

# ELE 1409: ÉLECTRICITÉ DU BÂTIMENT

## COURS 2: NOTIONS FONDAMENTALES DES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

[Vidéo partie 1](#)

[Vidéo partie 2](#)



## Objectifs du cours 2



À l'issu de ce 2<sup>e</sup> cours, l'étudiant(e) sera en mesure de :

- Distinguer le **courant électrique**, la **tension électrique**, la **puissance** et l'**énergie électrique**.
- Distinguer une **source à courant alternatif** d'une **source à courant continu**.
- Faire une distinction entre une **source de tension** et une **source de courant**.
- Faire une distinction entre une **source** et une **charge électrique**.
- Reconnaître physiquement **quelques composants électriques de base**.
- Décrire la fonction de **quelques composants électriques de base**.
- Expliquer le comportement des composants électriques de base dans un circuit.
- Connaître la composition d'un **circuit électrique**.
- Analyser un circuit électrique à courant continu à partir des **lois de Kirchhoff**.

# Plan de la présentation



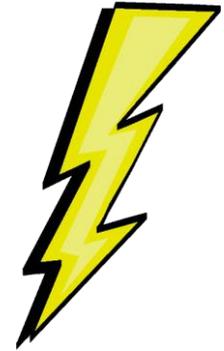
**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ  
D'INGÉNIERIE

- Nature de l'électricité
- Production de l'électricité
- Source de courant et de tension
- Puissances et énergie électrique
- Charges électriques de base
- Circuits électriques
- Conclusion

# Nature de l'électricité: *introduction*

---



- ❑ Les phénomènes électriques sont **moins apparents** que les phénomènes mécaniques.
- ❑ Si on applique une **force à une table**, on la verra se déplacer. Cependant ce que l'on appelle **électricité** est produite dans des usines appelées centrales de production comme Hydro-Québec et arrive dans nos maisons **sans faire de bruit** on a ainsi l'effet à travers une lampe qui s'allume ou alors une poêle qui chauffe, etc.
- ❑ L'objectif général de cette partie du cours est d'éclaircir ce que l'on appelle communément **courant électrique** sans entrer dans la théorie des formules mathématiques.

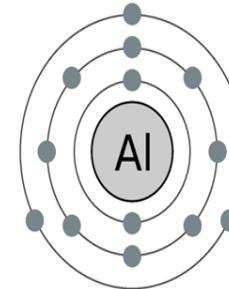
# Nature de l'électricité: *Constitution de la matière*

- ❑ L'**électricité** ne peut exister dans le vide, il faut de la **matière** pour l'avoir. S'agissant de la matière, sa plus petite composante est l'**atome**.
- ❑ L'**atome** est constitué d'un noyau et des électrons qui gravitent autour de celui-ci. Le noyau est constitué de protons (charges électriques positives) et de neutrons (charges électriques nulles); l'ensemble protons et neutrons est appelé nucléons et un atome comporte **autant de protons que d'électrons**. Ainsi l'atome est alors **électriquement neutre**.
- ❑ Les électrons d'un atome sont disposés sur des couches appelées **couches électroniques** comme montré ci-contre.

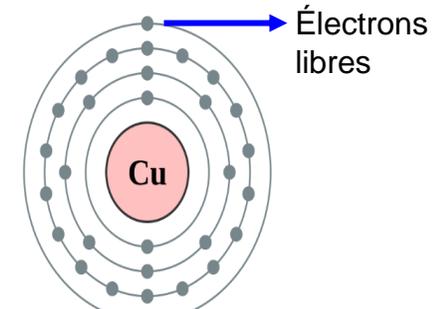
La dernière couche d'un atome est appelée couche **périphérique** ou de **valence**. les électrons de la couche de valence sont instables car ils sont moins attirés par le noyau (loi de Coulomb); on les appelle des **électrons libres**.



*Hydrogène*



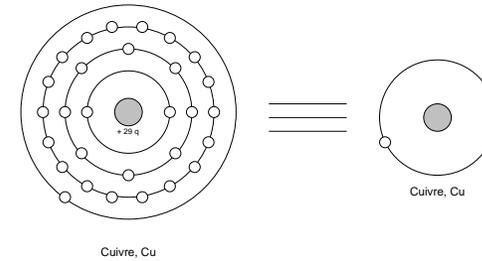
*Aluminium*



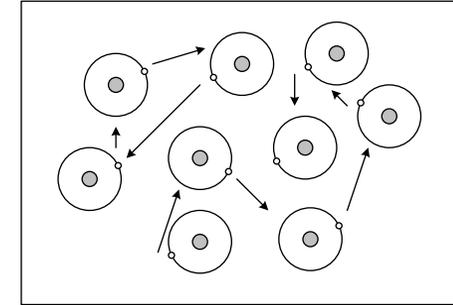
*Cuivre*

# Nature de l'électricité: *Le courant électrique et la tension électrique*

- ❑ Les électrons libres passent facilement d'un atome à l'autre dans la matière. Ce mouvement se fait dans **toutes les directions à l'intérieur d'un matériau conducteur comme le cuivre**. Le matériau restera dans son ensemble **électriquement neutre**.
- ❑ Pour ordonner le mouvement des électrons libres, il faut créer sur les deux bornes d'un matériau une **différence de population des électrons**. Une des bornes présentant un défaut d'électrons et l'autre un excès d'électrons. Entre ces deux bornes, on dit qu'il existe une **différence de potentiel (d.d.p.)**.
- ❑ La d.d.p. est aussi appelée **tension électrique** et le **courant électrique** est le déplacement des électrons libres de l'extrémité positive à l'extrémité négative du matériau conducteur.
- ❑ La tension électrique s'exprime en **volts (V)** et est symbolisée par la lettre  $v$  (cas d'une tension variable) ou  $V$  (cas d'une tension constante).
- ❑ Le courant électrique s'exprime en **ampères (A)** et il sera symbolisé par le  $i$  (si variable) ou  $I$  si constant.

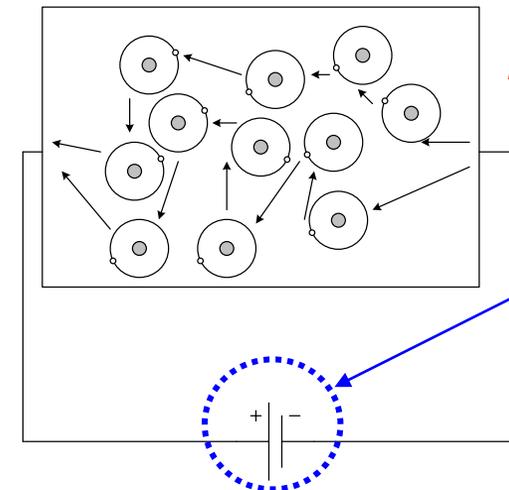


*Mouvement aléatoire des électrons libres dans le cuivre*



Cuivre, Cu

← Sens de déplacement des électrons  
 → Sens du courant

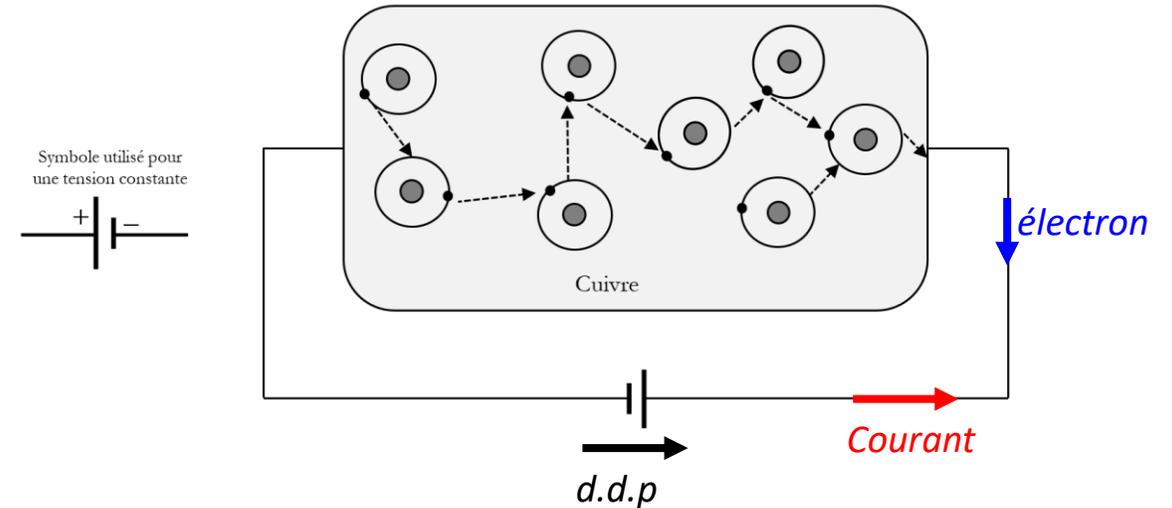
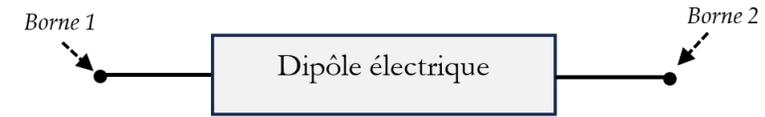


*Mouvement ordonné des électrons libres*

Symbole utilisé pour une source de tension constante

# Nature de l'électricité: *la Tension électrique ou d.d.p.*

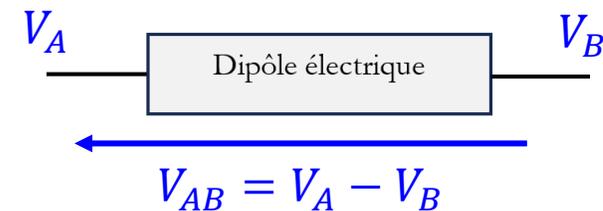
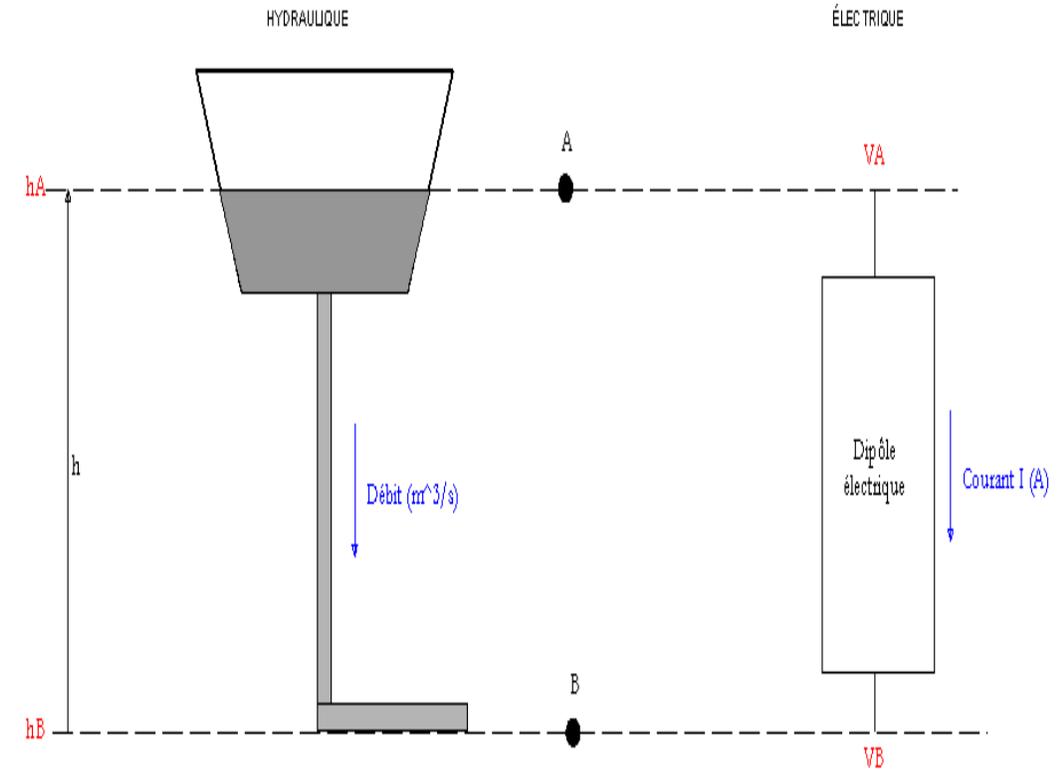
- ❑ Tout dipôle électrique ne peut être traversé par un courant que s'il existe entre ses bornes une différence de potentiel.
- ❑ Un **dipôle électrique** est un composant électrique possédant deux bornes
- ❑ Le **courant électrique** est le mouvement d'ensemble des électrons libres dans un matériau soumis à une **tension électrique**.
- ❑ Le **sens conventionnel** du courant est le sens contraire de celui des électrons.



