

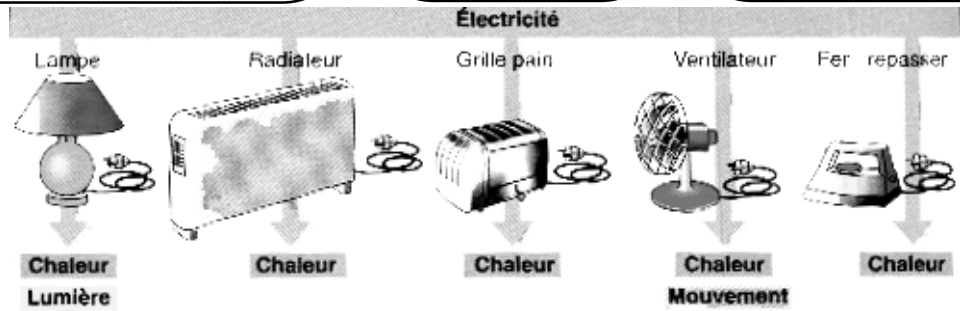
TRANSFERT D'ENERGIE A UN RECEPTEUR ELECTRIQUE

1. ENERGIE ET PUISSANCE ELECTRIQUE RECUE PAR UN RECEPTEUR.

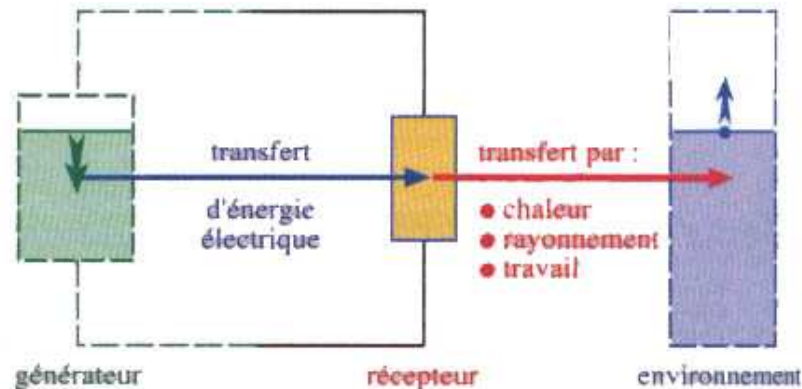
1.1. DEFINITION D'UN RECEPTEUR.

On appelle *récepteur électrique* un appareil qui convertit entièrement l'énergie électrique qu'il reçoit du générateur en d'autres formes d'énergie.

- dans la lampe*
en énergies lumineuse et thermique.
- dans le grille pain*
en énergie thermique.
- dans le moteur du ventilateur*
en énergies mécanique et thermique.



Tout récepteur électrique consomme de l'énergie électrique et la transforme; c'est un convertisseur d'énergie.



On peut classer ces récepteurs en deux catégories:



Les *conducteurs ohmiques* convertissent toute l'énergie qu'ils reçoivent sous forme thermique et par rayonnement: on les appelle *récepteurs passifs*.

Les autres récepteurs, appelés *récepteurs actifs*, convertissent une partie de l'énergie qu'ils reçoivent en une forme d'énergie autre que celle liée aux effets thermiques: énergie mécanique (moteurs) et énergie chimique (électrolyseurs).

1.2. PUISSANCE ELECTRIQUE.

La puissance électrique P reçue par un dipôle quelconque en courant continu est égale au produit de la tension U à ses bornes par l'intensité I du courant qui le traverse.

$$P_{\text{el}} = U \times I$$

Watt (W) Volt (V) Ampère (A)

