



IUT qualité,
logistique industrielle et organisation

Module d'Electricité

1^{ère} partie : Electrocinétique

©Fabrice Sincère (version 4.0.3)

<http://perso.orange.fr/fabrice.sincere>

Sommaire de l'introduction

1- Courant électrique

1-1- Définitions

1-2- Loi des nœuds (1^{ère} loi de Kirchhoff)

2- Tension électrique

2-1- Définitions

2-2- Loi des branches (2nd loi de Kirchhoff)

3- Relation entre courant et tension

3-1- Loi d'Ohm

3-2- Résistance électrique d'un conducteur ohmique

3-3- Echelle des résistivités

4- Puissance et énergie électrique

4-1- Puissance électrique

4-2- Energie électrique

4-3- Effet Joule

4-4- Loi de Joule

Chapitre 1 Introduction

L'Electrocinétique est la partie de l'Electricité qui étudie les courants électriques.

1- Courant électrique

1-1- Définitions

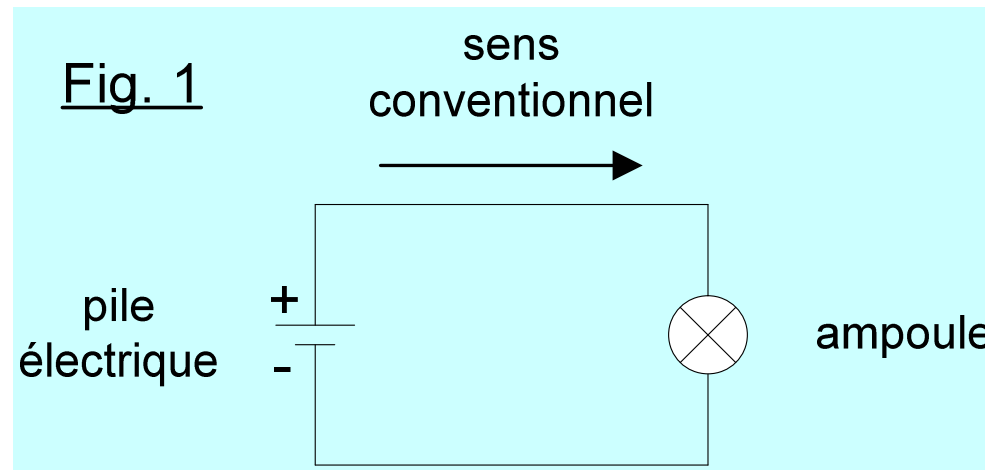
- Définition : un **courant électrique** est un mouvement d'ensemble de porteurs de charges électriques.

Métaux (cuivre, aluminium ...) : électrons libres.

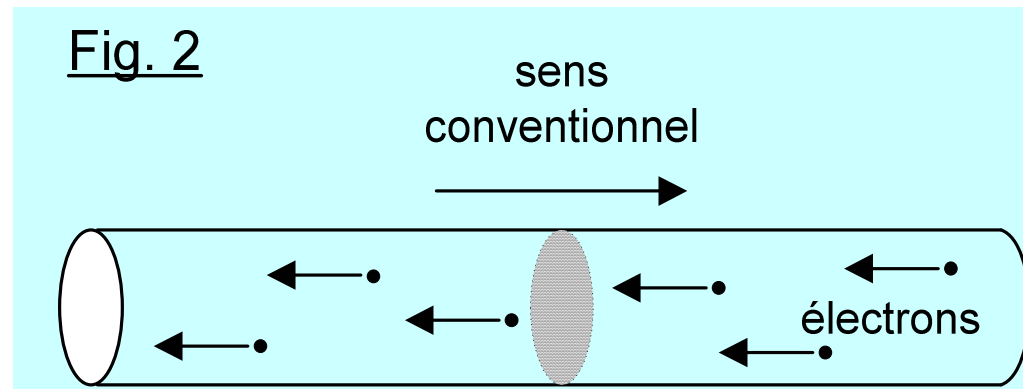
Charge électrique de l'électron : $q = -e \approx -1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb (C).

Solutions liquides (électrolytes) : ions (cations et anions).

- Définition : le **sens conventionnel du courant** électrique est le sens du mouvement des porteurs de charges positives.

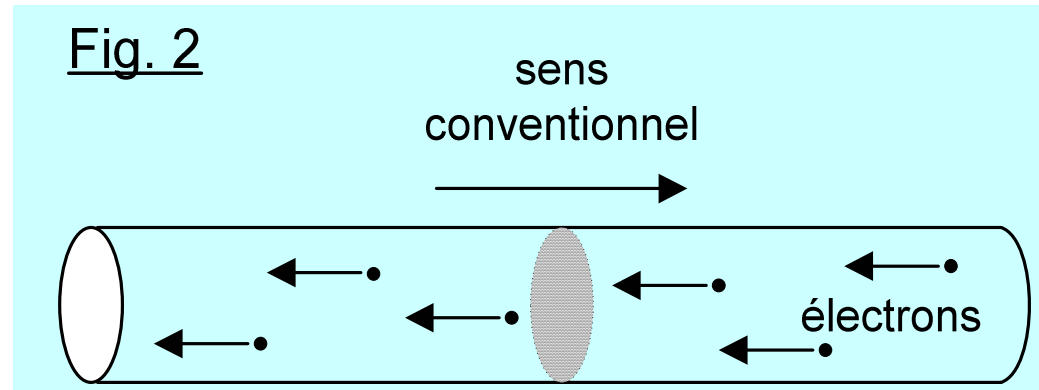


Le sens conventionnel du courant est donc le sens inverse du mouvement des électrons ($q < 0$) :



- Définition : L'intensité du courant électrique i est la quantité d'électricité transportée par unité de temps.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad [A] = \frac{[C]}{[s]}$$



dq est la quantité d'électricité qui traverse la section du conducteur pendant la durée dt .



