qui **entrent** égale la somme de celles qui

sortent :

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

C'est l'analogie exacte de la **conservation du débit** vue en hydrodynamique (chapitre 18). Là, c'est le **volume** qui se conserve dans un fluide incompressible ($D_{v,1} = D_{v,2}$, le débit entrant égale le débit sortant); ici, c'est la **charge** ($\sum i_{\text{ent.}} = \sum i_{\text{sort.}}$). Même principe : à une jonction, un flux se conserve, rien ne s'accumule.

6. La loi des mailles

Une **maille** est une boucle fermée du circuit. En faisant le tour d'une maille, on relie les tensions des dipôles qu'elle contient : celles des générateurs d'un côté, celles des récepteurs de l'autre.

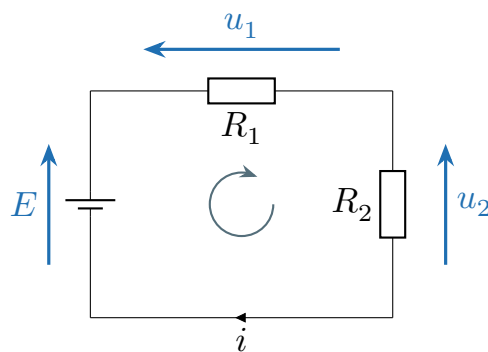
Loi des mailles

Dans une maille orientée :

$$\sum u_{\text{générateurs}} = \sum u_{\text{récepteurs}}$$

Méthode. On commence par **choisir un sens pour le courant** : ce sens **oriente la maille**. Souvent il s'impose de lui-même (du pôle positif du générateur vers son pôle négatif). On parcourt ensuite la maille dans ce sens pour écrire l'égalité ci-dessus.

Exemple. Un générateur et deux conducteurs ohmiques en série. On choisit le sens du courant i (imposé ici par la source), qui **oriente la maille** ; en la parcourant :



$$E = u_1 + u_2.$$

Circuit en série

Dans une maille unique, **le même courant i traverse tous les dipôles** : l'intensité est la même en tout point. C'est ce qui permet, avec la loi d'Ohm, de relier toutes les tensions à ce courant commun.

Exemple. Sur le circuit ci-dessus, avec $E = 8,0 \text{ V}$, $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 3,0 \text{ k}\Omega$: le courant commun vaut $i = E/(R_1 + R_2) = 8,0/4000 = 2,0 \text{ mA}$, d'où $u_1 = R_1 i = 2,0 \text{ V}$ et $u_2 = R_2 i = 6,0 \text{ V}$ — et l'on retrouve bien $u_1 + u_2 = 8,0 \text{ V} = E$.

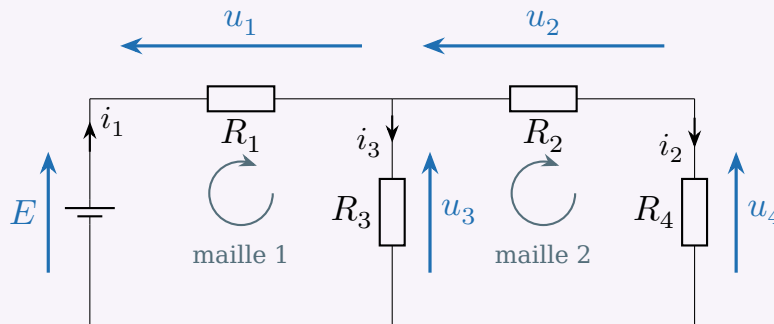
Cap études supérieures

Circuit à deux mailles

Avec les deux lois — **nœuds** (§5) et **mailles** (§6) —, on traite un circuit à plusieurs boucles. Deux choix interviennent ici, **à bien distinguer** :

- un **sens de référence** pour le courant de **chaque branche** : i_1 (gauche), i_2 (droite), i_3 (branche commune) — les flèches **noires** —, liés au nœud du haut par la loi des nœuds : $i_1 = i_2 + i_3$;
- **séparément**, un **sens de parcours par maille** — les flèches **grises**, ici horaire pour les deux. C'est ce sens de parcours, et non les courants, qui sert à écrire la loi des mailles.

