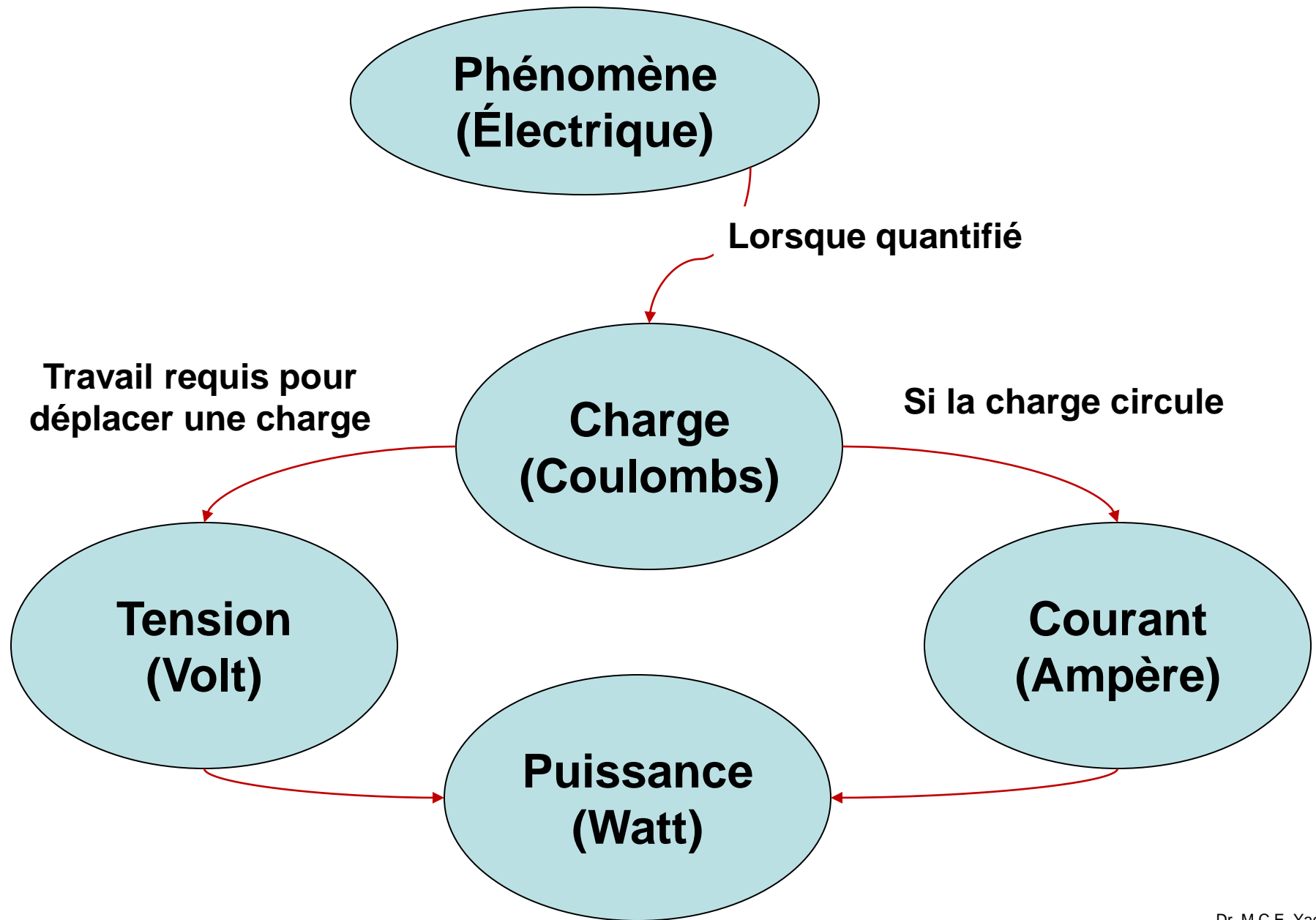


# Chapitre 1

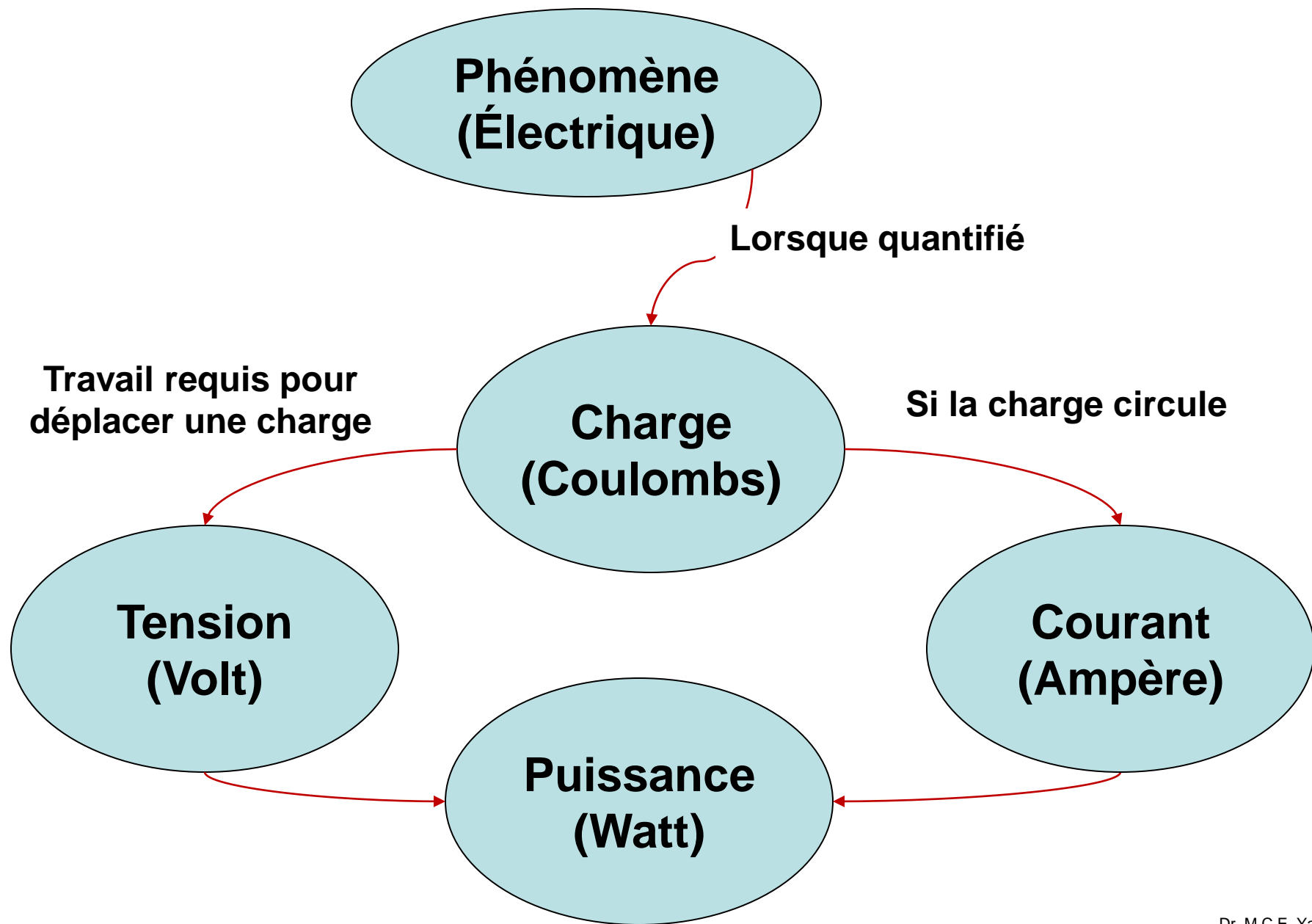
## Introduction

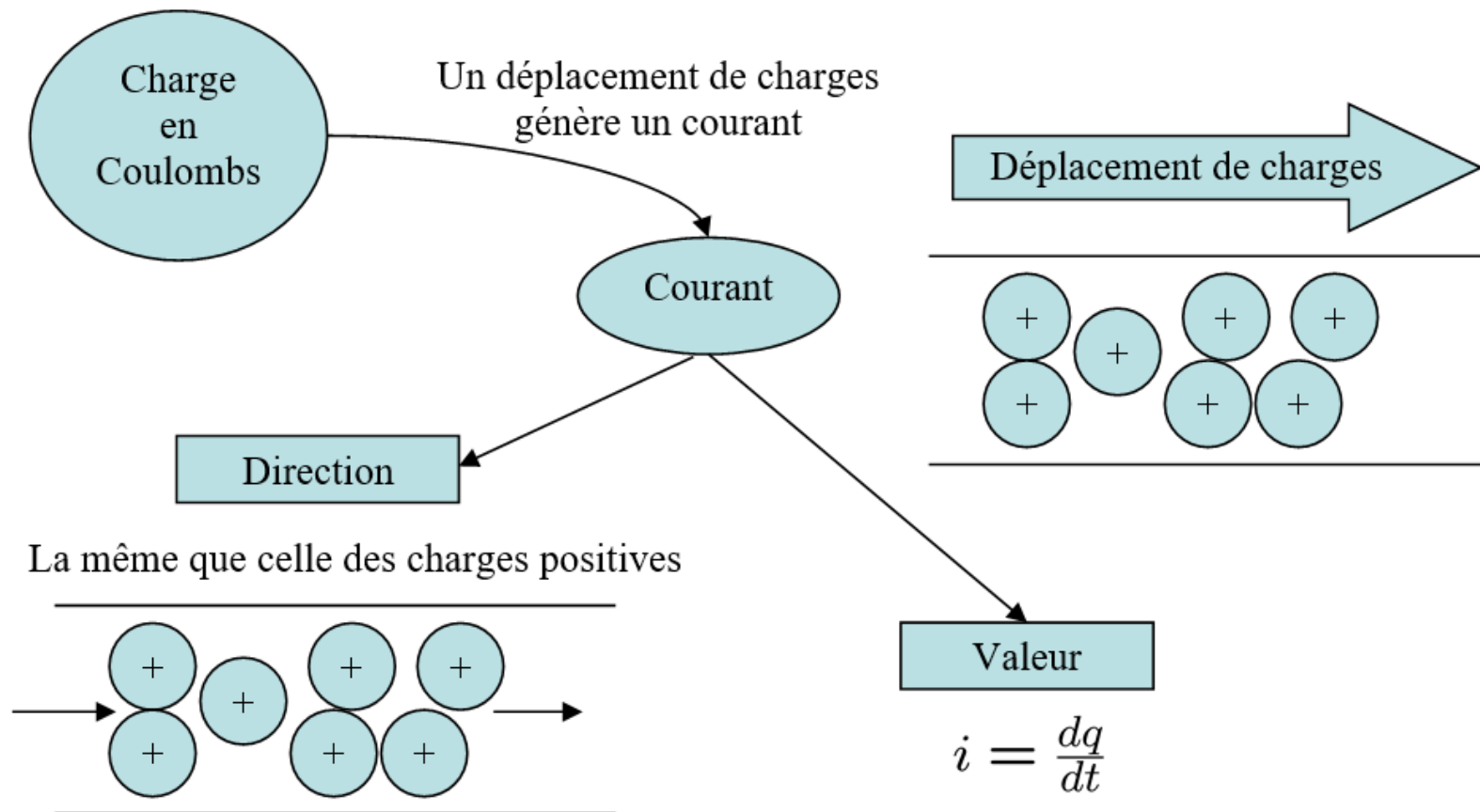
# **Variables fondamentales dans un circuit**

## Variables fondamentales dans un circuit électrique



# Variables fondamentales dans un circuit électrique : **Courant**





L'ampère est défini comme étant un coulomb par seconde.

