

1.1. le courant électrique

1.1.1. le circuit électrique

un **circuit électrique** contient au moins un **générateur**, des fils **conducteurs** et au moins un **récepteur**.

un fil conducteur est un fil métallique, habituellement en alliage de cuivre.

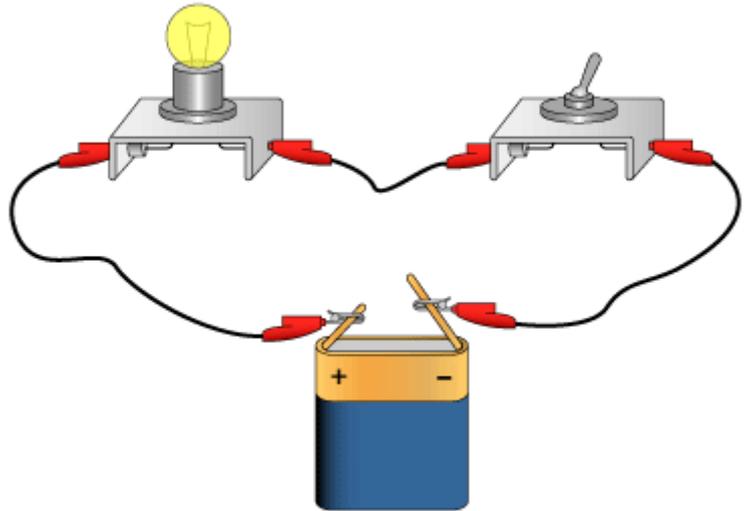
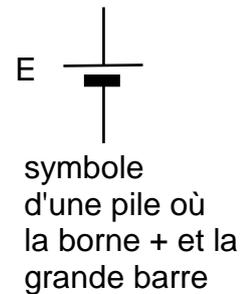
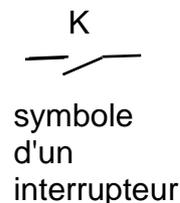
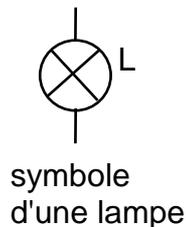
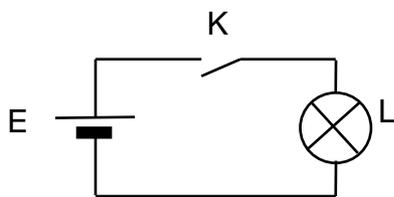


schéma électrique équivalent au circuit électrique représenté :



un circuit électrique est constitué

de **dipôles générateurs** :

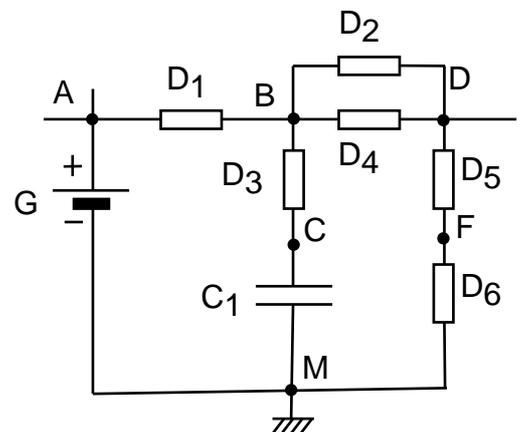
de **dipôles récepteurs** :

de **mailles** :

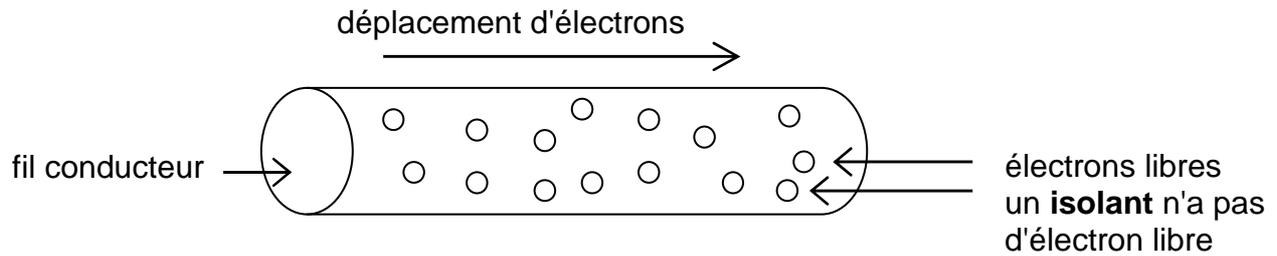
de **nœuds** :

de **branches en série** :

et de **branches en dérivation** :