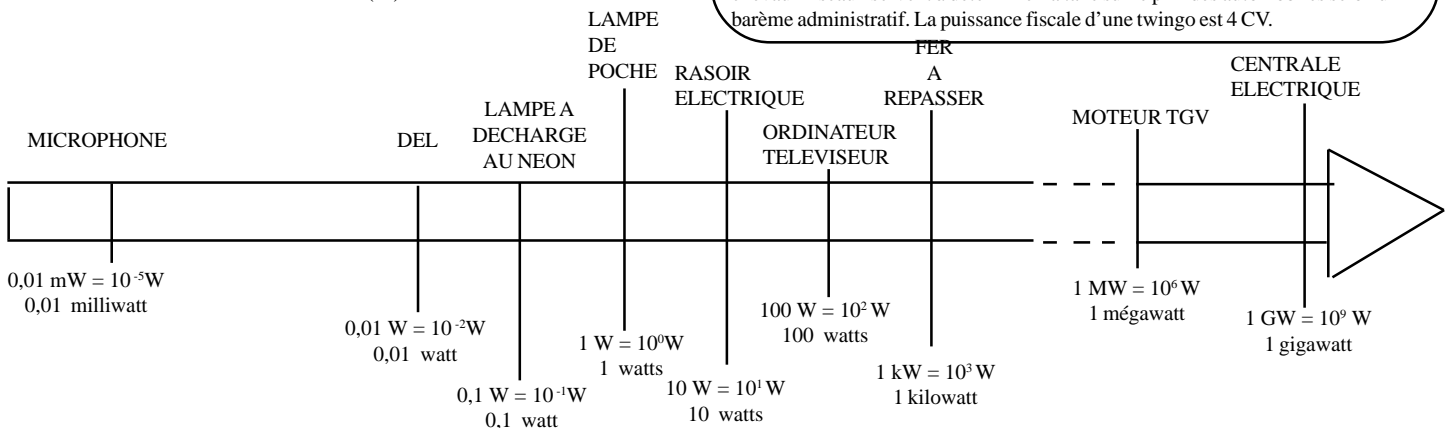
La PUISSANCE DU CHEVAL

Le cheval était autrefois une source d'énergie très utilisée. Lorsque les premiers véhicules à moteur sont apparus, il était donc commode pour exprimer leur puissance d'utiliser une unité qui permette une comparaison avec la traction animale.

En 1783, James Watt prit la puissance moyenne qu'un cheval est capable de développer comme unité de puissance: le cheval vapeur (ch). Un cheval vapeur vaut environ 736 W.

Dans le monde de l'automobile, on continue à utiliser le cheval-vapeur bien que cette unité ne soit plus légale. La puissance d'une Twingo est de 47 kW ou 60 ch.

Il ne faut pas onfondre les chevaux-vapeurs (ch) avec les chevaux fiscaux (CV). Les chevaux fiscaux servent à déterminer la taxe sur le prix des automobiles selon un barème administratif. La puissance fiscale d'une twingo est 4 CV.



James Watt
(1736 - 1819)

Né à Greenock en Ecosse, est un extraordinaire ingénieur et inventeur. Sa vocation s'impose en 1764, lorsqu'il répare une "pompe à feu"; il se rend compte de ses imperfections et invente le condenseur des machines à vapeur. Toute sa vie fut consacrée à l'amélioration des machines à vapeur. Après le condenseur, il invente la machine à double effet (grâce à un système tiroir, le piston est poussé par la vapeur à l'aller comme au retour), le régulateur à boules (régulateur de Watt) qui évite un fonctionnement trop rapide et les accidents... Le succès de Watt fut considérable, il vendit des machines dans toute l'Europe et pour les industries les plus diverses (métallurgie, filature et tissage, navigation à vapeur...). On a donné son nom à l'unité de puissance.



1.3. L'ENERGIE ELECTRIQUE.

Malgré une perception intuitive de la notion d'énergie, sa définition est délicate. Nous adoptons la définition suivante:

"Un système possède de l'énergie s'il est capable de produire des transformations telles que:

- élever la température d'un corps.
- allumer une lampe électrique
- mettre un objet en mouvement"

D'autres transformations sont possibles, mais pour vérifier qu'un système possède de l'énergie, il suffit d'imaginer des dispositifs susceptibles de produire une des transformations citées.

