

Electricité

1. Charges électriques (Rappel)

1.1. Electrification par frottement

Certaines matières deviennent attractives ou produisent des étincelles si on les frotte. On dit que le corps est électrisé ou chargé d'électricité statique. On peut accumuler la charge on la déposant sur un corps métallique isolé. [phet:balloons-and-static-electricity](#)

1.2. Deux types de charges électriques

Il existe deux types de charges: les charges positives (ce sont celles du verre frotté par la soie) et les charges négatives (ce sont celles du plastique frotté par la peau de chat). Des charges positives et négatives s'annulent si on les ajoute.

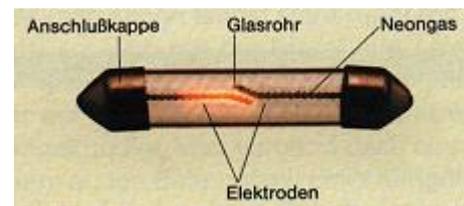
Loi: 2 charges de même signe se repoussent 2 charges de signe opposé s'attirent

1.3. Electroscope et quantité de charge Q

L'**électroscope** permet de visualiser la quantité de charge Q qui est déposée sur son plateau. Une lampe à néon brille du côté négatif si on touche un corps chargé.

L'unité S.I. pour la charge électrique est le Coulomb.

Pour mesurer correctement une charge électrostatique d'un objet on la transmet dans le gobelet d'un **coulomb-mètre**.

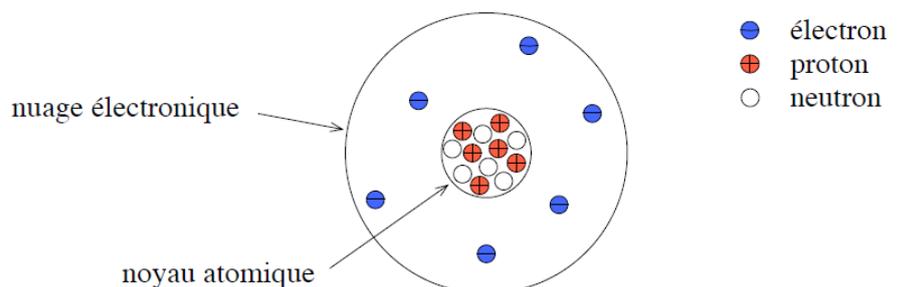


1.4. Modèle de la matière

Toute matière est formée d'atomes. Chaque atome est formé d'un noyau entouré d'électrons.

Noyau positif:

- N neutrons
charge: $q_n = 0 \text{ C}$
masse $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Z protons
charge: $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = e$
masse $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$



À colorer. De quel atome s'agit-il ?

Nuage électronique négatif:

- Z électrons charge: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -e$ masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Les charges électriques sont équilibrées et l'atome est globalement neutre.

Dans les solides, les porteurs de charges positives (les noyaux) sont immobiles et seuls les porteurs de charges négatives (les électrons) peuvent être déplacés.

1.5. Séparation de charges

En frottant on charge toujours les deux corps en contact par un transfert d'électrons.

Un corps est

- neutre, si les charges positives et négatives sont en même nombre;
- négatif, si des électrons sont en excès;
- positif, si des électrons manquent.

Il n'y a jamais création de charges nouvelles, mais uniquement séparation de charges.

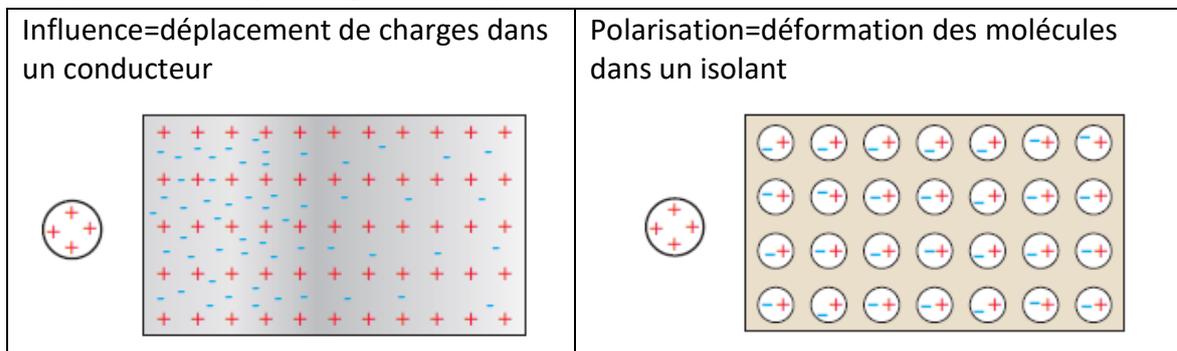
Dans un conducteur, des porteurs de charges peuvent migrer à travers le corps: p.ex. électrons libres dans un métal, anions et cations dans une solution d'électrolyte.

Dans un isolant, les charges déposées ne peuvent pratiquement pas se déplacer.

Les semi-conducteurs sont des conducteurs médiocres dont la conductivité peut être influencée entre autre par la température (Si, Ge, ...).

1.6. Effet d'un corps chargé sur un corps neutre

Si on approche un corps chargé d'un corps neutre on observe:



Par ces effets un corps neutre et un corps chargé vont **toujours** s'attirer. Expérience ballon et « styropor » (polarisation) ou bâton chargé et filet d'eau du robinet (influence).

1.7. Générateur de haute tension

On appelle générateur électrique un appareil qui est capable d'enlever continuellement des électrons au pôle + (manque d'é) et de les pomper vers le pôle - (excès d'électrons).

Les électrons du pôle - sont fortement attiré par le pôle + et ils peuvent evtl. sauter à travers l'air pour arriver au pôle + en produisant une étincelle. Plus la différence entre les deux pôles électriques est élevée plus la **tension électrique**

qui attire les électrons vers le pôle + est élevée.

Exemples : Wimshurst, Van de Graaf, générateur HT

1.8. Foudre et cage de Faraday

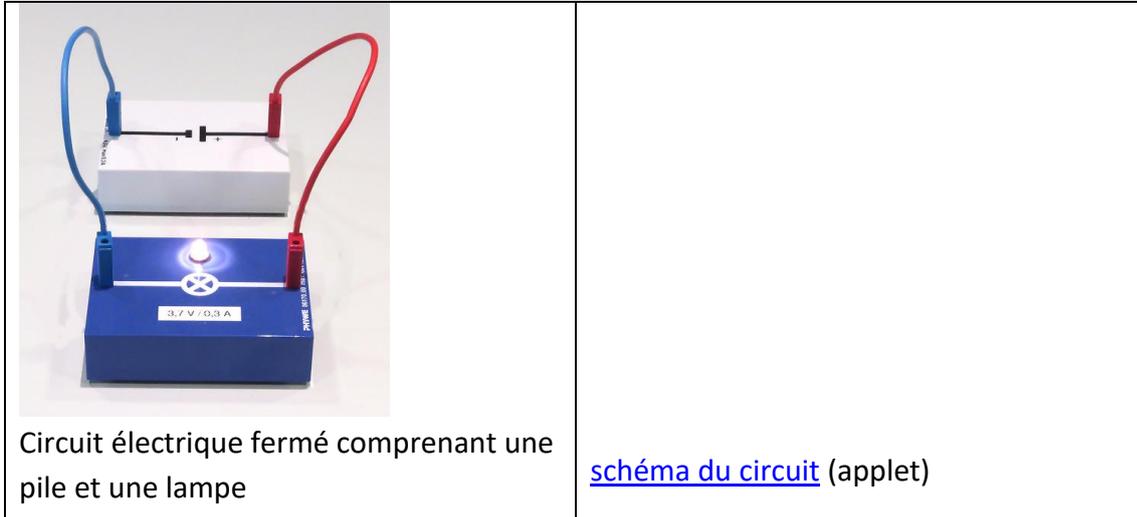
Sur un conducteur, les charges vont toujours s'accumuler sur les surfaces extérieures. La charge est nulle à l'intérieur. Un habitacle métallique (p.ex. voiture) protège de la foudre, parce que les charges passent à l'extérieur.



2. Circuits électriques simples (Rappel)

2.1. Sources et récepteurs d'électricité

Un circuit électrique est constitué d'un **générateur** (= **source du courant** électrique) et d'un ou plusieurs **récepteurs**. Un courant électrique s'établit si le circuit électrique est **fermé** par des fils conducteurs reliant les composants du circuit.



2.2. Symboles normalisés

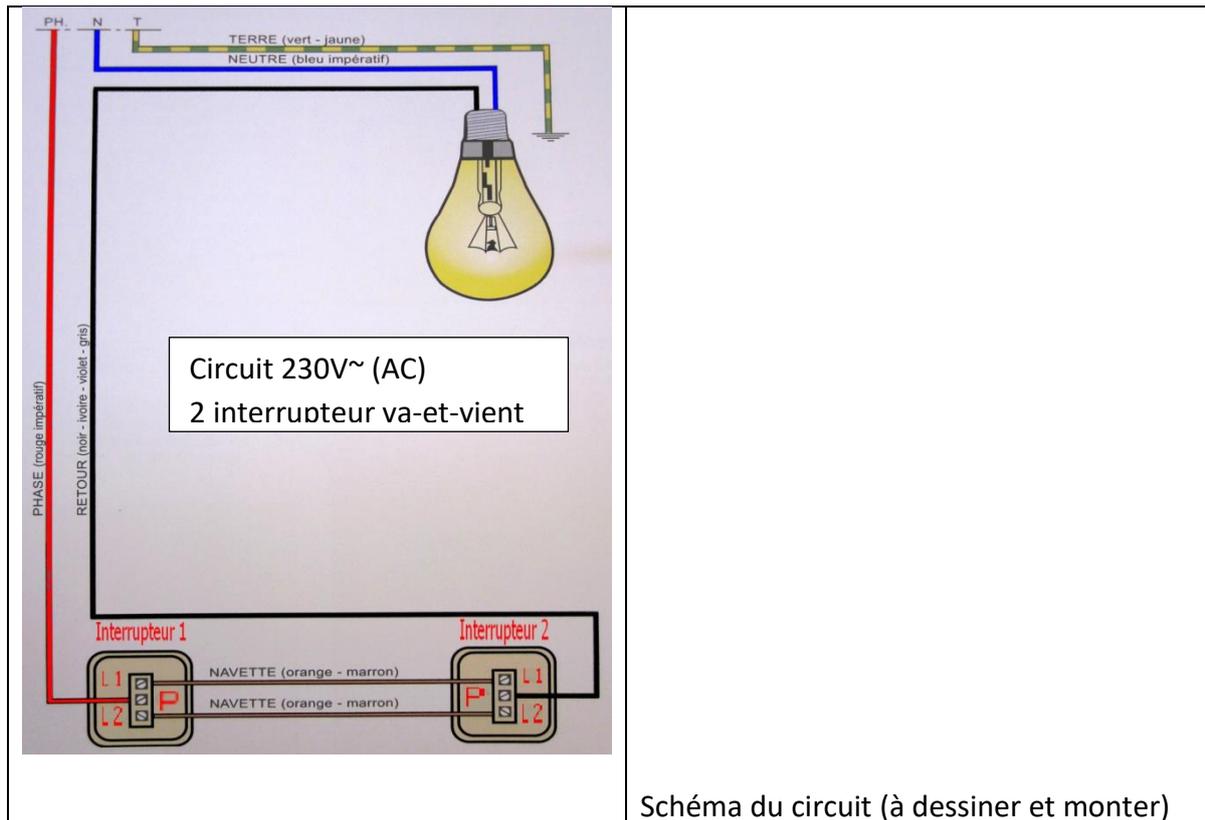
Lorsqu'on dessine un circuit électrique, on représente les composants du circuit par des **symboles électriques**.