1.1.2. la nature du courant électrique

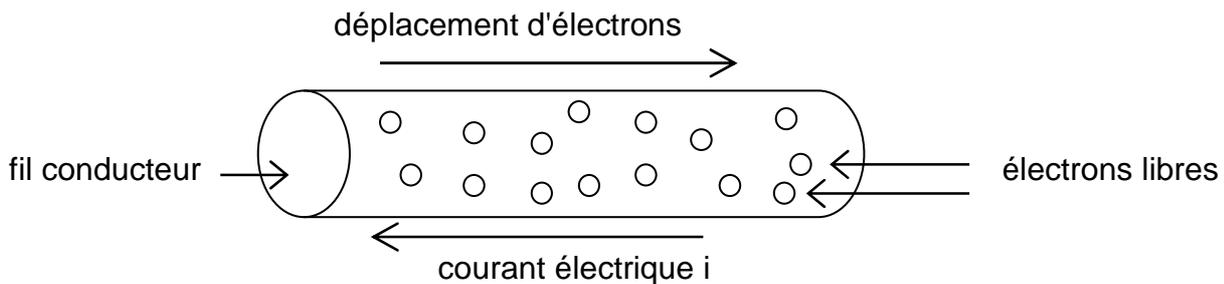


dans les métaux :

le porteur de charge est l'électron de charge $e = - 1,6 \times 10^{-6} \text{ C}$;
 C est le symbole du **coulomb**, unité de la **quantité d'électricité** \vec{F}

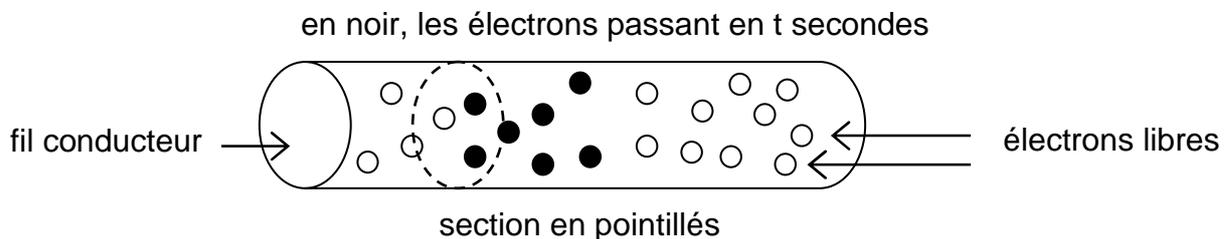
dans les électrolytes les charges sont **les ions** :
 les anions de charges négatives
 et les cations de charges positives.

1.1.3. le sens conventionnel du courant électrique



le sens conventionnel du courant électrique i est opposé au sens de déplacement des électrons

1.1.4. définition de l'intensité i d'un courant électrique



définition : l'intensité i d'un courant électrique est quantité d'électricité traversant la section d'un conducteur en une seconde.

Si Q coulombs traversent en t secondes, l'intensité du courant est $i = \frac{Q}{t}$

unités : Q (C) et t (s)

i est en ampères (A),

*en hommage au physicien et mathématicien français André Marie Ampère
(Lyon 1775 - Marseille 1836)*

pour désigner un courant on utilise souvent les lettres i, I, i₁, i₂, i₃, I₁, I₂, I₃, ...

Q est en coulombs (C)

en hommage à Charles Augustin Coulomb (1736 - 1806), un officier, ingénieur et physicien français.

et t en secondes (s)

on retient aussi la relation **Q = i.t**

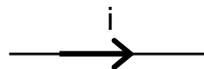
quand on charge une batterie ou un accumulateur la quantité d'électricité reçue est exprimée en A.h (ampèreheure) ou en mA.h

exemple : si un accumulateur a une capacité de 500 mAh et qu'il est conseillé de le charger avec un courant de 50 mA, il faut 10 heures pour le charger

définition d'un ampère : un ampère est une charge de un coulomb traversant la section d'un conducteur en une seconde.

Un ampère c'est $\frac{1}{1,6 \times 10^{-19}} = 6\,250\,000\,000\,000\,000\,000$ électrons qui passent en une seconde !