L'énergie électrique W_{el} reçue par un récepteur placé entre les points A et B du circuit augmentant avec la durée d'utilisation, on admet qu'elle s'exprime par la relation:

$$W_{el} = P_{el} \times \Delta t = U_{AB} \times I \times t$$

Joule (J) Watt (W) seconde (s)

La CALORIE

Ancienne unité équivalente à 4,18 Joules. Son usage est maintenant interdit (depuis 1975).

Les diététiciens continuent cependant d'utiliser la grande calorie (avec un C majuscule) équivalente à 1 000 calories pour mesurer la valeur énergétique des aliments. On peut donc voir sur beaucoup d'emballages, la valeur énergétique exprimée en Calories (C) ou kilocalories (kcal) à côté de la valeur exprimée en Joules.

Cette relation montre qu pour une même énergie W_{el} transférée, plus la puissance électrique P_{el} est grande, plus la durée du transfert est petite. **La puissance électrique d'un appareil permet donc d'évaluer la rapidité avec laquelle s'effectue la transfert d'énergie électrique.**

James Prescott Joule
(1818 - 1889)

Né à Manchester, il fut l'élève du grand chimiste anglais John Dalton. Comme bien des bourgeois de l'époque, l'industriel anglais Joule est passionné de sciences, qu'il pratique en amateur. Brasseur de profession, Joule utilisa un dispositif s'inspirant d'une machine à brasser la bière. En 1847, ses expériences établissent avec précision l'équivalence entre travail et chaleur (1 cal = 4,18 J).

Dans le cadre de la révolution industrielle du XIX^e siècle, il participa largement à l'élaboration et à la mise au point des machines thermiques utilisées dans les usines ou dans l'agriculture et qui ont complètement changé les méthodes de travail et de production.

On le connaît également pour ses études sur l'effet thermique des courants électriques (loi de Joule) et les moteurs électriques. On a donné son nom à l'unité de travail d'une force.



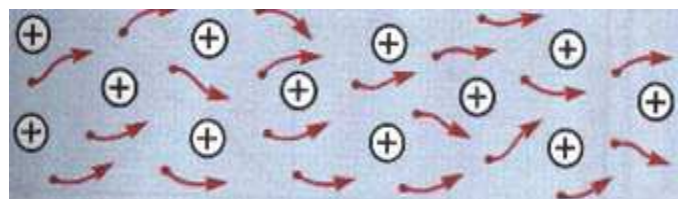
2. L'EFFET JOULE.

2.1. UN EFFET THERMIQUE.

Une résistance (ou conducteur ohmique) est un dipôle électrique, constitué de matériaux qui conduisent plus ou moins le courant électrique.

Le courant électrique dans un métal est un déplacement d'ensemble des électrons libres, appelés célibataires, présents autour du noyau des atomes qui constituent ce métal (voir chap 2. chimie "les atomes, molécules et ions").

Au cours de ce déplacement, les électrons subissent de nombreux chocs contre les ions du cristal. Suivant la nature et la température



de ce métal, ces chocs rendent plus ou moins difficile la circulation des électrons. Ce phénomène est à l'origine de la résistance électrique et du dégagement de chaleur qui accompagnent le passage du courant électrique dans un métal.

Les interactions entre les électrons en mouvement et les ions positifs sont à l'origine de la résistance électrique des métaux.

Cet effet Joule peut être bénéfique.

C'est la cas des radiateurs électriques, de nombreux appareils électroménagers, de l'éclairage par lampes à incandescence.

Dans une lampe à incandescence, le filament est un conducteur ohmique porté à très haute température. Il émet de la lumière. en régime permanent, la proportion d'énergie électrique transformée en énergie rayonnante est voisine de 70% pour une lampe ordinaire. Seulement une faible partie de cette énergie rayonnante est émise dans le visible.