Mathématiquement, nous pouvons définir le courant comme :

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \approx \frac{dq}{dt} \text{ en C/s}$$

où  $i$  = intensité du courant électrique en ampères (A) (1 A = 1 C/s)

$q$  = quantité de charge électrique en coulombs (C)

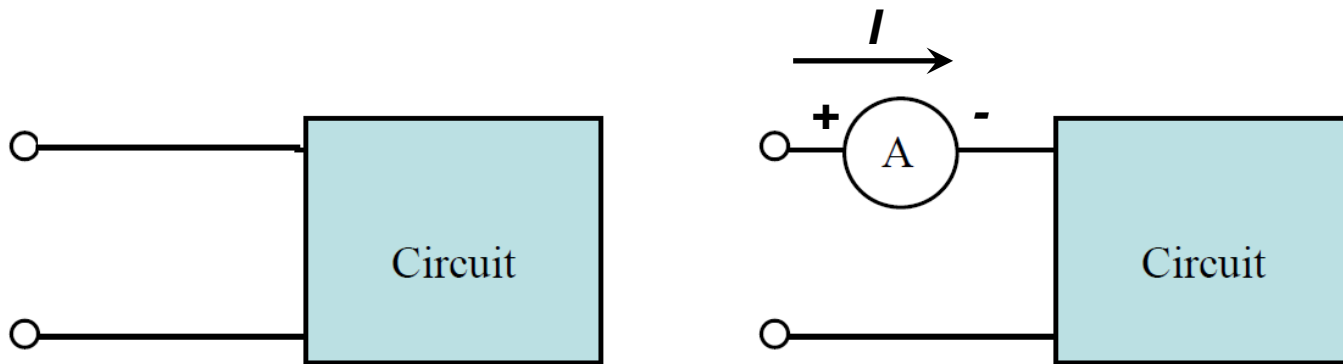
$t$  = temps en secondes (s)

Pour mesurer un courant on utilise un « ampèremètre » (analogique ou numérique - digital -).

Le symbole du courant est «  $I, i$  » et son unité est « A » pour « ampère ».

Généralement, la notation des variables en « **majuscule** » est réservée pour les grandeurs *continues* (DC) et la notation en « **minuscule** » est pour les grandeurs *alternatives* (AC)

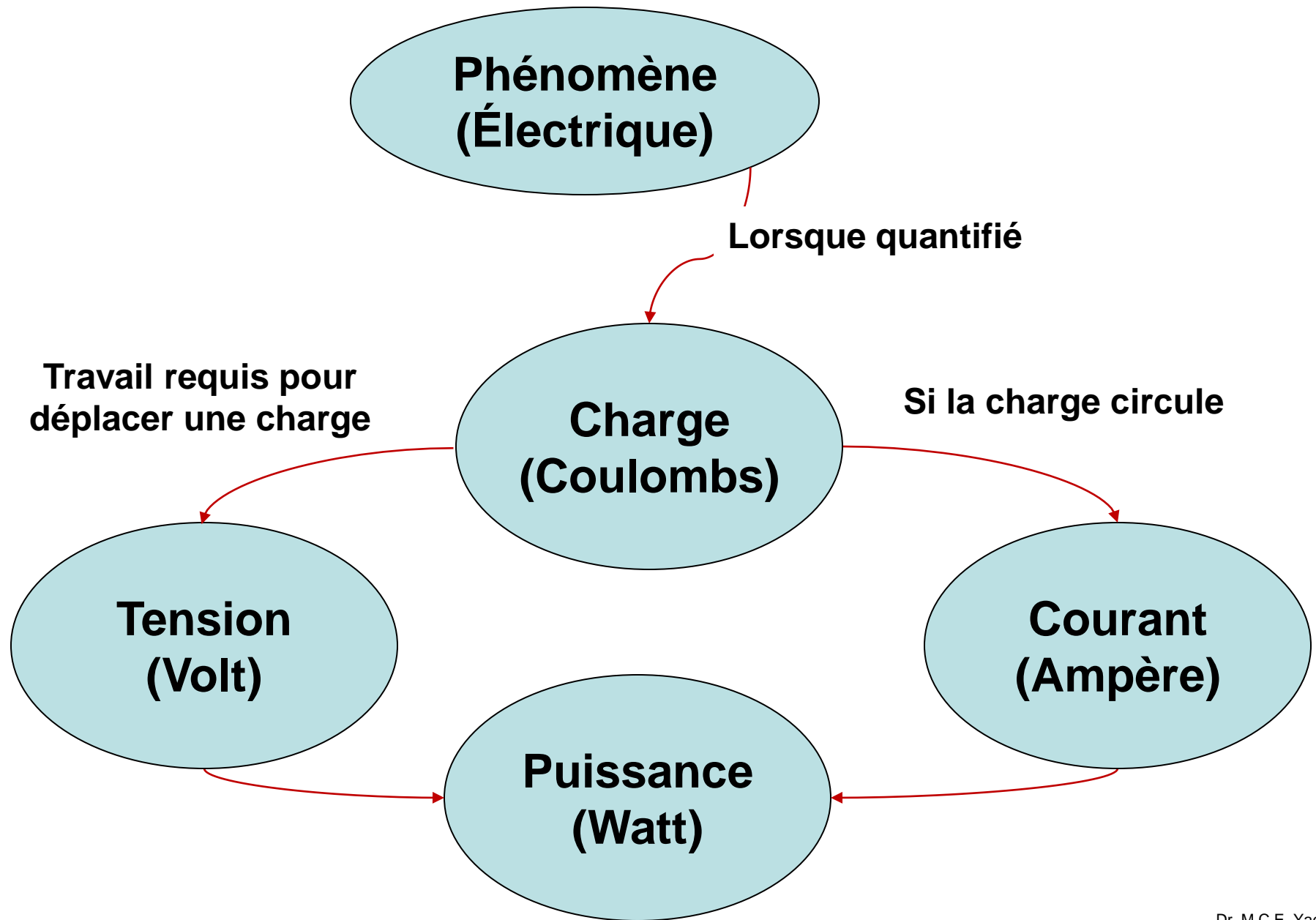
L'ampèremètre est placé en série dans un circuit.



Le courant a un sens.

Le courant circule du « + » vers le « - » (sens de déplacement des charges positives).

# Variables fondamentales dans un circuit électrique : **Tension**

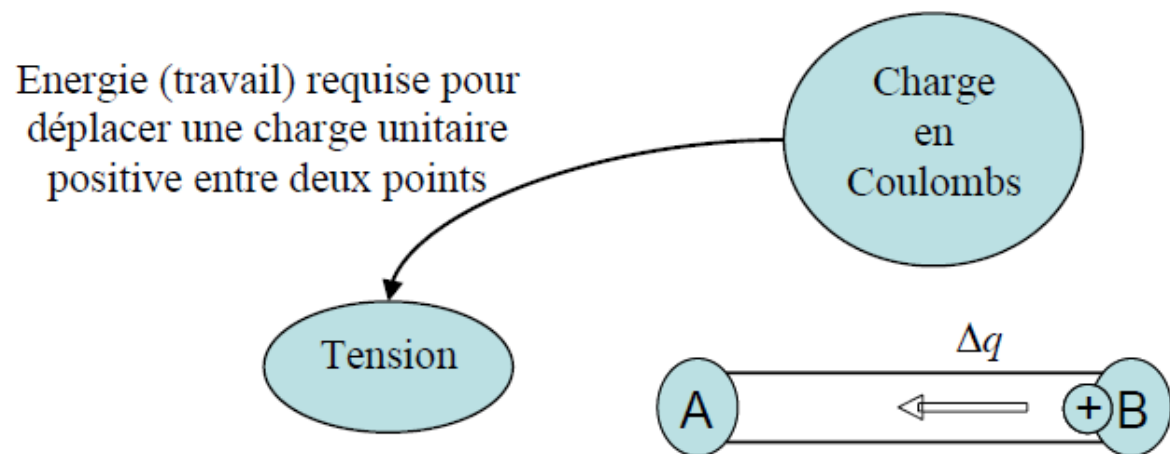


La tension est exprimée comme une énergie par unité de charge (joule/coulomb) selon l'équation suivante

$$v_{AB} = \frac{\Delta w}{\Delta q} \approx \frac{dw}{dq}$$

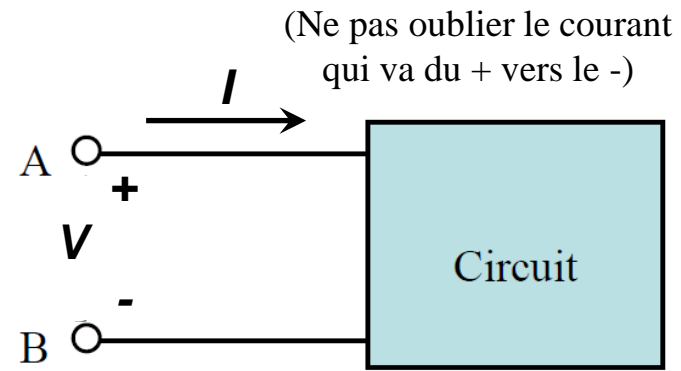
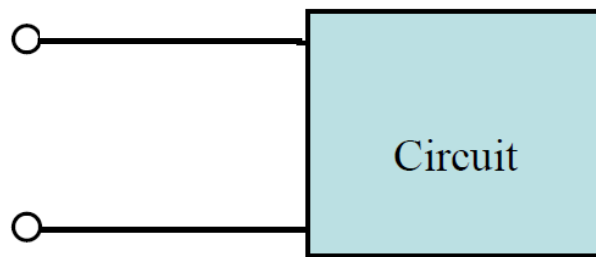
où  $e$  (ou  $v$ ) = différence de potentiel mesurée en volts (V)  
 $w$  = énergie (travail) pour porter la charge en joules (J)  
 $q$  = quantité de charges électriques en coulombs (C)

La tension dans un circuit obéit à certaines conventions. Ainsi, il faut une énergie  $\Delta w$  en Joules pour déplacer une charge  $\Delta q$  en Coulombs du point B au point A.