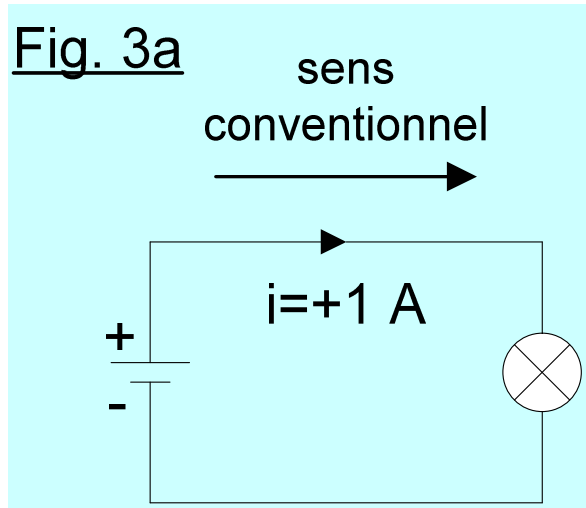
50 mA est l'ordre de grandeur du courant mortel pour l'homme.

A.N. Dans un fil, le débit est de 100 milliards d'électrons par seconde.

Calculer l'intensité correspondante.

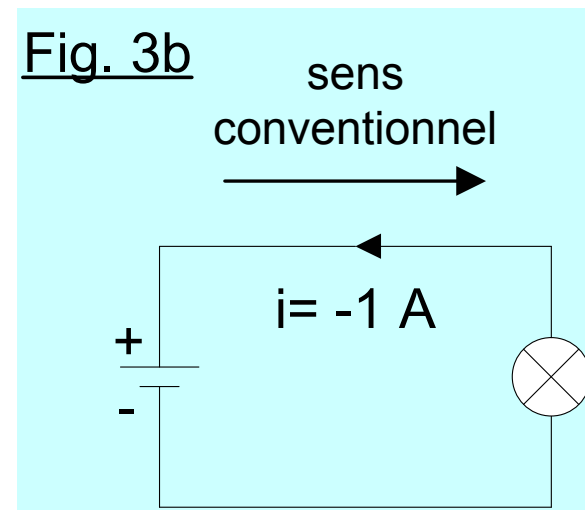
$$\begin{aligned} i &= 100 \cdot 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / 1 \\ &= 0,016 \mu\text{A} \end{aligned}$$

- Le courant électrique est symbolisé par une flèche :



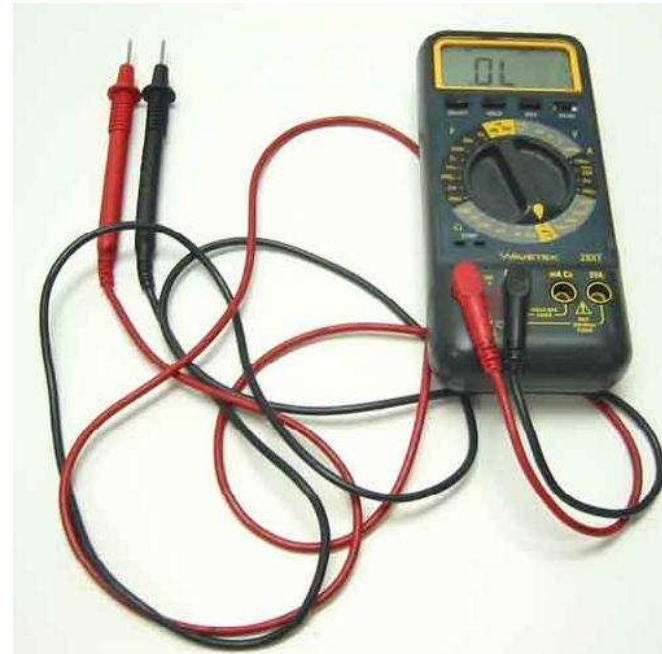
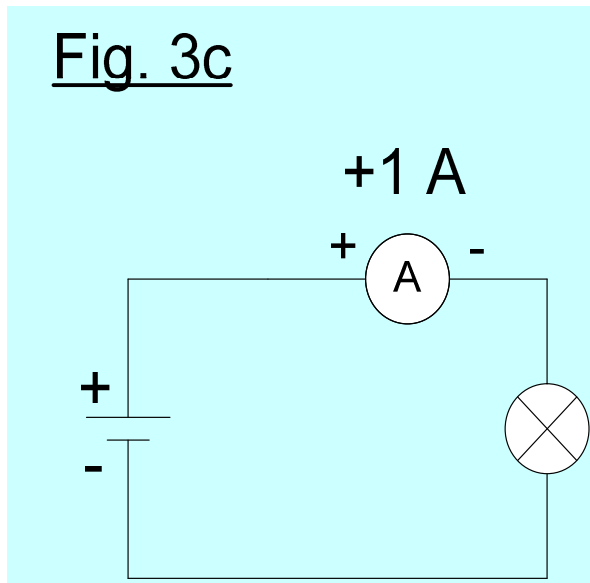
Le courant est positif quand on oriente la flèche du courant dans le sens conventionnel.

