

CHAPITRE 0

ENERGIE ET PUISSANCE

Les problèmes liés à l'énergie sont d'une grande importance. L'énergie est en effet à l'origine de la plupart des phénomènes, et pas seulement dans le monde de l'électricité. Une bonne connaissance de cette notion permet d'appréhender de manière plus efficace les différentes situations qui nous seront proposées.

I - QU'EST-CE QUE L'ENERGIE ?

a) *Quelques exemples*

- ✓ le Soleil chauffe la Terre en lui envoyant de l'énergie *thermique* sous forme de rayonnement ;
- ✓ l'eau retenue dans un barrage hydroélectrique, lors de sa chute, entraîne en rotation la turbine. Elle cède de l'énergie à cette dernière qui la transforme en énergie *mécanique* ;
- ✓ un déménageur, en vidant un appartement situé au troisième étage, dépense de l'énergie *mécanique* ;
- ✓ une lampe de poche éclaire tant qu'elle peut puiser de l'énergie *électrique* d'une pile. Cette dernière fournit de l'énergie en faisant réagir entre eux divers éléments chimiques, donc en consommant de l'énergie *chimique* ;
- ✓ en mettant une casserole d'eau sur une plaque électrique, l'eau se met à bouillir. Elle a donc reçu de l'énergie de la plaque qu'elle a transformée en chaleur (énergie *thermique*).

b) *Définition de l'énergie*

Tous les exemples précédents permettent de définir l'énergie par l'intermédiaire de ces effets.

Lorsqu'un système est capable de fournir un travail, de produire un rayonnement ou de provoquer une élévation de température, on dit qu'il possède de l'*énergie*. Elle est donnée en *joules (J)*.

II - BILAN D'ENERGIE

a) Transformation de l'énergie

Prenons l'exemple de la centrale thermique à charbon de la figure 0.1. La combustion du charbon en présence d'air crée de la chaleur à partir d'énergie chimique. Cette énergie thermique va permettre de vaporiser de l'eau. La vapeur ainsi obtenue va entraîner en rotation une turbine. Cette turbine va elle-même faire tourner l'alternateur qui va produire l'énergie électrique.

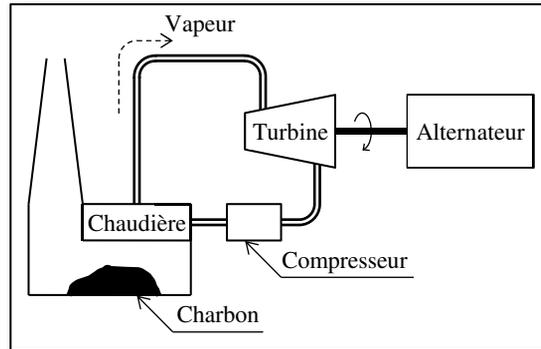


figure 0.1

Cet exemple nous montre que l'énergie présente à l'entrée d'un système peut être transformée en une (ou plusieurs) forme(s) d'énergie et ceci quelle que soit la nature de l'énergie primaire.

b) Conservation de l'énergie

1. Enoncé du principe de conservation de l'énergie

L'énergie d'un système isolé ne peut être ni détruite ni créée.

Remarque : un système isolé n'échange avec l'extérieur ni énergie par l'intermédiaire de forces (le poids par exemple) ni matière (aucune particule n'est enlevée ni ajoutée au système).

2. Etude d'un exemple

Intéressons-nous à un moteur électrique dont la technologie nous importe peu. Ce dernier va fournir de l'énergie sous forme mécanique : on l'appelle **énergie utile** W_U . Pour cela, il consomme de l'énergie électrique d'un quelconque réseau d'alimentation : c'est l'**énergie absorbée** W_A . Malheureusement, cette transformation d'énergie électrique en énergie mécanique s'accompagne de pertes (échauffement des conducteurs traversés par le courant, frottements, ...) se traduisant par une

augmentation de la température du moteur : on parle alors d'*énergie perdue* W_p . La figure 0.2 représente l'évolution de l'énergie au sein du moteur.

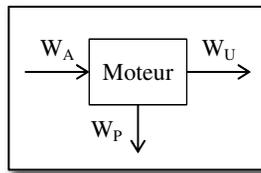


figure 0.2

Le principe de conservation de l'énergie se traduit pour ce moteur par :

$$W_A = W_U + W_p \quad (0.1)$$

c) Rendement

L'exemple précédent nous montre que nous ne pourrions pas utiliser en sortie d'un système la même énergie qu'il y avait à l'entrée. Le rendement η permet de quantifier la qualité du transfert d'énergie :

$$\eta = \frac{W_U}{W_A} \quad (0.2)$$

D'après sa définition, le rendement est un nombre sans unité, compris entre zéro et un. De plus, par habitude, on le donne en pourcentage.

