

Notions d'électricité

Liste des cours de base d'électricité commune aux domaines de l'électrotechnique, l'électronique, l'informatique et l'électricité.

- [Électrostatique](#)
Electrisation par frottement, contact ou influence avec l'ambre jaune ou le verre.
- [La matière, atomes et molécules](#)
Définitions, ion, corps simples et composés, cristaux.
- [Le courant électrique](#)
Circuit électrique, effets du courant électrique, sens conventionnel.
- [Quantité d'électricité et intensité du courant électrique](#)
Définitions et grandeurs physiques : le Coulomb, l'Ampère ; loi du courant électrique, montage en série et dérivation.
- [La tension ou différence de potentiel](#)
Pour qu'un courant électrique circule, il faut une différence de potentiel.
- [Energie et puissance](#)
Notion de travail et de physique. l'énergie et la puissance électrique, unités et calculs.
- [Résistance et résistivité d'un conducteur](#)
Définition et méthode de calcul de la résistance électrique d'un conducteur, résistivité et conductance.
- [Le condensateur](#)
Description du condensateur, grandeurs physiques et mathématiques, calcul de la valeur de la capacité d'un condensateur.

Electrostatique et électricité

L'électricité n'est pas une découverte moderne. Elle est connue depuis les Grecs ! L'ambre jaune (résine fossilisée) fût l'un des éléments qui nous permis cette découverte. En effet, on observait qu'en frottant une baguette d'ambre avec une peau de chat, on pouvait attirer spontanément des poussières ou des petits copeaux de sureau. On observait le même phénomène avec une baguette de verre.

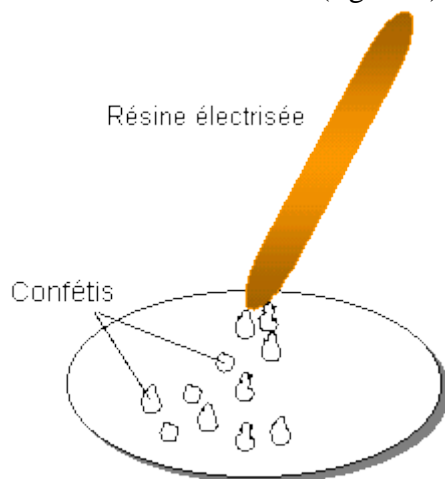
Inventeur entre autres du paratonnerre, [Benjamin FRANKLIN](#) fît d'autres expériences et parla d'électricité positive et négative. Ses travaux furent variés et servirent de base aux futurs chercheurs.

De nombreux progrès furent possibles grâce à des hommes comme Alessandro Volta, André-Marie Ampère, Michael Faraday...

Notion fondamentales d'électrostatique

Electrisation

Prenons un bâton de résine (ambre jaune = élektron en grec) et frottons le avec un morceau de laine ; le bâton acquiert la propriété d'attirer les corps légers comme les confétis de papier ou des petites sphères de moelle de sureau. On dit que le bâton de résine s'est électrisé , il y a électrisation de la résine (figure 1).



Electrisation par frottement

Répetons l'expérience avec un bâton de cuivre tenu à la main, nous n'observons plus aucune action sur les corps légers.

Si nous prenons la précaution de tenir le morceau de cuivre par un manche de verre, l'électrisation apparaît.

Explication :

D'une façon générale, tous les corps peuvent s'électriser par frottement, mais il faut les classer en deux groupes :

- ceux qui se comportent comme la résine dont la charge électrique reste localisée sur la partie du corps frotté. Ce groupe contient tous les corps que nous appelons les isolants ; résine, verre, ébonite, soufre...
- ceux qui se comportent comme le cuivre dont la charge électrique se déplace le long du corps frotté. Dans ce cas cette charge a circulé le long du bâton de cuivre, a traversé le corps de l'expérimentateur et est retournée à la terre.

L'électrisation n'apparaît que s'ils sont tenus par un manche isolant ; ce groupe contient tous les corps que nous appelons les conducteurs : métaux, graphite...
Quand un corps n'est pas électrisé, il est dit à l'état neutre.

Electrisation par contact

Nous suspendons une petite balle de moelle de sureau à un fil de soie. Approchons un bâton de verre électrisé de la balle de sureau et observons :

- la balle de sureau est attirée (figure 2a).

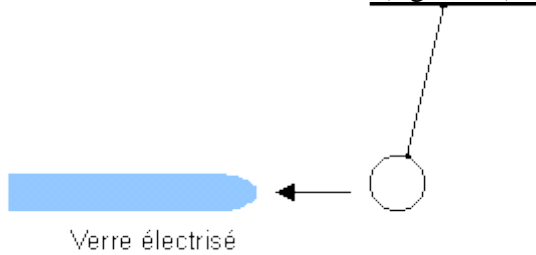


figure 2a

- elle vient en contact avec le bâton de verre (figure 2b),

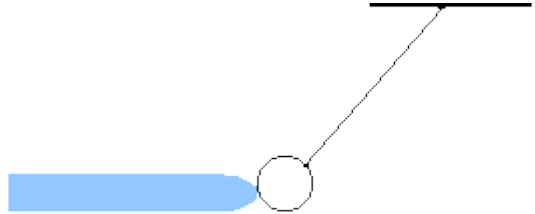


figure 2b

-elle est ensuite repoussée par ce même bâton (figure 2c).

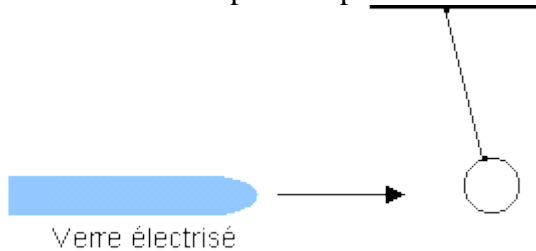


figure 2c

Approchons maintenant un bâton de résine électrisé :

- la balle de sureau est attirée (figure 2d).

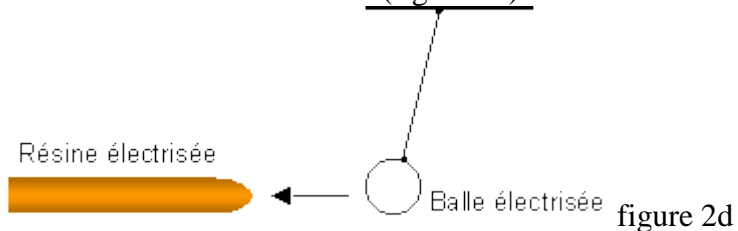


figure 2d

Explication :

La balle de sureau était à l'état neutre au départ de l'expérience. Elle s'est électrisée au contact

du bâton de verre et à acquit une charge électrique. Il y a électrisation par contact.
Le bâton de verre et la balle étant maintenant de même charge électrique, ils se repoussent.
On dit qu'ils sont de même signe.

A l'approche du bâton de résine la balle de sureau est attirée parcequ'elle est de charge électrique différente du bâton de résine. On dit qu'ils sont de signes contraires.

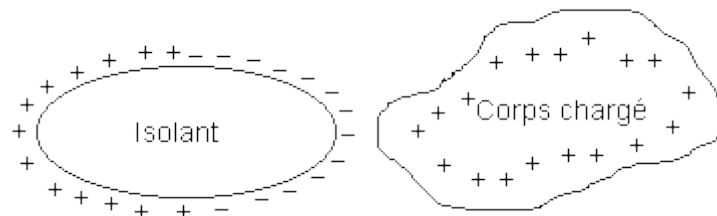
Conclusion :

Il y a deux espèces d'électricité :

- l'une semblable à celle produite sur le verre est appelée positive (+).
- l'autre semblable à celle produite sur la résine est appelée négative (-).
- Les charges de même signes se repoussent.
- Les charges de signes contraires s'attirent.