On mesure une tension entre deux points d'un circuit.

Le symbole de la tension est «  $E, e$  » ou «  $V, v$  » et son unité est « V » pour « volt ».



La tension est mesurée entre deux points : **différence de tension** :  $V_{AB} = V_{\text{point A}} - V_{\text{point B}}$

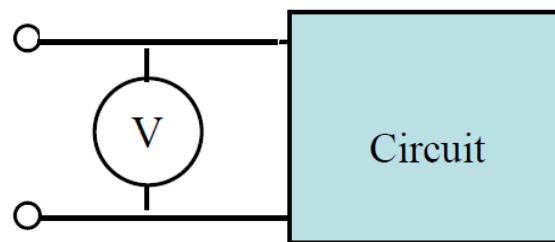
Une paire de signes algébriques plus/moins indique le sens de la tension.

Le positionnement du signe + en face de la borne A signifie que la borne A est de  $V$  volts plus positive que la borne B. Si  $V$  a une valeur numérique de  $-2$  V, nous pouvons dire soit que la tension en A est de  $-2$  V plus positive que B ou que B est de 2 V plus positive que A.

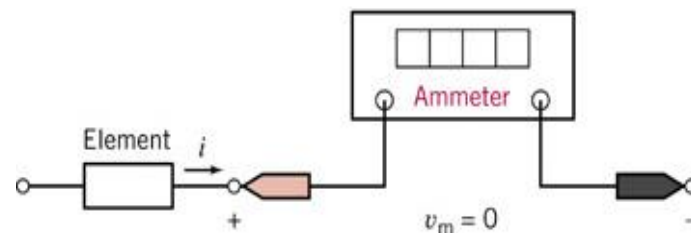
$$V_{AB} = -V_{BA}$$

Pour mesurer une tension (Symbole « V »), on utilise un « voltmètre » (analogique ou numérique - digital -).

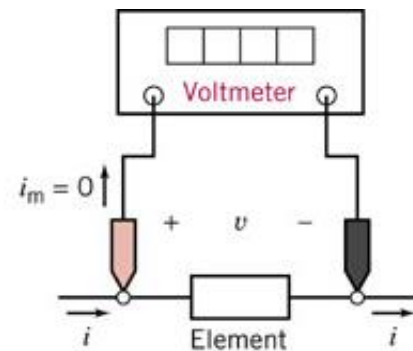
Il est placé en parallèle dans un circuit.



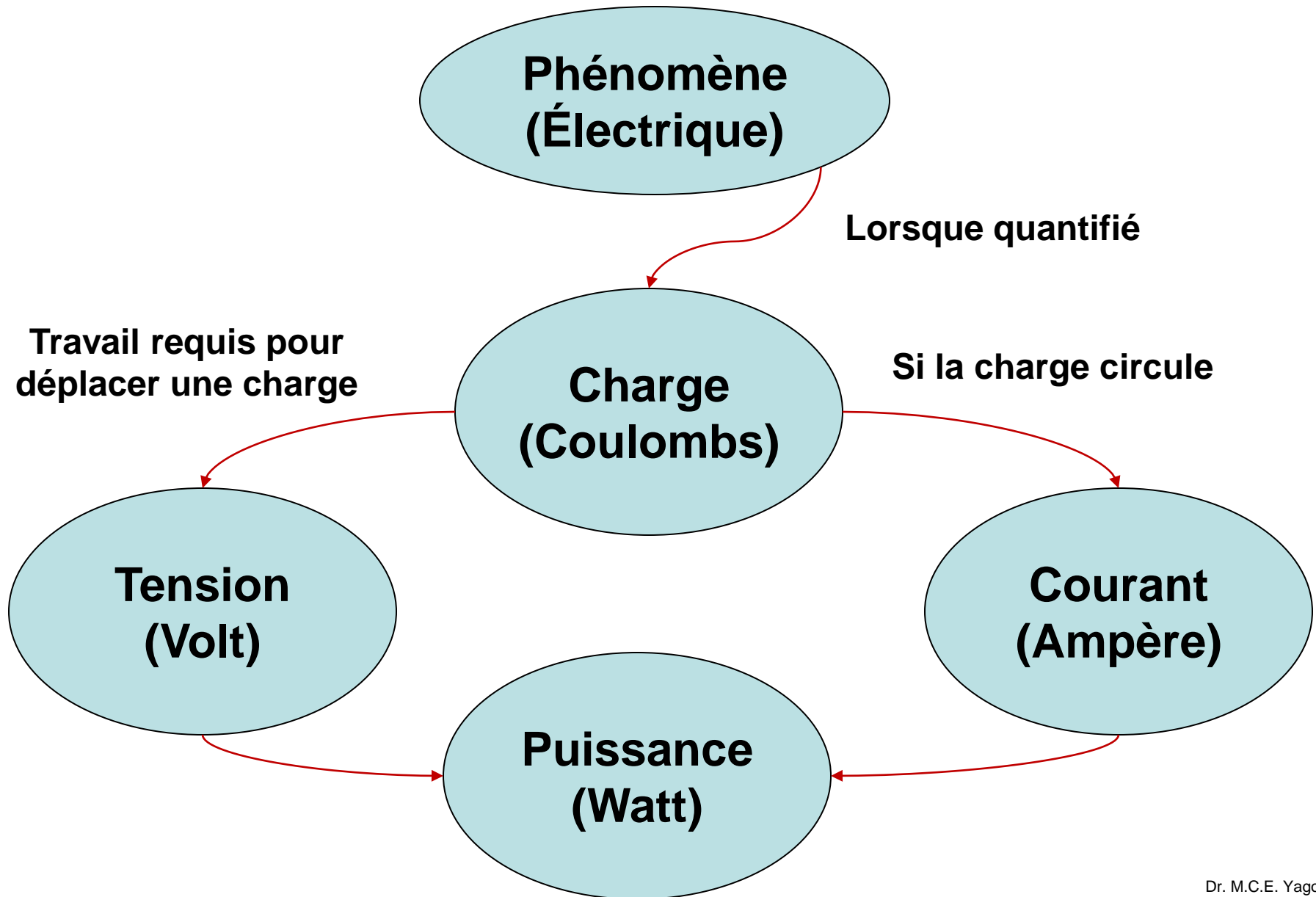
Pour un ampèremètre **idéal**, la tension à ses bornes doit être **nulle** car un appareil de mesure ne doit pas perturber le fonctionnement d'un élément dans un circuit.



Pour un voltmètre **idéal**, le courant qui le traverse doit être **nul** car un appareil de mesure ne doit pas perturber le fonctionnement d'un élément dans un circuit.



# Variables fondamentales dans un circuit électrique : **Puissance**



Qu'elle soit électrique ou mécanique, la puissance se rapporte à la quantité relative de travail qui s'effectue.

Le travail est accompli chaque fois qu'une force cause un mouvement. Quand une force mécanique est utilisée pour soulever ou déplacer une masse, un travail est fait.

$$p = \frac{\Delta w}{\Delta t} \approx \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = \frac{dw}{dt} = vi$$

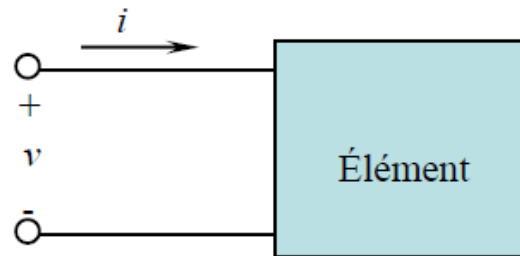
L'unité de puissance est le watt (**W**) et est symbolisée par  $P$  ou  $p$  selon que ce soit une puissance continue ou variant avec le temps. En connaissant la tension et le courant tout au long d'un circuit, nous pouvons contrôler les échanges d'énergie.

Pour mesurer une puissance, on utilise un « wattmètre » (analogique ou numérique - digital -).

## CONVENTION DE SIGNES :

Avec la flèche du courant placée en haut du circuit et dirigée vers la droite, une quantité de puissance **POSITIVE**  $p = vi$  **est absorbée** par l'élément à droite.

Il est aussi correct de dire qu'une puissance **POSITIVE**  $p = vi$  **a été fournie** à l'élément.



Dans la Figure (a), nous voyons que le courant circule à travers le circuit de la borne positive à la borne négative (selon la convention de signe). Ceci signifie que l'élément est en train d'absorber de la puissance. En accord avec les valeurs données de courant et de tension, nous calculons la puissance **absorbée** par l'élément comme

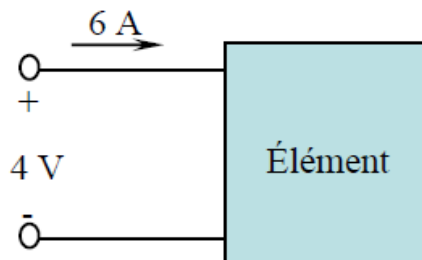
$$P = v \times i = (4 \text{ V}) (6 \text{ A}) = 24 \text{ W}$$

Considérons maintenant la Figure (b) qui reflète un concept légèrement différent.

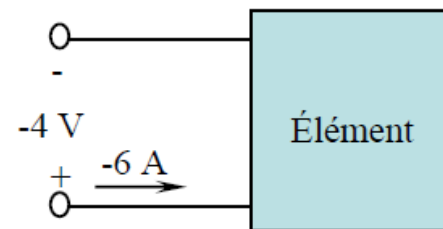
Nous voyons un courant de  $-6 \text{ A}$  circulant sur la borne positive tandis que la tension est négative au niveau de l'autre borne. La puissance ici est également une puissance **absorbée** car si le courant est négatif, la tension l'est aussi :

$$P = (-4 \text{ V})(-6 \text{ A}) = 24 \text{ W}$$

Nous concluons que les deux circuits sont **équivalents** du point de vue puissance.