Représentation du courant i :



i est une grandeur algébrique

i = + 56 mA signifie que le courant réel va dans le sens indiqué par la flèche

i = - 56 mA signifie que le courant réel va dans le sens opposé

ordres de grandeur d'un courant électrique :

en électronique : 1 A,

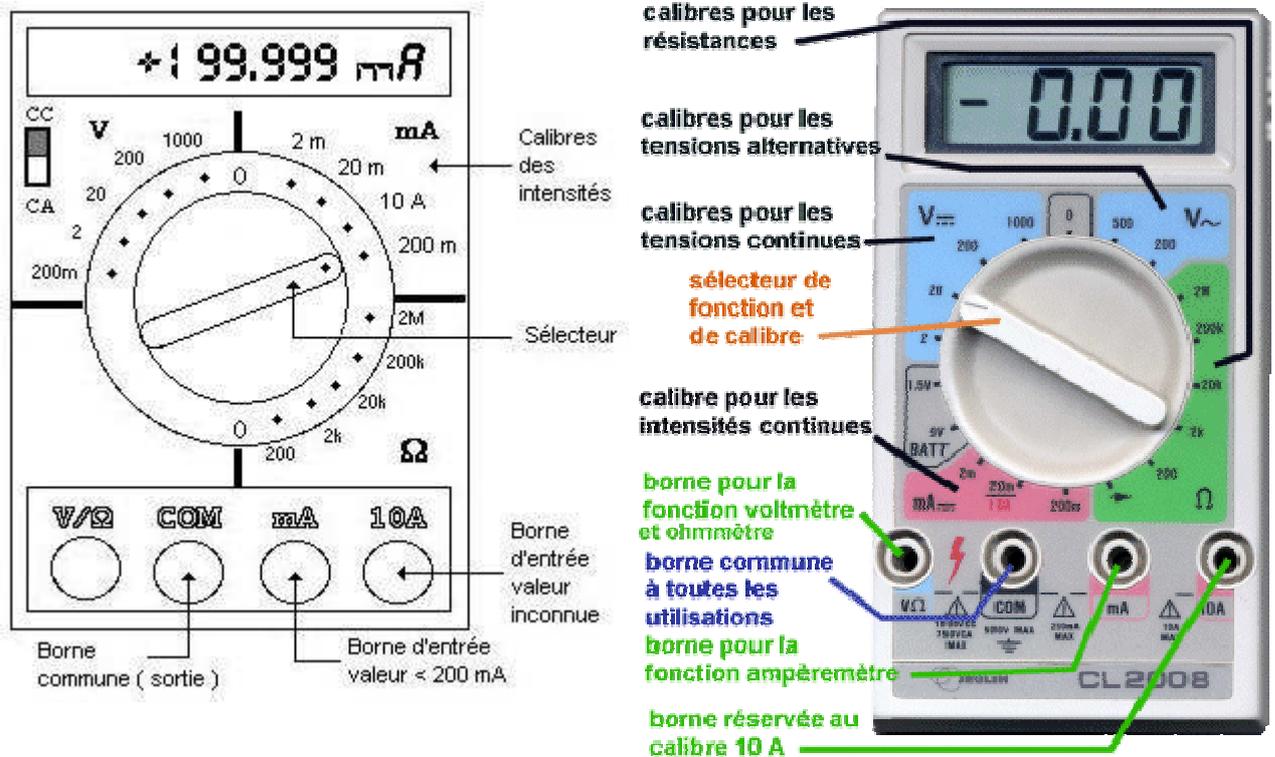
$$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A},$$

$$1 \text{ }\mu\text{A} = 0,001 \text{ mA} = 0,000\,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A}$$

en électrotechnique et en électronique de puissance : de 1 A à 10 kA = 10 000 A

1.1.5. mesure de l'intensité d'un courant électrique :

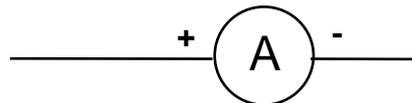
l'ampèremètre



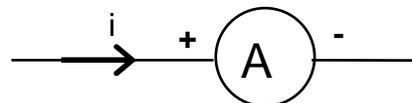
la borne **d'entrée** est notée mA, rouge ou "+" (plus)

la borne **de sortie** est notée COM , noire ou "-" (moins)