pile		lampe		générateur	
fil conducteur		moteur		voltmètre	
connexion de deux fils conducteurs		sonnette		ampèremètre	
interrupteur		fusible		résistance électrique	

Les composants simples possèdent 2 bornes ou pôles sur lesquels on réalise les connexions. On parle de pôle positif + et de pôle négatif – si le sens de branchement joue un rôle.

2.3. Interrupteurs

<ul style="list-style-type: none"> interrupteur (à bascule) qui reste dans la position choisie (Wippschalter) 	<ul style="list-style-type: none"> interrupteur poussoir qui revient à la position initiale (Taster) 	<ul style="list-style-type: none"> interrupteur va-et-vient qui permet de changer entre 2 portions de circuit. (Wechselschalter)
--	---	---



2.4. Conducteur et isolant

Expérience : [Tester différents matériaux](#) s'ils sont traversés de manière notable par le courant électrique. Placer l'épreuve solide ou liquide entre A et B

Bon Conducteurs : Métaux (Ag, Au, Cu, Al, Fe, Hg), Carbone, Graphite

Mauvais conducteurs : Eau du robinet, corps humain, terre humide, arbre

Isolants : plastique, porcelaine, verre, ...

Semiconducteur : Si, Ge, ...

Application :

Pour éviter des connexions indésirables, les fils électriques sont toujours entourés d'un matériau isolant, normalement une gaine en matière plastique.



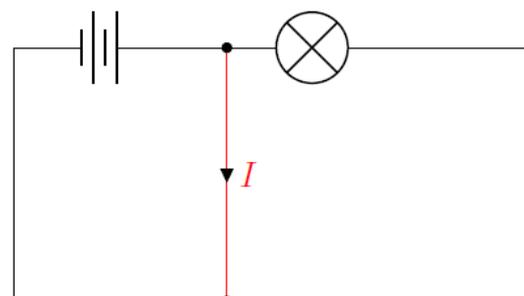
2.5. Court circuit

Lorsqu'un courant électrique peut traverser un circuit sans passer par le récepteur d'électricité, on dit qu'on a un court-circuit.

⇒ Protection par fusible

Le fusible interrompt le circuit et protège les autres composants lors d'un court-circuit.

Ex. : Dessiner un fusible au bon endroit.



3. Effets du courant électrique (Rappel)

Si les charges électriques traversent un corps on constate différents effets

3.1. Effet calorifique (Effet Joule)

Un conducteur traversé par un courant électrique va toujours s'échauffer.

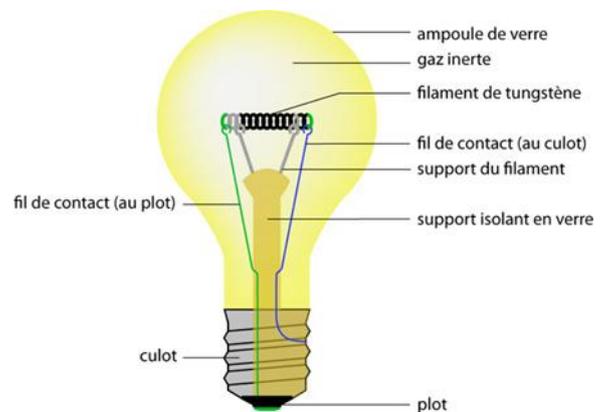
Pour le **même courant** qui traverse 2 fils en série :

- 1) plus le fil est épais plus il conduit bien l'électricité et il s'échauffe moins
- 2) plus le corps conduit bien moins il s'échauffe



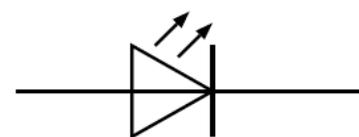
3.2. Effet lumineux

a) **Lumière par incandescence** (=source de lumière chaude). La couleur de la lumière émise par le fil est caractéristique de sa température: le filament en tungstène devient blanc pour une température de 2500°C.



b) **Lumière par électroluminescence** (=source de lumière froide).

- Si un gaz est traversé par un courant électrique les atomes du gaz sont excités et émettent de la lumière. (Tube fluorescent + Whimshurst)
- De même une diode semi-conductrice qui est traversée par un courant électrique peut émettre de la lumière (**LED= Light Emitting Diode**).



Symbole : Diode

3.3. Effet Magnétique

Un fil traversé par un courant produit un faible champ magnétique qui dépend de l'intensité et du sens du courant. Ce champ va désorienter une boussole.

Electroaimant

Bobine=conducteur enroulé

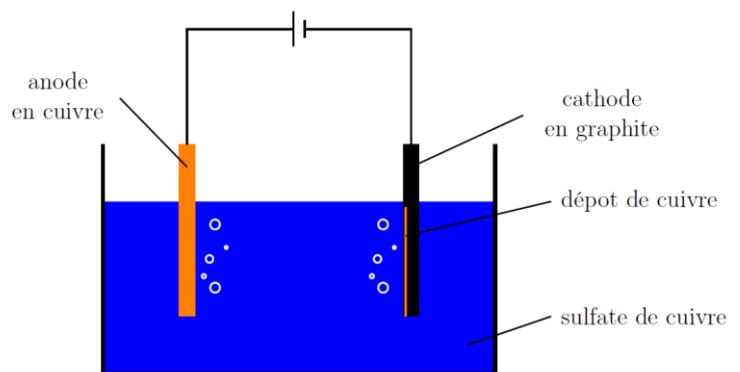
Noyau ferromagnétique=noyau en fer doux qui se laisse aimanter



3.4. Effet chimique

Electrolyse=décomposition d'une solution en ses composants : H_2O , $CuSO_4$, $CuCl_2$

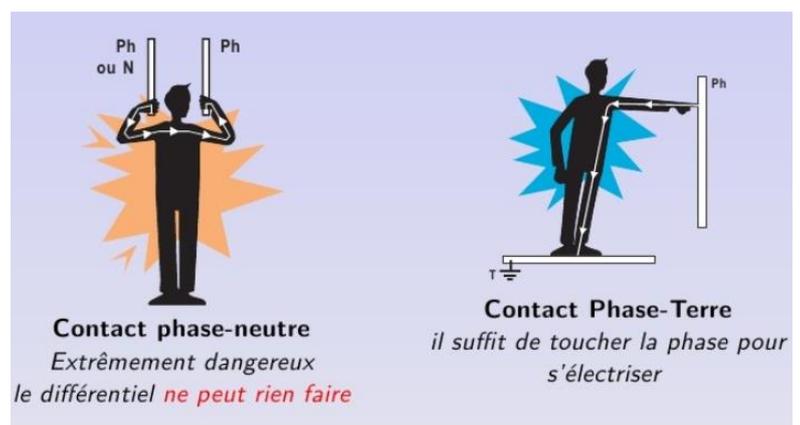
Application : Charge d'un accumulateur
Si on relie un accumulateur (pile rechargeable) à une source d'électricité légèrement plus forte, le courant circule dans le sens opposé de la décharge et va recharger l'accumulateur.



3.5. Effets biologiques

Le courant électrique a un effet sur les cellules nerveuses et musculaires. Le courant électrique qui traverse le corps utilise les voies de moindre résistance : **peau humide**, fibres nerveuses, vaisseaux, muscles.

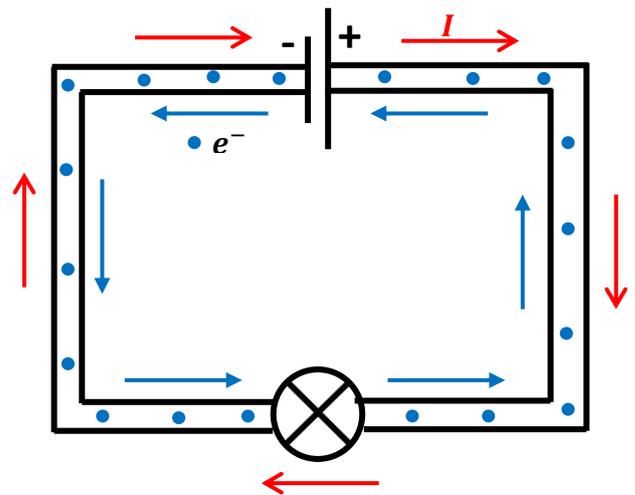
Les trajets courts (par exemple, petit enfant qui met deux doigts dans une prise) exposent à des brûlures électriques. Danger mortel si le courant traverse le cœur (risque de fibrillation ventriculaire). En haute tension, le courant peut passer sans contact direct par un arc avec risque de brûlures des organes profonds.



4. Courant électrique

4.1. Nature du courant

Les porteurs de charges dans un métal sont des électrons négatifs. On parle d'électrons libres ou électrons de conduction. Les électrons sortent du pôle négatif de la source et traversent les différents récepteurs pour aboutir au pôle positif. Le déplacement moyen est très lent (millimètre par seconde).



4.2. Sens conventionnel du courant I

- Le sens du courant va du + vers - à travers les consommateurs du circuit et du - vers + dans le générateur.
- On indique le sens du courant avec une flèche et une lettre I (pour intensité du courant), I sort du pôle + du générateur.
- Le sens réel de déplacement des électrons est opposé au sens du courant, mais on ne l'indique pratiquement jamais.