III - LA PUISSANCE

a) Définition

Revenons à la casserole remplie d'eau posée sur la plaque électrique. L'énergie thermique qu'on fournit au volume d'eau ne dépend que de sa masse et des deux températures (initiale et finale). La durée de chauffe n'a pas d'influence sur l'énergie reçue par le volume d'eau.

Par contre, suivant le réglage de la plaque et donc de la puissance qu'elle va consommer, la durée du chauffage sera plus ou moins grande : plus la puissance est élevée, plus la durée mise par l'eau pour atteindre sa température finale sera petite.

L'énergie représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état initial à un état final sans se soucier du chemin parcouru entre les deux états.

La puissance caractérise le débit d'énergie fournie à chaque instant. Elle est donnée en **watts (W)**.

D'après ce qui a été dit précédemment, la puissance est définie par la relation suivante :

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (0.3)$$

Dans cette relation dW est l'énergie échangée et dt est la durée de l'échange.

Unités SI : P en W ; dW en J ; dt en s

b) Autre unité de l'énergie

D'après la relation 0.3, l'énergie échangée peut être définie par :

$$dW = P \times dt$$

Par conséquent, si on met la puissance en kilowatts et la durée en heures, l'énergie échangée sera exprimée en **kilowattheures (kWh)**.

Soit un système fournissant 1 kW pendant 1 h. Ce dernier échangera donc une énergie égale à $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 1000 \times 3600 \text{ W.s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

Par conséquent, la transformation des kilowattheures en joules s'effectue grâce à la relation suivante :

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \quad (0.4)$$

CHAPITRE 1

CIRCUIT ELECTRIQUE, NOTIONS GENERALES

I - CHARGE ELECTRIQUE

a) *Mise en évidence expérimentale*

Un bâton d'ébonite (ou de résine) est frotté avec une fourrure ou un tissu (de laine, de soie, de fibres synthétiques). Celui-ci attire une petite bille en aluminium (voir figure 1.1).

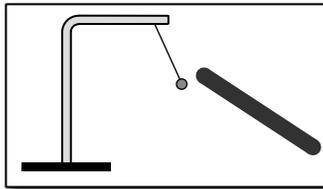


figure 1.1

Cependant l'attraction ne se manifeste que si on approche la partie du bâton qui a été frottée. L'électrisation est dite localisée.

Par contre, rien ne se passe en frottant un bâton métallique tenu directement à la main. Pour qu'il y ait action sur la bille, il faut tenir le bâton métallique par l'intermédiaire d'une poignée en verre par exemple. Dans ce cas, toute la partie métallique agit sur la bille et pas uniquement la partie frottée.

b) *La charge électrique*

Le bâton d'ébonite frotté a acquis la propriété d'attirer la bille. On dit qu'il est électrisé, ou qu'il a une charge électrique, ou encore qu'il est chargé.

La notion de charge électrique présente les particularités suivantes :

- ✓ elle est donnée en *coulombs* (C) ;
- ✓ il n'existe que deux espèces de charges électriques appelées arbitrairement charge positive et charge négative.

c) *Interprétation électronique de l'électrisation*

La matière est principalement constituée d'atomes. Ceux-ci comportent un noyau chargé d'électricité positive et sont entourés d'un nuage d'électrons chargés

d'électricité négative. Chaque proton porte la charge électrique $q_p = 1,6 \cdot 10^{-9}$ C alors que chacun des électrons porte la charge $q_e = -1,6 \cdot 10^{-9}$ C.

Dans son état normal, un atome est électriquement neutre : même quantité d'électricité positive dans son noyau que d'électricité négative dans son nuage d'électrons.

En frottant le bâton d'ébonite, on en modifie l'électroneutralité : des électrons sont arrachés du tissu et se « déposent » sur le bâton d'ébonite. Celui-ci, maintenant chargé négativement, va attirer la petite bille, elle-même électriquement neutre.

d) Isolant et conducteur

Pour le bâton d'ébonite, la charge est localisée. Cet excès de charge ne peut pas s'écouler dans tout le bâton : la matière est dite **isolante**.

Dans le cas des métaux, l'excès de charge se répartit dans tout le bâton : la matière est dite **conductrice**.

Remarque : en tenant le métal directement à la main, aucune action n'est visible. L'excès de charge est évacué, par l'intermédiaire du corps de l'opérateur, vers le sol.