# Nature de l'électricité: *Analogie électrique-hydraulique*

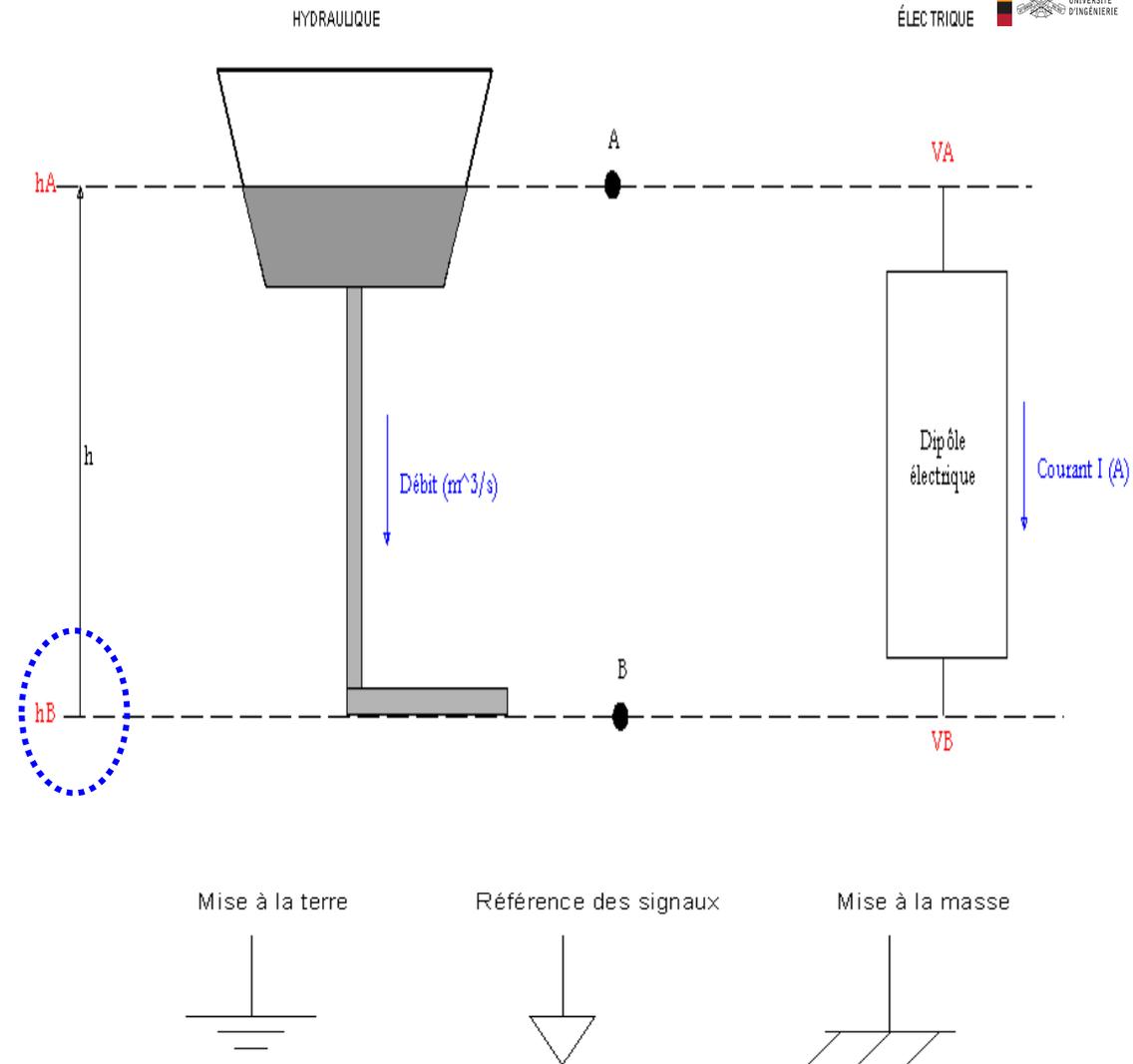
- ❑ Le **courant électrique** peut être comparée au **débit d'eau d'un circuit hydraulique**.
- ❑ **Potentiel électrique** : Le **potentiel électrique** noté  $V$  ou  $v$  est l'énergie potentielle électrique par unité de charge. on fait l'analogie entre le **potentiel** et l'**altitude**.
- ❑ Aux altitudes  $h_A$  et  $h_B$  correspondent les potentiels  $V_A$  et  $V_B$ ; avec la d.d.p.  $V_A - V_B$  qui correspond à la **dénivellation**  $h$ .
- ❑ La différence de potentiel entre A et B est égale au potentiel de A diminué du potentiel de B. On a la note  $V_{AB}$  (tension constante) ou  $v_{AB}$  (tension variable) avec :

$$V_{AB} = V_A - V_B$$



# Nature de l'électricité: *Le potentiel 0*

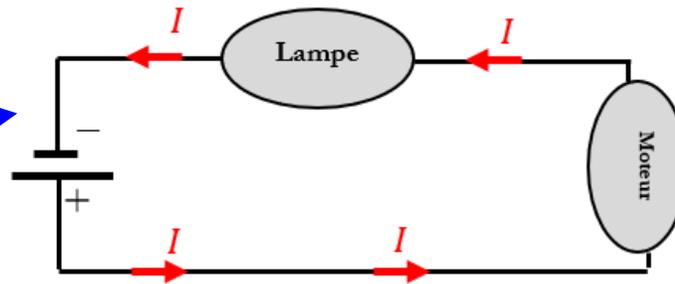
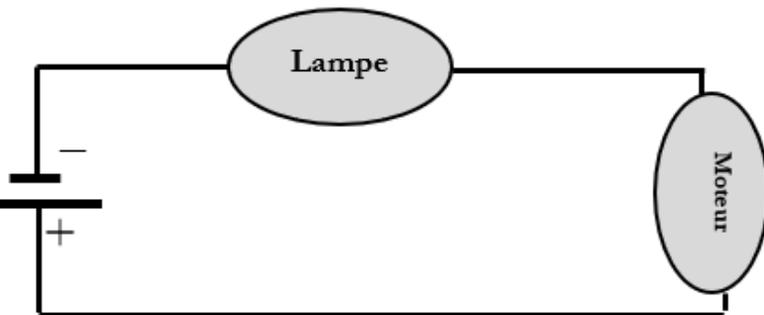
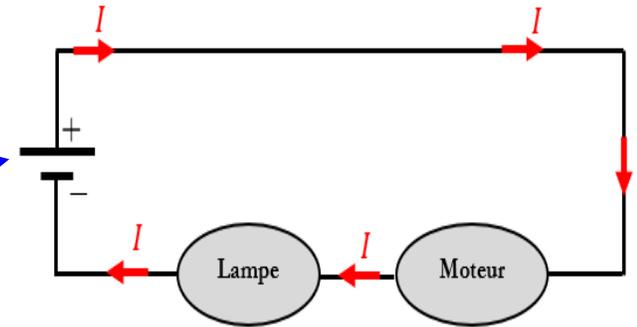
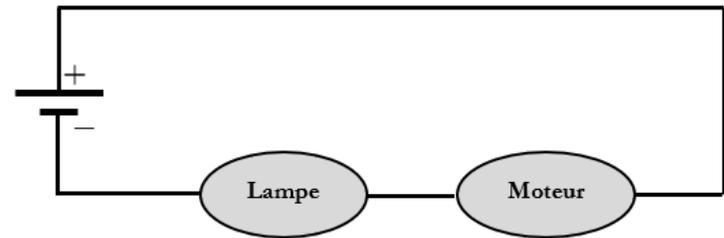
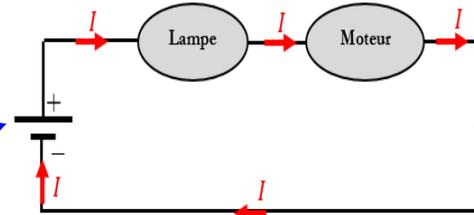
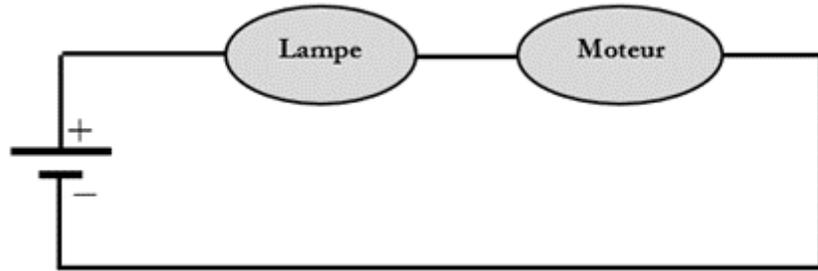
- ❑ L'altitude  $h_B$  n'a pas d'importance et peut donc être **approximée à zéro**. Cela reste valable pour les potentiels c'est-à-dire que le potentiel le plus bas peut donc **être choisi égale à zéro**.
- ❑ Le point de potentiel **pris arbitrairement nul** dans un circuit électrique s'appelle selon les cas le **neutre**, la **masse** ou la **terre** du circuit et plus globalement la **référence**.
- ❑ L'un ou l'autre des symboles ci-contre pourra être utilisé dans un circuit électrique pour spécifier la référence du circuit c'est-à-dire le **potentiel zéro**.



# Nature de l'électricité: *Exemple d'application (sens du courant électrique)*

**Énoncé:** Indiquez le sens du courant dans les cas de figure ci-dessous pour la lampe et le moteur

**Solution**



**À retenir :** Lorsque le montage ne comporte qu'une d.d.p., le courant sort par la borne positive de la d.d.p. et retourne par sa borne négative.

# Production de l'électricité : Principe

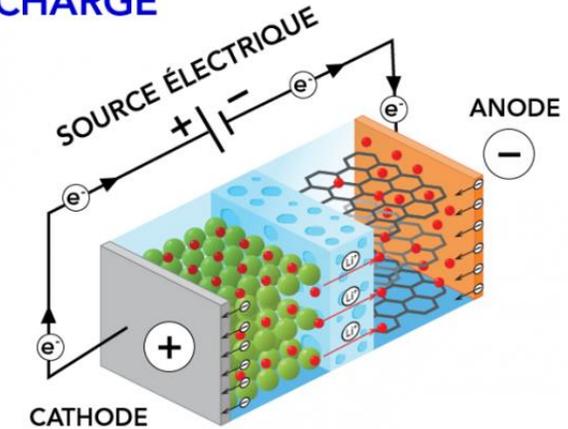
- ❑ Pour générer de l'électricité, il faut changer le peuplement relatif des électrons entre deux points.
- ❑ Les dispositifs capables de créer un surplus d'électrons en un point et un manque à un autre point sont appelés **générateurs** ou **sources d'électricité**.
- ❑ Une **source électrique** est un dispositif qui **transforme** toute autre forme d'énergie primaire (pression d'eau, soleil, vent, uranium, etc.) en énergie électrique.
- ❑ Les usines de transformation sont appelées des **centrales de production**.
- ❑ Trois principaux types de conversion sont couramment considérés pour produire de l'énergie électrique.
  - ✓ transformation de l'énergie **chimique en énergie électrique**,
  - ✓ Transformation de **l'énergie mécanique en énergie électrique**
  - ✓ Transformation de la **lumière en énergie électrique**.

# Production de l'électricité : Principe chimique la batterie

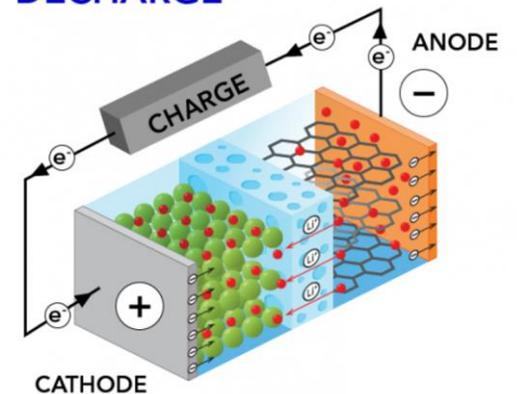
- ❑ Les **batteries** aussi appelées **accumulateurs** sont des systèmes électrochimiques qui stockent de l'énergie sous forme chimique et la restituent sous forme électrique.
- ❑ Contrairement aux piles, les batteries sont **réversibles** c'est-à-dire qu'elles peuvent être **chargées** et **déchargées**.
- ❑ Durant la charge, la batterie **absorbe** de l'énergie électrique; on dit alors qu'elles se comportent comme un **récepteur électrique**.
- ❑ Pendant sa décharge, une batterie **fournit** de l'énergie électrique; dans ce cas, elle est une **source électrique**.