Les installations domestiques et de nombreux appareils électriques sont protégés par des fusibles. Ils sont calibrés pour fondre lorsque l'intensité du courant qui les traverse dépasse une certaine valeur.

Cet effet Joule peut être indésirable.

Dans les générateurs et dans de nombreux récepteurs, de l'énergie est dissipée par effet Joule. Cette énergie perdue affecte le rendement de ces appareils et impose souvent la mise en place d'aérations et de dissipateurs thermiques.

L'effet Joule impose aussi des limitations en intensité pour certains appareils, les rhéostats, par exemple.

Les composants électroniques, les microprocesseurs n'échappent pas à l'effet Joule. Des ventilateurs et des dissipateurs thermiques évitent l'échauffement excessif des composants de la carte mère d'un ordinateur.

On essaie de minimiser l'effet Joule dans les câbles transportant du courant.

2.2. LOI D'OHM.

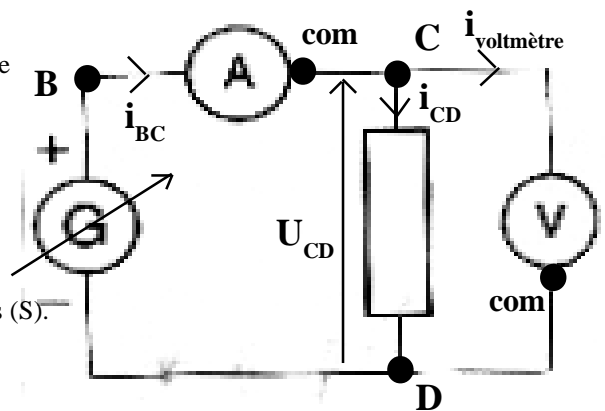
Lorsqu'un courant d'intensité I traverse un conducteur ohmique de résistance R , la tension U à ses bornes est donnée par:

$$U = R \times I$$

U en volt (V)
R en ohm ()
I en ampère (A).

On pose $G = \frac{1}{R}$, avec G la conductance du dipôle, s'exprime en Siemens (S).

On aura alors $I = G \times U_{AB}$



2.3. ENERGIE DISSIPÉE PAR EFFET JOULE.

On définit une résistance interne r pour tout dipôle parcouru par un courant d'intensité I . On définit alors:

Energie dissipée par effet Joule $W_{el} = r \times I^2 \times t$

Puissance dissipée par effet Joule $P_{el} = R \times I^2$ dans le dipôle.

Georg Simon Ohm
(1789 - 1854)

Physicien allemand né à Erlangen et mort à Munich Auteur de nombreuses expériences sur le circuit électrique, il fut le premier à montrer que le courant électrique agit comme un fluide qui s'écoule. La tension est similaire à un dénivelé. Plus ce dénivelé est grand, mieux le courant s'écoule. Il a découvert les lois fondamentales des courants et introduit les notions de quantité d'électricité et de force électromotrice.

Il est célèbre pour avoir découvert en 1827 une loi fondamentale des circuits électriques reliant tension et intensité du courant électrique, qui porte son nom.



3. BILAN D'ENERGIE POUR LES RECEPTEURS ACTIFS.

BATTERIE EN CHARGE.

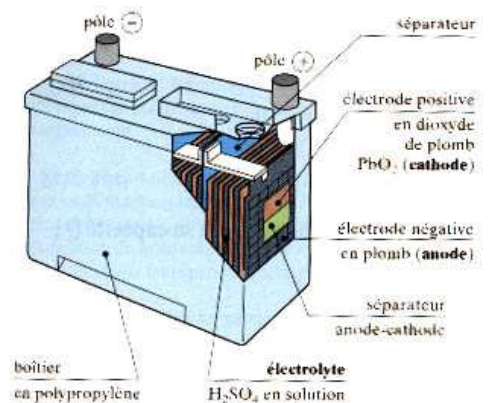
Quand on charge une batterie d'accumulateurs, on observe deux phénomènes:

- Des bulles de gaz se forment au niveau des électrodes: la batterie est le siège d'une transformation chimique;
- Le corps de la batterie s'échauffe légèrement: le passage du courant dans la solution s'accompagne d'un effet Joule.