Le signe du courant change quand on inverse l'orientation :



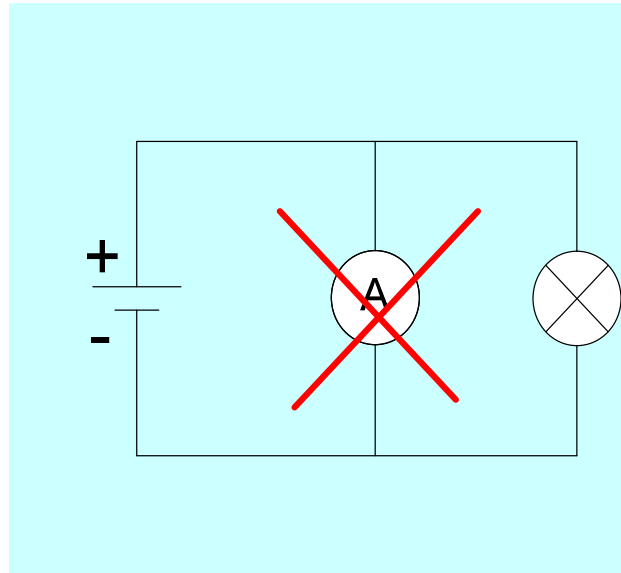
- Un ampèremètre mesure le courant qui le traverse.

Il est donc branché en série :



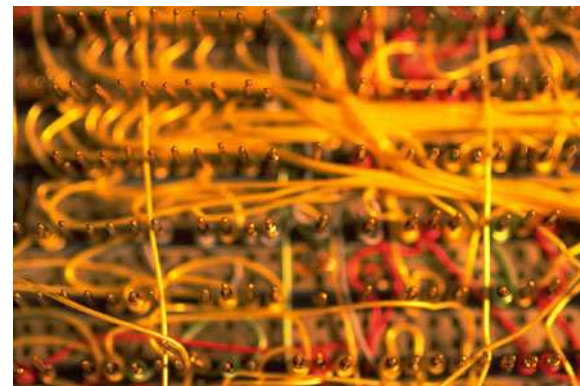
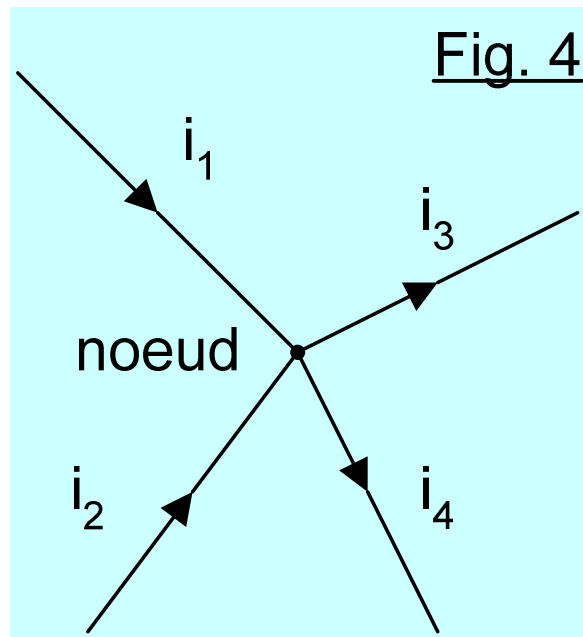
Rmq. : un ampèremètre se comporte comme un fil.

Attention au court-circuit !



1-2- Loi des nœuds (1^{ère} loi de Kirchhoff)

Un nœud est un point de jonction de plusieurs conducteurs électriques :



La somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants sortant du nœud :

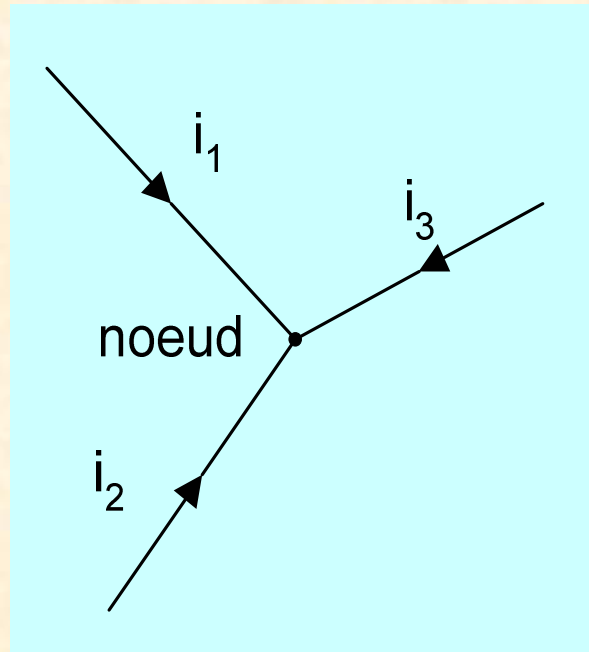
$$\mathbf{i}_1 + \mathbf{i}_2 = \mathbf{i}_3 + \mathbf{i}_4$$

A.N.

$$i_1 = +1 \text{ A}$$

$$i_2 = +2 \text{ A}$$

Calculer i_3 .