Electrisation par influence

Approchons un isolant d'un corps chargé positivement. Les charges positives en excès du corps chargé positivement vont attirer les électrons de l'isolant qui vont se concentrer sur la partie la plus proche du corps (figure 3a).



Il y a électrisation par influence.

Voir la suite : [Matière, atomes et molécules](#)

Matière, atome et molécule



La matière (de mater => mère) est présente autour de nous sous trois formes ou plus exactement trois états : solide, liquide et gazeux. Une substance comme l'eau pourra être de la glace, du liquide incolore ou de la vapeur d'eau selon la température et la pression exercée sur cette eau. Mais sous n'importe quelle forme que ce soit l'eau est formée par les mêmes atomes et c'est l'organisation de ces atomes et molécules qui donneront à l'eau sa forme solide (glace), sa forme liquide (incolore) ou sa forme gazeuse (vapeur invisible).

Organisation de la matière

Corps composés, corps simples

Les travaux des chimistes ont montrés que la matière pouvait se diviser en un certain nombre de corps simples purs (exemples : le fer, le cuivre, le sodium, l'oxygène, l'hydrogène...). Ces corps simples peuvent s'unir entre eux pour former d'autres corps purs : ce sont les corps composés ou combinaisons.

De nombreux corps composés se trouvent dans la nature (exemples : le chlorure de sodium ou sel de cuisine, le carbonate de calcium ou marbre ...).

Un corps composé est toujours constitué par les mêmes corps simples et dans les mêmes proportions.

La molécule

{ du latin môle "masse" }

La molécule est la plus petite partie d'un corps pur susceptible d'exister à l'état isolé en gardant les caractères de ce corps.

Une molécule est formée d'atomes ;

dans un corps simple, elle est formée d'un ou plusieurs atomes semblables,

dans un corps composé, elle est formée d'atomes différents.

Atome

{ Du grec "impossible à diviser", de a --> "anti" , "impossible" et -tome --> "temnein" ; "couper" }

L'atome est la plus petite partie d'un élément chimique à l'état électrique neutre. Il est susceptible d'entrer dans les combinaisons chimiques avec d'autres atomes pour constituer des molécules.

L'atome est constitué d'un noyau atomique (protons, neutrons) autour duquel gravitent des électrons répartis sur une ou plusieurs orbites ou couches.
La molécule d'eau (H₂O) contient 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène.

Particules élémentaires

{Particule : très petite partie}

{Elémentaire : simple}

Électron : particule élémentaire contenant la plus petite charge d'électricité négative. Sa masse au repos est égale à la 1836 ème partie de celle de l'atome d'hydrogène.

- Charge de l'électron : $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb (charge élémentaire => e).

- Masse de l'électron : $9,10938 \times 10^{-31}$ Kilogramme.

Proton : particule élémentaire contenant la plus petite charge d'électricité positive.

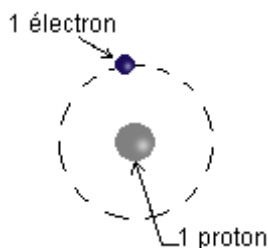
Neutron : particule élémentaire électriquement neutre dont la masse est sensiblement égale à celle du proton.

Le noyau atomique chargé positivement contient presque toute la masse de l'atome. Il est constitué par la réunion de protons et neutrons sauf pour l'hydrogène dont le noyau se réduit à un proton. L'atome est électriquement neutre puisqu'il a autant de charges positives (les protons) que de charges négatives (les électrons) et que ces charges de sens contraires s'attirent.

Le diamètre d'un atome est compris entre 0,1 et 0,4 millimicron.

L'atome d'hydrogène est le plus simple de tous :

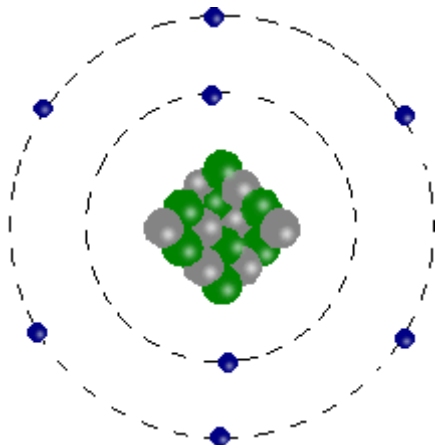
Atome d'hydrogène



1 proton

1 électron

Atome d'oxygène



Il est constitué de 8 électrons,

8 protons
et 8 neutrons.

16 est le nombre de masse (8 protons + 8 neutrons).

Le nombre de masse correspond au nombre total de protons et de neutrons constituant le noyau atomique.

Relation entre l'atome et l'électricité

Couche électronique

Les électrons qui gravitent autour du noyau sont répartis sur plusieurs couches en fonction de leur niveau énergétique.

Les électrons périphériques appartiennent normalement à la couche électronique externe qui intervient dans les phénomènes lumineux, dans les phénomènes de conduction, ainsi que dans les propriétés chimiques de l'atome.

La couche externe ne peut contenir plus de 8 électrons.

On peut classer les atomes à partir de cette couche :

Les atomes ayant 1, 2 ou 3 électrons sur la couche périphérique ont tendance à les perdre.

Les électrons deviennent libres. C'est le cas des bons conducteurs électriques.

Les atomes ayant 5, 6 ou 7 électrons sur cette couche ont tendance à compléter cette dernière à 8.

C'est le cas des isolants.

Les atomes ayant 4 électrons constituent la catégorie des semi-conducteurs.

Les atomes ayant 8 électrons périphériques n'ont aucune tendance. Ce sont les gaz rares.

Ions positifs, ions négatifs

Les électrons n'étant pas disposés sur une même orbite, nous concevons bien que les électrons les plus éloignés soient moins attirés par le noyau, donc plus faciles à soustraire à son attraction.

Si un électron quitte l'atome, l'équilibre de celui-ci est rompu. Un ion est donc un atome ou groupe d'atomes possédant une charge électrique totale non nulle.

En effet, si un atome perd ou capture un ou plusieurs électrons, la charge positive du noyau n'est plus entièrement neutralisée.

L'atome incomplet devient suivant le cas un ion positif ou un ion négatif.

Classification périodique

Elle est due au chimiste russe Mendéléïev qui la publia en 1870. Les éléments sont placés les uns à la suite des autres, le nombre atomique augmentant chaque fois d'une unité. On revient à la ligne chaque fois que commence une nouvelle couche électronique.

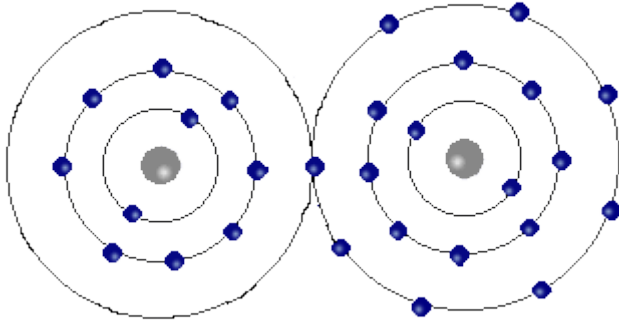
Les éléments d'une même colonne appartiennent à la même famille chimique et ont des propriétés voisines.