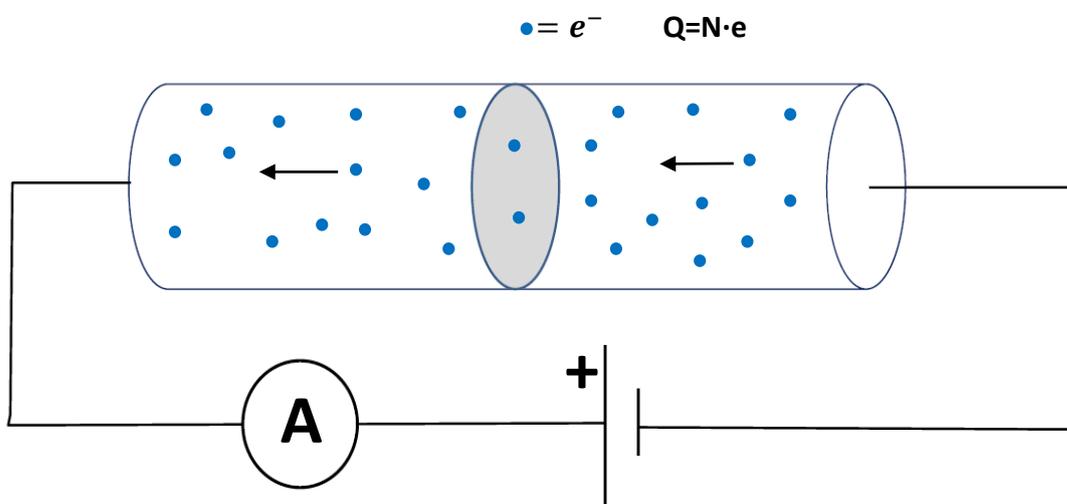
Applet : [Porteurs de charges du courant](#)

4.3. Intensité du courant électrique I

Définition: L'intensité du courant I exprime la quantité de charge électrique Q qui traverse une section du conducteur par unité de temps t

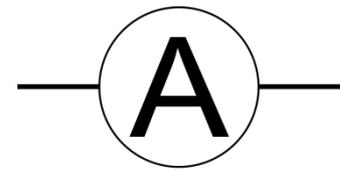
$$I = \frac{Q}{t}$$

unités: Q en C; t en s \Rightarrow I en $\frac{C}{s}$ = A (Ampère)



4.4. Mesure de l'intensité du courant I

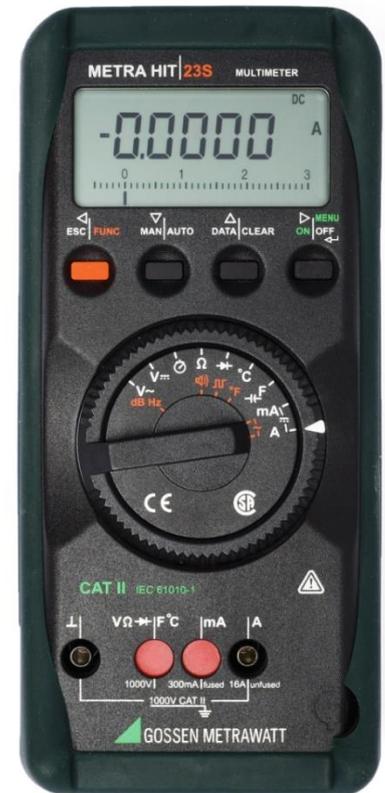
Pour mesurer l'intensité du courant, on doit ouvrir le circuit et intégrer un ampèremètre branché en série. Le courant doit traverser l'ampèremètre, c'est pourquoi l'ampèremètre a une résistance très faible !



Souvent il s'agit de multimètres qui peuvent mesurer plusieurs grandeurs électriques et on doit choisir la bonne position du sélecteur de fonction.

La plupart du temps on mesure un **courant continu DC** () qui circule de manière constante toujours dans le même sens. Il vient de la borne + du générateur et rentre par la borne A (ou mA) de l'ampèremètre pour ressortir par la borne COM (ou) pour continuer à travers le circuit en direction du pôle - du générateur.

Dés qu'on a à faire au courant du secteur, il faut mesurer un **courant alternatif AC** () qui varie de manière sinusoïdale et dont le sens de circulation s'inverse continuellement. On n'a plus de bornes + et -, et le sens de branchement de l'ampèremètre ne joue plus de rôle.



4.5. Charge Q

On peut aussi exprimer la charge Q qui traverse un composant électrique si on connaît l'intensité du courant I et le temps t :

$$Q = I \cdot t$$

Avec $I = 1 \text{ A}$ et $t = 1 \text{ h}$, on a :

$$Q = I \cdot t = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = \boxed{1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ C}}$$

1 Ah (prononcé : ampère-heure) est une unité alternative de la charge électrique.

De même façon, on utilise le mAh (milliampère-heure).

Ces unités sont utilisées surtout pour indiquer la capacité (charge maximale) des piles ou accumulateurs.

Exercice :

Calcule la charge Q en Coulomb pour l'accumulateur AA suivant. Quelle intensité peut fournir la pile rechargeable en continu si elle doit tenir 6 mois ?



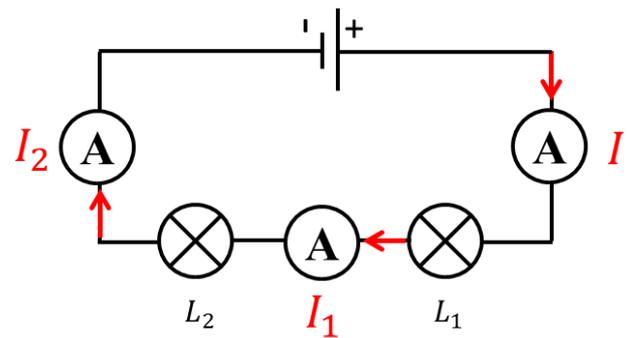
4.6. Lois pour l'intensité

Circuit en série

Dans une portion de circuit en série, tous les éléments sont traversés par la même intensité du courant.

Pour N éléments branchés en série on a :

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_N$$

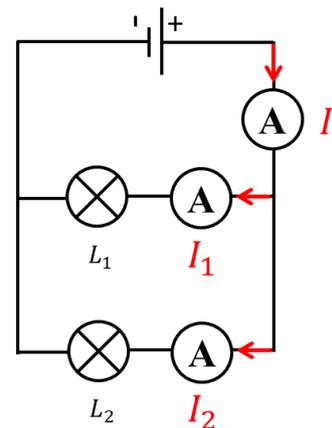


Circuit en parallèle

Dans une portion de circuit en parallèle, l'intensité du courant totale est égale à la somme de tous les courants partiels.

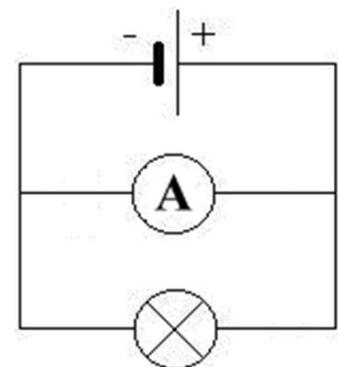
Pour N éléments branchés en parallèle on a :

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$



Exercices :

- 1) Quelle est l'erreur dans le circuit suivant ?
Que se passe-t-il pour la lampe, pour la pile ?
Qu'affiche l'ampèremètre ?
- 2) Un courant constant de 0,5A circule dans un fil. Quelle est la quantité de charge qui parcourt le fil en une minute?
- 3) Quel est le nombre d'électrons traversant à chaque seconde une lampe, si l'intensité du courant est égale à 0,75 A?
- 4) Un accumulateur porte l'inscription 1900mAh. Que signifie cette inscription ? Pendant combien de temps peut fonctionner cet accumulateur si on débite $I=0,05$ A ?
- 5) Une batterie de voiture est marquée 50 Ah, elle est complètement chargée
 - a) Combien de temps pourra-t-elle alimenter les 4 lampes montées en parallèle des feux de stationnement, sans être rechargé. On sait que chaque lampe est parcourue par un courant de 0,8 A
 - b) Après avoir laissé les 4 lampes allumées pendant 10 h, combien de temps peut-on faire fonctionner le démarreur de la voiture qui consomme 300 A ?



5. Tension et énergie et puissance électrique

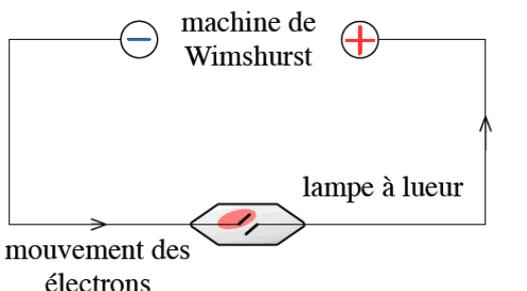
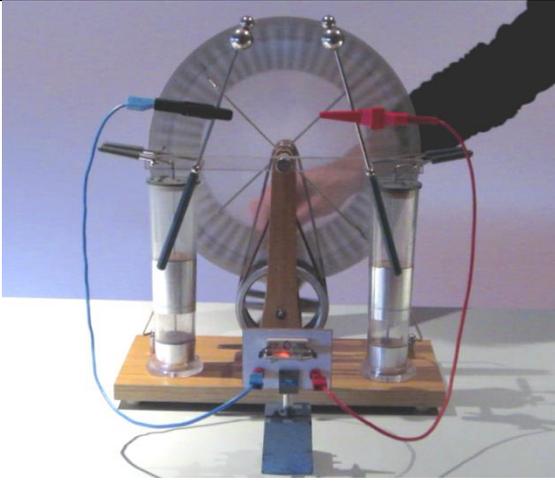
5.1. Énergie électrique, générateur et récepteur.

Expérience : Circuit avec machine de Wimshurst

L'anglais James Wimshurst a inventé une machine qui peut séparer des charges en continu. Elle est actionnée par la rotation d'une manivelle et crée un excès d'électrons sur une boule (pôle -) et un déficit sur l'autre (pôle +).

Après chaque tour, cette séparation de charges devient plus grande.

Relions les calottes d'une lampe à lueur (*all.* Glimmlampe) avec des fils de cuivre aux boules métalliques de la machine de Wimshurst et mettons en marche la machine.

<p>Schéma du montage</p>  <p>La lampe à lueur reluit de façon continue du côté négatif si on actionne la manivelle.</p>	
---	---

Interprétation :

La machine de Wimshurst provoque la **circulation des électrons libres** en se comportant comme une « pompe » qui aspire les électrons par sa borne positive et les refoule par sa borne négative. Elle joue le rôle d'un **générateur**.