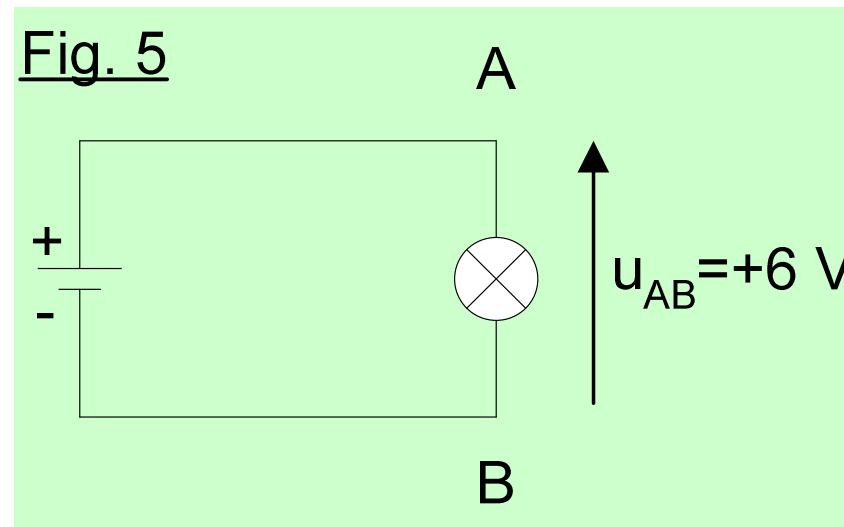
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$i_3 = -3 \text{ A}$$

2- Tension électrique

2-1- Définitions

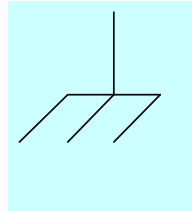
- Une tension électrique est une différence de potentiel électrique (ou d.d.p.) :



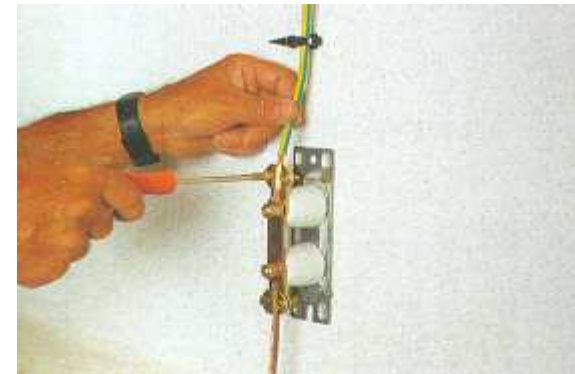
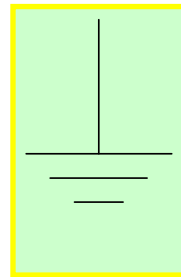
$$u_{AB} = v_A - v_B$$

u_{AB} (en V)	:	tension électrique entre les points A et B
v_A (en V)	:	potentiel électrique du point A
v_B	:	B

- Le potentiel électrique est défini à une constante près.
La référence des potentiels électriques est la « masse électrique ».
C'est le « 0 V » :

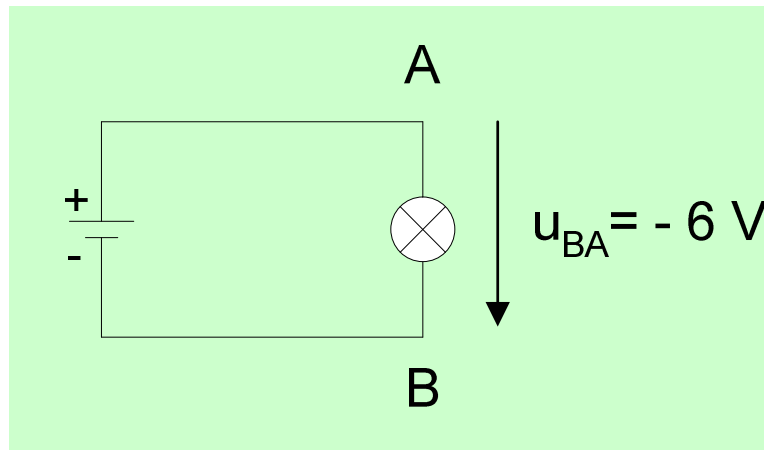


Remarque : ne pas confondre *masse* et *terre*



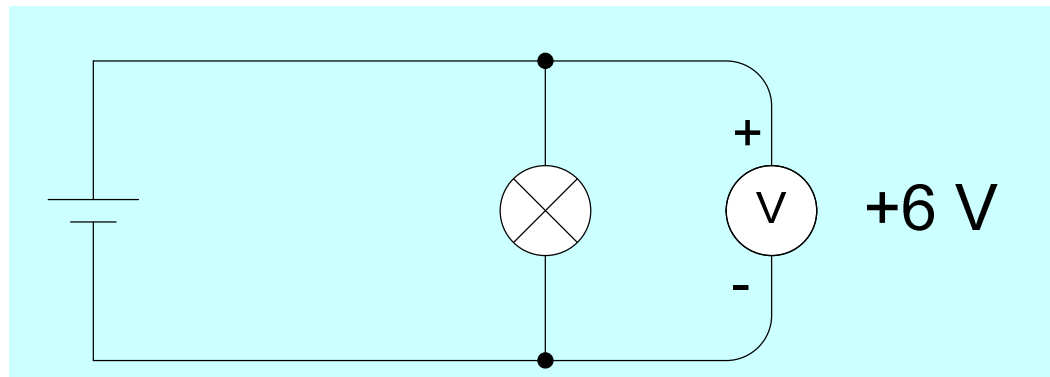
- La tension est une grandeur algébrique :