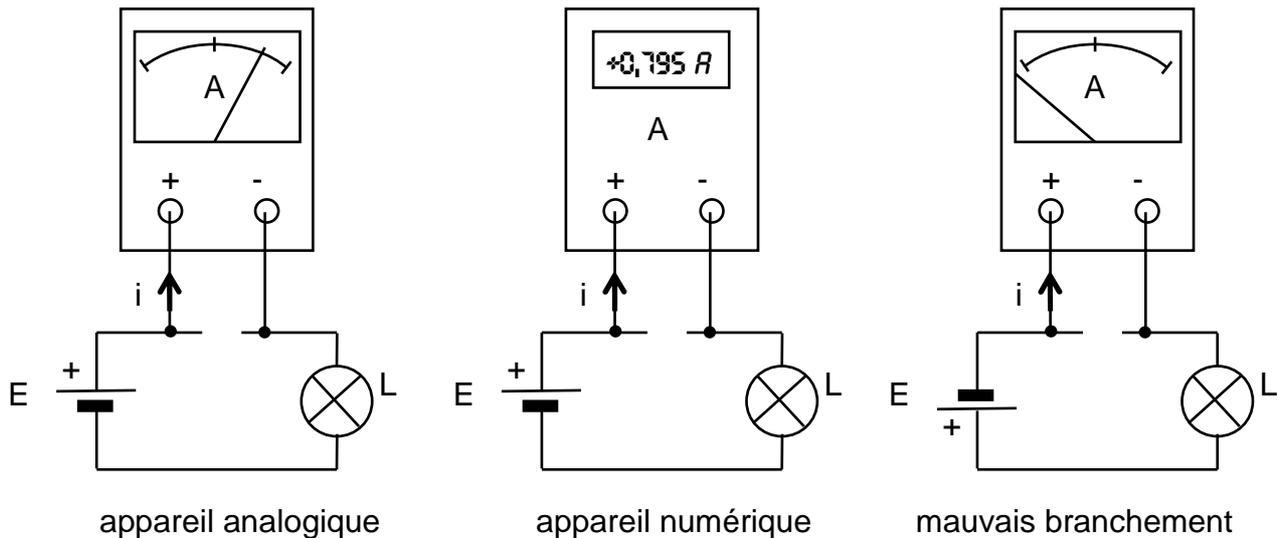
symbole d'un ampèremètre



branchement :



le courant i entre par la borne + habituellement rouge

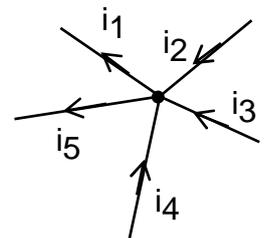


1.1.6. la loi des nœuds ou loi des courants

La somme des intensités des courants entrant dans un nœud est égale à la somme des intensités des courants partant de ce nœud.

Ici : $i_2 + i_3 + i_4 = i_1 + i_5$

exemple : $i_1 = 200 \text{ mA}$, $i_2 = 50 \text{ mA}$, $i_3 = -0,075 \text{ A}$ et $i_4 = +0,060 \text{ mA}$
calculer i_5 :



1.1.7. le courant de court-circuit I_{CC} d'un dipôle

I_{CC} est le courant qui circulerait si les bornes du dipôle étaient reliées à un fil conducteur. Le courant de court-circuit d'un générateur est très grand et peut l'endommager.

1.1.8. le courant maximal admissible I_{max}

I_{max} est le courant maximal qui peut traverser un composant avant que ses propriétés soient modifiées ; il ne doit jamais être atteint.

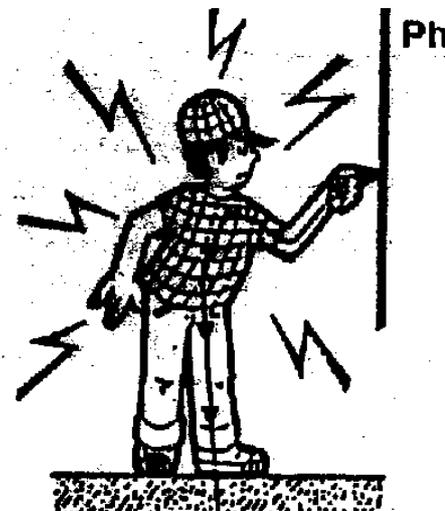
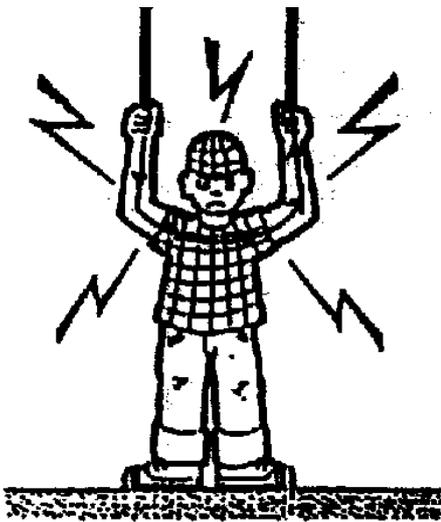
1.1.9. les dangers du courant électrique