Liaisons entre atomes

Liaison ionique

Elle fait intervenir l'électrovalence correspondant à un gain ou une perte d'électron. Les ions ne sont pas liés (inexistence de la molécule à composé ionique). L'édifice est le résultat d'un

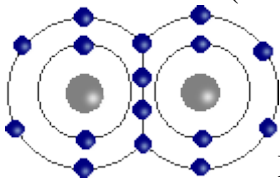
équilibre entre les forces d'attraction et de répulsion électrostatique. C'est le cas des sels tel que le chlorure de sodium.



Liaison ionique : Chlorure de sodium Na Cl.

Liaison covalente

Elle fait intervenir la mise en commun d'électrons entre les atomes. On obtient un véritable lien entre atomes (existence de la molécule).



Molécule d'oxygène O₂.

Dans les deux cas, les atomes tendent à avoir leur couche électronique externe complète (généralement 8 électrons).

Les liaisons covalentes sont toujours plus difficiles à rompre que les liaisons électrovalentes.

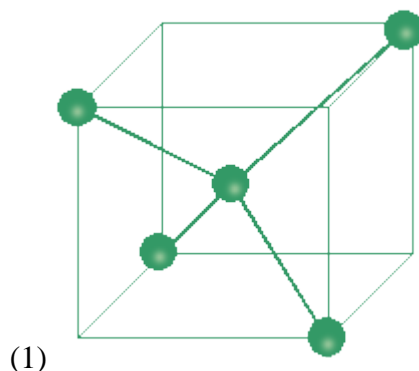
Cristaux

Un certain nombre de corps solides, en particulier les métaux, cristallisent, c'est à dire que les atomes sont rangés suivant un motif géométrique régulier (maille) qui se répète pour former un cristal.

Le motif et les dimensions des mailles permettent d'expliquer un certain nombre de propriétés physiques des corps correspondants.

Les figures ci dessus montrent la disposition des atomes de carbone dans les cristaux de diamant et graphite.

La différence de dureté en particulier est la conséquence de la nature cristalline, ainsi que la différence de conductivité (diamant isolant, graphite conducteur).



(1) = Maille élémentaire du réseau cristallin du diamant

(2) = Maille élémentaire du réseau cristallin du graphite

Définitions

Valence : c'est le nombre de liaisons chimiques qu'un atome peut avoir avec les atomes d'autres substances, dans une combinaison.

Nombre atomique : indique le nombre d'électrons, ou encore le nombre de protons du noyau.

Le courant électrique



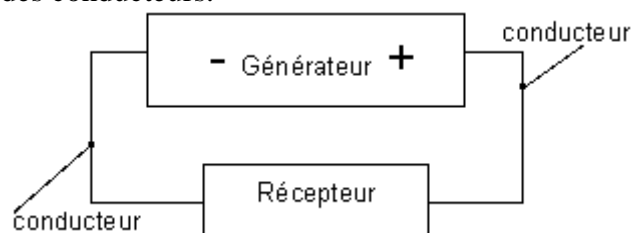
André Marie AMPERE est un physicien français (1775 -1836) qui il étudia la physique, la chimie, les mathématiques et les sciences naturelles. Il fit des recherches fondamentales en électrodynamique. Il est l'inventeur des lois sur l'électromagnétisme.

Naissance d'un courant électrique

Si un conducteur est placé entre deux éléments chargés l'un positivement, l'autre négativement, les électrons libres du conducteur vont être attirés par l'élément positif. C'est ce déplacement d'électrons qui est appelé courant électrique.

Circuit électrique

Un circuit électrique simple est composé d'un générateur et d'un récepteur, reliés entre eux par des conducteurs.

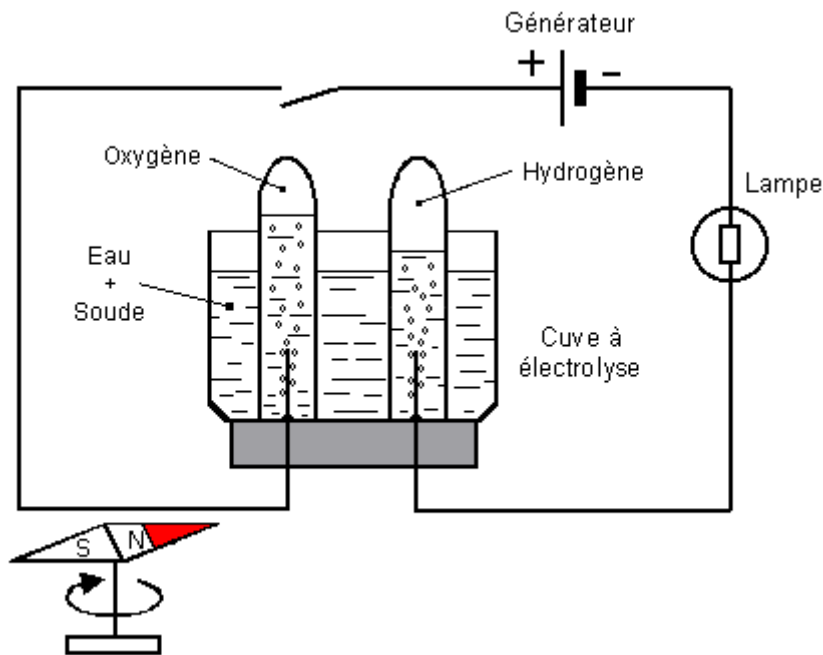


- Le générateur électrique transforme une énergie quelconque en énergie électrique ; pile, accumulateur, dynamo, alternateur...
- Le récepteur électrique transforme l'énergie électrique en énergie quelconque ; mécanique (moteur), thermique (lampe à incandescence , radiateur), chimique (charge d'un accumulateur).
- Les conducteurs électriques permettent le passage du courant électrique. Ils sont très souvent en cuivre ou en aluminium.

Effets du courant électrique

Branchons en série, comme indiqué sur le schéma, les récepteurs (lampe et cuve à [électrolyse](#)), l'interrupteur, le générateur et plaçons une aiguille aimantée (boussole) à proximité des conducteurs.

Notez bien : l'eau et la soude forment une [électrolyte](#).



Si nous fermons l'interrupteur, le courant se manifeste par trois effets :

- Effet thermique, le filament de la lampe rougit,
- effet magnétique, l'aiguille de la boussole dévie,
- effet chimique, du gaz se dégage aux niveaux des électrodes.

L'inversion des branchements sur les bornes du générateur entraîne l'inversion des effets magnétique et chimique.

Nous pouvons donc dire, d'après les observations, que l'effet chimique et l'effet magnétique du courant électrique sont polarisés (ils dépendent du sens du courant électrique).

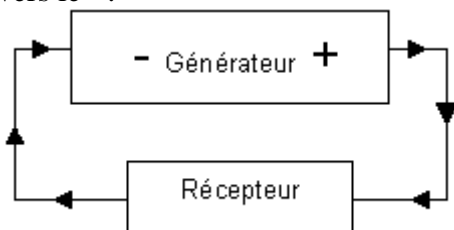
L'effet thermique est quand à lui non polarisé.

Sens conventionnel du courant

Les découvreurs de l'électricité et de ses propriétés ont toujours raisonné en faisant circuler le courant électrique du + vers le - .

La recherche aidant, nous avons découvert que c'était l'inverse qui se produisait.