(a)

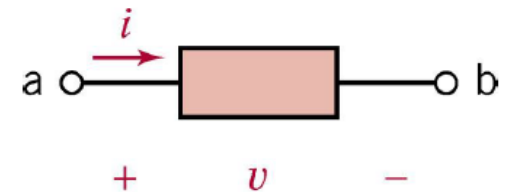


(b)

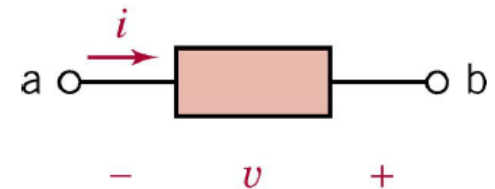
Pour saisir ce concept fondamental de puissance reçue ou donnée, il faut comprendre que les grandeurs électriques fondamentales que nous avons étudiées (Courant et tension) doivent obéir à des **conventions strictes de signe**. En effet, une convention résume comment représenter le courant qui parcourt un élément électrique en accord avec la tension à ses bornes

Il faut se rappeler que le **courant** va du « + » vers le « - »  
et que la **tension** est calculée de la borne « + » vers la borne « - ».

Ainsi la Figure (a) indique la bonne façon de représenter courant et tension alors que la Figure (b) montre une représentation **erronée** de la tension (sauf si elle est comptée négativement).



(a)



(b)

En conclusion, si la puissance calculée est :

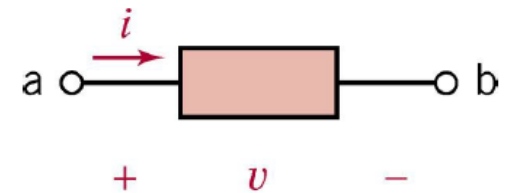
- Une puissance **positive** alors c'est une puissance **absorbée** par le composant (ou de manière équivalente une puissance fournie au composant).

*C'est le cas des composants passifs qui font l'objet de ce cours (résistance, inductance et capacité).*

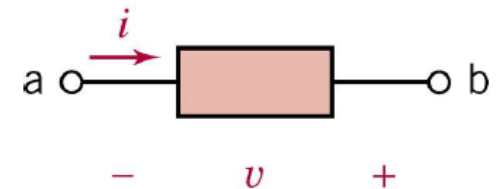
- Une puissance **négative** alors c'est une puissance **fournie** par le composant (ou de manière équivalente une puissance fournie au circuit par le composant).

*C'est le cas des sources d'énergie.*

Ainsi la Figure (a) peut indiquer la bonne façon de représenter courant et tension dans un composant passif (**puissance absorbée positive ou puissance fournie négative**) alors que la Figure (b) montre une bonne représentation d'une source (**puissance absorbée négative ou puissance fournie positive**).

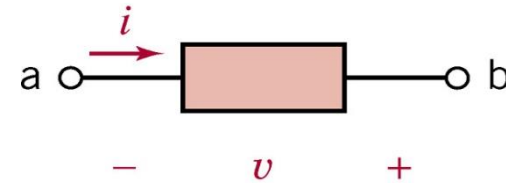
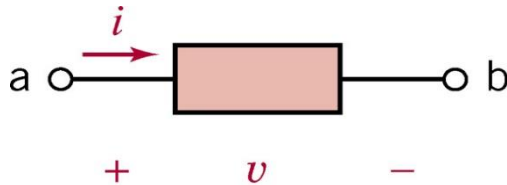


(a)



(b)

En effet, une convention résume comment représenter le courant qui parcourt un élément électrique en accord avec la tension à ses bornes. Il faut se rappeler que le courant va du « + » vers le « - » et que la tension est calculée de la borne « + » vers la borne « - ».



- Bonne façon de représenter courant et tension

- **Puissance positive ou puissance absorbée par le composant** (ou de manière équivalente une puissance fournie au composant).

- *C'est le cas des composants passifs qui font l'objet de ce cours (tels que les résistances, les inductances et les capacités).*

- Représentation erronée de la tension (sauf si elle est comptée négativement).

- **Puissance négative ou puissance fournie par le composant** (ou de manière équivalente une puissance fournie au circuit par le composant).

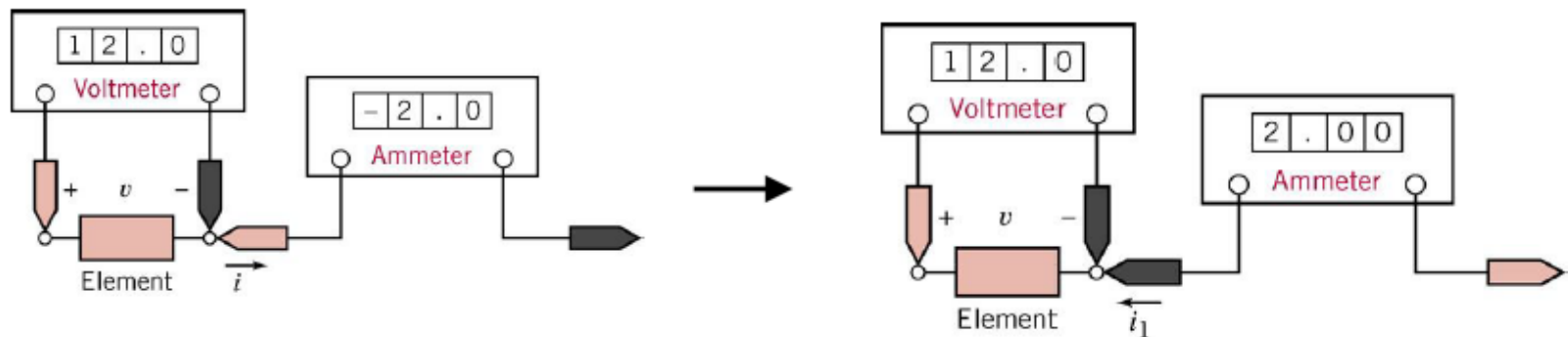
- *C'est le cas des sources d'énergie que nous verrons plus loin dans ce chapitre.*

**Cette convention permet d'indiquer si l'élément absorbe ou fournit de la puissance.**

Soit le circuit ci-dessous : le voltmètre indique 12 V.

En suivant la convention du courant qui va de la borne + à la borne -, nous avons placé un ampèremètre avec la même disposition pour la polarité des bornes.

Il indique - 2 A. Ainsi, l'élément présente une puissance négative de -24 W. C'est donc un élément qui fournit de la puissance. Dans un laboratoire, on permute les bornes de l'ampèremètre pour obtenir un courant positif.



## **Composants passifs qui absorbent de l'énergie**

Résistance



Inductance



Capacité



Les résistances seront les composants  
que nous allons utiliser dans la  
**première partie du cours**

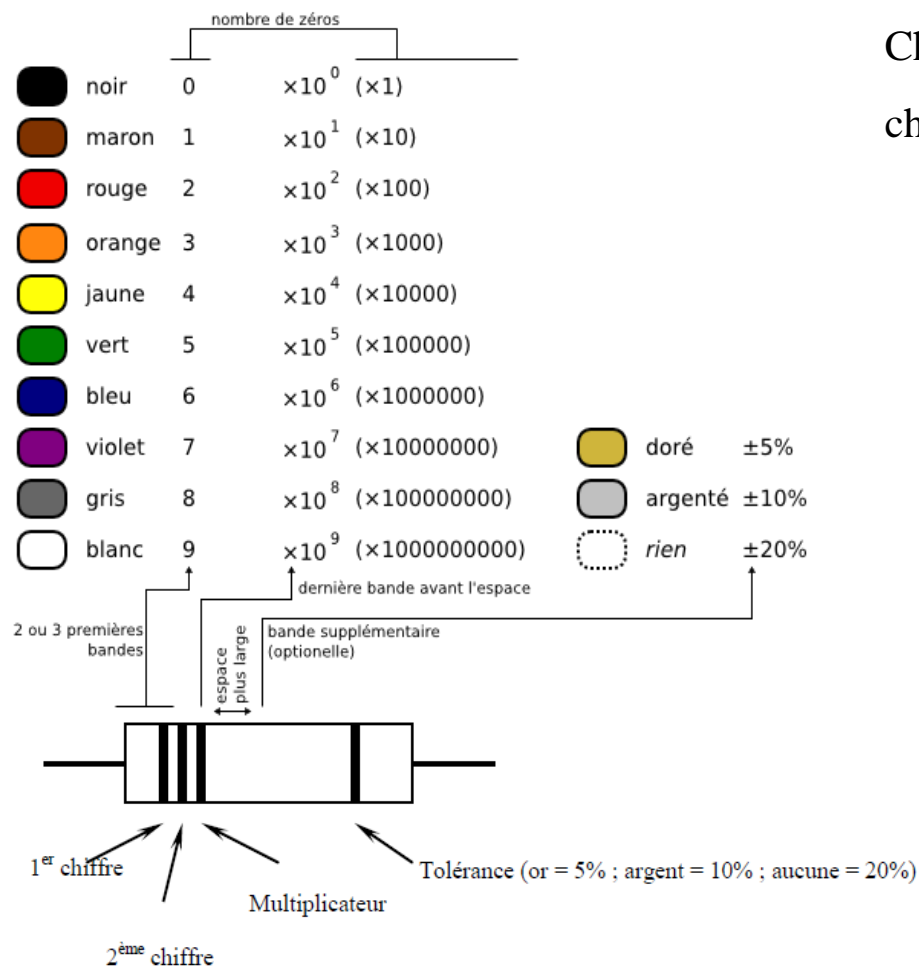
# Résistances

# RÉSISTANCE



Un code de couleurs standardisé est utilisé sur chaque résistance afin d'indiquer la valeur de la résistance.

Chaque bande a une signification particulière et chaque couleur représente une valeur numérique.



première unité,  
deuxième unité,  
multiplicateur,  
tolérance

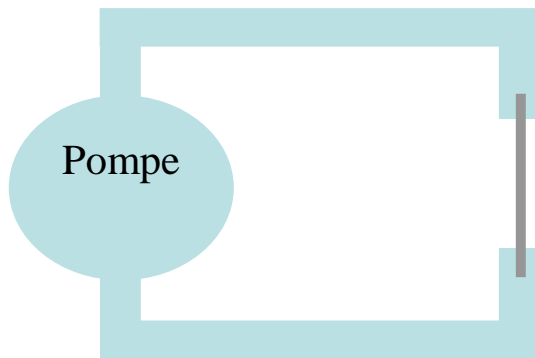
Par exemple, une résistance aux bandes de couleur successives :

[vert, blanc, rouge, argent]

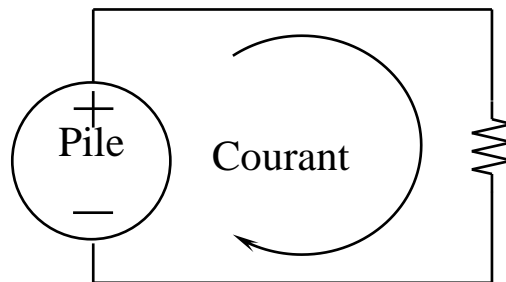
a une valeur résistive de :  $5.9 \text{ k}\Omega \pm 10 \%$

## RÉSISTANCE

La résistance est le composant le plus courant dans les circuits et est mesurée en **ohms**. La Figure illustre l'analogie entre un conduit réducteur hydraulique et une résistance dans un circuit électrique.