**Source des images:** [https://parlonssciences.ca/sites/default/files/styles/x\\_large/public/2019-10/Batterie\\_lithium-ion\\_d%C3%A9charge.png?itok=QF6hqF0j](https://parlonssciences.ca/sites/default/files/styles/x_large/public/2019-10/Batterie_lithium-ion_d%C3%A9charge.png?itok=QF6hqF0j)

CHARGE

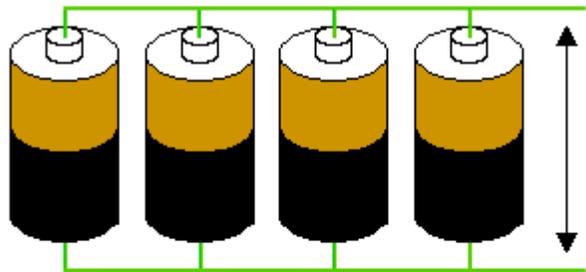
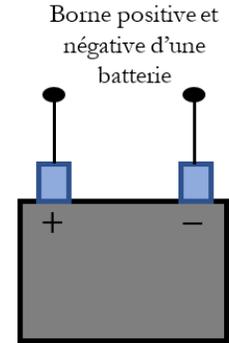
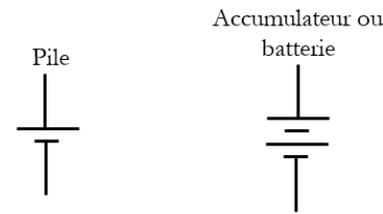


DÉCHARGE

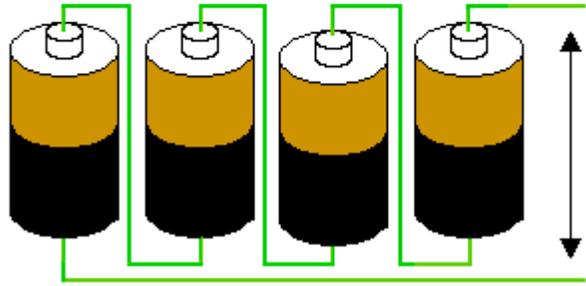


# Production de l'électricité : Principe chimique la batterie

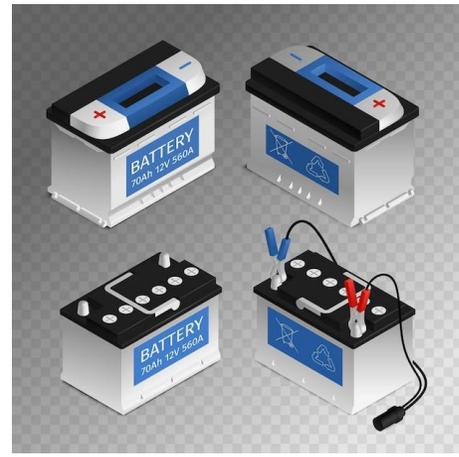
Généralement la tension des piles est faible et pour obtenir des tensions plus élevées, **on doit grouper de manière convenable plusieurs piles.**



*Parallèle : la tension reste la même*



*Série: les tensions s'additionnent*



*Batterie véhicule à essence*



*Batterie véhicules électriques*

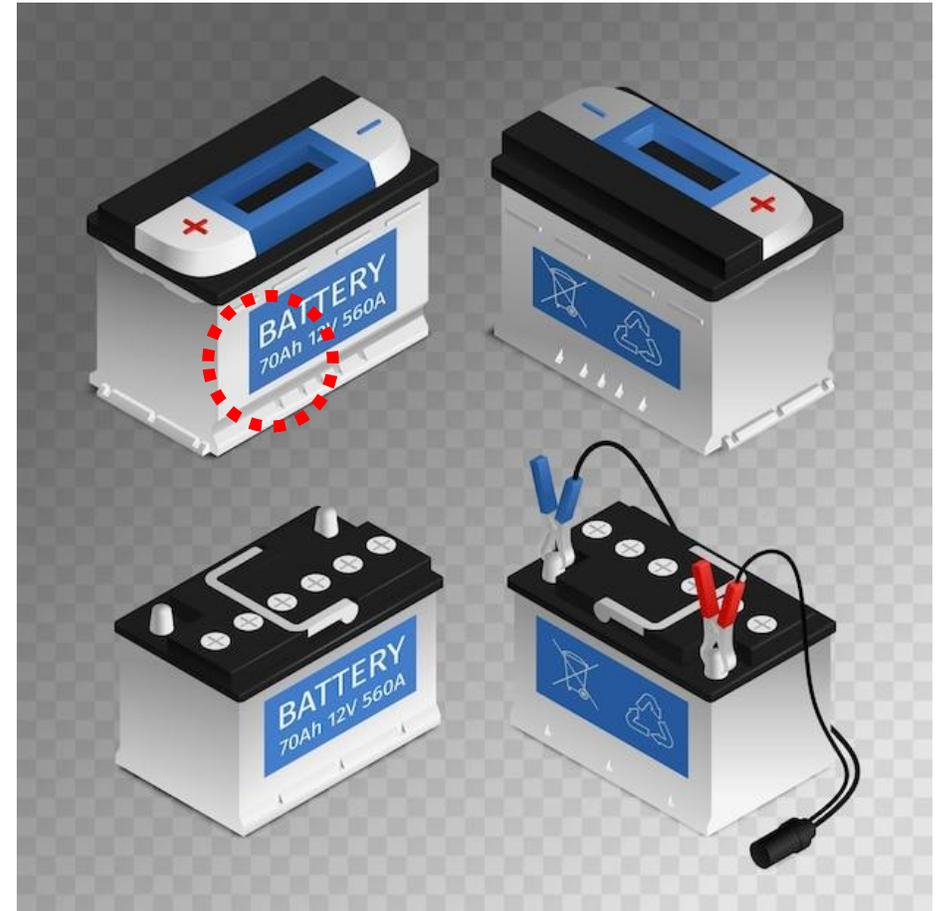
## Quantité d'électricité d'une batterie

**Énoncé:** Une batterie d'accumulateurs 12 V est chargée à courant constant d'intensité 5 A durant 12 h. Quelle **quantité d'électricité** a été fournie à cette batterie ?

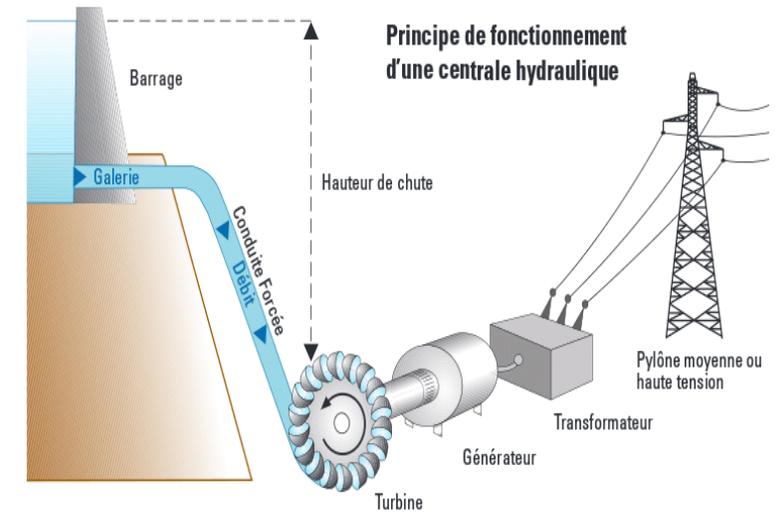
**Note:** La quantité d'électricité ou **capacité** mesurée en **ampères-heures** (Ah) est symbolisée par la lettre **Q** : elle représente la quantité d'énergie que la batterie peut stocker au fil du temps.

**Solution :**

$$Q = I \times t = 5 \times 12 = \boxed{60 \text{ Ah}}$$

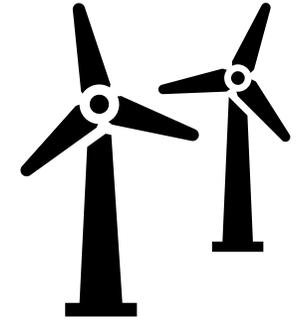


- ❑ Dans ce cas, on utilise un **aimant** en rotation autour d'un **conducteur** pour produire de l'électricité.
- ❑ Tout aimant naturel possède deux pôles, un pôle Nord et un pôle Sud ; le mouvement de rotation de l'aimant aux alentours d'un conducteur va attirer et repousser les électrons et ce déplacement d'ensemble des électrons est le courant électrique.
- ❑ La mise en rotation de l'aimant est réalisée par une autre forme d'énergie. Dans les centrales de production comme Hydro-Québec, on utilise l'énergie potentielle de l'**eau** pour mettre l'aimant en rotation.
- ❑ Ce mode de production de l'énergie électrique est alors basé sur les **lois de l'électromagnétisme**.



Source [https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/UNFCCC\\_docs/ref10x09\\_3.pdf](https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/UNFCCC_docs/ref10x09_3.pdf)

Dans d'autre cas, la mise en rotation de l'aimant est obtenue avec du vent, c'est le cas de la **production éolienne**.



Aspect d'une éolienne



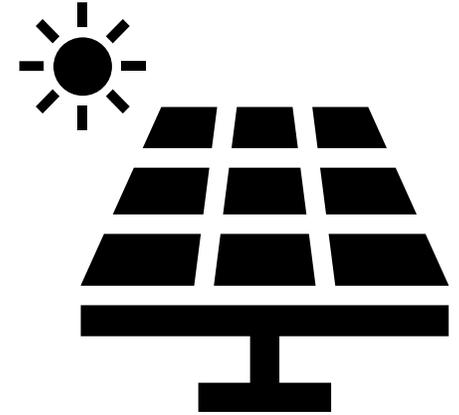
Éolienne domestique.

Source:

[https://www.ecohabitation.com/media/articles/images/a6/5c/a65caf6a262981be23edc13dd16753a26c8be567/a65caf6a262981be23edc13dd\\_RkW7qlk.jpg](https://www.ecohabitation.com/media/articles/images/a6/5c/a65caf6a262981be23edc13dd16753a26c8be567/a65caf6a262981be23edc13dd_RkW7qlk.jpg)

# Production de l'électricité : Principe photovoltaïque

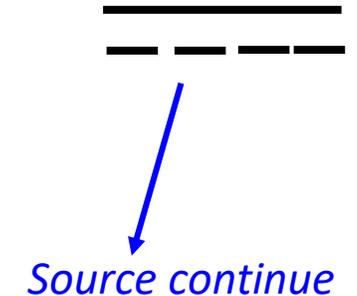
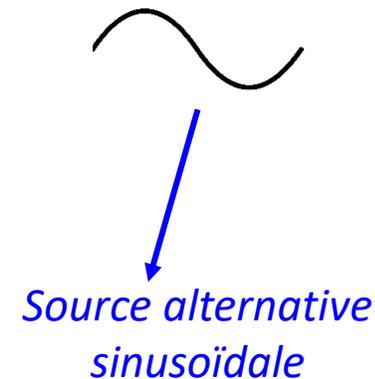
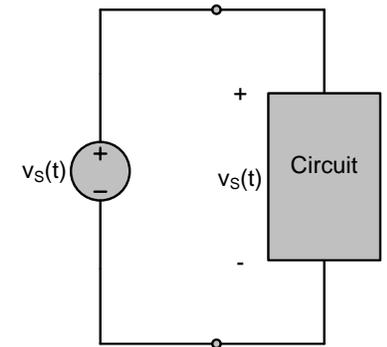
En éclairant des métaux par une lumière ayant une fréquence importante, on extrait des électrons produisant ainsi le courant électrique. C'est le principe utilisé dans les **panneaux solaires**.



# Source de tension et de courant: *Source de tension idéale*

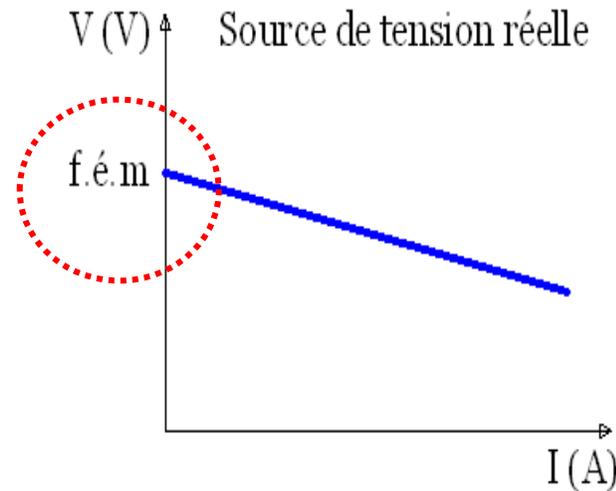
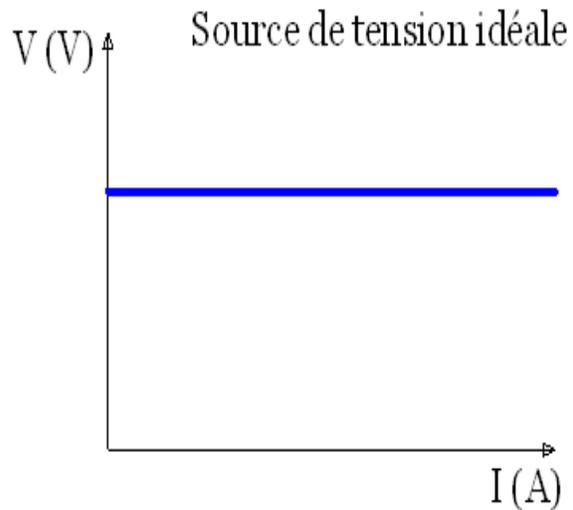
- ❑ Élément de circuit capable de fournir une **tension constante** entre ses bornes indépendamment de la charge alimentée.
- ❑ Une source de tension ne fournit aucune énergie lorsqu'elle est en circuit ouvert, c'est-à-dire lorsqu'aucun courant y circule.
- ❑ En électricité on distinguera deux grands types de sources, la **source électrique continue** et la **source alternative**. Les différents symboles ci-dessous indiquent le type d'alimentation (alternatif ou continu) mis en jeu.
  - Une **source continue** dans cette partie du cours sera considérée comme une **source constante**.
  - Les caractéristiques des sources alternatives seront **introduites au cours 2**.