Mais par convention, à l'extérieur d'un générateur, nous dirons que le courant circule du + vers le - .



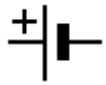
Symboles utilisés pour les générateurs

Symbole

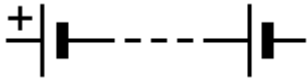
Légende



Générateur tournant



[Pile](#)



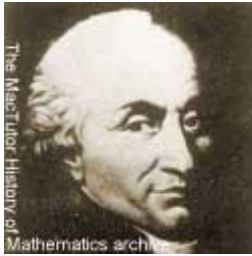
Batterie d'accumulateurs

Exercices sur les effets du courant électrique

Quel est l'effet observé lors du passage courant électrique dans les exemples suivants ?
(mettre une croix dans la case correspondante).

Application	Effet thermique	Effet magnétique	Effet chimique
Fer à repasser			
Radiateur			
Sonnette			
Fusible			
Bilame			
Moteur			
Chromage			
Charge d'un accumulateur			

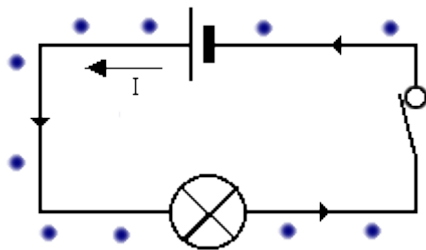
Quantité et intensité du courant électrique



Charles Augustin COULOMB. Physicien français (1736-1806). Il se dédia à l'étude de l'électricité et du magnétisme. COULOMB va déterminer les lois quantitatives d'attraction électrostatiques et magnétiques qui portent son nom. A la même époque, il introduit la notion, toujours actuelle, de moment magnétique.

Quantité d'électricité

Lorsque l'interrupteur est fermé, les électrons se déplacent. Chaque [électron](#) possède une charge électrique. La quantité d'électrons se déplaçant dépendra de la durée de fermeture de l'interrupteur ainsi que du débit des électrons dans le circuit.



La quantité d'électrons circulant est appelée **quantité d'électricité**. Elle est notée **Q** et se mesure en **Coulomb** (C).

La durée de passage du courant est noté **t** et s'exprime en **seconde**.

Le débit d'électrons est appelé intensité du courant. L'intensité est notée **I** et se mesure en **Ampère** (A).

Le coulomb est la quantité d'électricité transportée par un [courant](#) d'intensité d'1 ampère pendant 1 seconde.

Remarque : un électron possède une charge électrique de $1,6 \times 10^{-19}$ C.

La quantité d'électricité se calcule en utilisant la relation :

$$Q = I \cdot t$$

Q en Coulomb,

I en Ampère,

t en seconde.

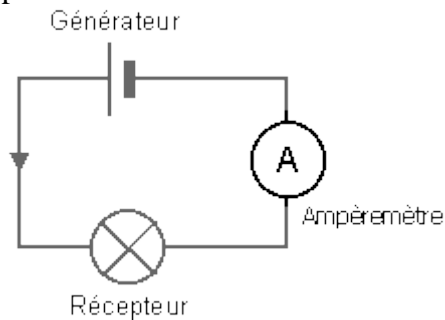
Si t est exprimé en heure, Q est obtenue en Ampère-heure.

$$1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$$

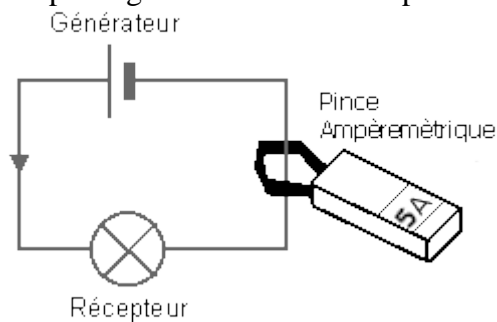
L'**ampère-heure** est l'unité utilisée pour indiquer la capacité d'une batterie d'accumulateurs, c'est à dire la quantité d'électricité qu'elle peut fournir.

Mesure de l'intensité d'un courant

On effectue cette mesure avec un ampèremètre. Le circuit électrique est ouvert et l'appareil est placé en série.

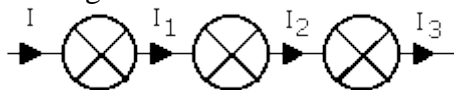


On peut également utiliser une pince ampèremétrique fermée autour d'un conducteur.



Lois fondamentales du courant

Montage série

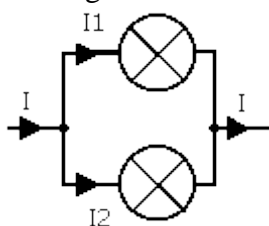


L'intensité est la même dans chaque lampe.

Dans un circuit série, le courant est identique en tous points de ce circuit.

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

Montage en dérivation



L'intensité n'est pas obligatoirement la même dans chaque lampe.

Dans un circuit comportant des dérivation, la somme des courants entrant est égale à la somme des courants sortant.

$$I_1 + I_2 = I$$

Tension et différence de potentiel

Alessandro VOLTA, physicien italien (1745-1827), fit de remarquables études sur l'électricité. Il inventa l'eudiomètre et la pile qui porte son nom.

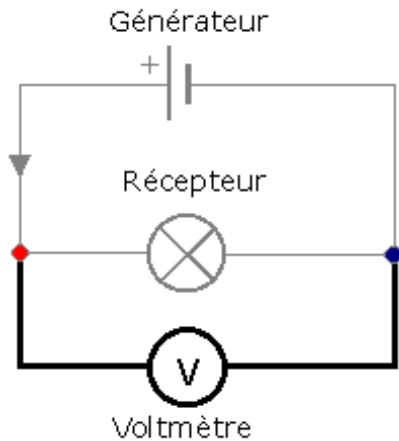
Tension

Pour qu'un [courant électrique](#) circule dans un circuit, il faut qu'il y ait une différence de potentiel entre les bornes du générateur. Elle est également appelée TENSION aux bornes du générateur. Elle est notée U .

L'unité de mesure de tension est le **VOLT** (V) (du savant italien VOLTA)

Mesure de la tension

On effectue cette mesure avec un voltmètre relié en parallèle aux bornes de l'appareil dont on veut mesurer la tension.



Energie et puissance

Etude en physique des notions d'énergie, de travail et de puissance puis vu du côté électrique.

Définition de l'énergie

Un corps possède de l'**énergie** lorsqu'il peut fournir du **travail** ou de la **chaleur**.

Quelques sources d'énergie

Le soleil, le bois, le charbon, le pétrole, le gaz, les matériaux nucléaires, les réserves d'eau, le vent ... sont des sources d'énergie.

Les formes d'énergie

L'énergie peut se présenter sous des formes très diverses :

- l'énergie mécanique qui se présente sous deux formes :
 - > cinétique si les corps sont en mouvement (l'eau qui tombe d'un barrage)
 - > potentielle si l'énergie est en réserve (l'eau stockée derrière un barrage)
- l'énergie thermique ou calorifique
- l'énergie chimique
- l'énergie rayonnante ou lumineuse
- l'énergie nucléaire
- l'énergie électrique

Unités d'énergie

L'énergie, comme le travail qu'elle peut produire, se mesure en **Joules (J)**. Elle se note **W**. ==> Exemple : $W = 450 \text{ J}$

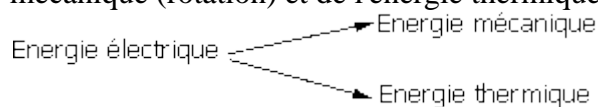
Dans certains cas, on utilise d'autres unités :

- la calorie : $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$.
- la thermie : $1 \text{ Th} = 1000000 \text{ cal}$
- le wattheure : $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$
 - > le Kilowattheure : $1 \text{ KWh} = 1000 \text{ Wh} = 3600000 \text{ J}$

Transformations de l'énergie

Dans toute transformation, l'énergie se conserve en quantité. L'énergie produite et l'énergie "disparue" sont égales.