Un conduit réducteur  
empêche la circulation de  
l'eau à travers le système.



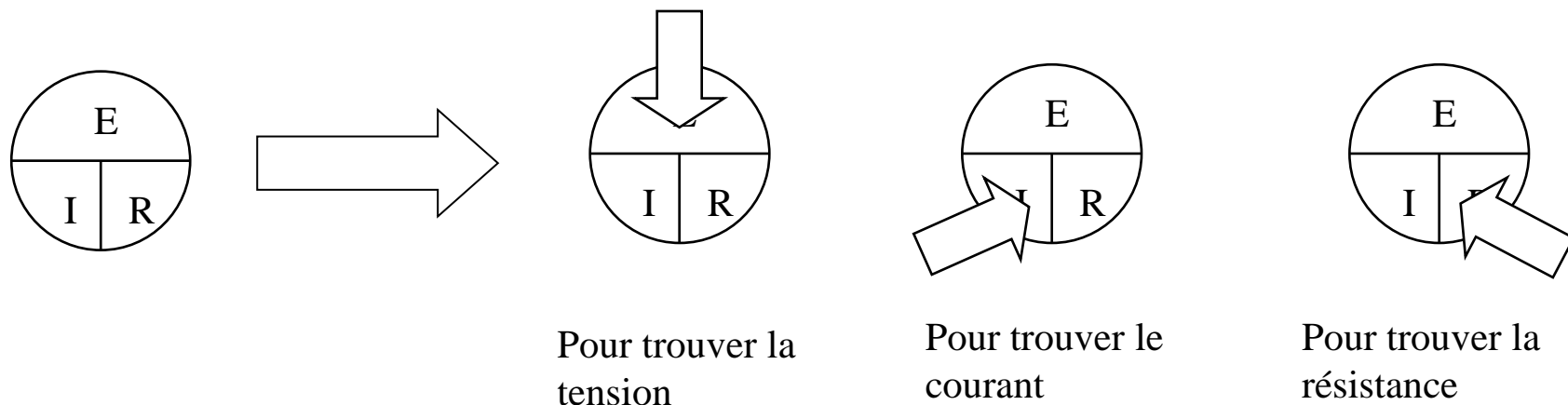
Une résistance empêche la  
circulation du courant à travers le  
circuit.

## LOI D'OHM

La *Loi d'Ohm* stipule que la tension  $V$  entre les bornes d'un conducteur de résistance  $R$  est proportionnelle au courant  $I$  qui le traverse :

$$V = R * I$$

### Diagrammes de la loi d'Ohm



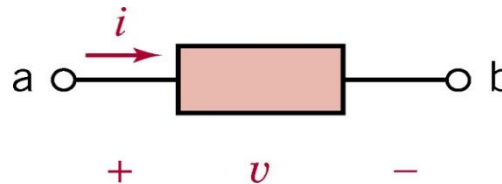
**Conductance :** Le terme opposé de la résistance est la **G conductance** qui est l'aptitude du matériau à laisser passer des électrons.

Application de la convention pour la résistance : c'est un élément absorbant qui reçoit de l'énergie :

le courant va du « + » vers le « - »

la tension de la borne « + » vers la borne « - ».

$$V = R * I$$

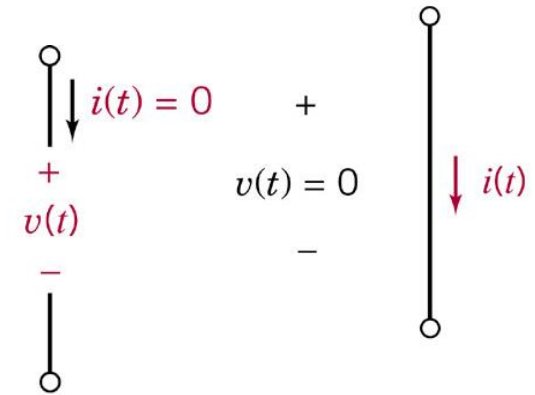


Puissance **positive** ou puissance **absorbée** par le composant

| Grandeur   | Unité  | Symbole  | Schématique |
|------------|--------|----------|-------------|
| Courant    | Ampère | A        | I           |
| Potentiel  | Volt   | V        | V           |
| Résistance | Ohm    | $\Omega$ | R           |

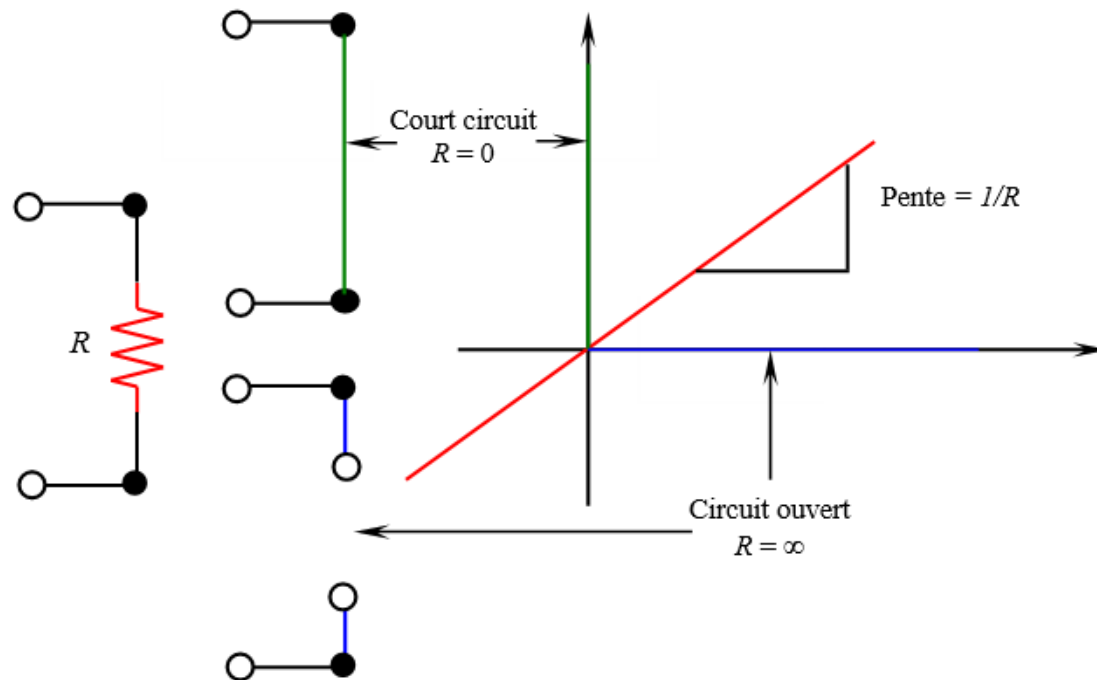
La résistance peut être utilisée pour la définition de deux termes couramment utilisés en circuiterie, *le court-circuit* et *le circuit ouvert*.

Nous définissons le **court circuit** comme une résistance **zéro ohms** et un **circuit ouvert** comme une **résistance infinie**.

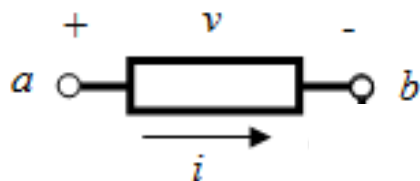


*Circuit Ouvert* : élément de circuit dont la résistance est infinie ( $R = \infty$ ) et où **aucun courant ne peut y circuler**.

*Loi d'ohm :*

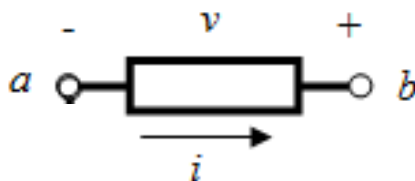


Pour les trois cas ci-dessous, écrire la loi d'Ohm en assumant que le composant est une résistance.



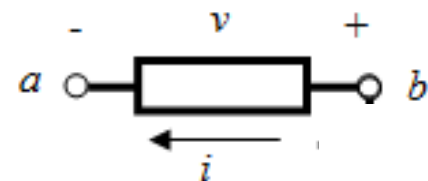
(a)

$$v = Ri$$



(b)

$$v = - Ri$$



(c)

$$v = Ri$$

## LINÉARITÉ

Un circuit est linéaire si le *principe de superposition* s'applique.

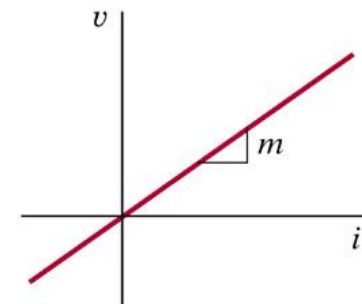
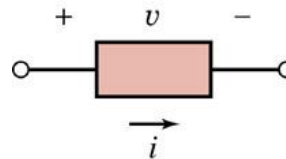
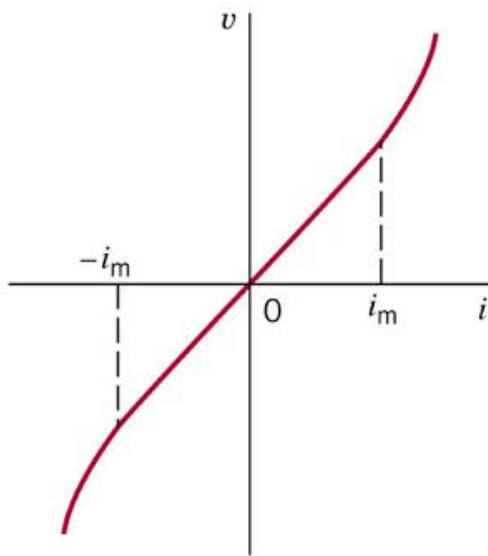
Si l'entrée est  $v_i$  et la sortie  $v_o$  alors :

- Si l'entrée est  $a*v_{i1}(t)$ , la sortie sera  $a*v_{o1}(t)$
- Si l'entrée est  $b*v_{i2}(t)$ , la sortie sera  $b*v_{o2}(t)$
- Si l'entrée est  $v_{i1}(t) + v_{i2}(t)$ , la sortie sera  $v_{o1}(t) + v_{o2}(t)$
- Si l'entrée est  $a*v_{i1}(t) + b*v_{i2}(t)$ , la sortie sera  $a*v_{o1}(t) + b*v_{o2}(t)$