Le point délicat est la **branche commune** : les orientations du courant sont différentes dans les deux mailles (maille 1 vers le bas, maille 2 vers le haut). Dans la maille 1, le courant parcourant R_3 est i_3 mais, dans la maille 2, le courant parcourant R_3 est donc $-i_3$ compte tenu de l'orientation.



On applique ensuite la loi des mailles en plaçant les dipôles du côté générateur ou récepteur en fonction des sens de u et i :

- **Maille 1** : d'après l'orientation E respecte la convention générateur, R_1 et R_3 la convention récepteur : $E = u_1 + u_3$.
- **Maille 2** : d'après l'orientation R_3 respecte la convention générateur, R_2 et R_4 la convention récepteur : $u_3 = u_2 + u_4$.

La loi d'Ohm donne alors :

- **Maille 1** $E = R_1 \cdot i_1 + R_3 \cdot i_3$.
- **Maille 2** $R_3 \cdot (-i_3) = (R_2 + R_4) \cdot i_2$.

En combinant des expressions à la loi des nœuds, on obtient un jeu 3 équations suffisant pour déterminer les 3 inconnues restantes (i_1 , i_2 , i_3).

Pièges fréquents

- **Ampèremètre en série, voltmètre en dérivation** : ne pas intervertir les branchements.
- La loi d'Ohm s'écrit $u_R = R i$ **en convention récepteur** seulement. Fléchée en sens contraire, elle devient $u_R = -R i$: c'est la convention qui fixe le signe.

- Sur un schéma d'électronique, le générateur n'est souvent pas représenté : l'entrée **+5 V** est sa borne +, la **masse** son 0 V. Ne pas croire qu'il « manque » quelque chose.
- En série, l'intensité **ne « s'use » pas** : elle est la même avant et après chaque dipôle.
- Unités : i en ampères (A), u en volts (V), R en ohms (Ω). Un résultat aberrant vient souvent d'un $k\Omega$ ou d'un mA oublié.

8. Auto-test

Répondez avant de regarder les corrigés.

1. Comment branche-t-on un ampèremètre ? Et un voltmètre ?
2. Sur un schéma, l'entrée est marquée **+5 V** en haut et une **masse** en bas : où est passé le générateur, et que valent les potentiels de ces deux bornes ?
3. Dessiner un conducteur ohmique R fléché en convention récepteur (avec i et u_R), puis écrire la loi d'Ohm.
4. Un circuit série comprend une source E , un conducteur ohmique R et un condensateur (u_C). Écrire la loi des mailles.
5. Deux résistances $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 3,0 \text{ k}\Omega$ sont en série sous $E = 8,0 \text{ V}$. Calculer l'intensité, puis u_1 et u_2 .
6. À un nœud, un courant de $0,30 \text{ A}$ arrive et se sépare en deux branches ; l'une emporte $0,20 \text{ A}$. Quelle intensité passe dans l'autre ? À quelle loi de l'hydrodynamique (chapitre 18) cela ressemble-t-il ?

Corrigés

1. **L'ampèremètre en série** (il doit être traversé par le courant à mesurer) ; le **voltmètre en dérivation** (aux bornes du dipôle, en parallèle).
2. Le générateur est **sous-entendu** entre les deux repères : l'entrée **+5 V** est sa borne + (potentiel +5 V), la **masse** est sa borne – et sert de référence (0 V). C'est le même circuit qu'avec la pile dessinée.
3. Résistance avec i fléché sur le fil et u_R fléché **en sens contraire** (convention récepteur) ; alors $u_R = R i$.
4. En orientant la maille : $E = u_R + u_C$.
5. $i = E / (R_1 + R_2) = 8,0 / (4,0 \times 10^3) = 2,0 \text{ mA}$; $u_1 = R_1 i = 2,0 \text{ V}$ et $u_2 = R_2 i = 6,0 \text{ V}$ (contrôle : $u_1 + u_2 = 8,0 \text{ V} = E$).
6. $0,10 \text{ A}$ (loi des nœuds : $0,30 = 0,20 + 0,10$). C'est l'analogie de la **conservation du débit** ($S_1 v_1 = S_2 v_2$) : à un nœud comme à un rétrécissement, rien ne s'accumule.