On utilise l'énergie mécanique qui vient de l'opérateur qui actionne la manivelle pour produire de l'énergie électrique. Ensuite le générateur **fournit** cette énergie au circuit en faisant circuler le courant à travers la lampe à néon (récepteur) qui libère alors de l'énergie lumineuse.

Générateur:

On appelle **générateur électrique** un composant électrique qui **produit de l'énergie électrique** à partir d'une autre forme d'énergie. Le générateur crée continuellement une différence d'état électrique ou **différence de potentiel** entre ses bornes + et -.

Symboles :

Attention : **Le générateur ne crée donc pas** des électrons ! Il **provoque la circulation** des électrons libres qui sont déjà présents dans le métal.

- **machine électrostatique** : énergie mécanique (frottement) → énergie électrique

- **générateurs électrochimiques** : énergie chimique (réaction rédox) → énergie électrique



piles sèches



accumulateurs

- **boîte d'alimentation** : énergie électrique 230V~ (transformateur) → énergie électrique

- **les générateurs dynamoélectriques** : énergie mécanique (induction) → énergie électrique



dynamo de bicyclette



générateur BHKW Diekirch



éoliennes

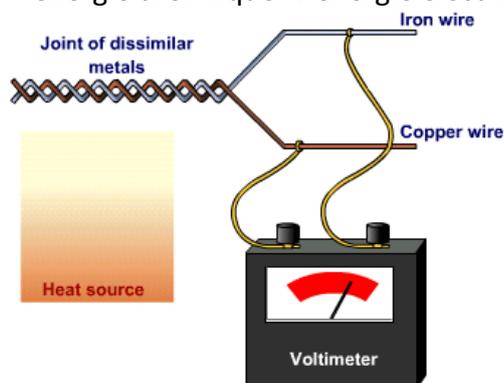


turbine Vianden

- **les panneaux solaires (photovoltaïques)**
énergie solaire → énergie électrique



- **couple thermoélectrique**
énergie thermique → énergie électrique

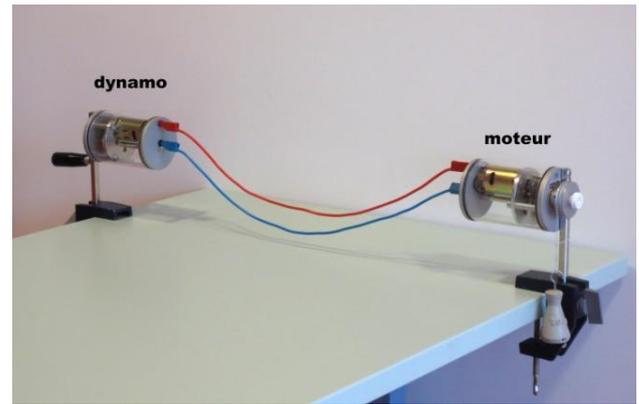


Expérience : Dynamo et moteur

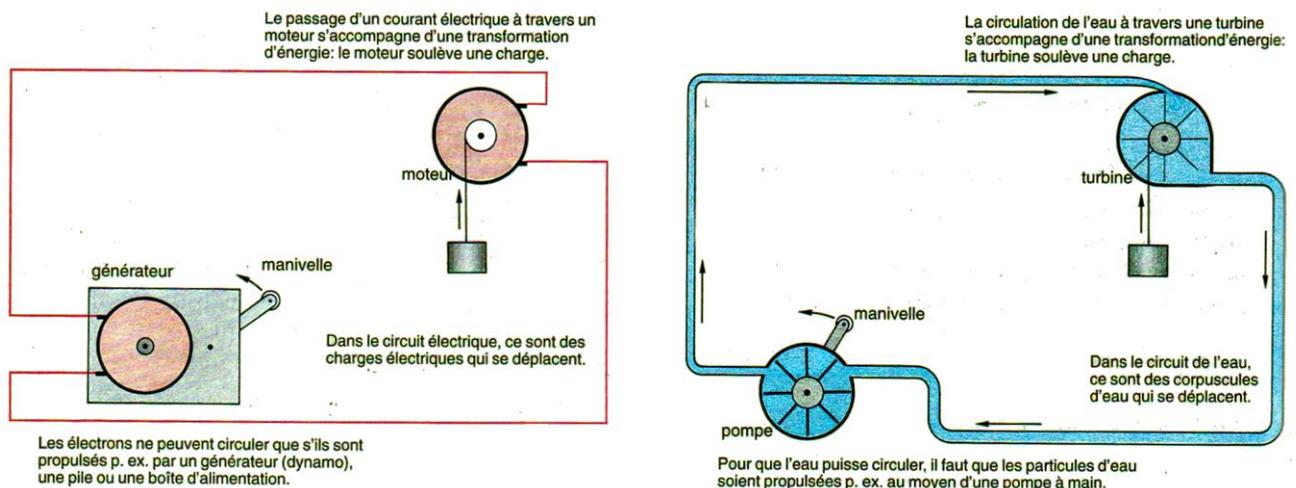
A l'aide d'une dynamo à manivelle (générateur courant continu), on fait fonctionner un moteur (récepteur) pour soulever une masse de 200 g d'une hauteur de 0,5 m.

En négligeant toutes pertes, quelle est l'énergie fournie par le bonhomme tournant la manivelle pour monter la masse ?

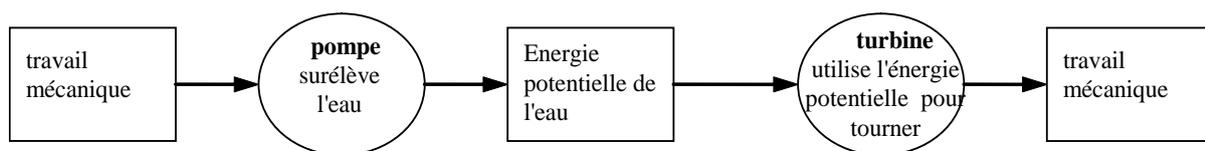
D'où vient l'énergie si on utilise une pile ?



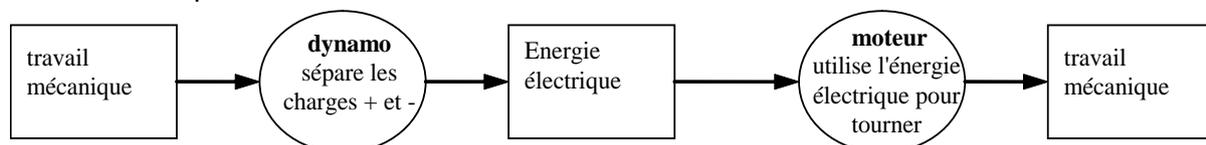
Pour comprendre comment la circulation des charges permet de transmettre une énergie, il est utile de comparer un circuit électrique à un circuit de l'eau



Circuit d'eau



Circuit électrique



Récepteur:

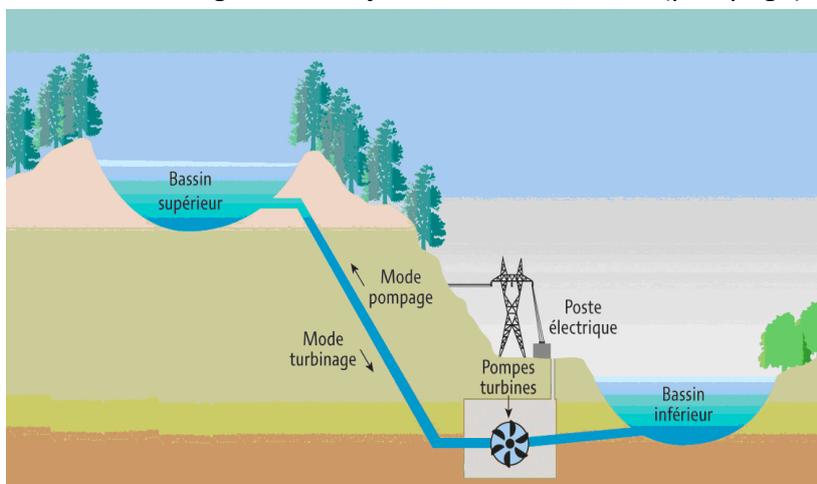
Un récepteur électrique reçoit de l'énergie électrique pour la transformer en une autre forme d'énergie. Le récepteur doit être relié à un générateur pour qu'un courant s'installe.

Exemples : lampe, résistance chauffante, moteur, électrolyseur, électro-aimant, ...

Exercices :

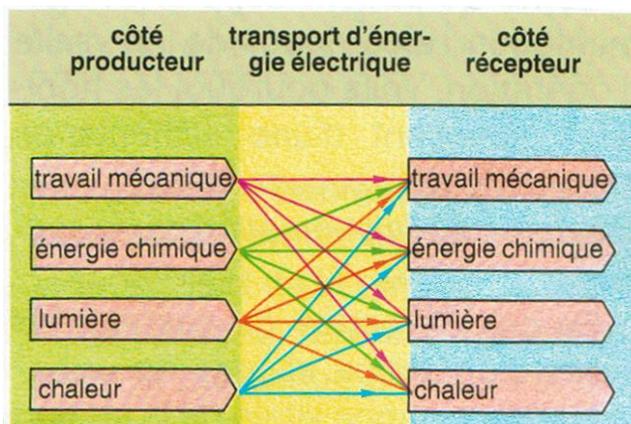
- 1) Décrire la transformation d'énergie dans un accumulateur
 - a) lorsqu'il est en train d'être chargé
 - b) lorsqu'il est en train d'être déchargé (c'est-à-dire lorsqu'il joue le rôle d'un générateur)

- 2) La centrale hydroélectrique de Vianden a été érigée dans les années 1950 à 1960 afin de produire de l'énergie électrique de pointe. Le site comporte un bassin supérieur, un lac inférieur et de génératrices souterraines. En dehors des pointes, de l'eau est pompée vers le bassin supérieur. Pendant les pointes, l'eau du bassin supérieur s'écoule à travers des turbines. La génératrice joue le rôle de moteur (pompage) ou d'alternateur (turbinage).



Décrire la transformation d'énergie ayant lieu dans la centrale hydroélectrique

- a) en mode pompage
 - b) en mode turbinage
-
- 3) Les circuits électriques permettent de transporter l'énergie produite sous une forme donnée vers un récepteur qui la transforme en une autre espèce d'énergie. La figure ci-dessous donne quelques combinaisons possibles. Chercher des exemples pour quelques-unes de ces combinaisons.