Considérons d'abord la courbe ci-dessous. Dans cette figure, montrant la relation courant-tension d'une lampe, il est évident que la courbe  $v = f(i)$  est

- Linéaire pour  $-i_m < i < i_m$
- Non linéaire pour  $i < -i_m$  et  $i_m < i$

Maintenant, considérons la figure suivante. Cette courbe est linéaire avec une relation  $v = f(i)$  de la forme  $v = m i$



Quant aux inductances et aux capacités, nous les aborderons dans la **seconde partie du cours**

Inductance



Capacité

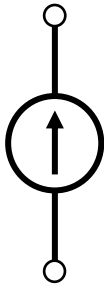


## **Sources indépendantes qui fournissent de l'énergie**

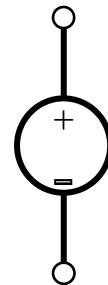
# Sources électriques

Pour générer une puissance, il faut des sources d'énergie :  
**ce sont les sources de courant ou de tension**

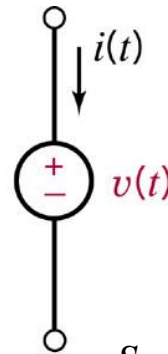
Source de  
**Courant**  
indépendante



Source de  
**Tension**  
indépendante

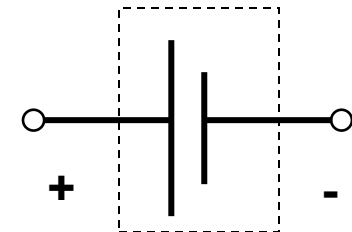


Note: Une source de tension est symbolisée par un signe « + » et un signe « - » pour montrer la différence de tension qui doit exister entre les deux connecteurs de la source.



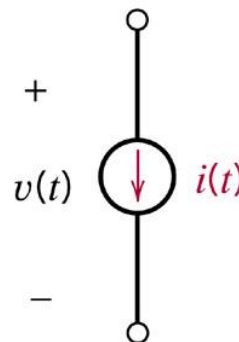
Source AC

ou



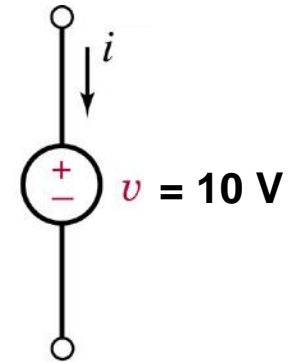
DC

Note: Une source de courant est symbolisée par une flèche orientée qui indique le sens du courant qui doit aller du signe « + » vers le signe « - ».



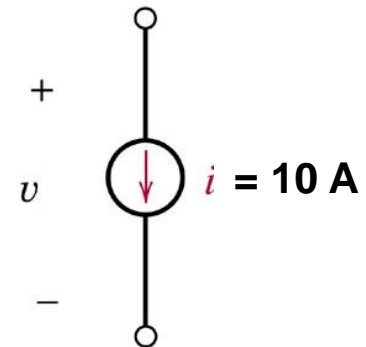
- Une source indépendante de tension
  - Fournit une valeur de tension constante, **qui ne change pas** si nous changeons le circuit auquel elle est connectée (*ici 10 V*).

**C'est donc par définition une source indépendante.**



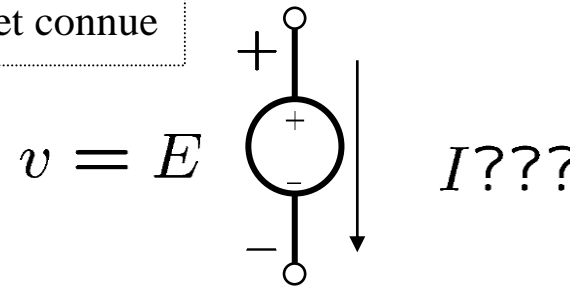
- Une source indépendante de courant
  - Fournit une valeur de courant constante, **qui ne change pas** si nous changeons le circuit auquel elle est connectée (*ici 10 A*).

**C'est donc par définition une source indépendante.**



Une source indépendante de tension

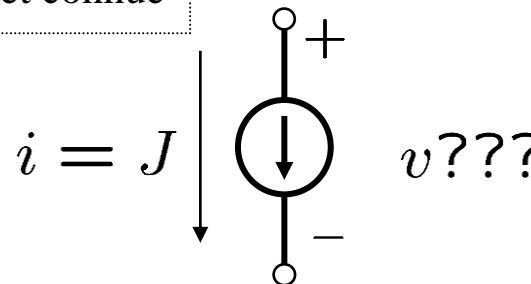
Fournit une valeur de tension  $E$  constante et connue



Cependant, le courant qui la parcourt est **INCONNU**. Il dépend du circuit auquel la source est connectée

Une source indépendante de courant

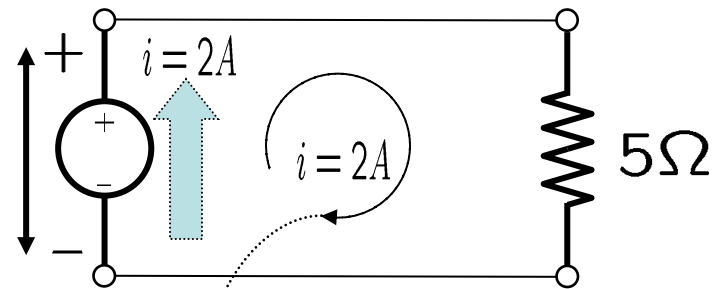
Fournit une valeur de courant  $J$  constante et connue



Cependant, la tension à ses bornes est **INCONNUE**. Elle dépend du circuit auquel la source est connectée

- Une source indépendante de tension
  - Son courant dépend du circuit : exemple :

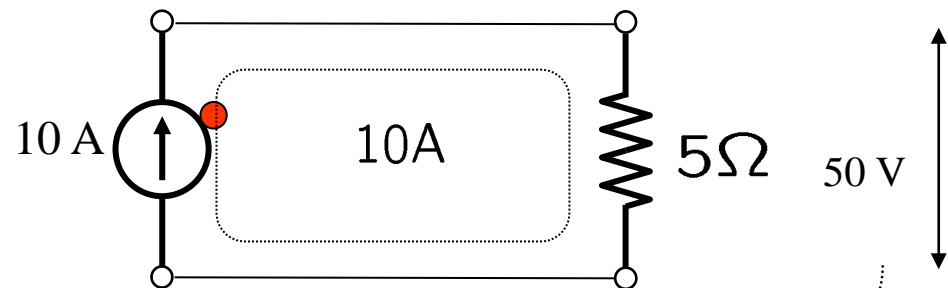
Valeur de la tension connue et constante : 10 V



Le courant est déterminée par la loi d'Ohm :  $I = V/R = 10 / 5 = 2 A$

- Une source indépendante de courant
  - Sa tension dépend du circuit : exemple :

Valeur du courant connue et constante : 10 A



La tension est déterminée par la loi d'Ohm :  $V = R \cdot I = 50 \text{ V}$

## **Sources dépendantes qui fournissent de l'énergie**

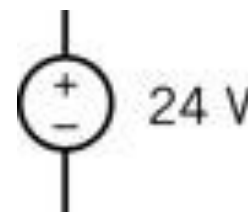
## SOURCES INDÉPENDANTES ET DÉPENDANTES

Une source de tension est dite **indépendante** lorsque la valeur de la tension **ne dépend d'aucune** variable du circuit.

Une source de courant est dite **indépendante** lorsque la valeur du courant **ne dépend d'aucune** variable du circuit.

Une source de tension est dite **dépendante** lorsque la valeur de la tension **dépend d'une ou de plusieurs** variables du circuit. Elle est dite **contrôlée par ces variables**.

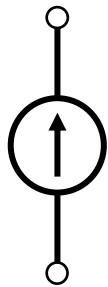
Une source de courant est dite **dépendante** lorsque la valeur du courant **dépend d'une ou de plusieurs** variables du circuit. Elle est dite **contrôlée par ces variables**.



**Note** : Une source indépendante est symbolisée par un **cercle** tandis qu'une source dépendante est symbolisée par un **losange**.

# Sources électriques

Pour générer une puissance, il faut des sources d'énergie :  
**ce sont les sources de courant ou de tension**

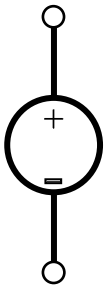


Source de  
**Courant**  
indépendante



Source de  
**Courant**  
dépendante

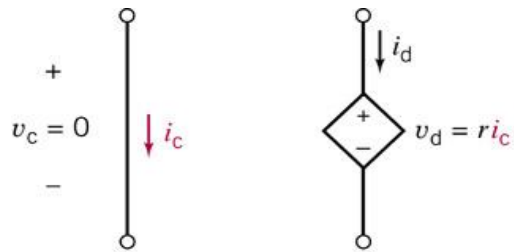
Source de  
**Tension**  
indépendante



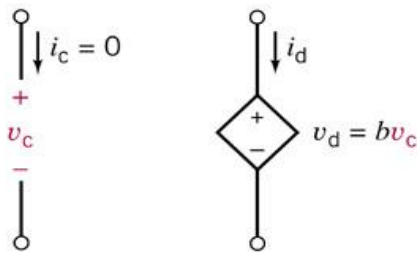
Source de  
**Tension**  
dépendante



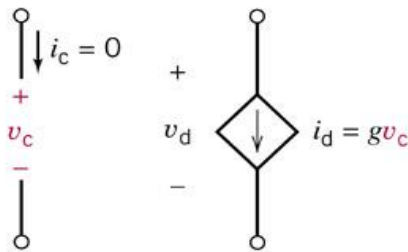
Il existe **quatre** types différents de sources dépendantes



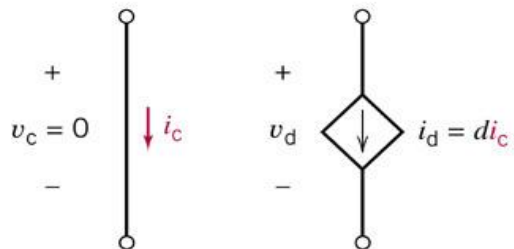
(a) Source de Tension Contrôlée par un Courant ou STCC (*Current-Controlled Voltage Source*),  $r$  est le gain de la STCC et son unité est le volts/ampère. Il équivaut à une résistance.



(b) Source de Tension Contrôlée par une Tension ou STCT (*Voltage-Controlled Voltage Source*),  $b$  est le gain de la STCT et son unité est le volts/volt. Il équivaut à un gain en tension.