En France, chaque année, plus de **200 personnes meurent** par l'électricité, directement ou indirectement. On parle d'**électrocution**.

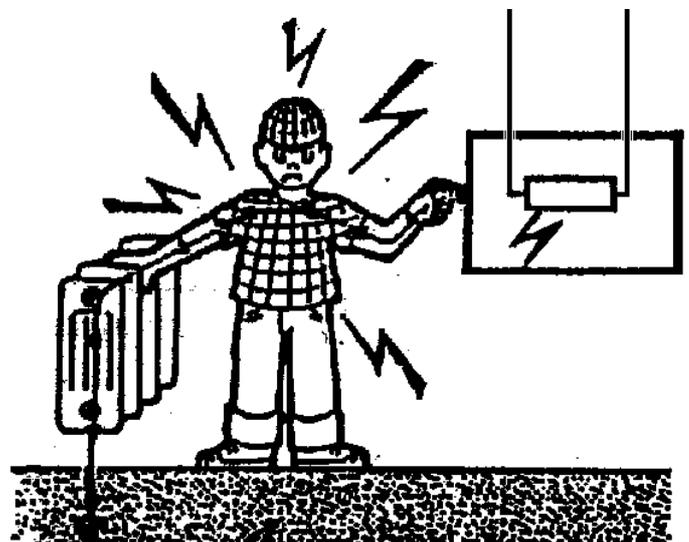
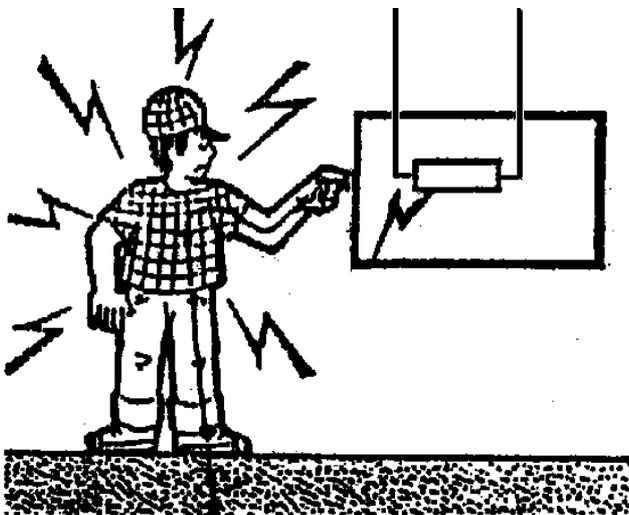
Il y a plus de **3000 accidents non mortels** par an ayant entraîné des incapacités permanentes ou temporaires, partielles ou totales des victimes. C'est l'**électrisation**.

En plus des accidents humains d'origine électrique, il faut considérer **les incendies**, dont l'électricité est la cause. Les statistiques d'assurance font apparaître que, dans **un cas sur quatre environ**, un incendie a une origine électrique.



Les effets provoqués par le passage des électrons au travers de l'organisme dépendent des éléments suivants :

- **intensité** du courant
- **nature** du courant (alternatif ou continu)
- **temps de passage**
- **trajet** dans l'organisme



Si le coeur est traversé par une partie du courant, les phénomènes sont beaucoup plus graves. Les effets sont indiqués ci-dessous **en courant alternatif**, si le temps de passage est de l'ordre de quelques secondes

- **de 0 à 3 mA** : aucune sensation ne se manifeste.

- **de 3 à 5 mA** : l'individu perçoit un **picotement** léger.

- **de 5 à 10 mA** : on a la sensation d'un **choc** qui provoque un mouvement de retrait. Pas de danger électrique mais risque de chute ou de heurt avec l'environnement.