5.2. Tension électrique

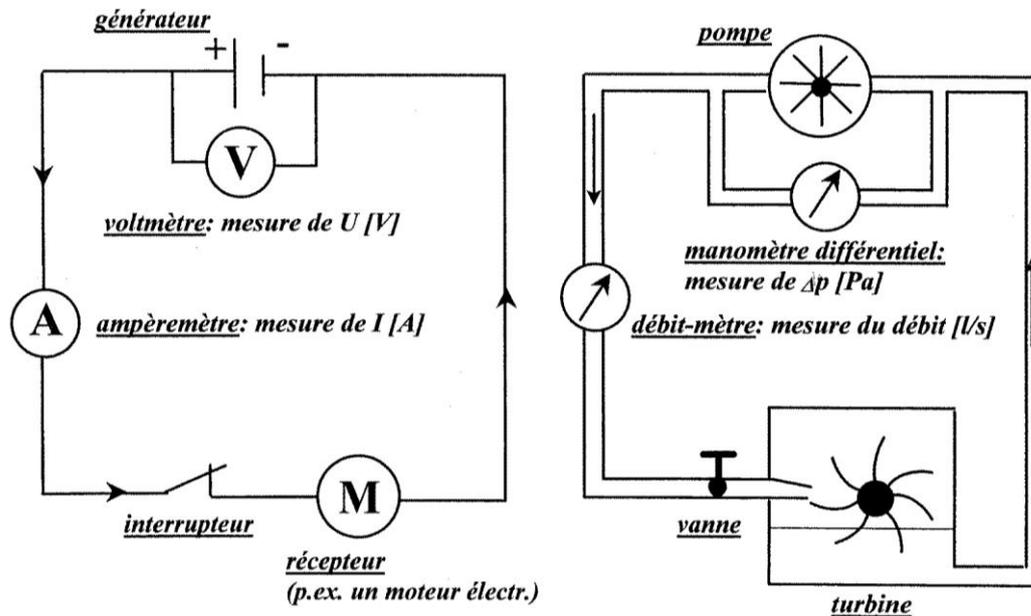
Dynamo = générateur qui transforme travail mécanique en énergie électrique

La **tension U du générateur** indique avec quelle force la source propulse les électrons. Dans le cas d'une dynamo, la tension augmente avec la vitesse de rotation. Si la vitesse de rotation est élevée, les électrons sont « pompés » énergiquement du pôle + vers le pôle -. La différence d'état électrique entre le + et - augmente : on parle alors de différence de potentiel électrique (d.d.p) ou **tension U**.

Moteur électrique = récepteur qui transforme énergie électr. en travail mécanique

Si ensuite on relie les deux pôles du générateur (=source d'énergie électrique) à un moteur (=récepteur d'énergie électrique) une charge Q va traverser le moteur et lui transmettre de l'énergie. Dans ce contexte la tension U correspond à la différence de potentiel entre l'entrée et la sortie du récepteur ici moteur.

Travail électrique et définition de la tension par analogie avec une pompe



<https://www.youtube.com/watch?v=6ZLUJY7WROA&t=16s>

Circuit électrique	Circuit hydraulique
<p>La dynamo fait circuler une charge Q. Si la vitesse de la dynamo augmente, on obtient une tension U plus élevée.</p> <p>Le travail électrique s'écrit : Par analogie : $W_{él} = Q \cdot U$</p>	<p>La pompe fait circuler un volume d'eau V. Si la vitesse de la pompe augmente, on obtient une pression de pompage $\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$ plus élevée.</p> <p>Le travail mécanique s'écrit : $W_{mec} = m \cdot g \cdot h = (\rho \cdot V) \cdot g \cdot h$ $W_{mec} = V \cdot \Delta p$</p>

Définition : La tension U s'obtient en divisant le travail électrique W par la quantité de charge électrique Q qui a circulé.

$$U = \frac{W}{Q} \quad \text{unités: } W \text{ en J; } Q \text{ en C} \Rightarrow U \text{ en } V = \frac{J}{C} \text{ (Volts)}$$

$U=1V$ si le travail électrique vaut $W=1J$ pour une charge $Q=1C$. ($1 V= 1 J/C$)

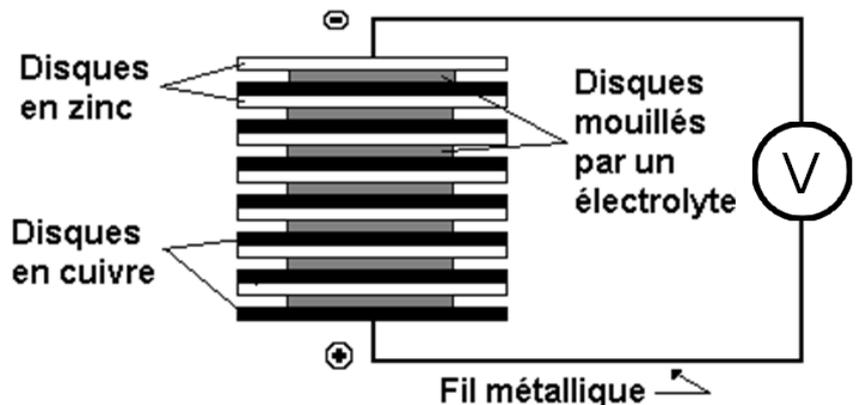
Remarques :

- Une tension existe non seulement aux bornes d'un générateur (tension active) mais également aux bornes des appareils récepteurs (tension passive).
- Pour augmenter le potentiel électrique d'une charge $Q=1C$ de $U=1V$, il faut exercer un travail $W=1J$ sur cette charge.
- L'instrument de mesure de la tension électrique est le **voltmètre**. Tandis qu'un ampèremètre doit être branché en série, le **voltmètre doit être branché en parallèle** avec la composante aux bornes de laquelle on veut connaître la tension électrique.



Pile = générateur qui transforme l'énergie chimique en électricité

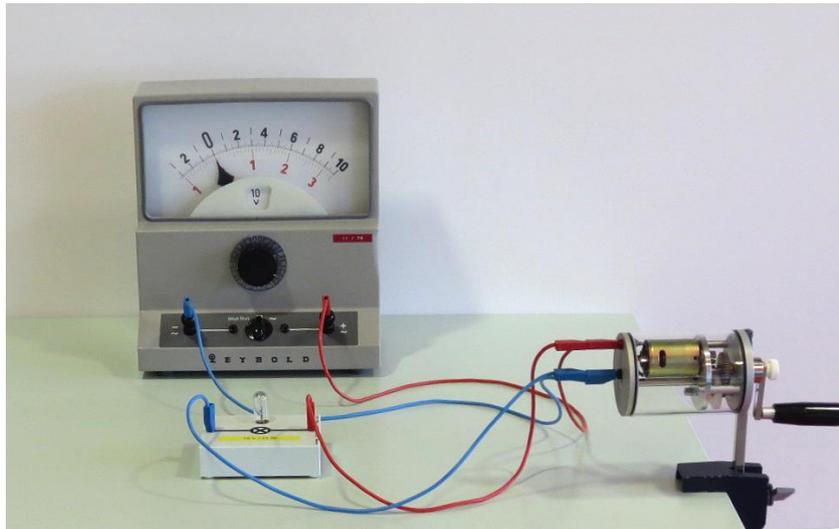
C'est en 1800 qu'un savant italien, Alessandro Volta, mit au point une source d'électricité produisant du courant continu à partir d'une réaction chimique. En effet, pour créer son générateur d'électricité il empila successivement des disques de cuivre, de carton imbibé d'eau salé et de zinc. Chaque unité (zinc, électrolyte, cuivre) fournit une tension de ≈ 1 volt. Il faut former une pile de plusieurs de ces unités pour augmenter la tension (10 empilements=10 volts). Il présenta sa « pile Volta » à Napoléon Bonaparte. Lors d'une réaction électrochimique (oxydoréduction) le zinc cède ses électrons et se réduit (borne négative). Les électrons circulent dans un circuit et sont captés par le cuivre (borne positive).



5.3. Puissance électrique

Expérience 1 :

Branchons un voltmètre et une lampe à une dynamo



Observations :

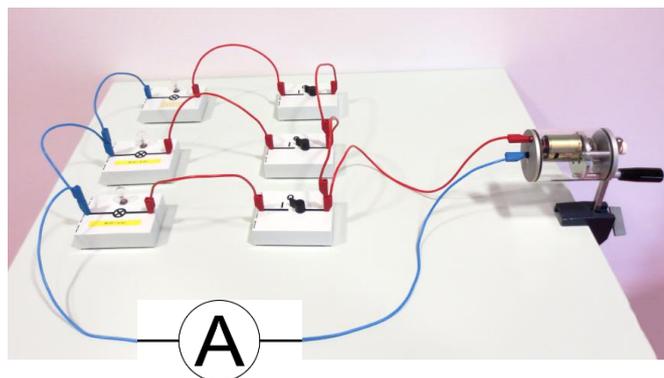
Pour augmenter la brillance (puissance) de lampe il faut tourner plus _____

Si on tourne plus vite on a une _____

La puissance augmente avec _____

Expérience 2:

Plusieurs lampes identiques sont branchées en parallèle sur une dynamo pourvue d'une manivelle. On ferme un à un les interrupteurs en essayant de maintenir toujours le même éclat des lampes (tourner avec la même vitesse en produisant la même tension)



Observations :

Pour augmenter la puissance lumineuse totale on allume plus de _____

Si on allume plus de lampes on doit tourner plus _____

Si on tourne plus fort on a une _____

La puissance augmente avec _____

Les expériences précédentes montrent que la puissance à exercer sur la manivelle du générateur augmente avec la tension U (vitesse de rotation dynamo) et le courant total I à fournir (force à appliquer pour tourner la dynamo).

Ceci est confirmé par un raisonnement théorique

La puissance électrique s'obtient en divisant le travail électrique transformée W_{el} par la durée t nécessaire

$$P = \frac{W_{el}}{t} = \frac{U \cdot Q}{t}$$

$$P_{el} = U \cdot I \quad \text{unités :} \quad P \text{ en J/s=W (Watt)}$$

5.4. Puissance et énergie électrique à domicile

L'énergie transformée dans un appareil électrique augmente avec le temps

$$W_{el} = P_{el} \cdot t = U \cdot I \cdot t \quad \text{unités :} \quad P \text{ en W, } t \text{ en s} \Rightarrow W \text{ en W}\cdot\text{s=J}$$

La consommation d'énergie électrique dépend ainsi de la puissance de l'appareil multipliée par le temps de fonctionnement.