$$u_{AB} = -u_{BA}$$



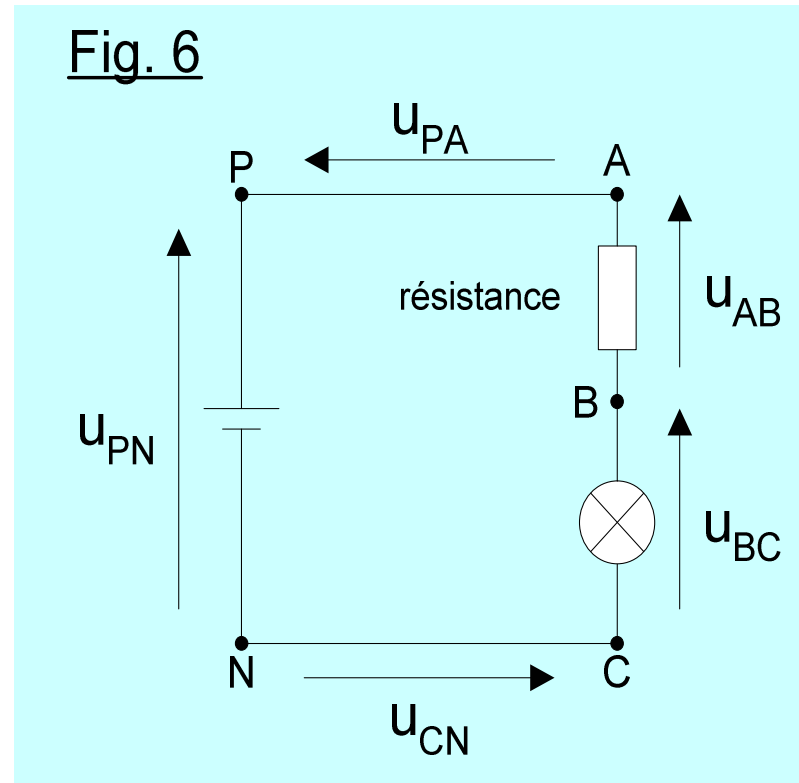
- Un voltmètre mesure la tension présente à ses bornes.

Il est donc branché en dérivation :



2-2- Loi des branches (2nd loi de Kirchhoff)

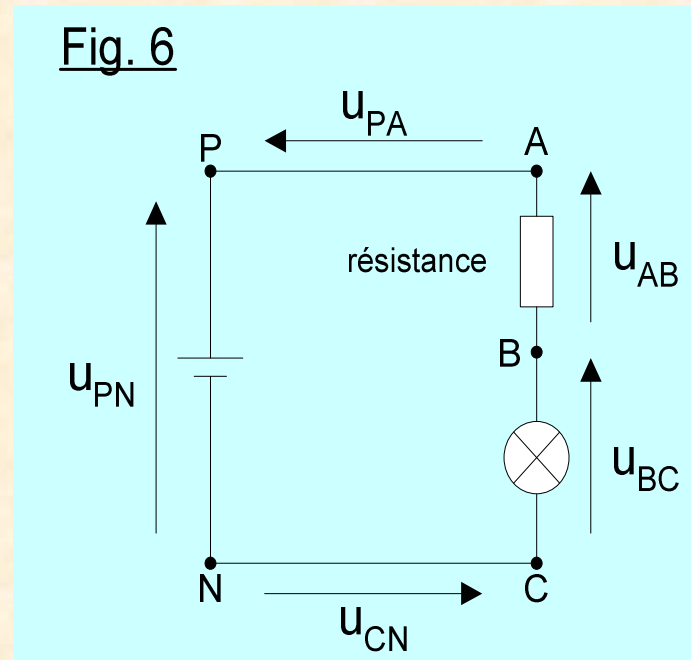
- La tension totale entre deux points d'un circuit électrique est égale à la somme des tensions intermédiaires.



$$u_{PN} = u_{PA} + u_{AB} + u_{BC} + u_{CN}$$

- Exemple :

Une pile de fem 9 V alimente une ampoule de 6 V à travers une résistance :



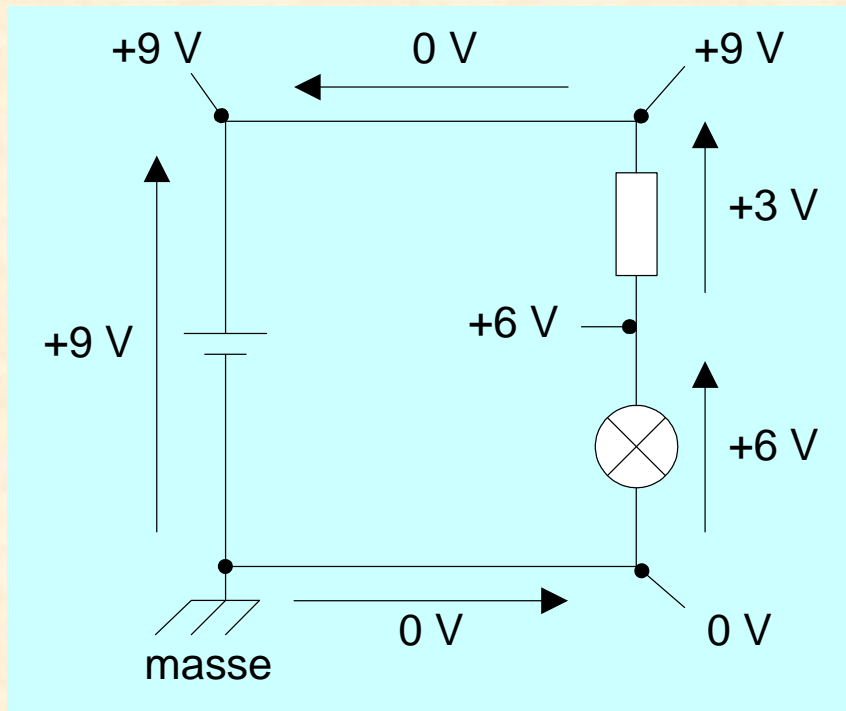
Calculer la tension aux bornes de la résistance.

$$u_{AB} = 9 - 6 = +3 \text{ V}$$

A noter que la tension aux bornes d'un fil électrique est pratiquement nulle :

$$u_{PA} \approx u_{CN} \approx 0 \text{ V}$$

- On place la masse au point N.
Calculer le potentiel électrique aux points P, A, B et C.