*Source idéale*

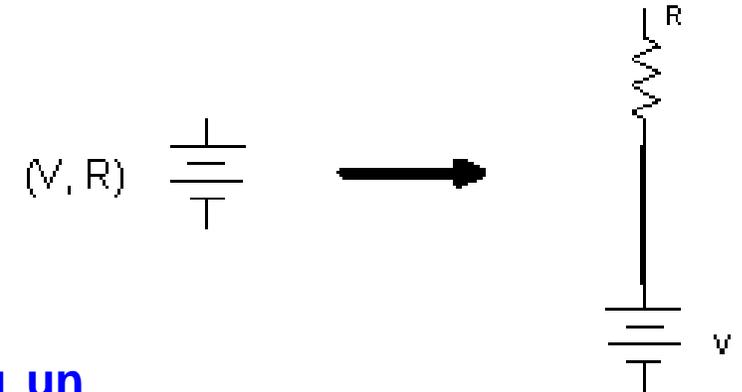


# Source de tension et de courant: *Source de tension réelle*

- Dans la réalité lorsqu'une source de tension est branchée à un circuit extérieur, la **tension à ses bornes dépendra du courant débité et donc de la charge**.



- La valeur de la tension lorsqu'aucun courant n'est débité est appelée **f.é.m.** pour Force **É**lectro**M**otrice.
- Une source de tension réelle comporte une résistance interne (voir exemple d'application **3 page 18 sur 32**).



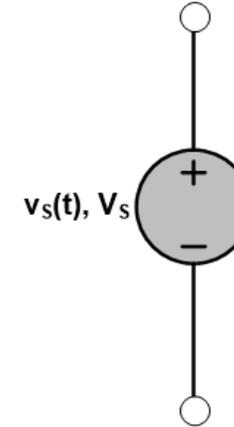
**Note importante:** si aucune précision n'est faite dans un problème ou un exercice alors supposer pour les analyses des sources idéales.

# Source de tension et de courant: *Source de tension symboles*

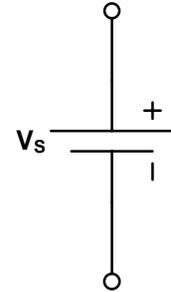
- Quelques exemples de sources de tension.



Symbole utilisé pour tous les types de source de tension



Symbole utilisé pour une source de tension continue constante



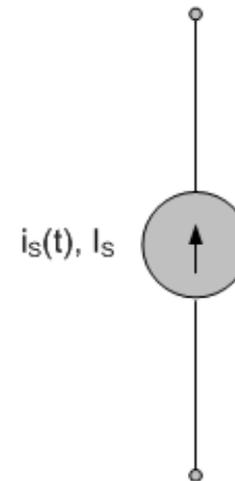
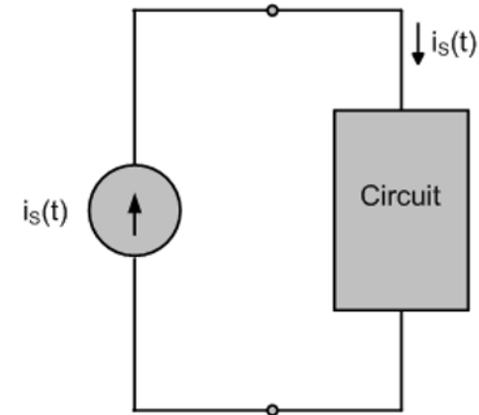
**Attention !** : une source de tension ne doit jamais être mise en court-circuit.

# Source de tension et de courant: *Source idéale de courant*

- ❑ Une **source idéale de courant** est un élément de circuit capable de fournir un **courant constant** entre ses bornes indépendamment de la charge alimentée.
- ❑ Une source de courant ne fournit aucune énergie lorsqu'elle est en court-circuit, c'est-à-dire lorsqu'aucune tension n'est appliquée à ses bornes
- ❑ Une source de courant **n'existe pas en tant que telle**, mais elle représente tout dispositif qui fournit un courant indépendant de la charge électrique qui est raccordée à ses bornes.

**Attention !** : une source de courant ne doit jamais être mise en circuit ouvert.

Source idéale de courant



Symbole de la source de courant

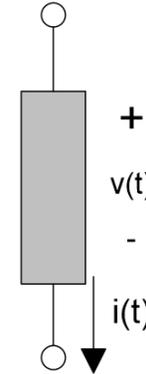
Si la source est **constante** alors  $I_S$  est la **valeur constante** du courant.

Si la source **varie en fonction du temps**, alors  $i_S(t)$  est la loi de variation du courant en fonction du temps et  $I_S$  représente la **valeur efficace (cours 3)** du courant qui sera définie au cours 3.

# Puissance et énergie: *Puissance électrique (définition)*

- La puissance absorbée par un élément est exprimée en **watts (W)** et symbolisée par la lettre  **$p$**  est mesurée en calculant le produit de la tension (d.d.p.) et de l'intensité du courant dans le circuit.
- Lorsque la tension appliquée est continue constante de valeur  **$V$**  et le courant de valeur  **$I$** :

$$P = VI$$



$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

- $p(t)$  puissance instantanée en  **$W$**
- $v(t)$  tension instantanée en  **$V$**
- $i(t)$  courant instantanée en  **$A$**

À partir de la puissance instantanée, on définit la **puissance moyenne**

- Source variable quelconque**

$$P = \frac{1}{b-a} \int_a^b p(t) dt = \frac{1}{b-a} \int_a^b v(t) \cdot i(t) dt$$

- Source périodique**

$$P = \frac{1}{T} \int_T p(dt) dt = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_T^{2T} p(t) dt = \frac{1}{T} \int_{T/2}^{3T/2} p(t) dt$$

# Puissance et énergie: *Énergie électrique*

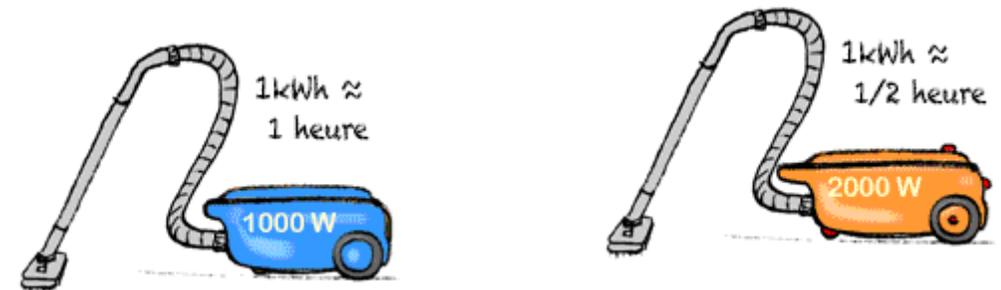
□ L'énergie consommée par un élément d'un circuit électrique correspond à la puissance de l'appareil multiplié par la durée d'utilisation.

$$W(t) = \int_0^t p(u) du$$

- $p(t)$  puissance instantanée en  $W$
- $W(t)$ : énergie en joule (J)
- $t$  courant instantanée en **secondes (s)**

L'énergie s'exprime aussi en **Watt-heures (Wh)** avec :

$$\begin{cases} 1 Wh = 3600 J \\ 1 kWh = 3.6 \times 10^6 J \end{cases}$$

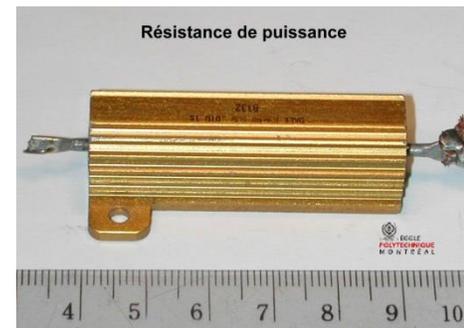
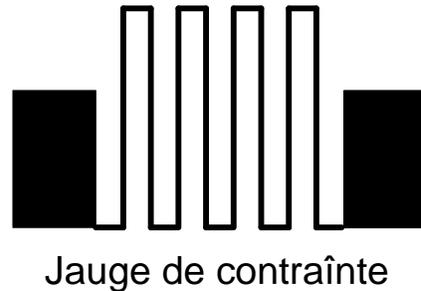
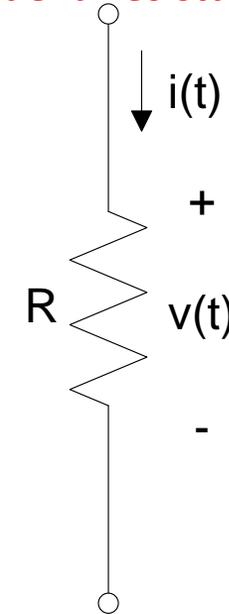


Source : <https://www.energie-environnement.ch/images/defs/unites-energie/aspirateur-1000w.gif>

# Charges électriques de base : La résistance électrique

- ❑ Dispositif dans lequel la puissance absorbée est entièrement dissipée en chaleur (utiles ou pertes).
- ❑ La résistance est désignée par la lettre  **$R$**  et s'exprime en **Ohms ( $\Omega$ )**.
- ❑ La résistance sert de modèle pour représenter **tout dégagement de chaleur causé par la circulation du courant électrique**.
  - ✓ **Chaleur Utile** : fer à repasser, plinthe de chauffage, grille-pain, etc.
  - ✓ **Pertes** : pertes dans un moteur électrique.

*Symbole de la résistance électrique*



## ❑ Relation courant-tension: loi d'Ohm

- Cas d'une **source variable quelconque**:

$$v(t) = R \cdot i(t) \quad ; \quad i(t) = \frac{v(t)}{R}$$

- Cas d'une source continue constante:

$$V = R \cdot I \quad ; \quad I = \frac{V}{R}$$

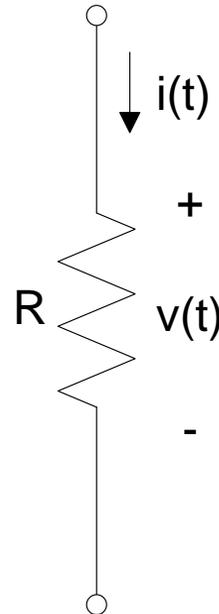
## ❑ Puissances

- Puissance instantanée

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = R i^2(t) = \frac{v^2(t)}{R}$$

- Puissance en courant continu

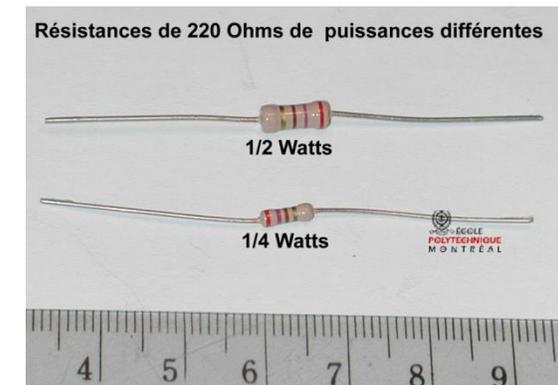
$$p(t) = V \cdot I = R I^2 = \frac{V^2}{R}$$



- ❑ **Puissance nominale** fournie par le fabricant: puissance maximale que peut dissiper une résistance

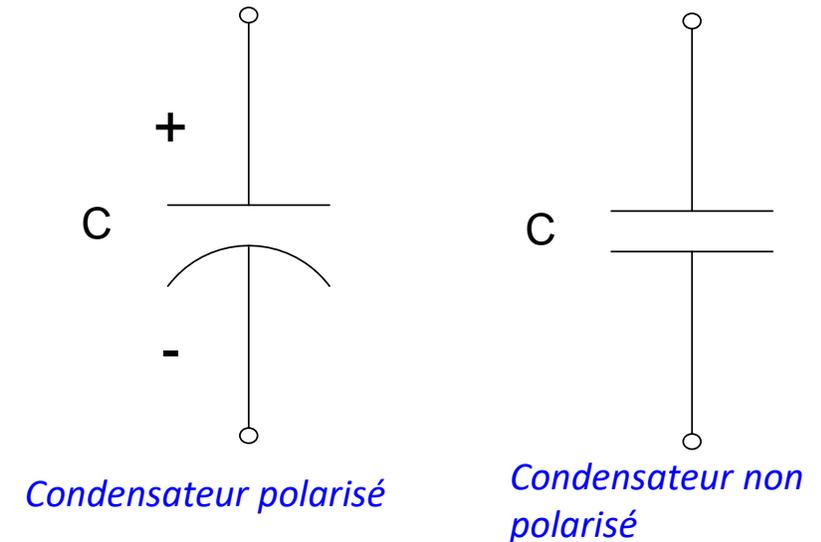
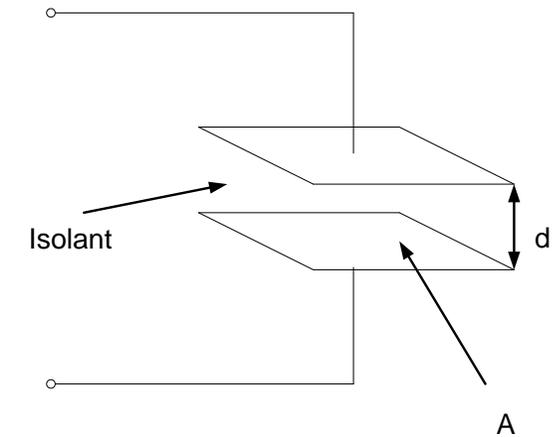
## Exemples

- Résistance électronique de 10 Ω; 1/8 W
- Élément chauffant de 10 Ω; 240 V; 5,76 kW.