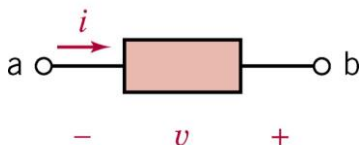


(c) Source de Courant Contrôlée par une Tension ou SCCT (*Voltage-Controlled Current Source*),  $g$  est le gain de la SCCT et son unité est le ampères/volt. Il équivaut à une conductance.



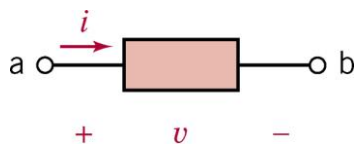
(d) Source de Courant Contrôlée par un Courant ou SCCC (*Current-Controlled Current Source*),  $d$  est le gain de la SCCC et son unité est le ampères/ampère. Il équivaut à un gain en courant.

## Convention sur les puissances : **Rappel**



Cas I

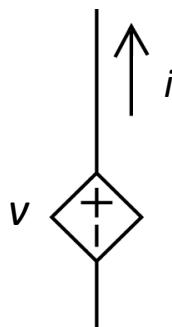
- a.  $i > 0$  et  $v > 0$  : les deux positifs  
Puissance fournie par l'élément (source)
- b.  $i < 0$  et  $v < 0$  : les deux négatifs  
Puissance fournie par l'élément (source)
- c.  $i < 0$  et  $v > 0$  OU  $i > 0$  et  $v < 0$   
Puissance absorbée par l'élément (charge)



Cas II

- a.  $i > 0$  et  $v > 0$  : les deux positifs  
Puissance absorbée par l'élément (charge)
- b.  $i < 0$  et  $v < 0$  : les deux négatifs  
Puissance absorbée par l'élément (charge)
- c.  $i < 0$  et  $v > 0$  OU  $i > 0$  et  $v < 0$   
Puissance fournie par l'élément (source)

## Convention sur les puissances : Exemples

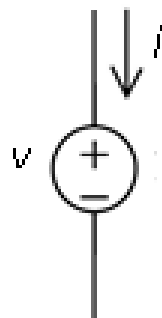


**SI :**

$i < 0$  et  $v < 0 \rightarrow$  Les deux négatifs

Nous sommes dans le cas I-b

Puissance fournie : Source



**SI :**

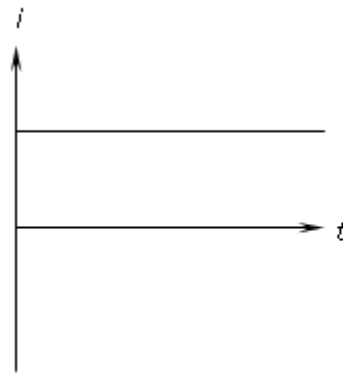
$i < 0$  et  $v > 0 \rightarrow$  un positif et un négatif

Nous sommes dans le cas II-c

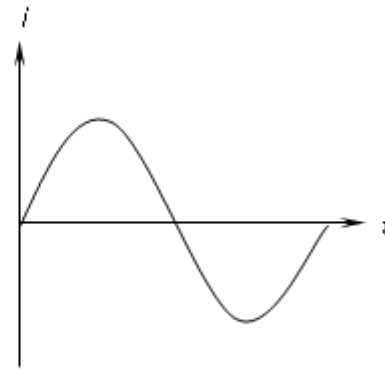
Puissance fournie : Source

# Caractéristiques des sources sinusoïdales

## Sources AC ou DC ?



(a)



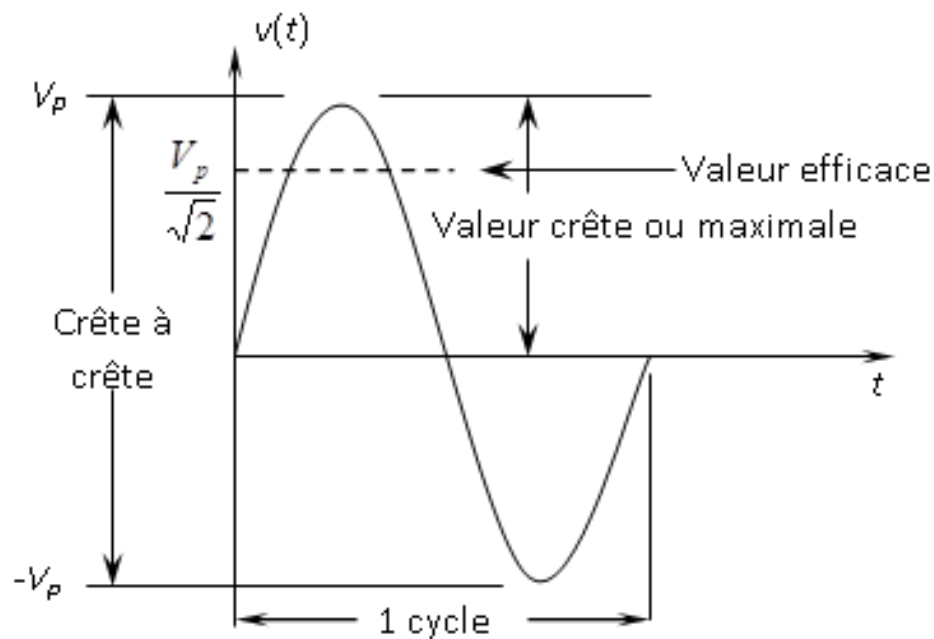
(b)

(a) Courant continu (CC). (b) Courant sinusoïdal ou alternatif (CA).

En discutant du signal alternatif **sinusoïdal**, il est nécessaire d'exprimer le courant et la tension en termes de *valeur maximale* ou valeur crête (ou encore valeur pic), de *valeur crête à crête* (ou de valeur pic à pic), de *valeur effective* ou efficace, de *valeur moyenne* ou de *valeur instantanée*. Chacune de ces valeurs est utilisée pour décrire une grandeur différente de courant ou tension.

$$v(t) = V_p \cos(\omega t + \theta)$$

$$v(t) = V_p \sin(\omega t + \theta)$$



- où
- $V_p$  = Amplitude crête de la tension instantanée en volts
  - $t$  = Temps en seconde (s)
  - $\omega$  = Fréquence angulaire exprimée en radians par seconde (rad/s) :  $\omega = 2 \pi f$
  - $f$  = Fréquence en Hertz (Hz) :  $f = 1 / T$
  - $T$  = Période en seconde (s)

**Valeur effective ou efficace** (“*root-mean-square value*” ou “*rms value*”)

$$x_{eff} = \sqrt{\text{Moyenne de la somme des carrés de la grandeur instantanée}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

**Exemple :** Calculer la valeur effective du courant **sinusoïdal**  $i(t) = I_p \cos(\omega t)$ .

$$\begin{aligned} i_{eff} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} I_p^2 \cos^2(\omega t) dt} \\ &= \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} I_p^2 \left[ \frac{1}{2} + \cos(2\omega t) \right] dt} = \sqrt{\frac{1}{2} I_p^2 + \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi/\omega} \frac{I_p^2}{2} \cos(2\omega t) dt} \end{aligned}$$

Nous voyons que l'intégrale sous le signe de racine carrée est égale à zéro car nous intégrons une onde sinusoïdale le long de deux périodes  $\Rightarrow$

$$i_{eff} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} = 0.707 I_p$$

où  $i_{eff}$  est la valeur efficace et  $I_p$  la valeur maximale ou valeur crête.

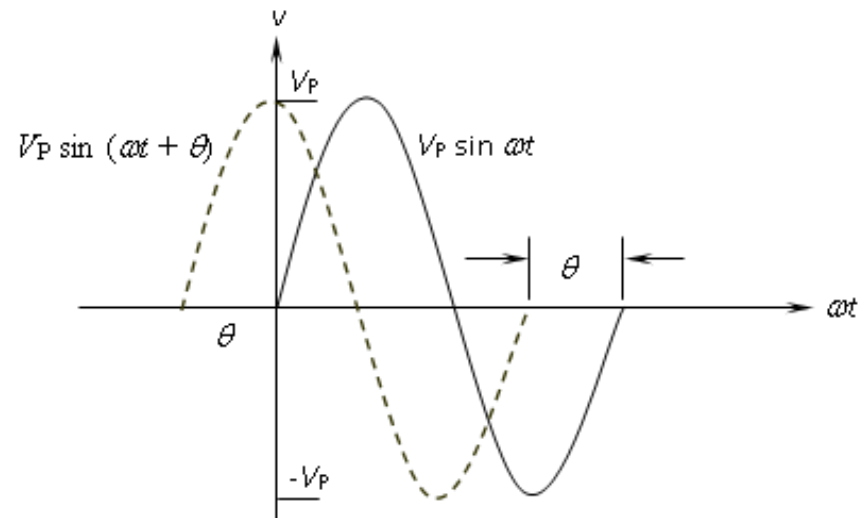
Notons que ce résultat n'est valable **que pour les signaux sinusoïdaux !!**

## Phase

Pour décrire plus en détail la relation de phase entre deux ondes sinusoïdales, les termes avance et retard sont utilisés.

Ainsi,  $V_P \sin(\omega t + \theta)$  apparaît  $\theta$  degrés avant. Dans ce cas, nous disons que  $V_P \sin(\omega t + \theta)$  **avance** de  $\theta$  par rapport à  $V_P \sin \omega t$ .

De même, nous pouvons dire que  $V_P \sin \omega t$  **retarde** de  $\theta$  par rapport à  $V_P \sin(\omega t + \theta)$ .



L'onde qui coupe l'axe du temps en dernier est dite **en retard** par rapport à l'autre onde.

Pour comprendre ce point, considérons la relation suivante

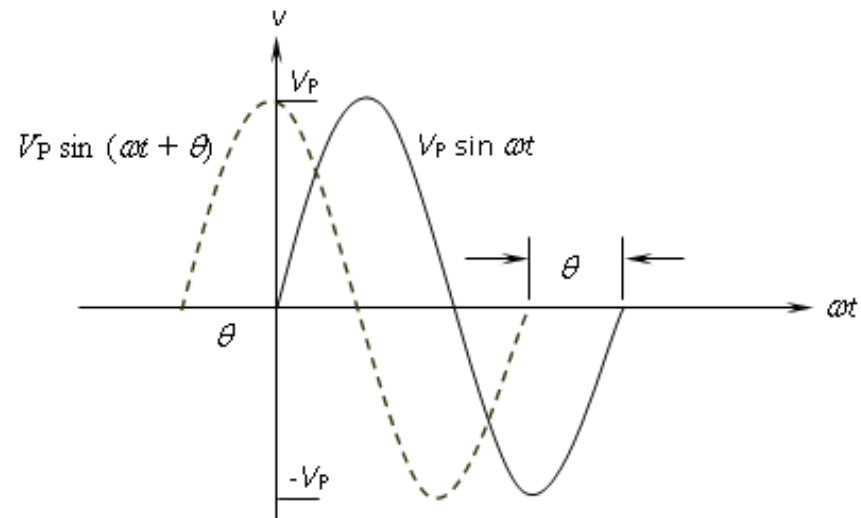
$$v_1 = V_{P1} \cos(10t + 20^\circ) = V_{P1} \sin(10t + 90^\circ + 20^\circ) = V_{P1} \sin(10t + 110^\circ)$$

Cette tension est **en avance** par rapport à  $v_2 = V_{P2} \sin(10t - 40^\circ)$

de  $150^\circ$ .