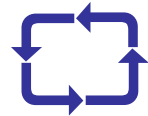
$$V_C = V_N = 0 \text{ V}$$

$$V_B = +6 \text{ V}$$

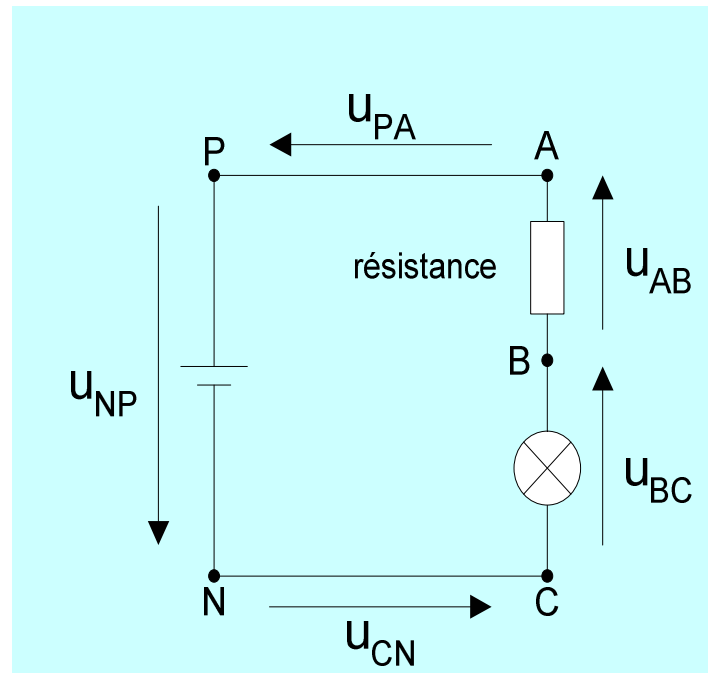
$$V_P = V_A = +9 \text{ V}$$

- Cas particulier d'une maille

Une maille est une branche refermée sur elle-même.



$u_{NP} + u_{PA} + u_{AB} + u_{BC} + u_{CN} = 0$: c'est la loi des mailles.



3- Relation entre courant et tension

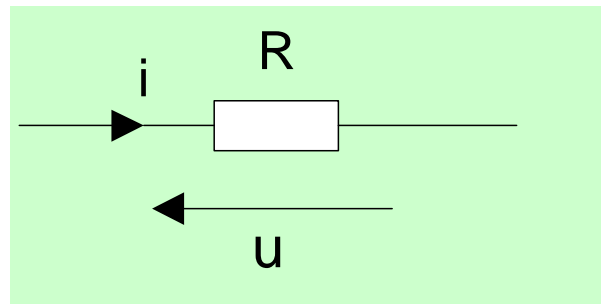
3-1- Loi d'Ohm

Dans une résistance électrique, tension et courant sont proportionnels.



- Loi d'Ohm en convention récepteur

On parle de convention récepteur quand les orientations du courant et de la tension relatives à un dipôle sont en sens inverse :

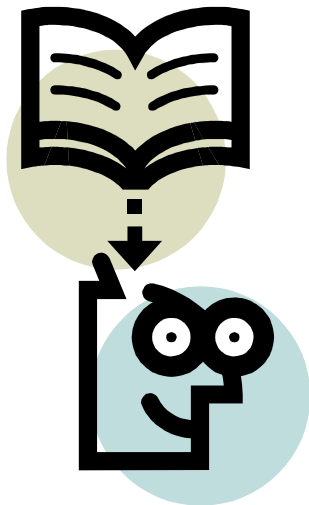
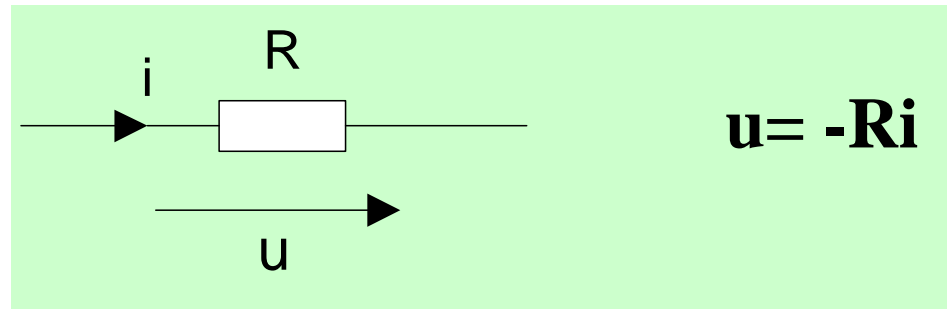


$$\mathbf{u} = +\mathbf{Ri} \quad [\mathbf{V}] = [\mathbf{\Omega}] [\mathbf{A}]$$

R est la résistance électrique (en ohm).

- Loi d'Ohm en convention générateur

Les orientations du courant et de la tension sont dans le même sens :



La résistance est une
grandeur positive.