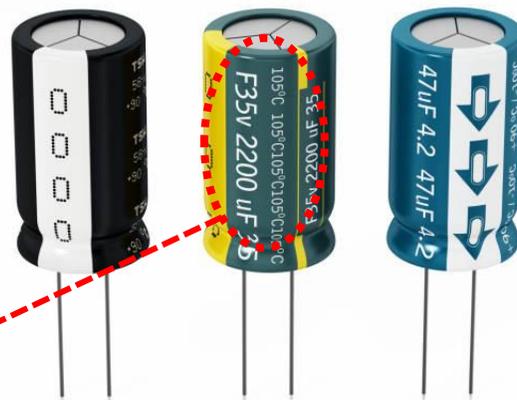
# Charges électriques de base : Le condensateur

- ❑ Dispositif emmagasinant de l'énergie sous forme d'un champ électrique causée par la séparation de charge.
- ❑ Les deux plaques sont appelées **armatures** ou **électrodes**. Ces deux plaques sont séparées par un isolant appelé diélectrique.
- ❑ **C**: **capacité** ou **capacitance du condensateur**, ( farad (F)).
- ❑ Typiquement, **C** est compris entre quelques picofarads (pF) et quelques centaines de millifarads (mF) pour les condensateurs conventionnels. Les valeurs de C peuvent aller jusqu'à quelques milliers de Farads pour les supercondensateurs (Ultracapacitors UC))



$$1 \mu F = 10^{-6} F$$

Condensateur de 2200  $\mu F$



# Charges électriques de base : Le condensateur

## ❑ Relation courant-tension

$$i_C(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$

❑ Si la tension appliquée est continue constante

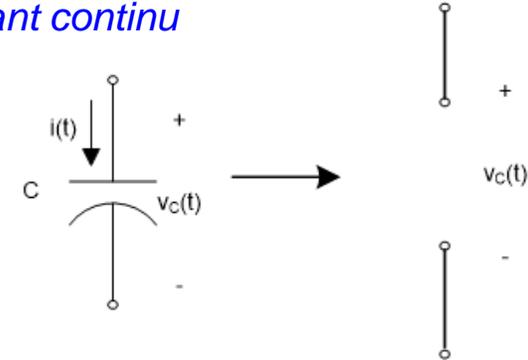
$$i_C(t) = C \frac{dV}{dt} = 0$$

## ❑ Énergie stockée

$$W_C(t) = \int \underbrace{p_C(u)}_{v_C(u) \cdot i_C(u)} du \Leftrightarrow W_C(t) = \int v_C(u) \cdot \underbrace{i_C(u)}_{C \frac{dv_C(u)}{du}} du$$

$$\Leftrightarrow W_C(t) = C \int \underbrace{v_C(u) \cdot \frac{dv_C(u)}{du}}_{v_C^2(t)/2} du \Leftrightarrow \boxed{W_C(t) = \frac{1}{2} C v_C^2(t)}$$

Comportement d'un condensateur en courant continu

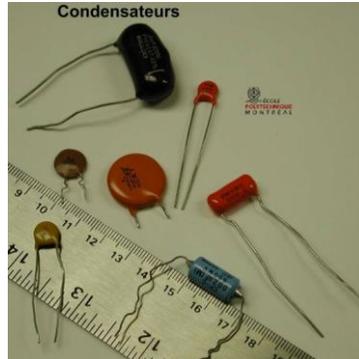


En courant continu :

$$W_C = \frac{1}{2} C V_C^2$$

# Charges électriques de base : Condensateur équivalent et quelques usages

## Quelques usages



# Charges électriques de base : L'inductance

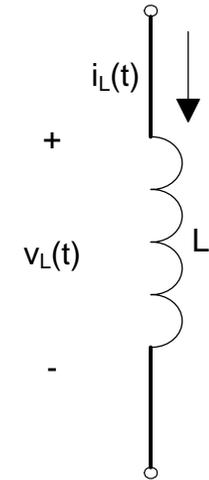
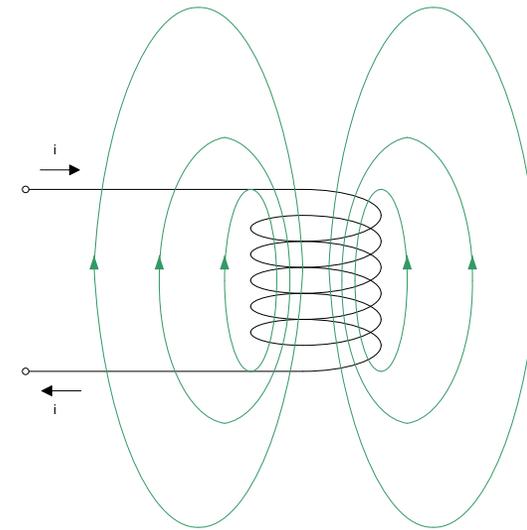
- Dispositif pouvant emmagasiner l'énergie sous forme d'un champ électrique causé par la circulation du courant.

## □ Relation courant-tension

$$v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

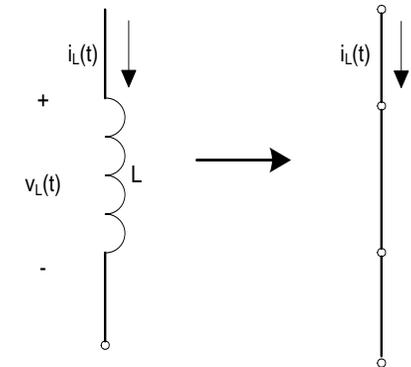
$L$  est l'inductance de la bobine qui varie de microhenry ( $\mu H$ ) au henry ( $H$ ).

$L$  dépendra du nombre de spires de la bobine, de sa forme et de ses dimensions.



**Remarque** : si le courant qui parcourt la bobine est continu constant, alors on aura :

$$v_L(t) = L \frac{dI_L}{dt} = 0$$

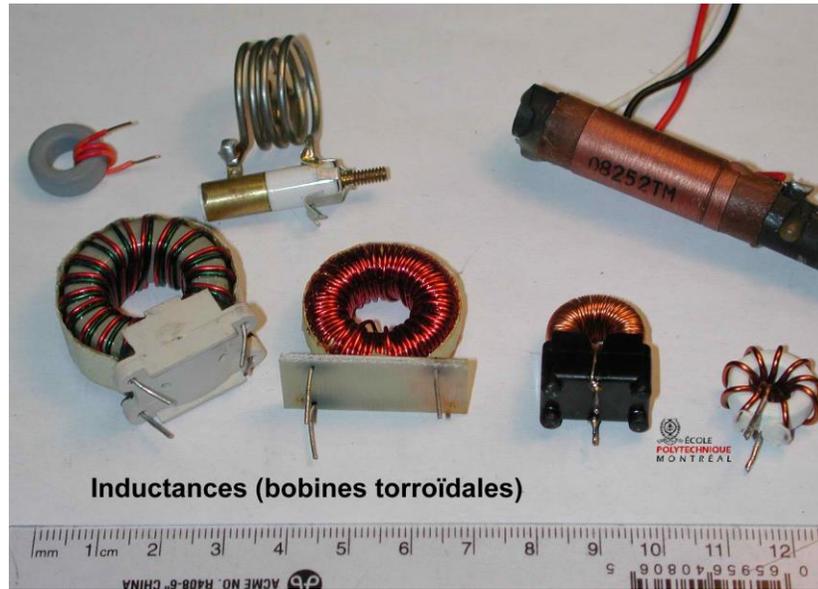


## □ Énergie stockée

$$W_L(t) = \int \underbrace{p_L(u)}_{v_L(u) \cdot i_L(u)} du \Leftrightarrow W_L(t) = \int \underbrace{v_L(u)}_{L \frac{di_L(u)}{du}} \cdot i_L(u) dt$$
$$\Leftrightarrow W_L(u) = L \underbrace{\int i_L(u) \cdot \frac{di_L(u)}{du} du}_{v_L^2(t)/2} \Leftrightarrow \boxed{W_L(t) = \frac{1}{2} L i_L^2(t)}$$

## □ Cas d'une source électrique continue

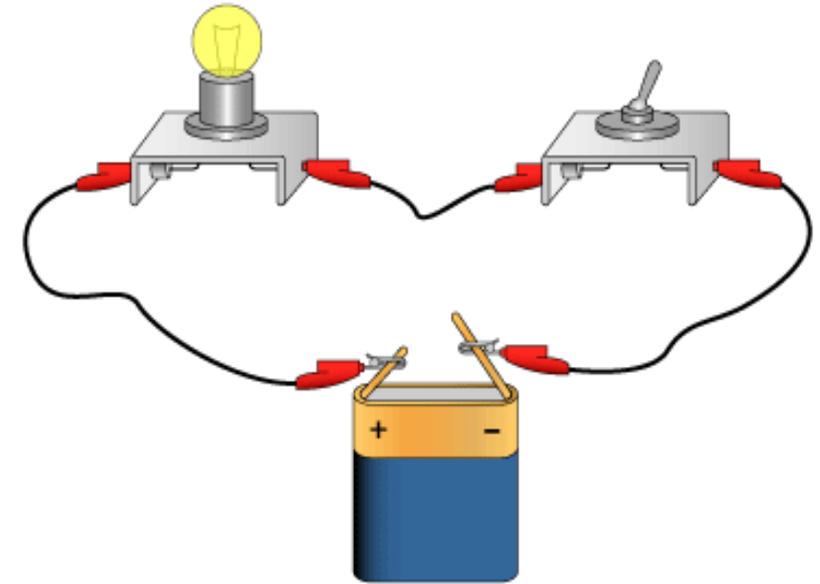
$$W_L = \frac{1}{2} L I_L^2$$



# Circuits électriques: Constitution

Un **circuit électrique** est un ensemble de dipôles reliés par des conducteurs et parcourus par un courant. Les principaux éléments d'un circuit électriques sont :

- ❑ La ou les **sources** ou générateur pour produire le courant électrique.
- ❑ les **charges** qui reçoivent de l'énergie
- ❑ les **fils conducteurs** pour interconnectés tous les autres dipôles.
- ❑ les **interrupteurs** pour établir la liaison entre les sources et les charges



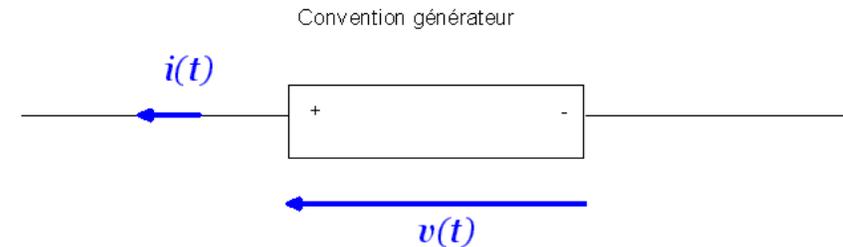
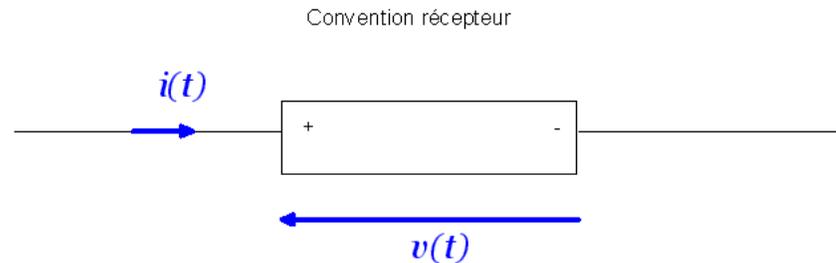
Pour ce montage, la **pile** est la source de tension et l'ampoule représente sa charge.