Exemple : un moteur électrique absorbe de l'énergie électrique et produit de l'énergie mécanique (rotation) et de l'énergie thermique (frottements et échauffement des fils).



$$\text{Énergie électrique} = \text{Énergie mécanique} + \text{Énergie thermique}$$

Dans cet exemple, seule l'énergie mécanique produite par le moteur est **utile (Wu)**.

La chaleur qui apparaît est une perte (**Wp**). L'énergie électrique consommée par le moteur est l'énergie **absorbée** (**Wa**).

Nous avons donc la relation suivante :

$$\mathbf{W_a = W_u + W_p}$$

Rendement énergétique

Le rendement est le rapport entre l'énergie utile (**Wu**) et l'énergie absorbée (**Wa**).

$$\eta = \frac{W_u}{W_a}$$

Le rendement est toujours inférieur ou égal à 1.

Puissance

L'énergie peut produire un travail mécanique, c'est à dire un mouvement. Or un même travail peut être effectué en des temps différents.

Exemples :

- Un ouvrier monte sur son dos un sac de 35 kg au 4ème étage d'un immeuble ; il met 3 minutes.

=> Un monte charge peut faire le même travail en 20 secondes.

- Une camionnette de 500 kg de charge utile fera 10 fois plus de voyages qu'un camion de 5 tonnes pour transporter 10 tonnes de marchandises.

Pour un temps donné, plus une machine fournira de travail plus elle sera **puissante**.

Définition de la puissance

La **puissance** d'une machine est l'énergie qu'elle fournit en 1 seconde.

La puissance se note **P**.

Elle se mesure en **Watt**.

$$P = \frac{W}{t}$$

W en Joule

t en seconde

P en Watt

Par extension nous avons $W = P \cdot t$

Si t est en heure, W s'exprime en Wattheure.

Remarque :

On rencontre encore en mécanique comme unité de puissance, le cheval-vapeur (ch ou CV).

$$1 \text{ ch} = 736 \text{ W}$$

Rendement

Le rendement est le rapport entre W_u et W_a ;

or

$$W_u = P_u \cdot t$$

et

$$W_a = P_a \cdot t$$

$$\eta = \frac{W_u}{W_a} = \frac{P_u \cdot t}{P_a \cdot t} = \frac{P_u}{P_a}$$

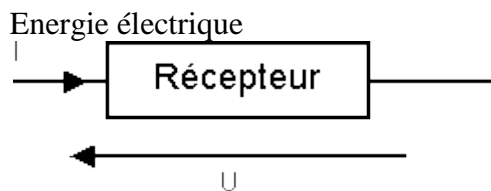
Avec :

P_u = puissance utile

P_a = puissance absorbée

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

Energie et puissance électrique



Si le récepteur est soumis à une tension U et qu'il est traversé par un courant d'intensité I pendant un temps t il va absorber de l'énergie électrique.

Cette **énergie** est notée **W**

$$W = U \cdot I \cdot t$$

Avec :

U en Volt

I en Ampère

t en seconde

W en Joule

Remarque: si le temps t est mesuré en **heure**, W est obtenu en **Wattheure** ; (**Wh**).

Le wattheure : 1 Wh = 3600 J

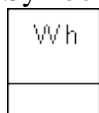
le Kilowattheure : 1 KWh = 1000 Wh = 3 600 000 J

Mesure de l'énergie électrique

L'énergie électrique qui nous est fournie par le réseau électrique est mesurée par un compteur (watt-heuremètre ou énergiemètre) placé à l'entrée de l'installation. Cet appareil est gradué en **Kilowattheure**. Anciennement les compteurs utilisés possédaient un disque d'aluminium qui tournait plus ou moins vite selon les appareils qui étaient en fonctionnement. Un tour de disque correspondait à l'enregistrement d'une énergie appelée constante du compteur (cette valeur, notée K , est indiquée sur l'appareil ; exemple : $K \ 2 \text{ Wh /tr}$).

Actuellement avec les nouvelles options tarifaires, les distributeurs d'énergie électrique installent des compteurs électroniques.

Symbole du wattheuremètre :



En **courant continu ou** pour un appareil **résistif**, l'énergie consommée peut être obtenue en mesurant la tension, l'intensité du courant, le temps de fonctionnement et en faisant le produit de ces trois valeurs.

Puissance électrique

Rappels :

$$P = \frac{W}{t}$$

et $W = U.I.t$

$$\text{D'ou : } P = \frac{U.I.t}{t}$$

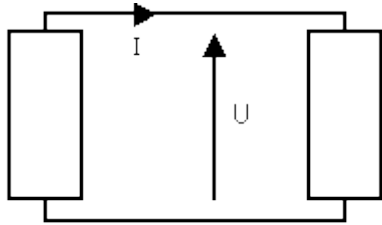
donc : $P = U . I$

Avec :

U en Volt

I en Ampère

P en Watt



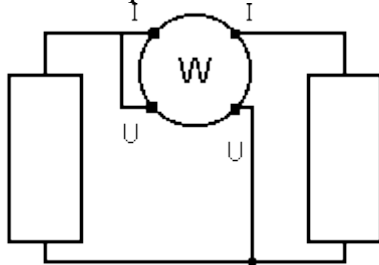
Générateur

Récepteur

La puissance fournie par le générateur est égale la puissance absorbée par le récepteur.

Mesure de la puissance électrique

On utilise un Wattmètre . C'est un appareil qui possède des bornes "intensités" qui seront raccordées en série avec le récepteur ou par une pince ampèremétrique et des bornes "tensions" qui seront raccordées en parallèle sur le récepteur.



générateur

récepteur

Si l'aiguille de l'appareil dévie dans le mauvais sens il faut inverser le branchement des bornes intensités ou celui des bornes tensions.

Pour les appareils de mesures électroniques et numériques la valeur se lit directement. En **courant continu ou** dans le cas de **récepteur résistif**, la puissance peut être obtenue en mesurant la tension et l'intensité du courant et en faisant le **produit** de ces deux valeurs.

Il existe maintenant des appareils de mesure qui, sous la forme d'une pince ampèremétrique, sont capables de mesurer la puissance, [l'intensité](#), [la tension](#), et d'autres grandeurs physiques (fréquence, harmoniques, Cos phi...)

Exercices sur la puissance, la quantité d'électricité et l'énergie

1 - Une batterie d'accumulateurs a fournie une quantité d'électricité de 60.000 Coulombs pendant une minute.

Calculer l'intensité du courant débité par la batterie.

2 - Une batterie d'accumulateurs se décharge complètement en trois heures lorsqu'elle débite 10 Ampères.

Calculer la capacité de la batterie en ampères-heures.

3 - Une lampe à incandescence fonctionne 10 heures par jour et est traversée par un courant de 0,8 A.

Calculer en Ampères-heures et en Coulombs la quantité d'électricité consommée en un mois de trente jours.