II - INTERACTION ENTRE DEUX CHARGES ELECTRIQUES

a) Mise en évidence expérimentale

Dans chacune des trois expériences représentées figure 1.2, une extrémité de chacun des deux bâtons (quelle que soit leur nature) est électrisée par frottement.

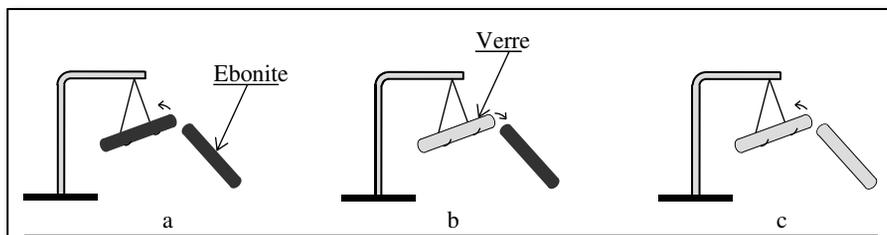


figure 1.2

b) Observations

Expérience a et c : les deux bâtons de même nature sont chargés de la même manière. Ils se repoussent.

Expérience b : les deux bâtons s'attirent. Ils sont donc chargés différemment : l'un des deux est chargé positivement (verre), l'autre négativement (ébonite).

c) Conclusions

Deux corps chargés d'électricité de même signe se repoussent.

Deux corps chargés d'électricité de signes contraires s'attirent.

III - CHAMP ELECTRIQUE

Dans les manipulations précédentes, le pendule métallique s'incline lorsqu'on place dans l'espace qui l'entoure un ou plusieurs corps électrisés. Par conséquent, la charge électrique portée par le pendule subit l'action d'une force électrostatique dont le sens est lié au signe de cette charge.

On appelle champ électrique toute région de l'espace où une charge électrique est soumise à une force électrique.

Pour caractériser le champ électrique en chacun de ses points, on définit le vecteur champ électrique \vec{E} en ce point par la relation vectorielle :

$$\vec{F} = q \times \vec{E} \quad (1.1)$$

Il en découle que le vecteur \vec{E} en un point d'un champ électrique a :

- ✓ la même direction que le vecteur force subie par une charge ponctuelle placée au point considéré ;
- ✓ le sens de cette force si $q > 0$ ou le sens contraire si $q < 0$.

Unités SI : F en N ; q en C ; E en $V.m^{-1}$

IV - POTENTIEL ELECTRIQUE

a) Travail de la force électrique dans un champ uniforme

Considérons une charge ponctuelle q positive se déplaçant, de A vers B, dans un champ électrique uniforme \vec{E} (voir figure 1.3). Cette dernière subit ainsi l'action d'une force électrique \vec{F} .

A l'aide de la définition du travail d'une force (voir chapitre 21), il est possible de montrer que la force électrique met en jeu, au cours du déplacement de A vers B, une énergie définie par la formule suivante :

$$W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = q \times E \times l \quad (1.2)$$

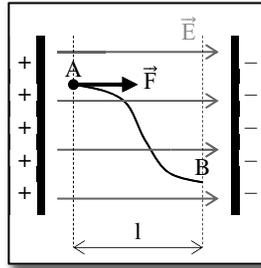


figure 1.3

Cette formule montre que l'énergie développée par la force électrique dépend du champ, de la charge et de la distance entre les deux plans mais *en aucun cas* du chemin suivi.

Remarque : cette conclusion est valable quel que soit le champ électrique.

b) Notion de potentiel électrique

Il a été vu précédemment que le travail de la force électrique était indépendant du trajet suivi mais ne dépendait que de la position de départ et de celle d'arrivée.

En fait ce qui définit ce travail, en plus de la charge, c'est l'état électrique des deux points A et B. Cet état est défini par le **potentiel électrique** du point considéré donné en **volts** (V) et noté V_A (ou V_B).

Le travail effectué par la force électrostatique au cours du déplacement de A vers B peut alors se mettre sous la forme :

$$W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = q \times (V_A - V_B) \quad (1.3)$$

Le terme $V_A - V_B$ est la **différence de potentiel** entre les points A et B, elle aussi donnée en volts (V).

Remarque : aucune ambiguïté sur la définition de la différence de potentiel puisque le travail de la force électrique est indépendant du chemin suivi.

c) Relation entre champ électrique et différence de potentiel pour un champ uniforme

Les deux expressions 1.2 et 1.3 du travail de la force électrique au cours d'un déplacement aboutissent à la relation suivante valable uniquement pour un champ uniforme :

$$V_A - V_B = E \times l \quad (1.4)$$