Dans chaque logement, on trouve un compteur électrique qui mesure l'énergie électrique consommée en kWh.

$$1\text{kWh} = 1000\text{W} \cdot 3600\text{s} = 3,6 \cdot 10^6\text{J}$$

est donc une unité d'énergie !!!



Compteur électromagnétique (ancien)



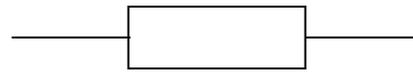
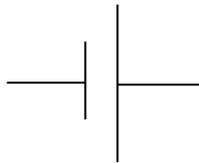
Compteur électronique récent

Expérience: Lampes 1000W 230V avec compteur électrique (kWh), A-mètre et V-mètre.

5.5. Mesure de U et de I sur un circuit

a) Branchement du volt- et de l'ampèremètre

- Pour mesurer la tension U , c.à.d. la différence de potentiel entre les deux bornes d'un appareil, le **voltmètre est branché en parallèle**.
- Pour mesurer l'intensité I , c.à.d. la charge qui circule par unité de temps à travers un conducteur, **l'ampèremètre est branché en série**.

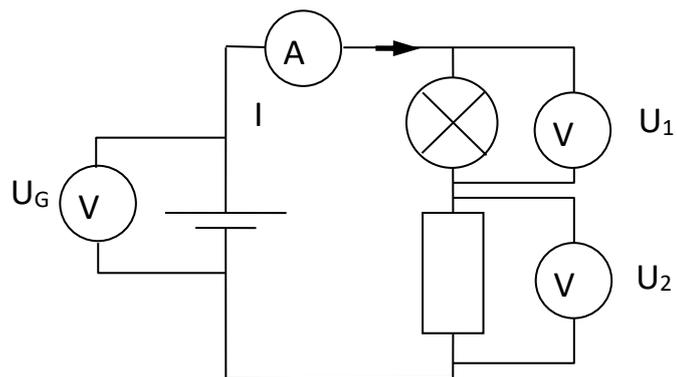


Exercice: Dessiner un V-mètre et un A-mètre branchés correctement.

Noter que le courant sort de la borne positive du générateur pour entrer dans la borne positive d'un récepteur.

b) Le circuit en série

- l'intensité du courant I est partout la même
- La tension du générateur est égale à la somme des tensions partielles aux bornes des appareils récepteur.

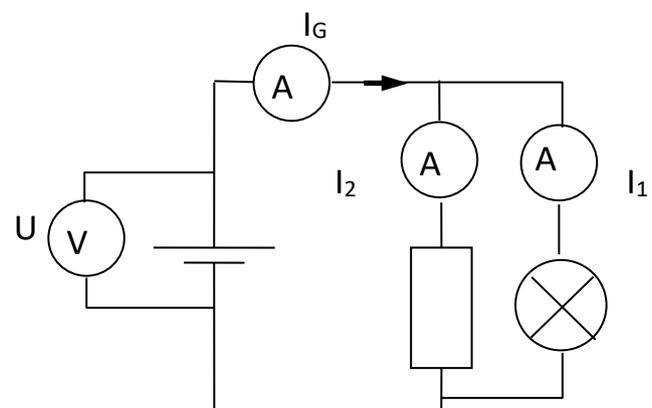


$$U_G = U_1 + U_2$$

(Loi d'additivité des tensions)

c) Le circuit en parallèle

- la tension U est la même aux bornes des récepteurs et du générateur.
- l'intensité débitée par le générateur est égale à la somme des intensités partielles qui traversent les appareils récepteurs.



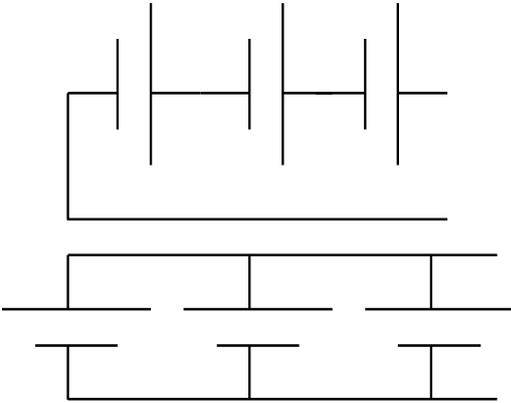
$$I_G = I_1 + I_2$$

(Loi des Noeuds)

colorer le circuit principal et indiquer les bornes +/- des V et A mètres

d) Technique:

Lorsqu'une pile ne suffit pas

	<ul style="list-style-type: none"> • Montage en série: Les tensions des piles s'ajoutent $U=U_1+U_2+U_3$ pour fournir une tension plus élevée. • Montage en parallèle: Les intensités de courant s'ajoutent: $I=I_1+I_2+I_3$ et les piles tiennent plus longtemps.
---	--

Exercices :

- 1) Que se passe-t-il lorsqu'on branche une lampe de 3,5 V sur une pile de tension 1,5 V?
- 2) Un sèche-cheveux provenant des Etats-Unis porte l'indication « 115 V ». Pourquoi ne faut-il pas le brancher au réseau domestique européen ?
- 3) Déterminer l'énergie que doit fournir un générateur de tension $U = 12V$ pour transporter une charge de 30 C à travers un circuit électrique fermé.
- 4) Un accumulateur porte l'inscription 1,2V et 1800mAh, on place 2 accumulateurs semblables en série dans une manette Wii. Indiquer la tension, l'énergie disponible et la puissance consommée si la manette peut fonctionner pendant 8h de jeu continu.
- 5) Que signifie l'indication 6V, 1A sur une ampoule ? Quelle est sa puissance ?
- 6) Quel type de batterie a une tension de 1,5V, 4,5V, 3V et 9V ?
- 7) Un chauffe-eau électrique fonctionne sous 230V. Pour chauffer un litre d'eau à ébullition il faut environ 400kJ en 3 minutes.
 - Quelle est la charge électrique qui circule ?
 - Calculer la puissance et l'intensité de courant?
- 8) Que se passe-t-il si on branche une pile de 4,5V et une pile de 1,5V en série.
 - Dans le sens +-+
 - Dans le sens +--+
- 9) Une petite chute d'eau transporte 100 l d'eau par seconde. La dénivellation est de 12 m. Imaginez que l'énergie potentielle de l'eau puisse être entièrement transformée en énergie électrique. Combien d'ampoules de 100W chacune pourrait-on alimenter avec l'énergie ainsi produite ? (réponse: 120 ampoules)
- 10) Un radiateur électrique dont la puissance est de 2,3 kW est traversé par un courant de 10 A. Quelle est la tension à ses bornes ? (réponse: $U = 230V$)

11) Le démarreur d'une voiture est traversé par un courant d'intensité 100 A. Le courant à travers une foreuse électrique (all. Bohrmaschine) est d'environ 2,6 A. Pourtant la puissance du démarreur n'est que le double de la puissance de la foreuse.

Expliquez et vérifiez par un calcul adéquat.

12) Pour que la pizza soit bien croustillante, il faut la cuire à 230 °C pendant 12 min. Le four électrique a une puissance de 2,4 kW. Calculez le prix de cette opération sachant qu'il faut compter 20 min pour préchauffer le four et que 1 kWh coûte 0,15 €.

(réponse : prix = 0,192 €)

13) Facture d'électricité :

Votre référence client 25446212 2552 255								
	Relevé ou estimation en kWh							
	ancien	nouveau	différence	Consommation (en kWh)	prix kWh en euros	Montant HT en euros	TVA	Total TTC en euros
Electricité compteur n°145 abonnement 8,46 €/mois du 01/09/12 au 01/11/12						16,92		
consommation du 05/09/12 au 04/11/12	61 463	63 935	2 472	2 472	0,141	348,55		
						Montant HT en euros	TVA 6%	Total TTC en euros
total						362,47	21,74	384,21
Montant à prélever							384,21 €	

- Quel nombre était inscrit sur le cadran du compteur électrique
 - lors de l'avant-dernier relevé ? _____
 - lors du dernier relevé ? _____
- Quelle est l'énergie consommée entre les deux relevés ? _____
- Quel est le prix du kWh ? _____ (HT) _____ (TTC)
- Quel serait le montant de la facture pour le cas où vous n'auriez consommé aucune énergie électrique ? _____ (HT) _____ (TTC)
- Quelle est la puissance moyenne consommée ?

14) Définir (evtl. mesurer) le rendement d'un moteur électrique.

15) Convertir 1Wh = J

16) Un grill à faire la raclette a une puissance de 1500W. Combien d'appareils peuvent fonctionner ensemble sur une prise protégée par un fusible 16A ?

17) Que vaut l'intensité de courant dans une ligne de haute tension de 220kV si elle transporte une puissance de 88MW sur une phase.

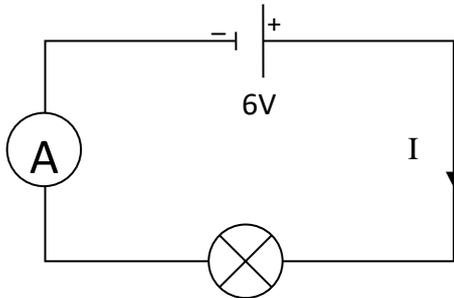
18) Estimer la puissance et l'énergie d'un éclair si la tension vaut 1MV pour un courant de 10kA circulant pendant 100ms.

6. Dipôles passifs

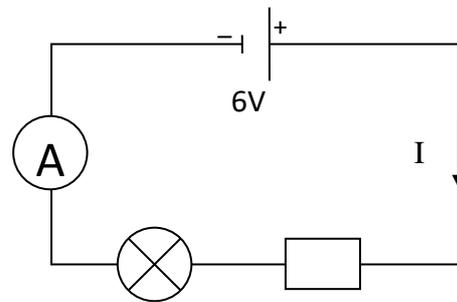
On appelle dipôle passif un composant électrique qui consomme de l'énergie et qui ne peut pas produire lui-même une tension. Sans courant sa tension est nulle : $I=0 \Rightarrow U=0$.

6.1. Notion et définition de la résistance électrique

Une lampe est connectée au générateur



On ajoute une résistance (1. long fil, 2. une résistance à couche)



Interprétation

Les électrons libres qui sont propulsés par la tension U à travers un conducteur mince se heurtent continuellement contre les ions fixes du réseau cristallin. Par ce "frottement" l'écoulement des électrons est freiné et l'énergie électrique est transformée en chaleur (effet calorifique ou effet Joule du courant électrique).

<https://www.youtube.com/watch?v=DkMnWCP18D8>

Résistance = propriété des conducteur de "résister" au passage des porteurs de charges

La résistance dépend du conducteur, elle est d'autant plus élevée que le courant qui le traverse pour une tension U fixe est faible.