- **de 10 à 20mA** : choc plus violent que précédemment avec apparition de **tétanisation** des muscles du bras et de l'avant-bras. Si les doigts sont refermés autour de la pièce sous tension, la volonté ne pourra pas commander de lâcher.

- **de 20 à 30 mA** : Choc encore **plus violent**. La téτανisation concerne cette fois-ci l'avant-bras, le bras, la cage thoracique, le diaphragme, les jambes. Le blocage du diaphragme entraîne **l'arrêt de la respiration**. Plus d'oxygène dans les poumons, plus d'oxygène pour le cerveau, d'où nécrose des cellules cérébrales qui s'accélère. En moins de trois minutes, il faudra soit rétablir la fonction respiratoire soit s'y suppléer.

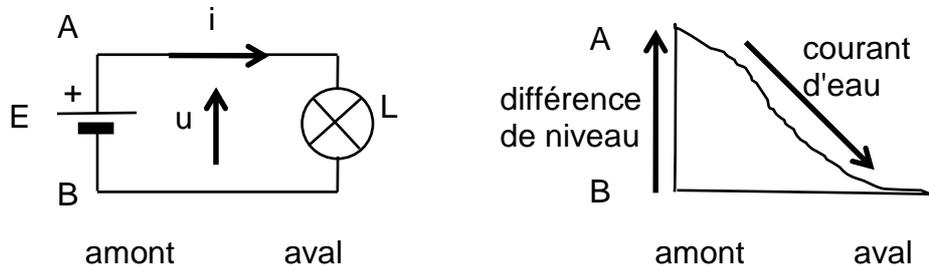
- **au-delà de 30 mA** : En plus des problèmes énoncés précédemment, la probabilité d'apparition de la fibrillation ventriculaire augmente. Le fonctionnement cardiaque est perturbé par la partie du courant extérieur qui le traverse. Il se met à vibrer en position de repos, c'est-à-dire dilaté. Il n'assure plus son rôle de pompe aspirante refoulante, donc n'assure plus d'oxygène aux différents organes et en particulier au cerveau. Là encore, on dispose de trois minutes au maximum pour suppléer à ce dysfonctionnement cardiaque. Seul un contre-choc électrique obtenu à l'aide d'un défibrillateur pourra rétablir une fonction cardiaque correcte. Plus l'intensité qui traverse le corps augmente, plus les **brûlures** sont graves et profondes.

En courant continu lisse, les phénomènes de téτανisation et de fibrillation n'existent pas. Le coeur peut s'arrêter sous l'effet d'un choc en courant continu. Les phénomènes de picotements, chocs, brûlures, etc., se produisent pour des valeurs d'intensité quatre à cinq fois plus grandes qu'en alternatif.

Le travailleur dans le domaine électrique doit suivre **une formation** pour être capable d'opérer en sécurité sur un ouvrage électrique. Cette formation lui permet d'être habilité par son **employeur**, qui lui délivre **l'habilitation**.

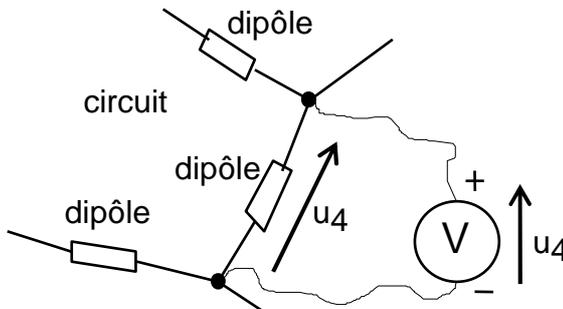
1.2. la tension électrique u ou différence de potentiel

1.2.1. analogie avec la chute d'eau due à la dénivellation d'un cours d'eau



u est la **tension** aussi appelée la différence de potentiel $u = u_A - u_B$
la différence de niveau est hauteur = $h_A - h_B$

1.2.2. conventions de fléchage



1.2.3. unité : le volt qui a pour symbole V en hommage à Alexandre Volta

ordres de grandeur :

en électronique : 1 V, 1 mV = 0,001 V = 10^{-3} V, 1 μ V = 0,001 mV = 0,000 001 V = 10^{-6} V

en électrotechnique et en électronique de puissance : 1 V à 100 kV

exemples :