Le courant et la tension pour un dipôle ont des sens (c'est-à-dire qu'ils peuvent être orientés). On a ainsi que deux possibilités qui sont :

❑ les **flèches sont dans le même sens**, et on dit qu'il s'agit de la **convention générateur**;

❑ les **flèches sont de sens opposés**, et on dit qu'il s'agit de la **convention récepteur**.

❑ **Rappel**: la tension est toujours orientée vers le pôle positif (voir exercice 5 de la fiche d'exercice).



- ❑ La puissance aussi a un signe; elle est positive ou négative.
- ❑ Il est nécessaire de connaître ce signe pour avoir la signification physique de la puissance.
- ✓ En **convention récepteur**, on parle de puissance **consommée**. Une puissance positive est alors **physiquement consommée**, alors qu'une puissance négative est **physiquement produite**.
- ✓ En **convention générateur**, on parle de puissance **produite**. Une puissance positive est alors **physiquement produite**, alors qu'une puissance négative est **physiquement consommée**.

Signe de la puissance $p = v \cdot i$	$p \geq 0$	$p \leq 0$
Convention récepteur	Puissance consommée	Puissance produite
Convention générateur	Puissance produite	Puissance consommée

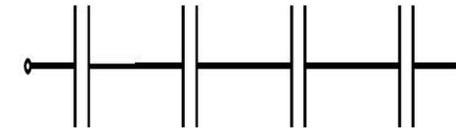
- ❑ Des éléments, appareils, dispositifs ou récepteurs électriques sont branchés **en série** lorsqu'ils sont connectés dans un ordre successif, n'offrant qu'un **seul chemin au passage du courant**.
- ❑ Un groupement série s'alimente par les deux bornes qui restent non occupées et représente l'ensemble.
- ❑ La tension d'alimentation du groupement se distribue sur tous les composants de manière que la somme des tensions à leurs bornes est égale à celle d'alimentation.
- ❑ Le courant dans tous les composants du groupement série est le même, ce qui évident du fait qu'il n'y a qu'un seul chemin pour le passage du courant.
- ❑ Lorsqu'on considère un groupement série alimenté par **une** source, la somme des puissances absorbées par les composants est égale à la puissance fournie par la source.



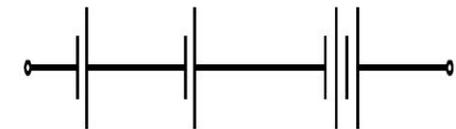
Association de 4 bobines en série



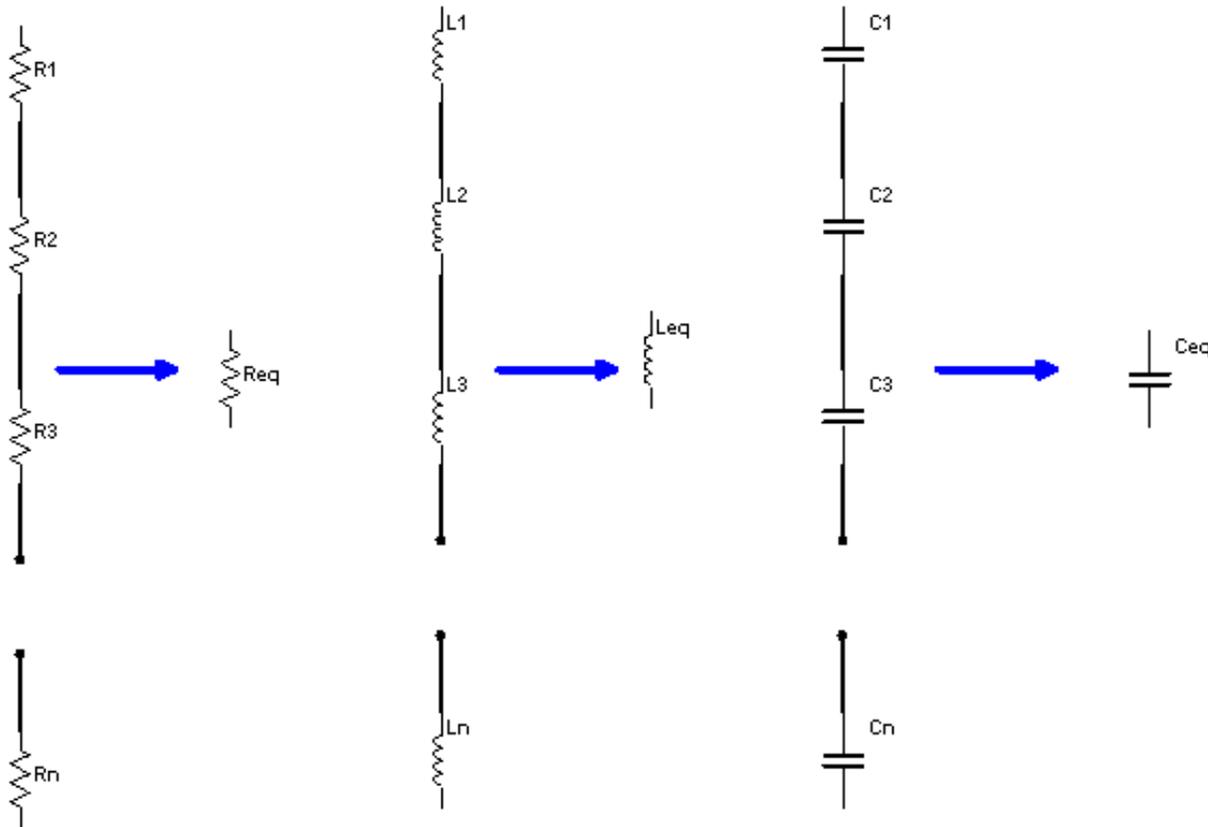
Association de 2 bobines en série



Association de 4 condensateurs en série

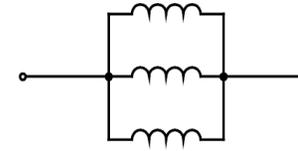


Association série de 2 piles et une batterie

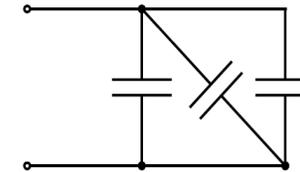


$$\left\{ \begin{array}{l} R_{eq} = \sum_{n=1}^N R_n \\ L_{eq} = \sum_{n=1}^n L_n = L_1 + L_2 + \dots + L_n \\ C_{eq} = \left( \sum_{n=1}^N \frac{1}{C_n} \right)^{-1} = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right)^{-1} \end{array} \right.$$

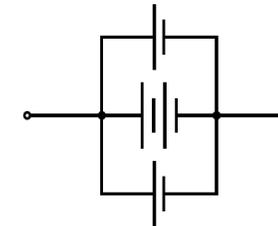
- ❑ Les composants d'un circuit électrique (ou encore des appareils, dispositifs, récepteurs électriques) sont branchés **en parallèle** lorsque leurs bornes sont connectées aux deux mêmes points.
- ❑ La somme des courants circulant dans les composants du groupement parallèle est égale au courant d'entrée dans le groupement (soit le courant débité par la source).
- ❑ Lorsqu'on considère le groupement parallèle alimenté par **une** source, la somme des puissances absorbées par les composants est égale à la puissance fournie par la source.



Association de 3 bobines en parallèle

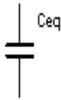
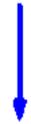
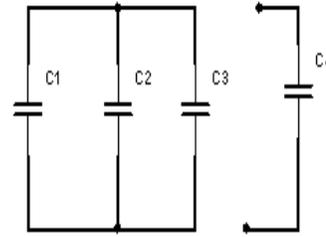
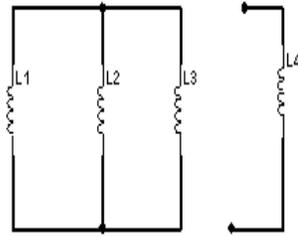
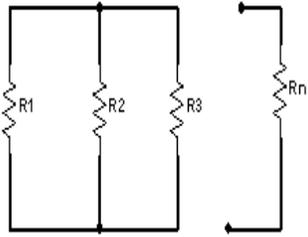


Association de 3 condensateurs en parallèle



Association de 2 piles et une batterie en parallèle

# Circuits électriques: Montage série et parallèle des éléments



$$\left\{ \begin{array}{l} R_{eq} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1} = \left( \sum_{n=1}^N \frac{1}{R_n} \right)^{-1} \\ L_{eq} = \left( \sum_{n=1}^n \frac{1}{L_n} \right)^{-1} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_1} + \dots + \frac{1}{L_n} \\ C_{eq} = \sum_{n=1}^N C_n = C_1 + C_2 + \dots + C_n \end{array} \right.$$

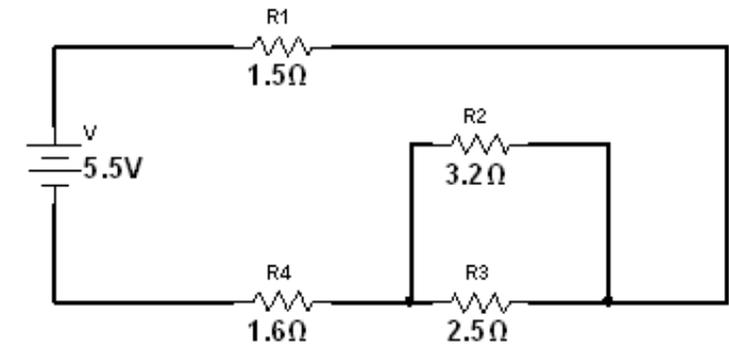
## □ Calcul de la résistance équivalente vue de la source

- Les résistances de  $3.2 \Omega$  et celle de  $2.5 \Omega$  sont en parallèles, elles peuvent alors être remplacées par une seule résistance de valeur égale à :

$$R_{EQ_1} = \frac{2.5 \times 3.2}{2.5 + 3.2} = 1.4 \Omega$$

- En remplaçant les deux résistances en parallèle par la valeur obtenue pour  $R_{EQ_1}$ , on obtient vue de la source, trois résistances en série. La résistance équivalente totale sera alors:

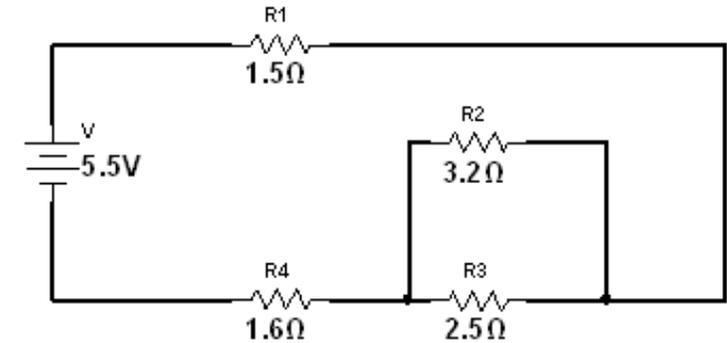
$$R_{EQ} = 1.5 + 1.4 + 1.6 = \boxed{4.5 \Omega}$$



## □ Calcul du courant débitée par la source

Loi d'Ohm

$$I = \frac{V}{R_{EQ}} = \frac{5.5}{4.5} = \boxed{1.2 \text{ A}}$$



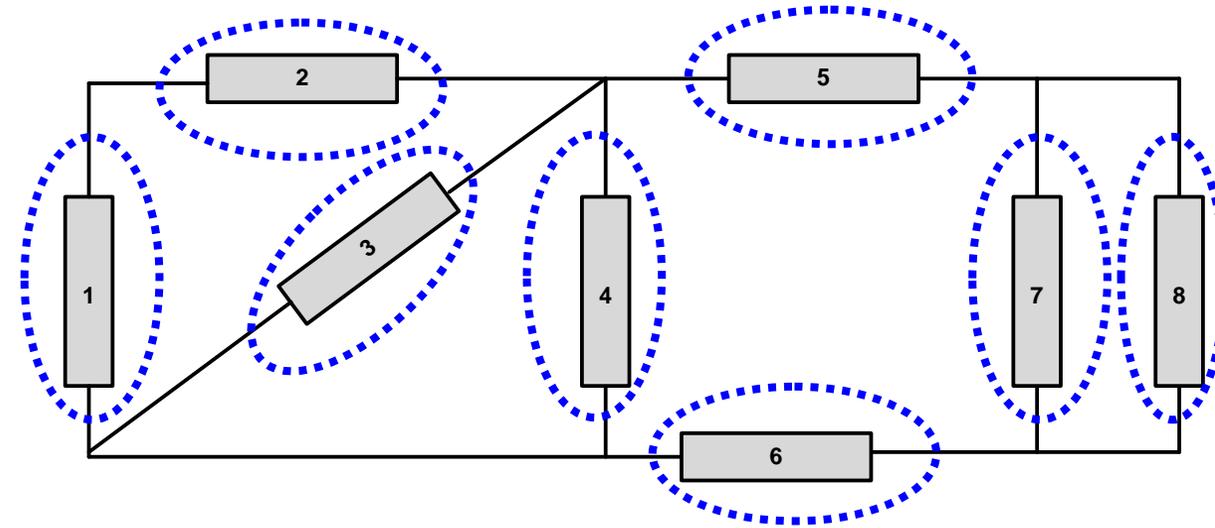
## □ Calcul de la puissance totale fournie par la source

$$P = V \cdot I = R_{EQ} I^2 = \frac{V^2}{R_{EQ}} = 5.5 \times 1.2 = 4.5 \times (1.2)^2 = \frac{(5.5)^2}{4.5} = \boxed{6.7 \text{ W}}$$

# Circuits électriques: Lois de Kirchhoff (mise en situation)

La plupart des circuits sont beaucoup plus complexes que l'exemple montré précédemment. Dans ce cas l'on devrait reconnaître pour les analyser les **branches**, les **nœuds** et les **mailles** du circuit.