La batterie convertit toute l'énergie électrique W_{el} qu'elle reçoit en énergie chimique W_{ch} et en énergie apparue par effet Joule Q_J :

$$W_{el} = W_{ch} + Q_J$$

Lorsqu'on a chargé cette batterie, l'énergie utile est la partie de l'énergie électrique convertie en énergie chimique stockée dans la batterie. L'énergie dissipée par effet Joule est une perte.



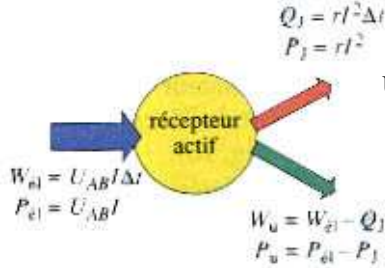
FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR.

De la même façon, quand un moteur est branché aux bornes d'un générateur, on observe deux phénomènes:

- Le moteur tourne, fournissant ainsi de l'énergie mécanique au système sur lequel l'arbre est fixé.
- Le corps du moteur s'échauffe: le passage du courant dans la bobine s'accompagne d'un effet Joule. Cette énergie peut-être considérée comme une perte.

Le moteur convertit toute l'énergie W_{el} qu'il reçoit en énergie mécanique W_m et en énergie appaue par effet Joule Q_J :

$$W_{el} = W_m + Q_J$$



Un récepteur actif fonctionnant pendant une durée t :

- reçoit une énergie électrique $W_{el} = U_{AB} \times I \times t$;
- il en dissipe par effet Joule une partie $Q_J = r \times I^2 \times t$;
- et convertit le reste sous une forme utile W_u (chimique ou mécanique).

On aura donc: $W_{el} = W_u + Q_J$

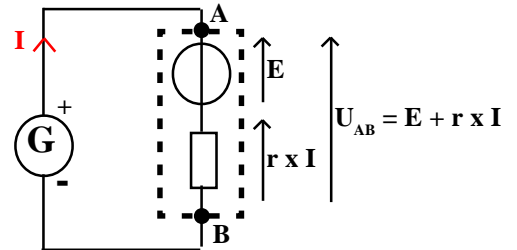
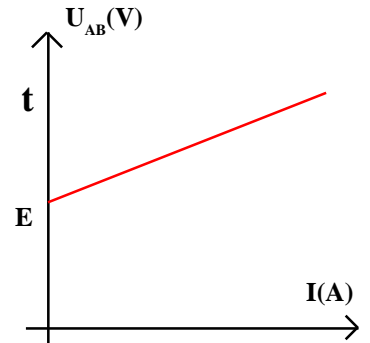
$$U_{AB} \times I \times t = E \times I \times t + r \times I^2 \times t \quad \text{en posant } W_u = E \times I \times t$$

ce qui donne $U_{AB} = E + r \times I$
avec E appelée force contre-électromotrice du récepteur en V.

De sorte qu'on retiendra qu'il est possible de modéliser la caractéristique intensité-tension d'un récepteur par une portion de droite d'équation $U_{AB} = E + r \times I$

Cette relation intensité-tension du récepteur permet de représenter le récepteur par son schéma équivalent, composé de deux éléments en série:

- le premier est une résistance de valeur r ;
- le second est un *récepteur idéal*, caractérisé par une ddp E à ses bornes égale à sa force contre-électromotrice.



4. LE COUT DE L'ELECTRICITE.

Plus ou moins dévoreurs de kilowattheures, plus ou moins économes, les appareils électroménagers ont envahi toutes les pièces de la maison. Mais comment savoir lequel, du réfrigérateur ou du lave-linge, du four ou du lave vaisselle, contribue le plus à notre facture d'électricité ?