*la pile 1,5 V, la batterie de voiture de 12 V
l'adaptateur secteur : 9 V, la batterie d'un téléphone sans fil : 3,6 V
le secteur EdF de 240 V, un moteur de 240 V
les lignes de transport d'énergie électrique 20 kV, 62 kV, ...
un signal radio de 20 μ V*

voir les domaines de tension

1.2.4. mesure de la tension électrique avec le voltmètre

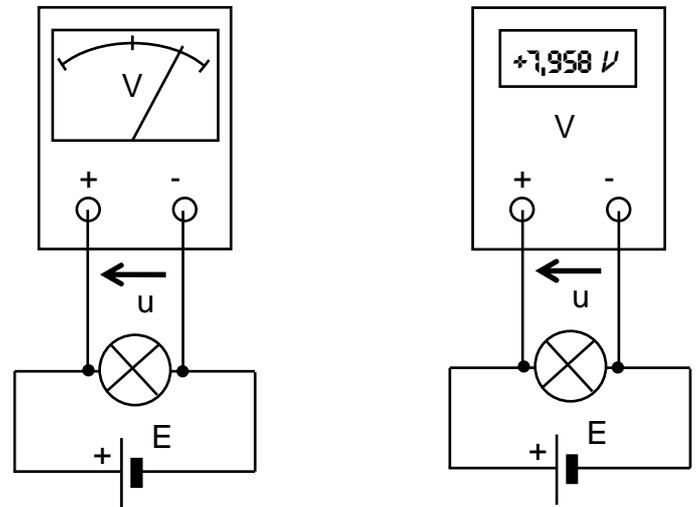
le voltmètre analogique et le voltmètre numérique

on mesure la **tension aux bornes de la lampe**

le voltmètre est placé en dérivation

la borne + du voltmètre est reliée à la borne + du générateur

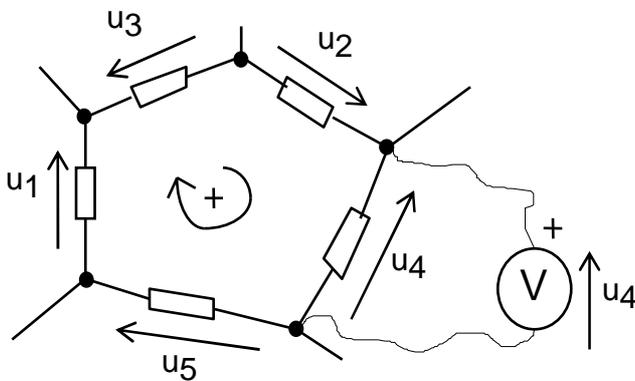
v est une grandeur algébrique
si uniquement le branchement est inversé
on aura $u = -7,958 \text{ V}$



1.2.5. la loi des mailles ou loi des tensions

La somme algébrique des tensions d'une maille est nulle

Méthode usuelle :



a) **flécher et nommer** arbitrairement les tensions aux bornes de chaque dipôle,

b) pour la maille
choisir un sens positif arbitraire,

c) **la somme** des tensions est **égale** à 0, en comptant positivement les tensions fléchées dans le même sens que le sens positif arbitraire de la maille et négativement les autres.

$$u_1 - u_3 + u_2 - u_4 + u_5 = 0$$

exemple : on mesure $u_1 = +5 \text{ V}$, $u_2 = 7 \text{ V}$, $u_3 = -12 \text{ V}$ et $u_4 = +9 \text{ V}$ calculer u_5

- évidemment, suivant les cas d'autres méthodes conviennent parfois mieux :

par exemple la somme des flèches (une grande flèche est égale à la somme de deux petites flèches)

par exemple la relation de Chasles si les nœuds sont repérés par des lettres :

$$u_{AE} = u_{AB} + u_{BC} + u_{CD} + u_{DE}.$$

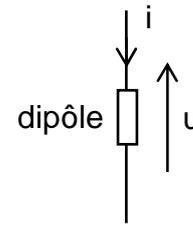
1.3. la puissance électrique en régime continu

1.3.1. définition de la puissance électrique P

$$P = u.i$$

unités P en **watts**, de symbole **W**,
U en volts (V) et I en ampères (A)

si $P > 0$, le dipôle fonctionne en **récepteur**
si $P < 0$, le dipôle fonctionne en **générateur**