4 - Un récepteur alimenté sous une tension de 100V est traversé par un courant de 5 A pendant deux heures.

Calculer la puissance du récepteur.

Calculer l'énergie absorbée par ce récepteur.

5 - Un récepteur est traversé par un courant de 10 ampères pendant 3 s.

Calculer la quantité d'électricité absorbée par ce récepteur.

Calculer l'énergie absorbée par ce récepteur s'il a été alimenté sous une tension de 400 V.

6 - Un récepteur soumis à une tension de 100 V absorbe une puissance de 900W.

Calculer l'intensité du courant qui le traverse.

7 - Un moteur électrique est traversé par un courant continu d'intensité de 6 A sous 120 V.

Calculer la puissance qu'il absorbe.

8 - Un récepteur qui absorbe une puissance 1500 W est traversé par un courant de 8 A.

Calculer la tension à laquelle est soumis ce récepteur.

Résistance et résistivité d'un conducteur

Etudes pour caractériser un matériau conducteur et calculer la résistance d'un fil résistif.

Résistance électrique

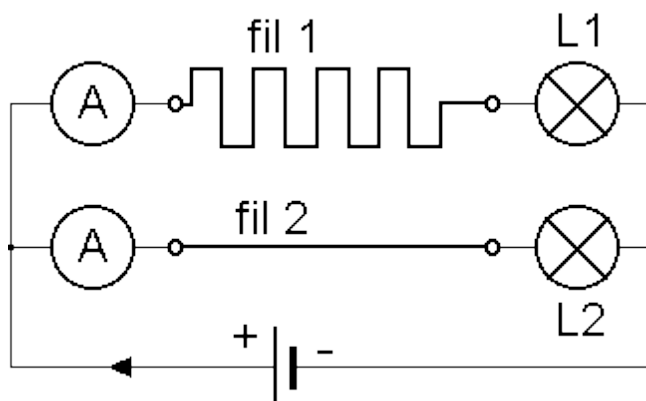
La résistance électrique d'un matériau est sa faculté d'empêcher le passage du [courant](#). Cette valeur est indépendante du circuit dans lequel se trouve ce matériau.

La résistance se note R et elle se mesure en Ohm (symbole Ω)

Résistance d'un conducteur

Réalisons deux circuits électriques composés d'un ampèremètre, d'une lampe et alimentés par le même générateur.

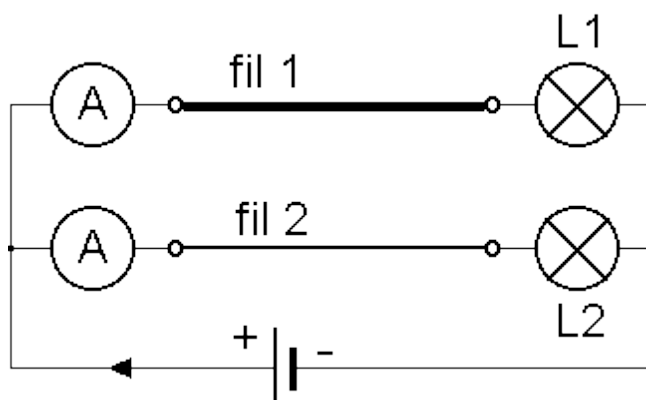
Expérience sur l'influence de la longueur



L1 éclaire moins que L2 car le courant circule moins dans le fil le plus long.

Dans le fil 1, les électrons ont un chemin plus long à parcourir. Ils rencontrent donc plus d'[atomes](#) qui les freinent sur leur parcours : la résistance d'un fil augmente quand sa longueur s'accroît.

Influence de la section

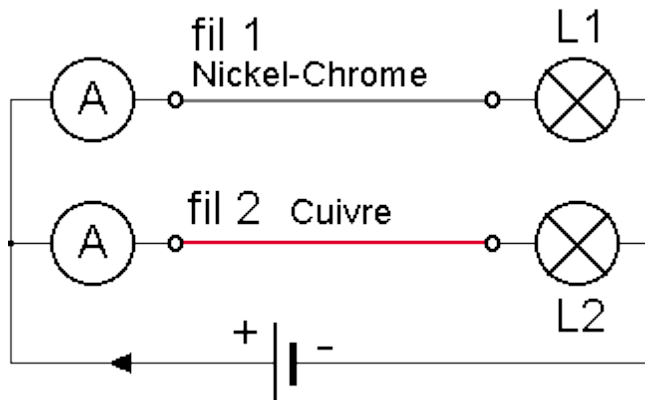


L2 éclaire moins que L1 car le courant circule avec plus de difficulté (donc moins) dans le fil le plus fin.

Dans le fil 1, les électrons sont plus dispersés et les chances de choc contre les atomes sont

diminuées. Dans le fil 2 c'est le phénomène inverse : la résistance d'un fil augmente quand sa section diminue.

Influence de la nature du conducteur



L1 éclaire moins que L2 car le courant circule moins bien dans le fil de Nickel-Chrome. La résistance d'un fil dépend donc de la nature du matériau.

Calcul de la résistance

Les mesures faites simultanément par Ohm et Pouillet sur des conducteurs de section cylindrique ont conduit séparément ces deux savants à énoncer la loi suivante :

La résistance R d'un conducteur filiforme si sa section est constante est :

proportionnelle à sa longueur l,

inversement proportionnelle à sa section s,

variable avec la nature du conducteur.

Cette loi se traduit par la formule :

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

l est en mètre,

s en m²,

ρ en Ω.m

R en Ω

ρ étant un coefficient de proportionnalité qui exprime le pouvoir conducteur d'un matériau.

Résistivité

Dans l'expression précédente ρ caractérise la nature du conducteur. Ce coefficient ρ (prononcer ro) s'appelle la résistivité. Plus cette valeur est faible, plus le matériau est conducteur. Par exemple, la résistivité du fer est environ 6 fois plus grande que celle du cuivre, on en déduit que le cuivre est 6 fois plus conducteur ; elle se mesure en Ohm.mètre.

L'unité de résistivité d'un échantillon de conducteur

a R = 1 Ω, l = 1 m et s = 1 m² est égale à :

$$\rho = R \frac{s}{l}$$

avec :

ρ en Ω.m

R en Ω

s en m²
l en mètre

Valeur usuelles de résistivités

- métaux usuels $\rho \pm = 2.10^{-8} \Omega.m$
- semi-conducteur $10^{-5} \Omega.m < \rho < 10^9 \Omega.m$
- isolants $\rho > 10^9 \Omega.m$

Cas d'un conducteur de cuivre

La formule pratique est la suivante :

$$R = \frac{l}{57 s}$$

à 15°C avec $\rho \pm 1,74 \Omega.m$, l en mètre et s en mm²

Valeurs pour d'autres conducteurs

Tableau des résistivités des principaux conducteurs employés en électricité ou électronique.

Conducteurs ρ en $\Omega . m$ α

argent	$1,64.10^{-8}$	$3,85.10^{-3}$
cuivre	$1,72.10^{-8}$	$3,93.10^{-3}$
aluminium	$2,69.10^{-8}$	$4,03.10^{-3}$
nickel	$7,8.10^{-8}$	$5,37.10^{-3}$
fer	$9,8.10^{-8}$	$6,5.10^{-3}$
constantan	50.10^{-8}	0
charbon	40.10^{-8}	$-0,4.10^{-9}$

Conductivité et conductance

L'inverse de la résistivité s'appelle la conductivité (γ se lit gamma).

$$Y = \frac{1}{\rho}$$

L'inverse d'une résistance est une conductance (symbole G) elle s'exprime en Siemens.

$$G = \frac{1}{R}$$

Le condensateur industriel

En 1745, à [Leyde](#), trois savants (dont Cuneus et son professeur Musschenbroeck) inventent le condensateur plus connu sous la forme de "la bouteille de leyde".