A.N. Calculer l'ordre de grandeur de la tension mortelle pour l'homme sachant que le corps humain a une résistance d'environ 1000Ω :



$$1000 \times 50 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ V}$$

3-2- Résistance électrique d'un conducteur ohmique

$$R = \frac{\rho \ell}{S}$$

ℓ : longueur (en m)

S : section (en m²)

ρ : résistivité électrique du conducteur (en $\Omega \cdot \text{m}$)

R : résistance (en Ω)



La résistivité dépend de la nature du conducteur et de sa température :

$$\rho(T) = \rho_{T_0} (1 + \alpha (T - T_0))$$

Tableau 1

Matériau	ρ (résistivité électrique en $\Omega \cdot m$) à 20 °C	$\sigma = 1/\rho$ (conductivité électrique en $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$) à 20 °C	α (coefficient de température en K^{-1})
cuivre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$5,9 \cdot 10^7$	$+4 \cdot 10^{-3}$
aluminium	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,6 \cdot 10^7$	$+4 \cdot 10^{-3}$

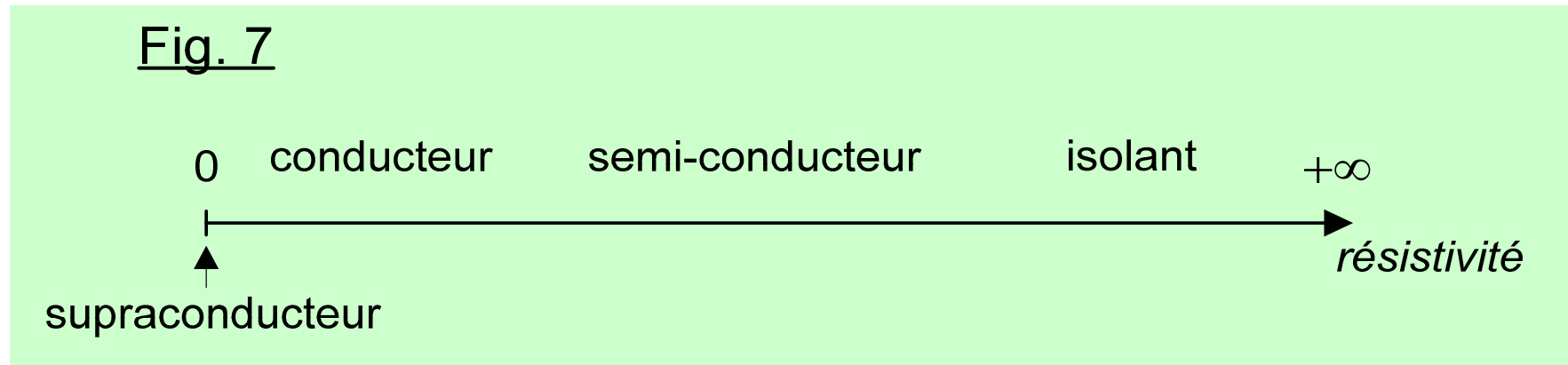
A.N. Calculer la résistance d'un câble en cuivre de 2 mètres, de section 1 mm^2 à $20 \text{ }^\circ\text{C}$, puis à $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

- à $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $R = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 2 / (1 \cdot 10^{-6}) = 34 \text{ m}\Omega$

- à $60 \text{ }^\circ\text{C}$: $R = 34 \cdot (1 + 4 \cdot 10^{-3} (60 - 20)) = 39 \text{ m}\Omega$

Remarque : généralement, on peut négliger la chute de tension dans un câble.

3-3- Echelle des résistivités



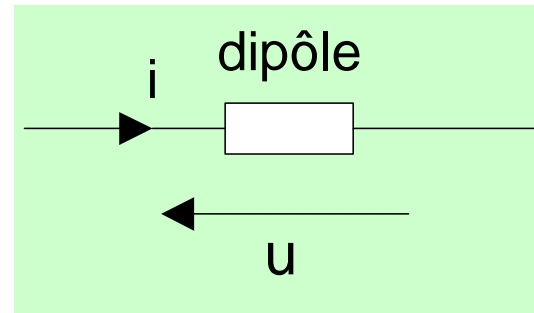
Remarques :

- un supraconducteur a une résistivité nulle (résistance nulle)
- un isolant a une grande résistivité (courant quasi nul)



4- Puissance et énergie électrique

4-1- Puissance électrique



- La puissance électrique mise en jeu dans un dipôle est :

$$p = u i \quad [W]=[V] [A]$$

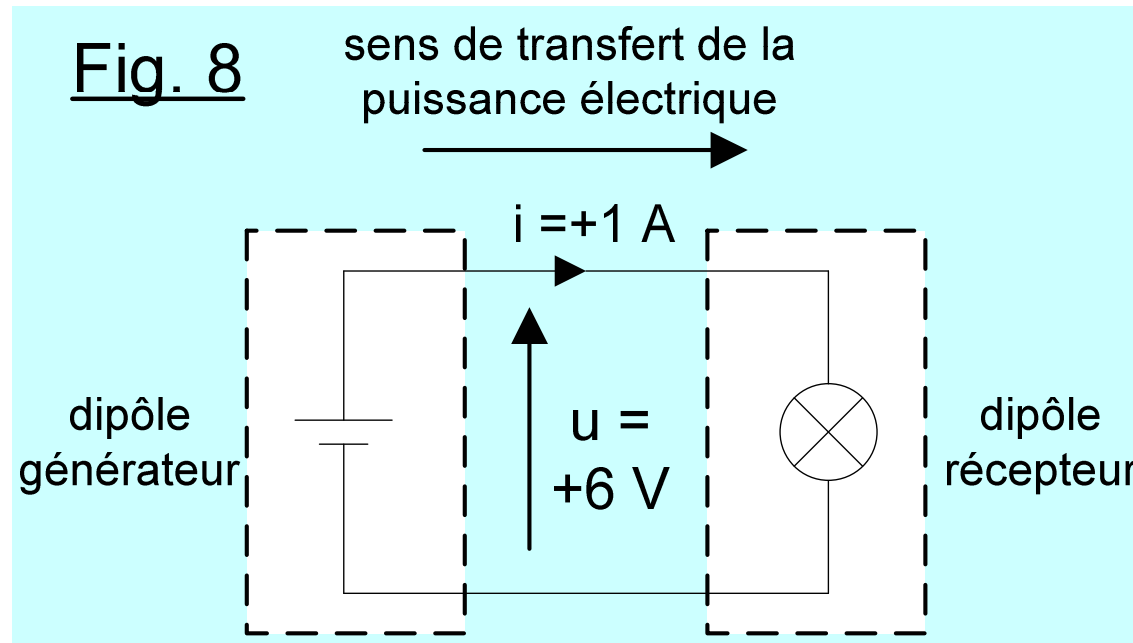


- Dipôle générateur et dipôle récepteur (de puissance)

Un dipôle générateur est un dipôle qui fournit de la puissance électrique.