Il est aussi correct de dire que  $v_1$  **retarde** par rapport à  $v_2$  de  $210^\circ$  puisque  $v_1$  peut être écrit sous la forme

$$v_1 = V_{P1} \sin(10t - 250^\circ)$$



# Interrupteurs

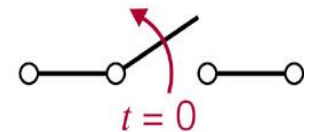
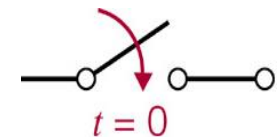
## INTERRUPTEURS

En électricité, il existe différents types d'interrupteurs (*switches*) dont le rôle est de fermer ou ouvrir un circuit. Dans ce cours, les interrupteurs auront deux états distincts :

- « Ouvert » : il sera équivalent à *un circuit ouvert* (résistance infinie)
- « Fermé » : il sera équivalent à *un court-circuit* (résistance nulle).

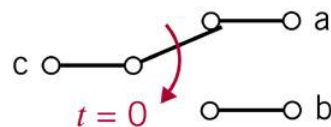
Les interrupteurs les plus courants sont :

- Interrupteur unipolaire à une seule direction (*single-pole single-throw switch*). Il faut distinguer entre
  - initialement ouvert mais se ferme à  $t = t_0$ . La flèche indique le sens de changement à l'instant indiqué, soit ici à  $t = 0$ .
  - initialement fermé mais s'ouvre à  $t = t_0$ . La flèche indique le sens de changement à l'instant indiqué, soit ici à  $t = 0$ .



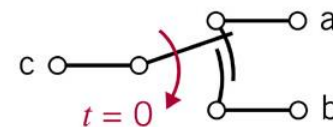
Les interrupteurs les plus courants sont :

- Interrupteur unipolaire à deux directions (*single-pole double-throw switch*). Il est constitué de deux interrupteurs unipolaires à une direction.



Break before make

(a)



Make before break

(b)

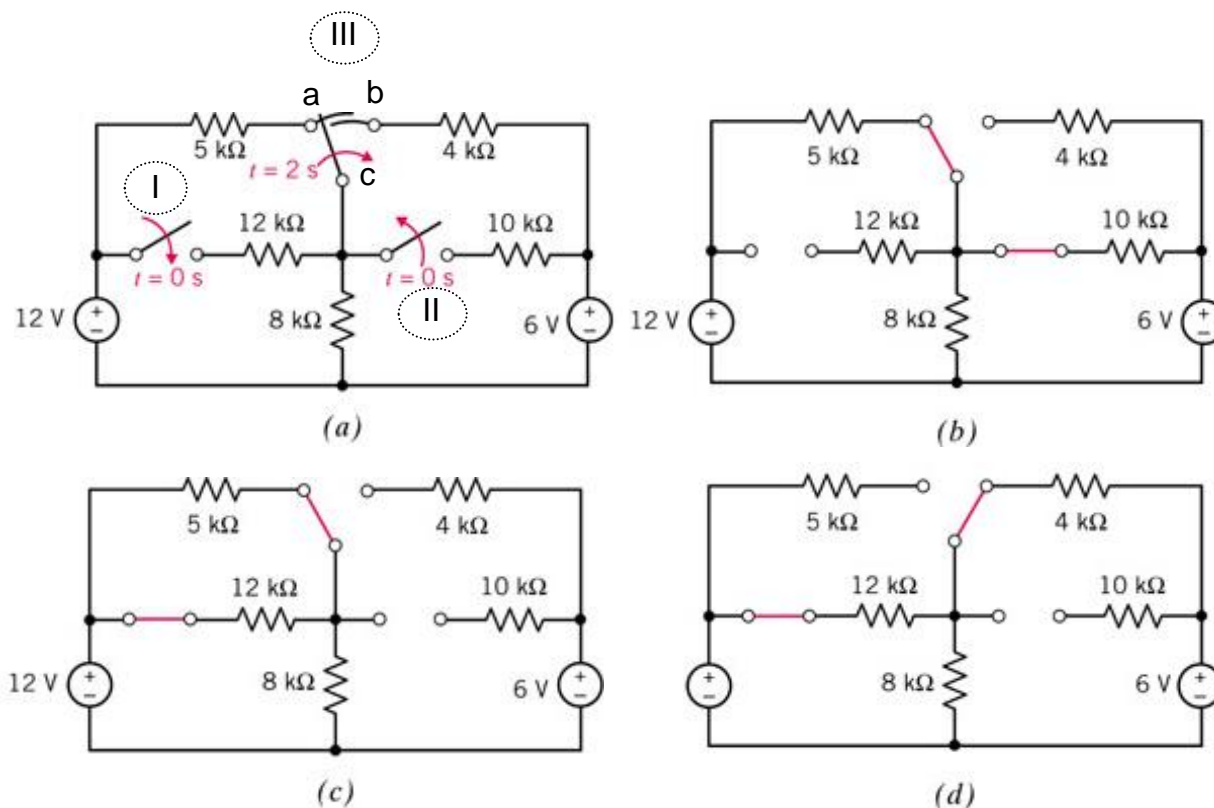
Il est possible de distinguer entre :

- Le contact non court-circuitant ou **contact sans chevauchement** (*break before make*). C'est un système où un contact est complètement ouvert avant que le prochain soit établi à  $t = t_0$ .
  - Figure a, le contact entre  $c$  et  $a$  est ouvert avant que le contact entre  $b$  et  $c$  ne soit établi à  $t = 0$ .
- Le contact court-circuitant ou **contact avec chevauchement** (*make before break*). C'est un système où un contact est maintenu jusqu'à ce que le contact voisin soit établi à l'instant  $t = t_0$ .
  - Figure b, le contact entre  $b$  et  $c$  est établi à  $t = 0$  avant que le contact entre  $c$  et  $a$  soit ouvert.

Comme illustration, considérons le circuit ci-dessous avec trois interrupteurs.

Comme le premier temps de changement d'état est celui de  $t = 0$ , tout le raisonnement doit démarrer de cet instant :

- $t < 0$  s : **Circuit b** : l'interrupteur I est ouvert, II fermé, III ouvert entre  $b$  et  $c$  et fermé entre  $a$  et  $c$ .
- $0 \text{ s} \leq t < 2 \text{ s}$  : **Circuit c** : l'interrupteur I est fermé, II ouvert, III ouvert entre  $b$  et  $c$  et fermé entre  $a$  et  $c$ .
- $2 \text{ s} \leq t$  : **Circuit d** : l'interrupteur I est fermé, II ouvert, III ouvert entre  $a$  et  $c$  et fermé entre  $b$  et  $c$ .



# **Système international d'unités : Système SI**

## RAPPEL SUR QUELQUES NOTIONS FONDAMENTALES

Pour fixer la valeur d'une grandeur mesurable, nous devons donner à la fois un nombre (*combien*) et une unité (*de quoi*) (par exemple, 5 mètres). Les unités des dimensions fondamentales sont appelées *unités fondamentales* ou *de base*. Parmi les systèmes d'unités de base, nous avons :

- le Système International des Unités (SI) incluant le sous-système *mètre-kilogramme-seconde-ampère* (MKSA) représentant les quatre dimensions fondamentales : *longueur*, *masse*, *temps* et *courant électrique*.
- le système *centimètre-gramme-seconde* (CGS).

Les Sept Unités Fondamentales du Système International sont :

| Grandeur            | Unité      | Abréviation |
|---------------------|------------|-------------|
| Masse               | kilogramme | kg          |
| Longueur            | mètre      | m           |
| Temps               | seconde    | s           |
| Courant électrique  | ampère     | A           |
| Température         | kelvin     | K           |
| Intensité lumineuse | candela    | cd          |
| Quantité de matière | mole       | mol         |

Les unités des autres dimensions sont dite *unités secondaires* ou *dérivées* et sont basées sur les unités fondamentales précédentes. De nos jours, la plupart des ingénieurs utilisent le système pratique MKSA.

Le système CGS est utilisé principalement dans le domaine de la physique où il permet certaines simplifications dans la formulation des résultats.

Unités dérivées du Système International.

| Grandeur             | Symbole  | Unité   | Symbole de l'Unité |
|----------------------|----------|---------|--------------------|
| Angle                | $\theta$ | Radian  | rad                |
| Capacité             | C        | Farad   | F                  |
| Conductance          | G        | Siemens | S                  |
| Charge électrique    | Q        | Coulomb | C                  |
| Force électromotrice | E        | Volt    | V                  |
| Énergie, travail     | W        | Joule   | J                  |
| Force                | F        | Newton  | N                  |
| Fréquence            | f        | Hertz   | Hz                 |
| Inductance           | L        | Henry   | H                  |
| Puissance            | P        | Watt    | W                  |
| Résistance           | R        | Ohm     | $\Omega$           |
| Pression             | p        | Pascal  | Pa                 |
| Flux magnétique      | F        | Weber   | Wb                 |
| Induction magnétique | B        | Tesla   | T                  |
| Flux lumineux        | L        | Lumen   | lm                 |

Le Système International utilise le système décimal pour faire le lien entre unités de base et unités plus grandes ou plus petites, et emploie des préfixes pour indiquer les différentes puissances de 10.

Ces préfixes sont extrêmement importants dans les études en ingénierie et il est très utile de les mémoriser.

Préfixes SI.

| Préfixe | Symbole | Unité      |
|---------|---------|------------|
| exa     | E       | $10^{+18}$ |
| peta    | P       | $10^{+15}$ |
| tera    | T       | $10^{+12}$ |
| giga    | G       | $10^{+9}$  |
| mega    | M       | $10^{+6}$  |
| kilo    | k       | $10^{+3}$  |
| milli   | m       | $10^{-3}$  |
| micro   | μ       | $10^{-6}$  |
| nano    | n       | $10^{-9}$  |
| pico    | p       | $10^{-12}$ |
| femto   | f       | $10^{-15}$ |
| atto    | a       | $10^{-18}$ |

**Merci de votre attention**

**Fin du chapitre 1**