Quelques coûts d'utilisation :

Consommation et coût de quelques appareils parmi les plus courants

	◀ 1 heure de télévision	0,06 F*
	30 min de repassage ▶	0,21 F*
	◀ Passer l'aspirateur (30 min à 1 000 watts)	0,36 F*
	1 heure d'éclairage ▶ (halogène de 500 watts, salle de séjour)	0,37 F*
	◀ Une douche chaude (25 litres à 65 Wh - rendement 65 %)	0,87 F*
	◀ Réfrigérateur (200 l)	env. 1,10 F par jour*
	Lave-linge ▶	env. 1,16 F la lessive**
	◀ Lave-vaisselle	env. 1,60 F la vaisselle**

Estimations en francs TTC (TVA 20,6 % + taxes locales 12 %), hors abonnement

* prix du kWh heures pleines

** prix du kWh heures creuses (8 heures de nuit)

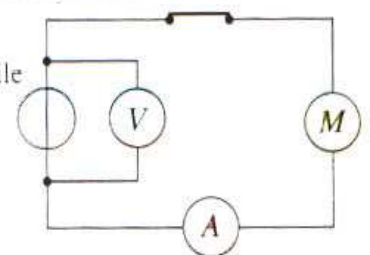
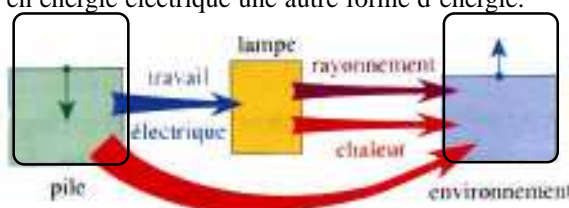
5. NOTION DE GENERATEUR ELECTRIQUE

5.1. DEFINITION.

Un générateur est un appareil qui convertit en énergie électrique une autre forme d'énergie.

Cette énergie peut être:

- chimique (pile);
- mécanique (génératrice);
- ou de rayonnement (photopile).



5.2. FORCE ELECTROMOTRICE D'UN GENERATEUR.

Quand le circuit électrique ci-dessus est ouvert, on constate qu'il existe une tension non nulle aux bornes de la photopile éclairée. Cette tension, appelée force électromotrice (f.e.m.) du générateur et notée E, est une caractéristique des générateurs. Dans un circuit ouvert, la tension aux bornes d'un récepteur est toujours nulle.

On peut remarquer, en comparant les indications du voltmètre, que la tension aux bornes de la photopile quand le circuit est fermé est inférieure à sa f.e.m. E: la tension d'un générateur est fonction de son utilisation.

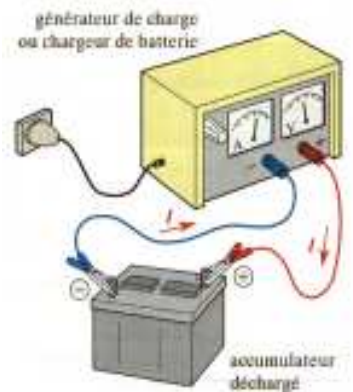
5.3. QUELQUES GENERATEURS DE TENSION CONTINUE.

LES GENERATEURS ELECTROCHIMIQUES.