1.3.2. l'énergie électrique W

$$W = u.i.t$$

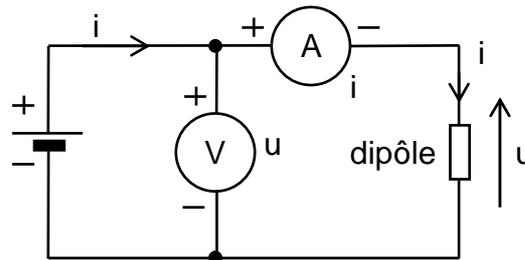
unités du système international (U.S.I.) : **le joule (J)**

autres unité : **le kilowattheure (kWh)**

autre unité : **l'électronvolt (eV) avec $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$** ,

1.3.3. mesure de la puissance électrique en régime continu

montage voltampèremétrique

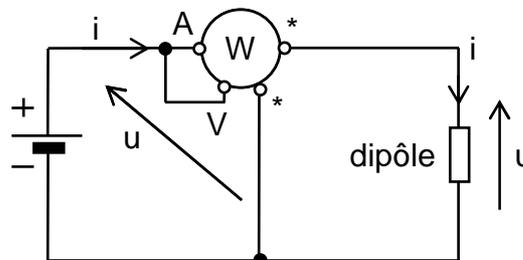
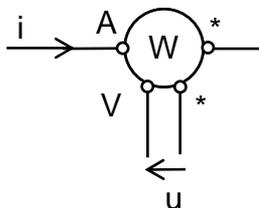


à l'aide d'un wattmètre

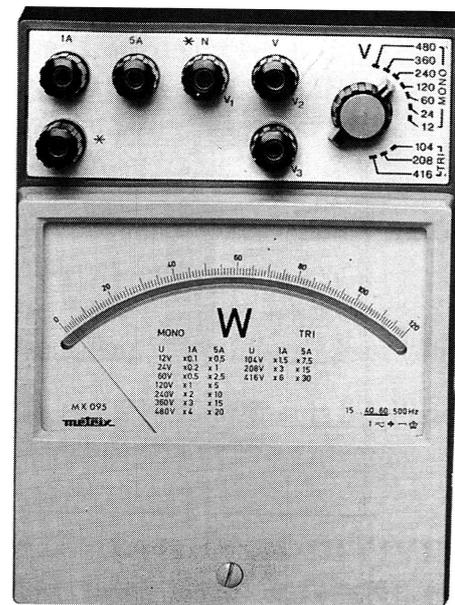
un **wattmètre** a deux circuits indépendants :

le circuit courant entre les bornes A et * qui mesure l'intensité du courant i

le circuit tension entre les bornes V et * qui mesure la tension u



Document : le wattmètre



Wattmètre MX 95

Document : Déplacement des électrons : à quelle vitesse ?

On peut aussi imaginer les choses ainsi : les électrons sont **répartis tout au long des fils**, et circulent tant que la pile leur fournit de l'énergie. Mais qu'un interrupteur ouvert soit placé n'importe où, et le flot sera immobilisé. Dès qu'un démarre, l'autre bout de la file se met en mouvement. Oh, il y a bien un léger délai, comme pour un train d'ailleurs, la loco ne met pas en mouvement immédiatement le dernier wagon, il faut le temps que les diverses liaisons soient tendues. Pour les électrons, c'est pareil, ils se repoussent les uns les autres, mais à la vitesse de l'information, **300 000 km/s !**



En fait, les électrons du cuivre se déplacent à une vitesse moyenne d'environ **1 mm/s**, plus lentement qu'un escargot !... Mais l'information de mouvement se déplace bien à la vitesse de la lumière... Les électrons ont un mouvement anarchique à de très grandes vitesses, proches de celle de la lumière. S'il n'y a pas de courant, ce n'est pas que les électrons sont immobiles, mais c'est que leur vitesse moyenne est nulle.

Document : **les domaines de tension**

tels qu'ils sont défini par la norme UTE C18 510

Domaines de tension		tension U	
		En courant alternatif	En courant continu lisse
Très basse tension (TBT)		$U \leq 50 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
Basse tension (BT)	domaine BTA	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$
	domaine BTB	$500 \text{ V} < U \leq 1\,000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1\,500 \text{ V}$
Haute tension (HT)	domaine HTA	$1\,000 \text{ V} < U \leq 50\,000 \text{ V}$	$1\,500 \text{ V} < U \leq 75\,000 \text{ V}$
	domaine HTB	$50\,000 \text{ V} < U$	$75\,000 \text{ V} < U$