Définition: La résistance électrique R d'un conducteur est le quotient de la tension U appliquée entre ses bornes par l'intensité du courant I qui le traverse

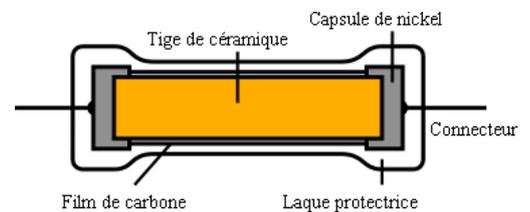
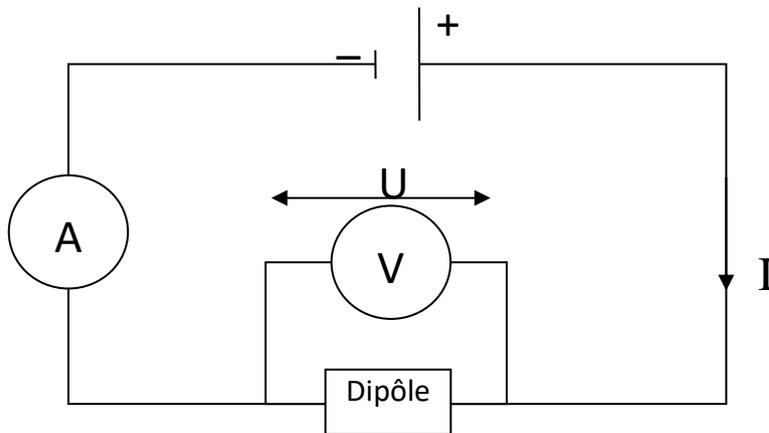
$$R = \frac{U}{I} \quad \text{unités: } U \text{ en V, } I \text{ en A} \Rightarrow R \text{ en } \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega \text{ (Ohm d'après Georg S.Ohm)}$$

Expérience: Mesurer R pour différentes résistances bobinées ou à couches.

6.2. Loi d'Ohm pour résistance constante

Etude de la variation de I en fonction de U . On appelle caractéristique tension-courant d'un dipôle, la courbe $U=f(I)$ représentant la tension U en fonction de l'intensité de courant I qui traverse le dipôle.

Dispositif :



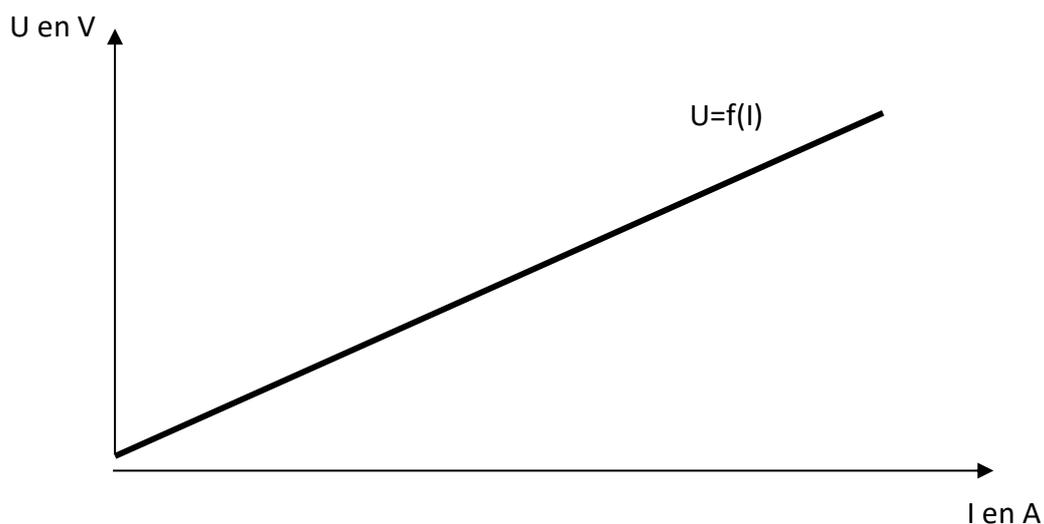
a) Expérience : Résistance à couche de carbone

Tableau de mesure :

U (V)						
I (A)						
R (Ω)						

Représentation graphique : (fig. exacte sur papier millimétré ou EXCEL).

[Lire caractéristique .ppt](#)



Conclusion :

Pour la résistance examinée la caractéristique $U=f(I)$ est une droite passant par l'origine. Ceci signifie que l'intensité de courant I est proportionnelle à la tension appliquée U et que la résistance R est constante.

Dans ce cas on dit qu'il s'agit d'un **conducteur ohmique** qui obéit à la

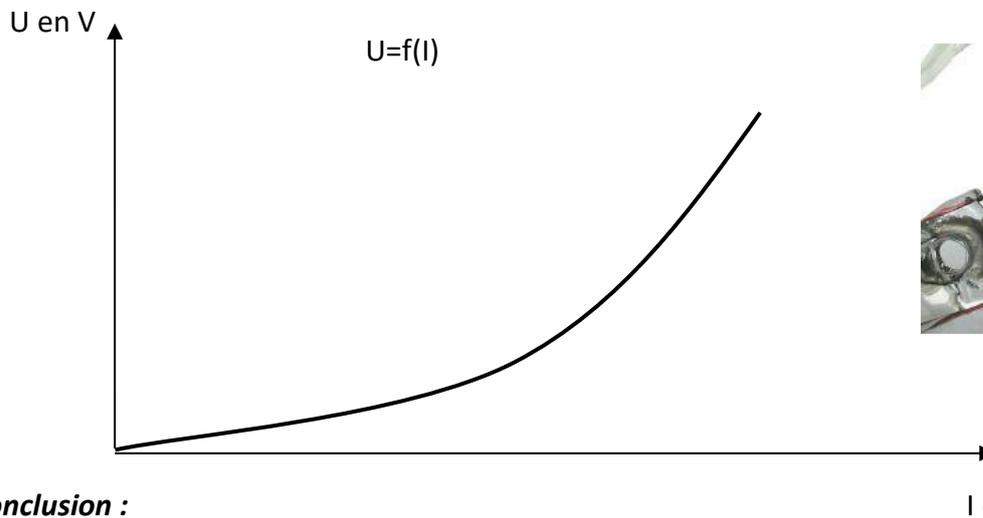
LOI D'OHM: $U=R \cdot I$ avec R constant

b) Expérience : lampe à incandescence (fil conducteur qui s'échauffe)

Tableau de mesure (Ampoule):

U (V)						
I (A)						
R (Ω)						

Représentation graphique : (fig. exacte sur papier millimétré ou EXCEL)



Conclusion :

Pour une ampoule la caractéristique **n'est pas une droite**. Il n'y a pas de proportionnalité entre U et I. Une ampoule n'est pas un conducteur ohmique car sa résistance augmente avec la température du filament. Cependant on a $U=0$ si $I=0$ ce qui est typique pour un dipôle passif.

6.3. Dipôle=fil de longueur L et de section S



En comparant la résistance R de plusieurs fils métalliques d'un même matériau on constate :

- 1) $R \sim L$ si la section reste la même
- 2) $R \sim 1/S$ si la longueur reste la même

En combinant les deux proportionnalités il vient : $R \sim \frac{L}{S}$

En introduisant la constante de proportionnalité ρ appelé résistivité du matériau du fil, on peut écrire la formule suivante :

La résistance R d'un fil métallique de longueur L en m et de section S en m^2 se calcule à l'aide de la résistivité du métal par :

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \text{ avec } R \text{ en } \Omega ; L \text{ en m} ; S \text{ en } m^2 \text{ et } \rho \text{ en } \Omega m$$

Si on indique le diamètre d du fil cylindrique, $S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$

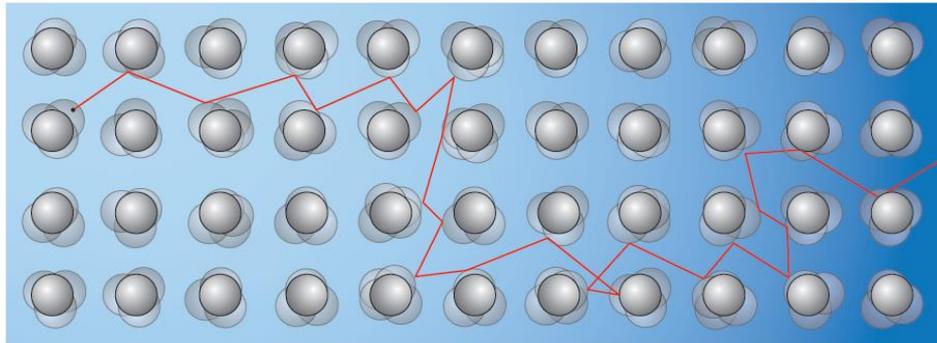
Souvent on prend L en m, S en mm^2 et ρ en $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} = 10^{-6} \Omega m$

6.4. Résistance et température

Lors du passage du courant électrique à travers un conducteur métallique, les électrons libres effectuent tout au long de leur parcours des chocs avec les ions. Ils cèdent donc une partie de leur énergie cinétique aux ions. Il en résulte une plus forte agitation de l'ion autour de sa position d'équilibre, ce qui se manifeste par une élévation de la température du métal.

C'est l'effet Joule.

Or la température du métal a aussi une influence sur sa résistance électrique : plus les ions du métal s'agitent, plus le passage des électrons libres devient difficile.