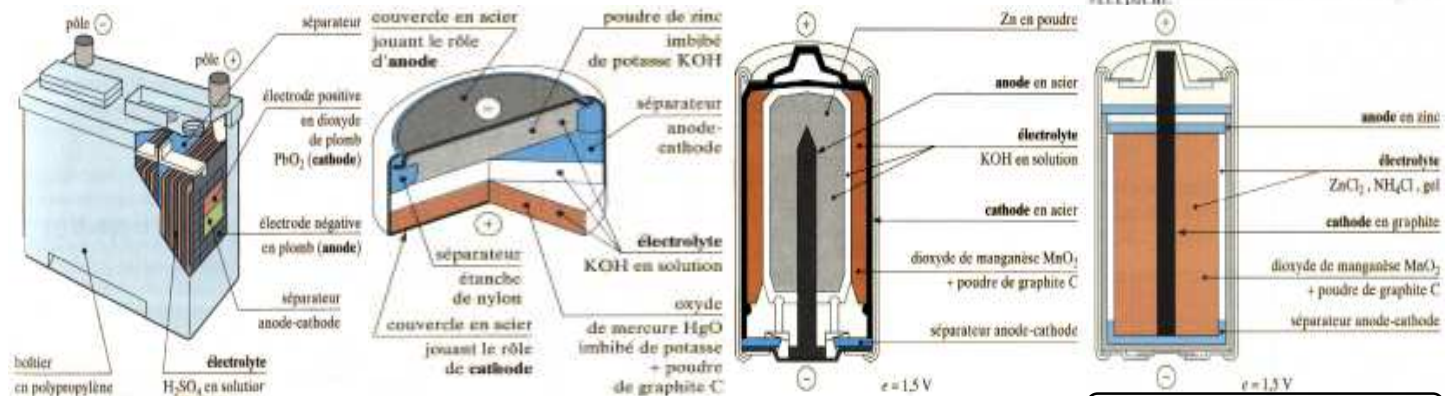
Les générateurs électrochimiques convertissent l'énergie chimique en énergie électrique par une réaction chimique qui se produit dans le générateur.

On distingue:

- Les **accumulateurs** dans lesquels la réaction chimique est renversible; elle s'effectue dans un sens ou dans l'autre suivant que l'accumulateur est utilisé:
 - en générateur (décharge), la réaction chimique fournit l'énergie électrique en consommant les réactifs;
 - ou en récepteur (charge), la réaction chimique forme les réactifs initialement présents, ce qui "recharge" l'accumulateur.



Recharge d'un accumulateur. Lors de la charge, le courant rentre par le pôle (+) de l'accumulateur qui fonctionne alors en récepteur.



- Les **piles** dans lesquelles la réaction chimique ne peut s'effectuer que dans un seul sens. Quand les réactifs initialement présents dans le boîtier ont été consommés, la pile est inutilisable et doit être déposée dans un lieu prévu pour le recyclage.

Les piles et accumulateurs présentent l'avantage de "stocker" l'énergie, ce qui les rend autonomes et facilite leur utilisation. Cette énergie, cependant, n'est pas bon marché d'un point de vue économique.

- Les **piles à combustible** dans lesquelles les réactifs ne sont pas initialement présents, mais sont fournis de façon continue. Ces réactifs sont généralement des gaz comme le dihydrogène et le dioxygène. Ces générateurs sont jusqu'à présent réservés à des utilisations dans des domaines pointus comme l'industrie spatiale.

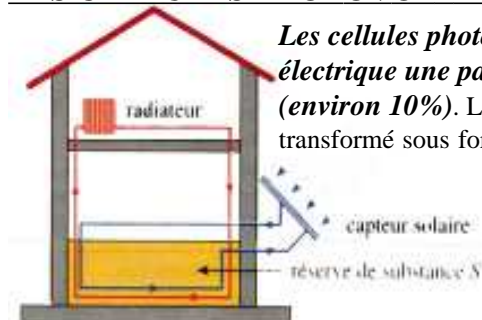
Chimie et industrie.
Chaque année plus de 10 milliards d'éléments de piles sont fabriqués dans le monde, et la France en utilise environ 500 millions. L'industrie des piles est donc très importante en nombre d'éléments et en chiffre d'affaires.

LES GENERATRICES.

Les génératrices (ou dynamos) convertissent l'énergie mécanique qu'elles reçoivent en énergie électrique.