Cette puissance est consommée par les dipôles récepteurs.

Exemple :



La puissance que fournit la pile est : $p = ui = 6 \text{ W}$
 « « consomme l'ampoule est : 6 W

4-2- Energie électrique

La puissance dérive de l'énergie :

$$p = \frac{dE}{dt}$$

$$[W] = [J] / [s]$$

dE est l'énergie mise en jeu pendant la durée dt.

L'énergie électrique s'écrit donc :

$$dE = ui \cdot dt$$

Remarque : les compteurs d'énergie mesurent l'énergie électrique en kilowatt-heure (kWh).

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

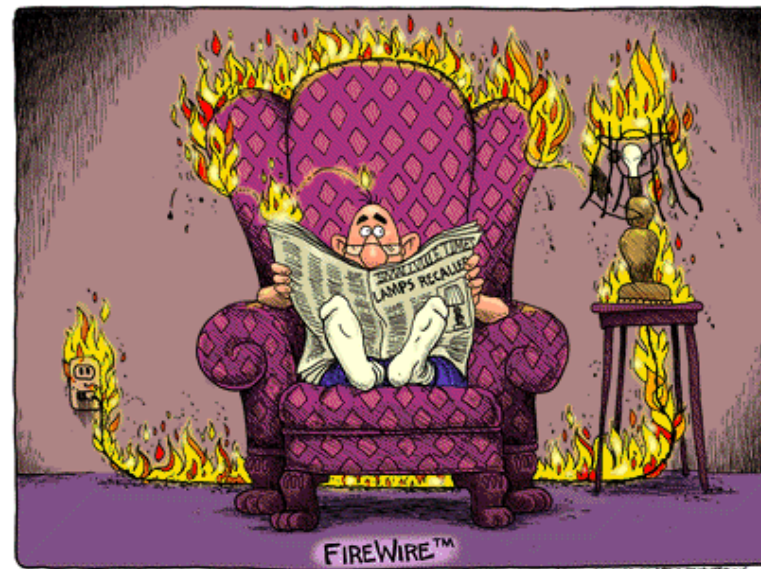
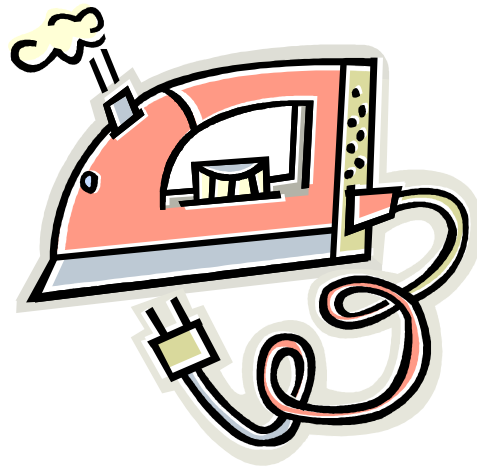


4-3- Effet Joule

Un conducteur parcouru par un courant électrique dégage de la chaleur.

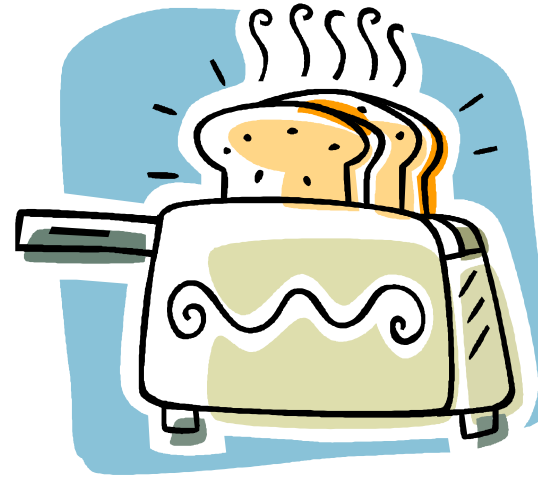
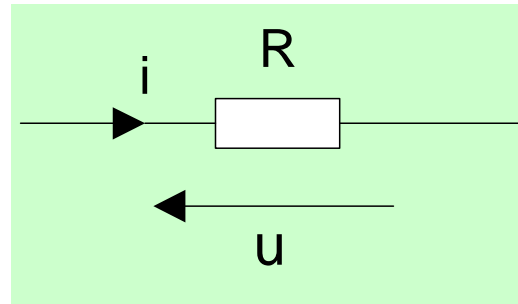


Plus généralement, l'effet Joule se traduit par la conversion d'énergie électrique en énergie thermique (chaleur).



Dans le cas des conducteurs ohmiques et des résistances, l'énergie électrique consommée est *entièrement* transformée en chaleur.

4-4- Loi de Joule



La puissance électrique consommée par une résistance est :

$$p = ui$$

$$\text{avec } u = Ri$$

$$p = Ri^2 = \frac{u^2}{R}$$

A.N. Calculer la résistance d'un grille-pain de 750 W

$$R = \frac{230^2}{750} = 70,5 \Omega$$