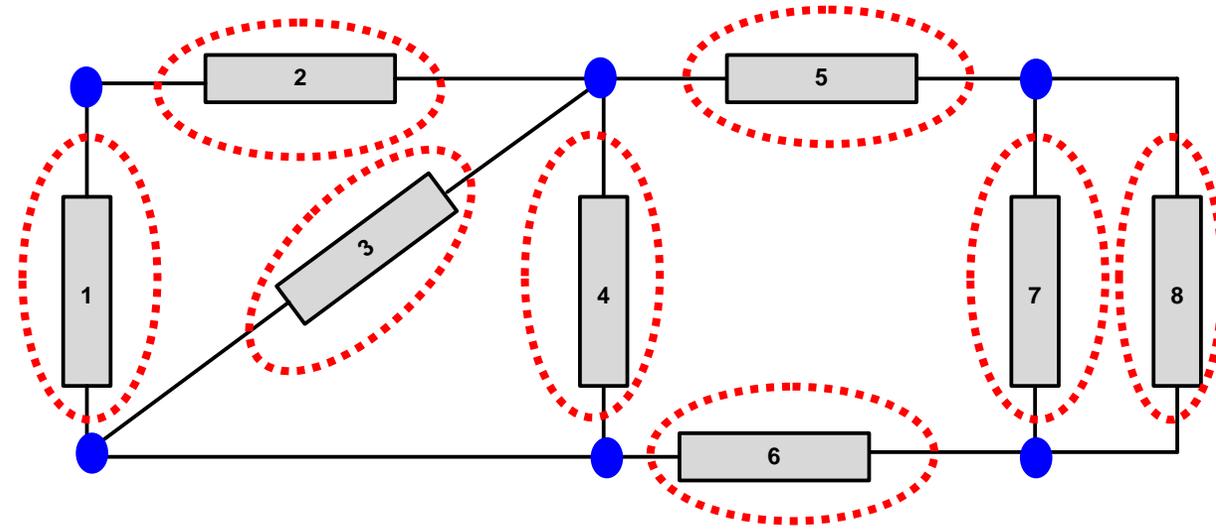
□ Un **élément** aussi appelé dipôle électrique, est un composant électrique à deux bornes.



Nombre d'éléments du circuit ? \_\_\_\_\_

# Circuits électriques: Lois de Kirchhoff (mise en situation)

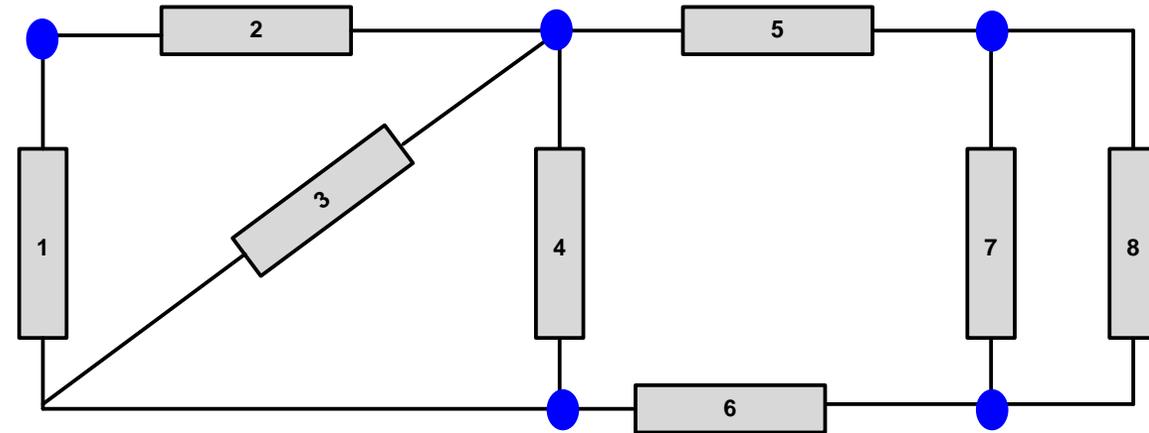
- ❑ Un **élément** aussi appelé dipôle électrique, est un composant électrique à deux bornes
- ❑ Une **branche** est un élément du circuit. Le nombre de branche est égale au nombre d'éléments.



Nombre de branches du circuit ? \_\_\_\_\_

# Circuits électriques: Lois de Kirchhoff (mise en situation)

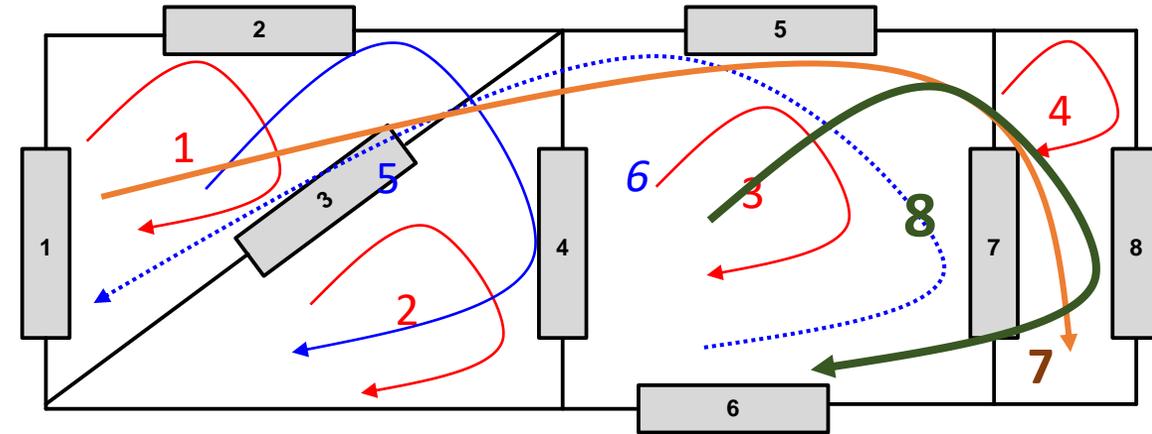
- ❑ Un **élément** aussi appelé dipôle électrique est un composant électrique à deux bornes.
- ❑ Une **branche** est un élément du circuit. Le nombre de branche est égale au nombre d'éléments.
- ❑ Un **noeud** est un point de jonction deux ou plusieurs branches



Nombre de noeuds du circuit ? **5**

# Circuits électriques: Lois de Kirchhoff (mise en situation)

- ❑ Un **élément** aussi appelé dipôle électrique est un composant électrique à deux bornes.
- ❑ Une **branche** est un élément du circuit. Le nombre de branche est égale au nombre d'éléments.
- ❑ Un **nœud** est un point de jonction entre des conducteurs.
- ❑ Une **maille** est un chemin électrique fermé.



Nombre de maille du circuit ? \_\_\_\_\_

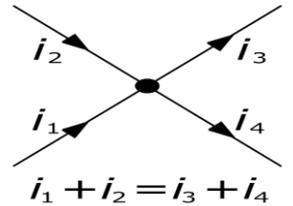
# Circuits électriques: Lois de Kirchhoff (mise en situation)

Les lois de Kirchhoff sont des énoncés permettant de déterminer les intensités de courant et les tensions électriques aux bornes des différents éléments d'un circuit complexe. Il existe deux lois : la **loi des nœuds** et la **loi des mailles**.

## □ Loi des nœuds ou loi de Kirchhoff en Courant (LKC)

“La somme des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des courants qui quittent ce nœud”.

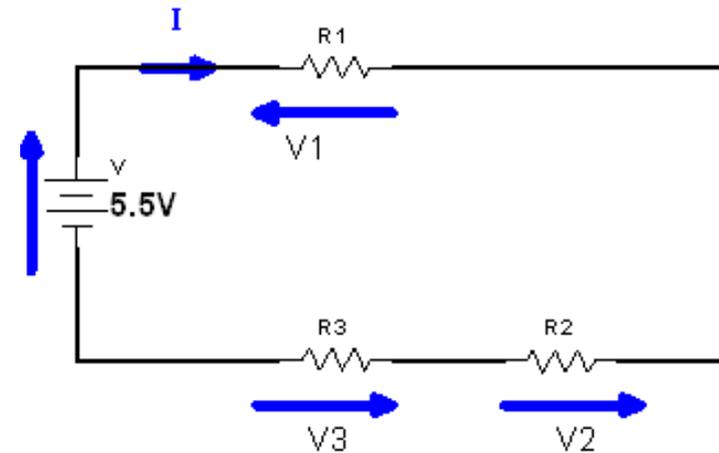
$$\sum i_{entrant} = \sum i_{sortant}$$



## □ Loi des mailles ou loi de Kirchhoff en tension (LKT)

“Dans un circuit fermé (boucle), la somme algébrique des tensions lues en tournant dans le même sens est toujours nulle”.

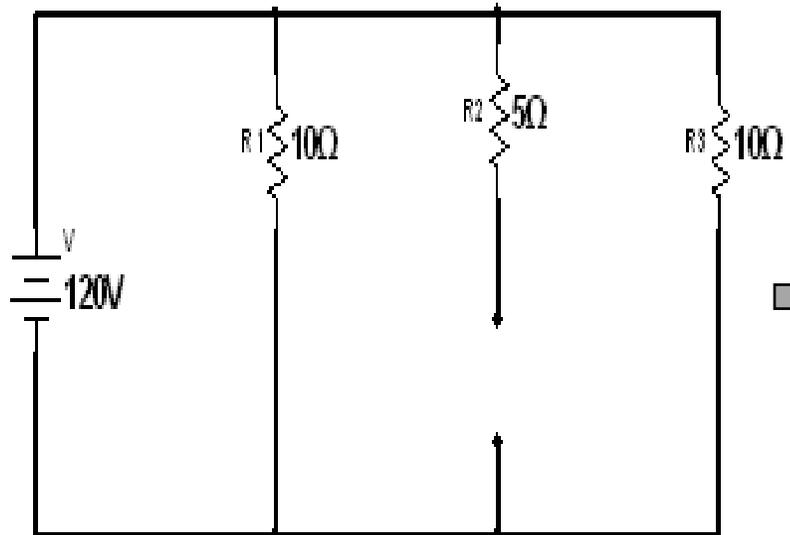
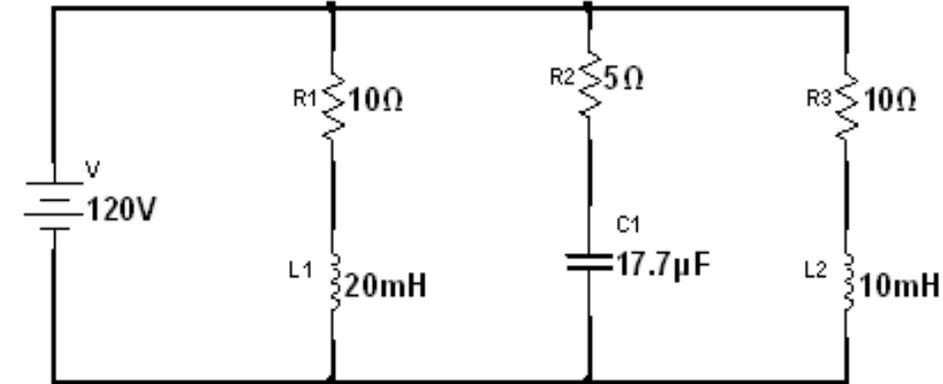
$$\sum_{n=1}^N \bar{V}_n = 0$$



# Circuits électriques: Exemple d'application

Calculez la tension aux bornes de la résistance  $R_1$ .