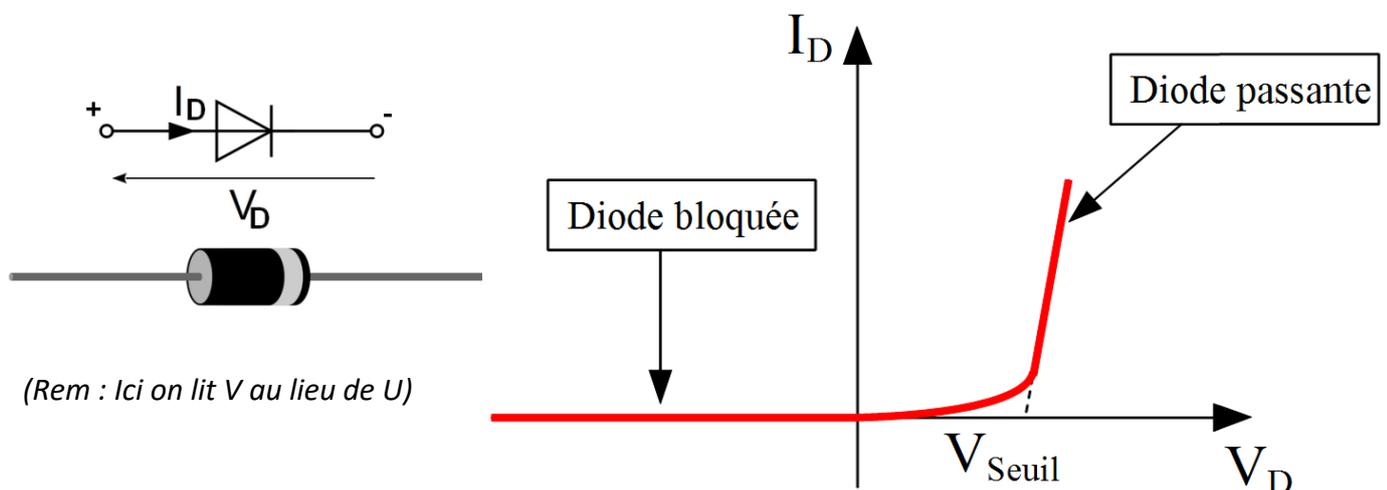


Ainsi la résistivité d'un métal augmente avec sa température. Pour garder la résistivité et la résistance constante il faut limiter l'augmentation de température.

Rem : La résistivité varie si la température augmente. Le constantan est un alliage particulier (55%cuivre, 45% nickel) pour lequel la résistivité ne dépend presque pas de la température.

6.5. Conduction dans un semi-conducteur

Dans un semi-conducteur (Silicium, Germanium), la présence de quelques atomes d'impuretés (dopage) confère au réseau de Ge des propriétés particulières de conductibilité. Ainsi des atomes d'arsenic fournissent des électrons supplémentaires qui peuvent se déplacer sous l'effet d'une tension. En revanche un élément tel le gallium, qui possède un électron de périphérique de moins que le germanium, peut piéger un électron de ce dernier. Il apparaît alors un « trou positif » qui peut également se déplacer sous l'effet d'une tension appliquée. La combinaison de dopage n (électrons supplémentaires) ou p (trous) implique les propriétés de conduction particulières utilisées dans les diodes et transistors ainsi que dans les circuits intégrés.



7. Résistance équivalente

Dans un circuit, plusieurs résistances sont souvent associées. La résistance équivalente à une portion de circuit AB contenant plusieurs résistances et la résistance unique qui laisse passer le même courant à la même tension que les résistances combinés.

7.1. Le circuit série

- l'intensité de courant I est le même dans tout le circuit,
- la tension aux bornes du circuit $U =$ somme des tensions partielles $U_1+U_2+U_3$,
- on peut remplacer plusieurs résistances en série par une résistance équivalente

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

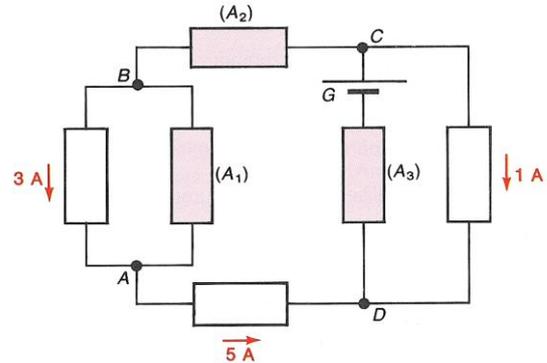
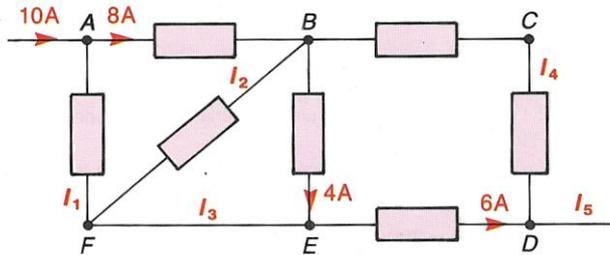
7.2. Circuit-parallèle

- les résistances (récepteurs) sont toutes soumises à la même tension
- le courant principal $I =$ somme des courants partiels $I_1+I_2+I_3$
- on peut remplacer plusieurs résistances en parallèles par une résistance équivalente

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

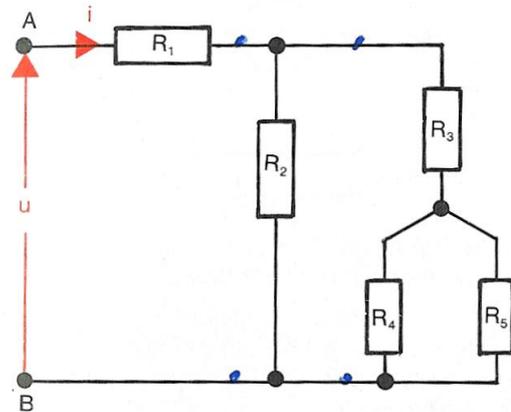
Exercices

- 1) On considère les réseaux suivants dans lesquels certains courants sont connus en intensité et en sens. Déterminer les caractéristiques (intensité et sens) des courants manquants.



- 2) Déterminer les intensités traversant chaque résistance, sachant que $U_{AB}=15\text{ V}$; $R_1=8\ \Omega$; $R_2=36\ \Omega$; $R_3=24\ \Omega$; $R_4=6\ \Omega$ et $R_5=12\ \Omega$.

- 3) Une lampe est alimentée par une source de tension de 12V. Elle porte l'indication 5 W.
a) Calculer l'intensité de courant et la résistance.
b) Dessine le montage avec un V et A mètre qui permet de contrôler ses mesures.

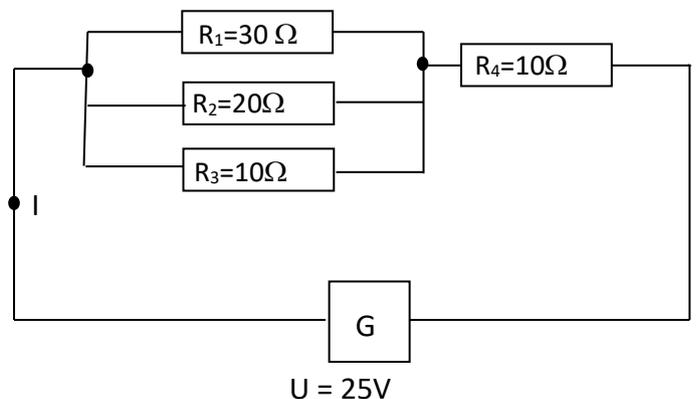


4) Caractéristiques

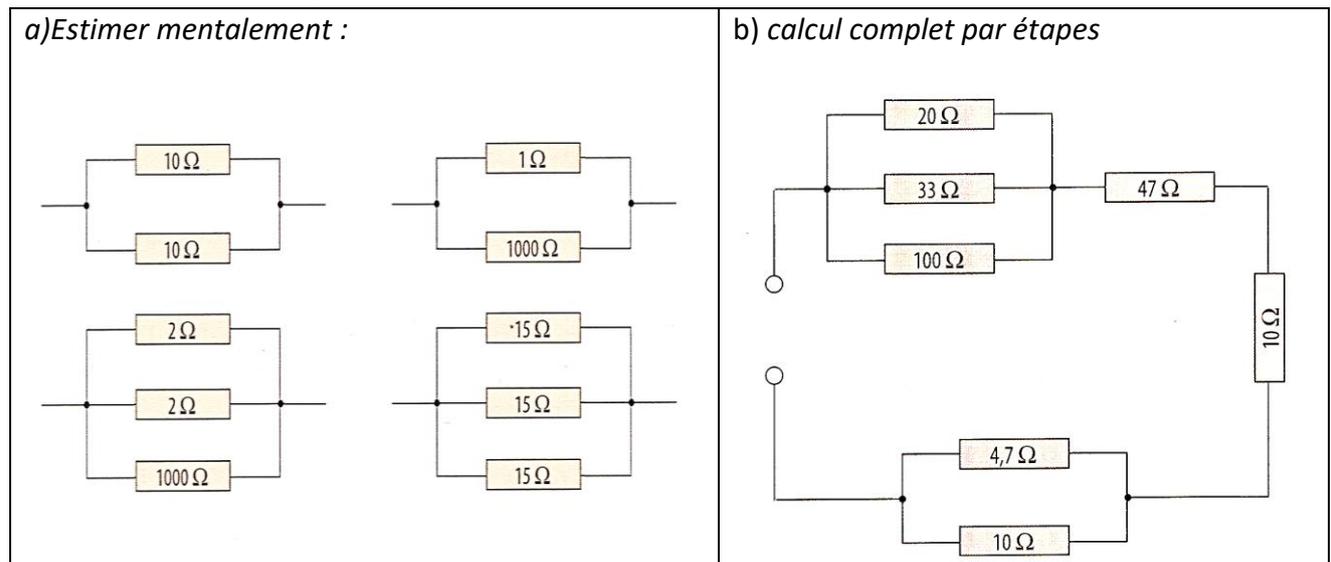
- a) Dessiner $U=f(I)$ pour une résistance de $30\ \Omega$ constante.
b) Citer un cas où la résistance n'est pas constante et illustrer qualitativement l'allure d'une telle courbe $U=f(I)$
c) Expliquer quel phénomène est à l'origine de la résistance d'un conducteur.

5) Montage de résistances

Calculer la résistance équivalente R et l'intensité totale I du courant pour le circuit suivant.



6) Calculer la résistance équivalente pour les circuits suivants :



7) Le tableau suivant donne l'intensité de courant I dans une ampoule en fonction de la tension U appliquée.

U(V)	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	4,5
I(mA)	105	140	170	200	250	290	325	360	?

a) Tracer la caractéristique $U=f(I)$

b) Expliquer comment et pourquoi la résistance change

c) Déterminer la résistance et la puissance lorsque l'ampoule fonctionne sous 6V.

d) Estimer I pour $U=4,5V$

8) Une ampoule 60W/230V contient un filament de tungstène de 0,020mm diamètre et de 67Ω à 20°C.

a) Quelle est la longueur du filament ? ($\rho_{20^\circ C} = 5,6 \cdot 10^{-8} \Omega m$)

b) Quelle est l'utilité de la double spirale du fil et qu'est qui évite que le filament ne se consume.

c) Quelle est la résistivité du tungstène à la température de fonctionnement de 3400 K

9) Voici les caractéristiques $I=f(U)$ de diodes LED.

a) Identifier la tension seuil.

b) Que se passe-t-il pour une tension négative ?