Dans sa version moderne il existe sous de nombreuses formes et ses domaines d'application se situent principalement en électricité (amélioration du cos phi) et en électronique.

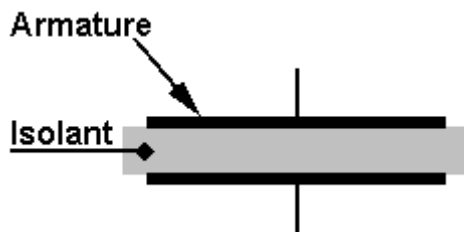
Le condensateur est largement utilisé pour le filtrage des alimentations électroniques (technologie chimique de grande capacité), l'accord des circuits hautes fréquences (téléphone mobile, satellites, télévision), le couplage ou découplage de circuits...

Les progrès techniques aidant, les "super-condensateurs" (condensateurs de très grande capacité) vont commencer à remplacer les piles de sauvegarde de certaines mémoires. Les recherches en cours nous font se demander où est la véritable frontière condensateur / accumulateur...

Définition du condensateur

On appelle condensateur l'ensemble de deux surfaces conductrices ou armatures, séparées par un isolant ayant une permittivité (ou constante diélectrique) donnée.

L'isolant est souvent appelé "diélectrique".



Deux feuilles d'aluminium séparées par une feuille de papier paraffiné forment un condensateur.

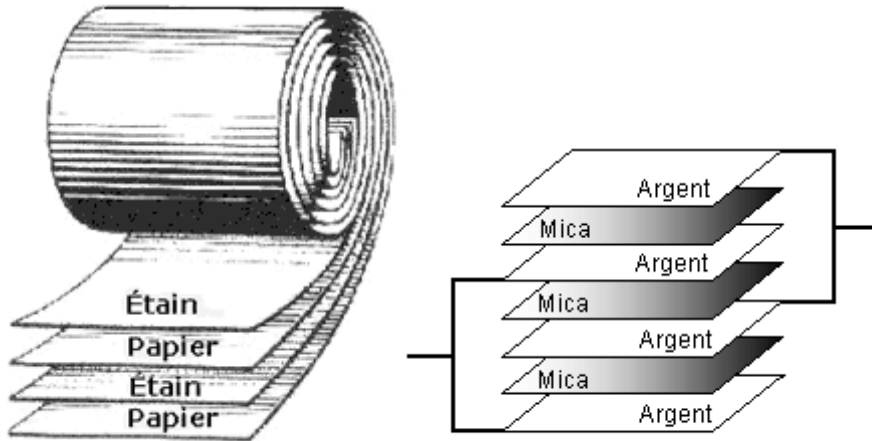


Caractéristiques physiques du condensateur

Description

Ce type de condensateur est constitué de deux longues feuilles d'aluminium ou d'étain, séparées par deux longues bandes de papier. L'ensemble est enroulé et comprimé. Les feuilles métalliques sont les armatures, et le papier, le diélectrique. Chaque armature est reliée à une borne. Les gros condensateurs sont plongés dans une cuve pleine d'huile pour améliorer

l'isolement.



Condensateur papier/étain Condensateur au mica argenté

Caractéristiques électriques du condensateur

Capacité

La capacité d'un condensateur mesure son aptitude à emmagasiner (ou stocker) des charges électriques sur ces armatures.

La capacité s'exprime en farad.

Mathématiquement la capacité d'un condensateur est déterminé par :

$$C = \frac{Q}{V}$$

C => Farad (F)
Q => Coulomb (C)
V => Volt (V)

La capacité d'un condensateur est de 1 farad si [une différence de potentielle](#) de 1 volt entre ses armatures y dépose une charge de 1 coulomb (1 [coulomb](#) = 1 ampère pendant 1 seconde).

Le farad étant une unité très grande, nous utiliserons plus couramment ses sous-unités :

- le millifarad (mF) : $1\text{mF} = 10^{-3}$ Farad (filtrage pour ampli audio haut de gamme)
- le microfarad (μF) : $1\mu\text{F} = 10^{-6}$ Farad (filtrage alimentation cartes électroniques)
- le nanofarad (nF) : $1\text{nF} = 10^{-9}$ Farad (découplages et filtres actifs)
- le picofarad (pF) : $1\text{pF} = 10^{-12}$ Farad (circuits haute fréquence)

Physiquement, par sa construction mécanique, la capacité d'un condensateur est déterminé par :

- La surface des armatures
- L'épaisseur du diélectrique (isolant)
- La nature du diélectrique ou sa permittivité ϵ (epsilon).

Exemples de permittivité :

ϵ mica = 8

ϵ verre = 6

ϵ air = 1,000576

Tension de service d'un condensateur

Lorsque les armatures d'un condensateur sont soumises à une tension trop élevée, une étincelle perce le diélectrique ; le condensateur est alors hors service. Ce phénomène est appelé claquage du condensateur. La tension de service d'un condensateur est la différence de potentielle maximale que l'on peut appliquer à ces armatures sans l'endommager. Elle dépend essentiellement de la qualité du diélectrique et de son épaisseur ; nous parlons alors de rigidité du diélectrique (KV/mm).

Notion de rigidité diélectrique

Pour tout diélectrique, il existe une tension sous laquelle le diélectrique est percé par le passage d'un courant.

On dit alors que le diélectrique claque.

La rigidité diélectrique qualifie un isolant de la d.d.p. qu'il faut lui appliqué par millimètre d'épaisseur pour qu'il claque (KV/mm).

Plus elle est grande et plus notre condensateur verra sa tension de service augmentée.

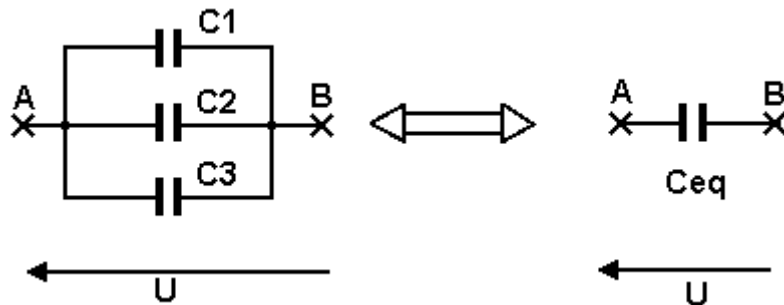
Exemples :

air = 3 KV / mm

papier paraffiné = 51 KV / mm

verre = 118 KV / mm

Condensateurs associés en parallèle



$$Q1 = U.C1$$

$$Q2 = U.C2$$

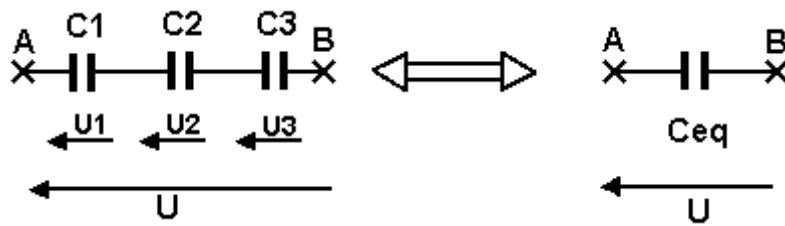
$$Q3 = U.C3$$

$$Q \text{ totale} = Q1 + Q2 + Q3 = U(C1 + C2 + C3) = U Ceq$$

$$\text{D'ou : } Ceq = C1 + C2 + C3 + \dots$$

Si nous associons plusieurs condensateurs en parallèle, la capacité équivalente de l'ensemble est égale à la somme des capacités des condensateurs associés.