Étant donné que la source d'alimentation est continue, les inductances peuvent être court-circuitées et les condensateurs remplacés par un circuit ouvert. Ainsi le circuit équivalent devient :



Les composants en parallèle sont soumis à la même tension et donc :

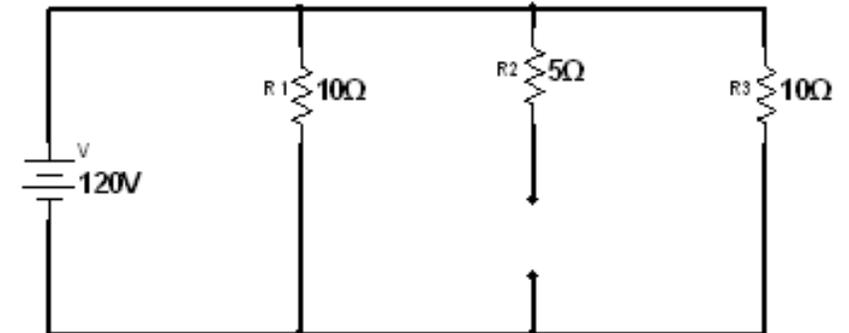
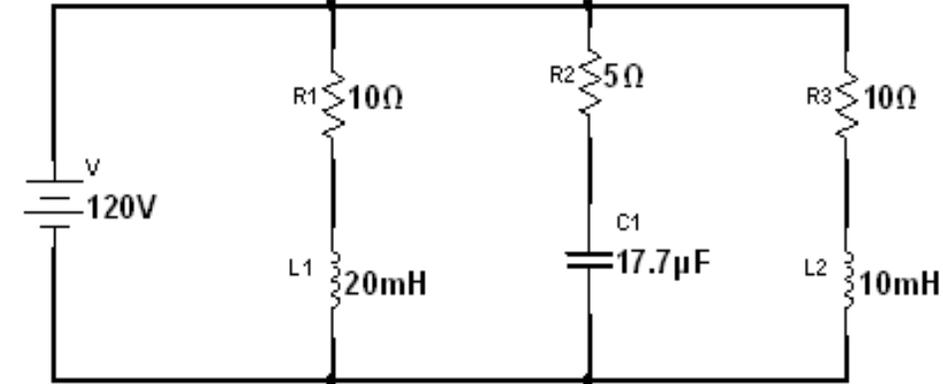
$$V_{R_1} = V = 120V$$

# Circuits électriques: Exemple d'application

Calculez la tension aux bornes de la résistance  $R_2$ .

La résistance  $R_2$  n'est parcourue par aucun courant à cause du circuit ouvert. On aura alors :

$$V_{R_2} = R_2 \times \underset{0}{I} = 0 \text{ V}$$



# Circuits électriques: Exemple d'application

- ❑ Calculez le courant dans la résistance  $R_1$ .

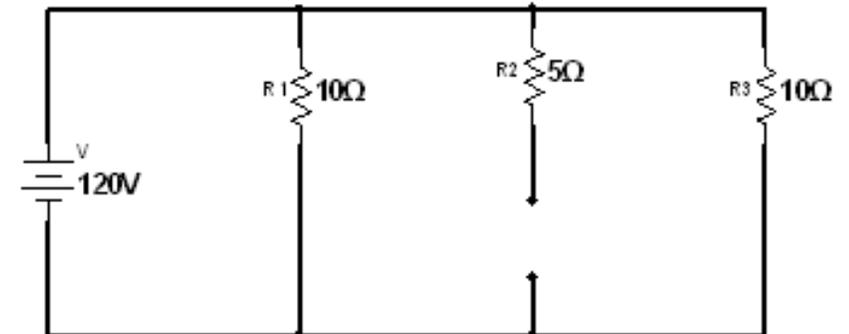
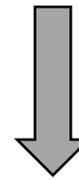
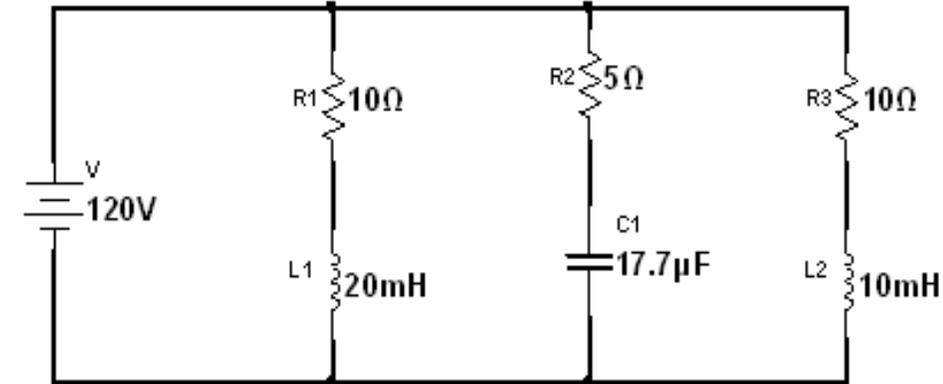
On applique la loi d'Ohm :

$$I_{R_1} = \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{120}{10} = \mathbf{12\ A}$$

- ❑ Calculez le courant dans la résistance  $R_3$ .

En observant le circuit équivalent, la résistance  $R_3$  est également soumise à la tension de 120 V ce qui donne alors avec la loi d'Ohm :

$$I_{R_3} = \frac{V_{R_3}}{R_3} = \frac{120}{10} = \mathbf{12\ A}$$



# Circuits électriques: Exemple d'application

- ❑ Calculez l'énergie emmagasinée dans l'inductance de  $20\text{ mH}$ .

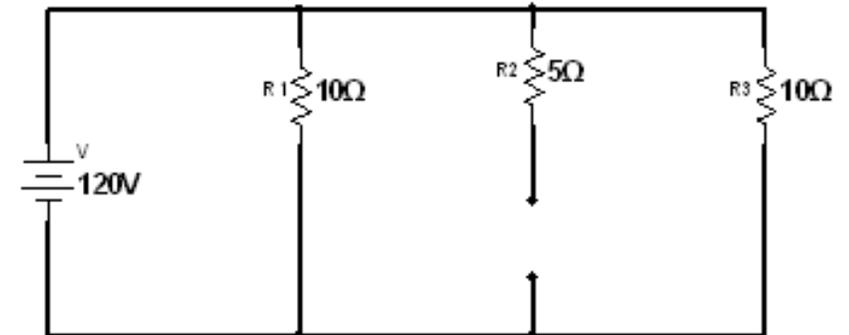
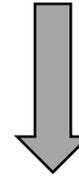
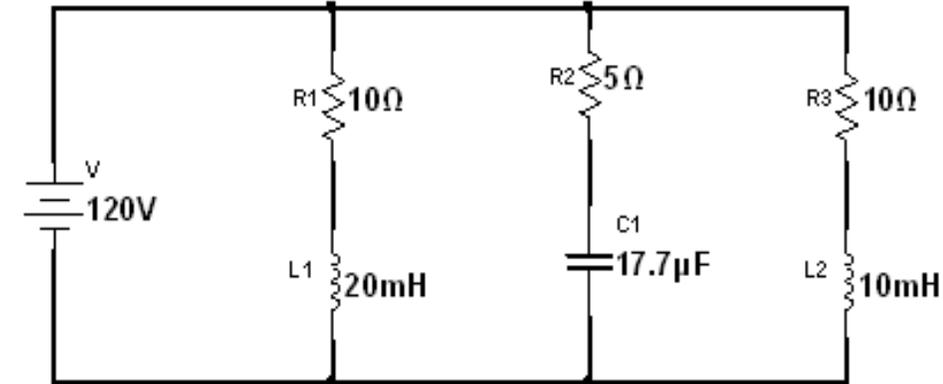
Cette inductance est en série avec la résistance  $R_1$  et est alors parcouru par le même courant ce qui donne :

$$W_{L_{20\text{ mH}}} = \frac{1}{2} L I_{R_1}^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-3} \times (12)^2 = 1.44\text{ J}$$

- ❑ Calculez l'énergie électrique emmagasinée dans l'inductance de  $10\text{ mH}$ .

Même démarche que précédemment :

$$W_{L_{10\text{ mH}}} = \frac{1}{2} L I_{R_1}^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-3} \times (12)^2 = 0.72\text{ J}$$



# Circuits électriques: Exemple d'application

- ❑ Calculez l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur.

Étant donné que la tension aux bornes de la résistance est nulle, le condensateur subit toute la tension de 120 V et on aura alors :

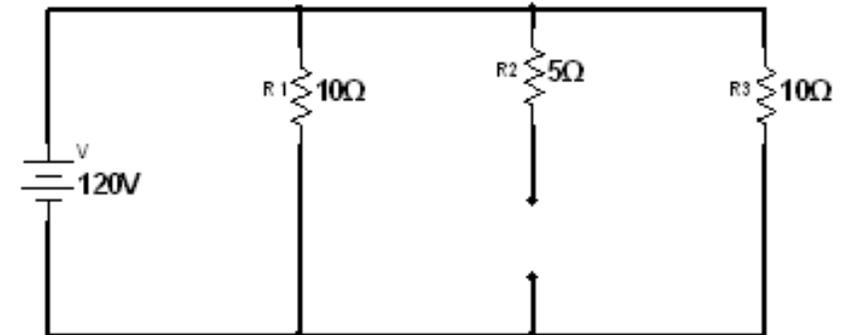
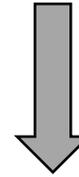
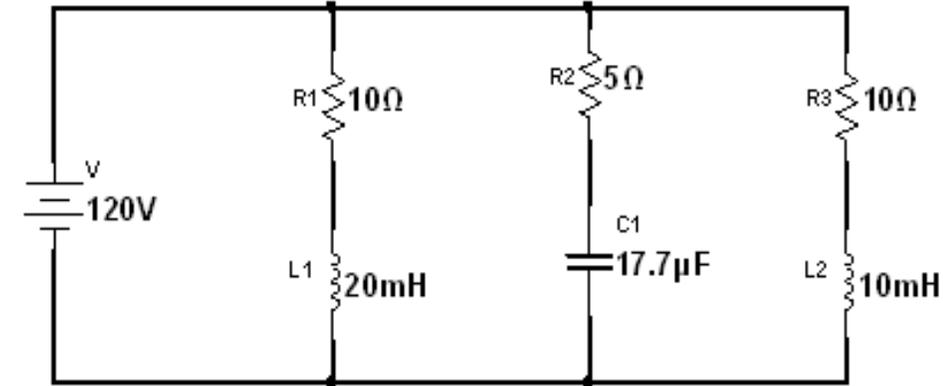
$$W_C = \frac{1}{2} C V_C^2 = \frac{1}{2} \times 17,7 \times 10^{-6} \times (120)^2 = 1.27 J$$

- ❑ Calculez la valeur moyenne de la puissance fournie par la source.

Avec la loi des nœuds, on détermine le courant total fourni par la source, ce qui donne alors :

$$I_S = I_{R_1} + I_{R_3} = 12 + 12 = 24 A$$

Et :  $P = V \times I_S = 120 \times 24 = \boxed{2880 W}$



# Conclusion

Récapitulatif des unités et symboles vus dans le cours.

Symboles	Unités	Descriptions
$I, i$	ampères (A)	Courant électrique (continu ou efficace et instantané)
$V, v$	volts (V)	Tension électrique ou d.d.p. (continu ou efficace et instantané)
$P, p$	watts (W)	Puissance électrique (moyenne et instantanée)
$W$	joules (J)	Énergie électrique
$R$	ohms ( $\Omega$ )	Résistance électrique
$C$	farads (F)	Condensateur ou capacité
$L$	henry (H)	Inductance ou bobine

# Conclusion

## Complétez par “CORRECT” ou “INCORRECT”

1. La pompe à la sortie du broyeur à boulets a une puissance de 4 kW \_\_\_\_\_
2. L'ampérage du treuil de service est de 500 V \_\_\_\_\_
3. Le voltage à la salle électrique souterraine est de 4.16 kV \_\_\_\_\_
4. À la mine Laronde un nouveau câble d'alimentation amènera un courant de 25 kA sous terre \_\_\_\_\_
5. L'ampérage du concasseur est de 1.5 kW \_\_\_\_\_
6. La puissance d'un ventilateur au niveau 206 est de 200 W \_\_\_\_\_
7. Les bobines couplées en étoile du filtre LCL ont une valeur de  $420 \mu F$  \_\_\_\_\_
8. Six condensateurs de  $2200 \mu F$  sont installés sur le BUS DC du variateur de vitesse \_\_\_\_\_

À venir

**Cours 3: Circuits électriques à courant alternatif monophasé**

***Merci pour votre  
aimable attention***