Condensateurs associés en série



Tous les condensateurs en série se chargent à la même quantité d'électricité Q ,
d'où : $Q = C1.U1 = C2.U2 = C3.U3$ et $Q = Ceq U$

Avec : $U = U1 + U2 + U3$

Nous avons :

$$U = \frac{Q}{C1} + \frac{Q}{C2} + \frac{Q}{C3} = \frac{Q}{Ceq}$$

d'où :

$$\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}$$

Si nous associons plusieurs condensateurs en série, la capacité équivalente est telle que son inverse soit égale à la somme des inverses des capacités des condensateurs associés.

Tableau des propriétés de différents diélectriques

Diélectrique	Permittivité Rigidité en Kv/mm	
Vide	1	
Air	1.0006	3
Téflon	2.0	59
Papier paraffiné	2.5	51.5
Caoutchouc	3.0	27.5
Huile (pour transformateur)	4.0	15.7
Mica	5.0	196.8
Porcelaine	6.0	7.9
Bakélite	7.0	15.7
Verre	7.5	118

Voir aussi : [Amélioration du cos phi par batterie de condensateurs](#)

Cosinus phi et facteur de puissance

Le cosinus phi prend de l'importance dans une installation industrielle ou un atelier. Le nombre élevé de moteurs électriques est une sources de puissances dites réactives. Il en découle un mauvais rendement de l'installation (courant circulant inutilement) et le distributeur d'électricité applique une surfacturation pour cette énergie réactive.

Étude du cos phi ou facteur de puissance

Le cosinus phi ($\text{Cos } \varphi$) représente la valeur du déphasage angulaire entre la tension et l'intensité du courant dans un circuit alternatif.

Ce déphasage est dû au récepteur qui est constitué d'une impédance complexe ($R+j(L\omega-1/(C\omega))$);

soit une partie résistive (résistance), qui correspond à la puissance active du circuit et une partie réactive (réactance), qui correspond la puissance réactive.

La formule suivante donne les rapports qui permettent le calcul du $\text{Cos } \varphi$:

$$\text{Cos } \varphi = R/Z = P/S$$

Dans son ensemble un réseau alternatif distribue de la puissance active et de la puissance réactive.

Le facteur de puissance renseigne sur la qualité de ce réseau et donc de la répartition de ces puissances.

Les puissances wattées (puissances actives) s'additionnent entre elles :

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_n \dots \text{ en watts}$$

Les puissances réactives s'additionnent entre elles :

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_n \dots \text{ en VAR}$$

Il y a donc intérêt à avoir un bon $\text{Cos } \varphi$ ($\text{Cos } \varphi$ proche de 1 d'où un angle phi petit) car si **le Cos phi est petit** (déphasage important) pour une puissance wattée donnée il faudra fournir une puissance "S" plus grande d'où une intensité plus grande.

Exemple dans une installation

Cas d'un réseau possédant un bon facteur de puissance :

$$P = 1000 \text{ watts}$$

$$U = 200 \text{ volts}$$

$$\text{Cos } \varphi_2 = 0,9$$

Calculons I l'intensité en ligne :

$$I = P / (U * \text{Cos } \varphi) = 1000 / (200 * 0,9) = 5,55 \text{ A.}$$

Cas d'un réseau possédant un mauvais facteur de puissance :

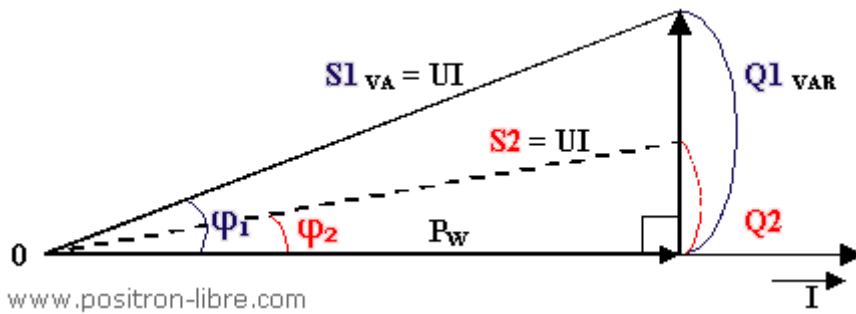
$$P = 1000 \text{ watts}$$

$$U = 200 \text{ volts}$$

$$\text{Cos } \varphi_1 = 0,5$$

Calculons I l'intensité en ligne :

$$I = P / (U * \text{Cos } \varphi) = 1000 / (200 * 0,5) = 10 \text{ A !}$$



Inconvénient d'avoir un mauvais facteur de puissance

Pour le producteur :

- nécessité d'avoir des alternateurs et des transformateurs plus importants,
- posséder une tension plus élevée au départ de la ligne,
- besoin d'avoir des lignes de plus forte section,
- pertes Joules plus élevées,
- appareils de contrôle, de protection et de coupure plus importants.

Pour le consommateur :

- nécessité d'avoir des transformateurs, des moteurs, des appareillages de manœuvre plus importants,
- tension d'utilisation plus faible,
- intensité plus grande,
- pertes Joules plus élevées,
- rendement des appareils mauvais.

Amélioration du facteur de puissance

Détermination des capacités des condensateurs pour relever le facteur de puissance à une valeur donnée.

La puissance réactive fournie par un condensateur se calcule avec la formule suivante :

$$Q_{(VAR)} = U^2 / X_C = P \operatorname{tg} \varphi$$

Comme $X_C = 1/C\omega$,

nous pouvons écrire :

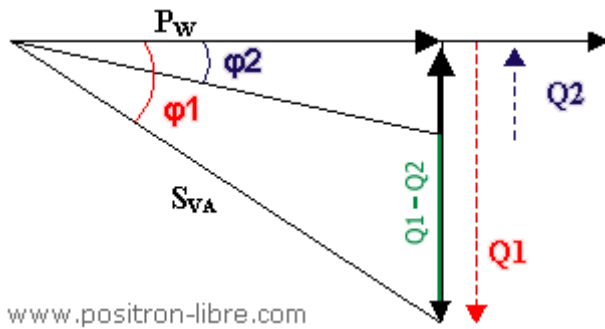
$$Q_{(VAR)} = C\omega U^2,$$

$$\text{d'où } C = Q_{(VAR)} / \omega U^2,$$

$$C = Q_1 - Q_2 / \omega U^2,$$

$$C = P \operatorname{tg} \varphi_1 - P \operatorname{tg} \varphi_2 / \omega U^2,$$

et qui donnera la formule pratique : $C = P (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) / \omega U^2$.



www.positron-libre.com

Exercice

Un réseau 200V 50Hz absorbe une puissance active de 80 KW, une puissance réactive de 60 KVAR.

Déterminer le $\cos \phi$ de l'installation.

Nous désirons ramener le $\cos \phi$ à 0,85 ; calculer la capacité du [condensateur](#) à brancher sur ce réseau.

Suggestion : pour déterminer le $\cos \phi$ vous utiliserez la méthode graphique puis vérifierez par le calcul.