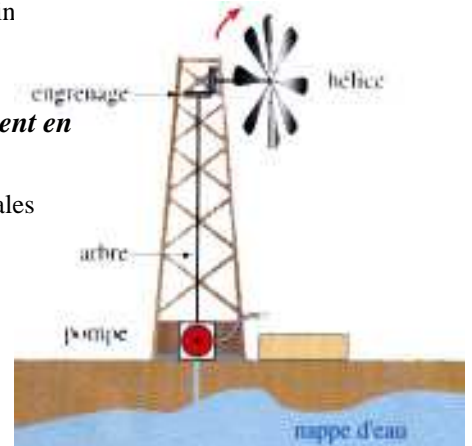
Elles sont utilisées dans les industries chimique et métallurgique, ainsi que dans les centrales électriques pour alimenter les bobines des alternateurs.

LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES (OU PHOTOPILES).



Les cellules photovoltaïques convertissent en énergie électrique une partie du rayonnement qu'elles reçoivent (environ 10%). Le reste du rayonnement est diffusé ou transformé sous forme thermique.

Elles sont utilisées dans les appareils laissés en autonomie (satellites, bouées en haute mer...), dans certains appareils faiblement consommateurs d'énergie (montres, calculatrices...) et dans les régions où l'ensoleillement est important.



6. BILAN D'ENERGIE POUR LES GENERATEURS.

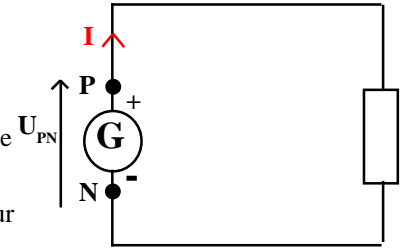
6.1. CONVENTION GENERATEUR.

Dans un circuit électrique, le générateur fournit de l'énergie électrique au reste du circuit.

La **convention générateur** consiste à associer la tension $U_{PN} = V_P - V_N$ et l'orientation du générateur de N vers P. On remarque que pour un générateur, la flèche représentant U_{PN} sur le circuit est de même sens que la flèche orientant le générateur de N vers P.

Avec la convention générateur, la puissance P_{eg} du transfert d'énergie électrique du générateur vers le reste du circuit a pour expression $P_{eg} = U_{PN} \times I$. Elle est positive.

Plus la puissance P_{eg} est importante, plus le transfert d'énergie électrique du générateur vers le circuit est rapide.



6.2. BILAN D'ENERGIE POUR LES GENERATEURS.

Pour un générateur, il est possible de modéliser la caractéristique intensité-tension par une portion de droite d'équation:

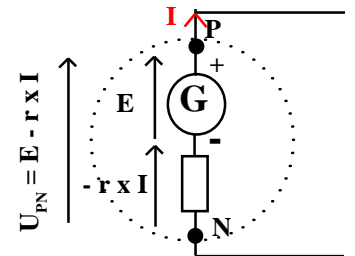
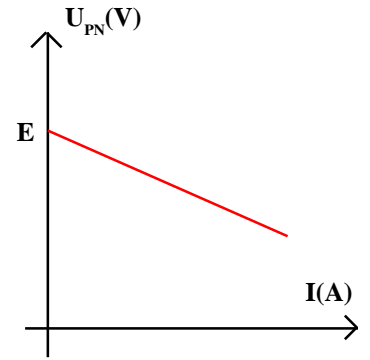
$$U_{PN} = E - r \times I$$

E est la force électromotrice du générateur, notée en abrégé fem. C'est une grandeur positive qui s'exprime en volt, r désigne sa résistance interne.

Cette relation intensité-tension du récepteur permet de représenter le générateur par son schéma équivalent, composé de deux éléments en série:

- le premier est un **générateur idéal**, caractérisé par une ddp E à ses bornes;
- le second est une résistance de valeur r, résistance interne du générateur, négligeable lorsqu'on considère le générateur comme idéal.

Les alimentations stabilisées utilisées au laboratoire sont des générateurs idéaux de tension. Un circuit électronique permet en effet de stabiliser, à partir du "secteur", la tension de sortie à une valeur constante égale à E.

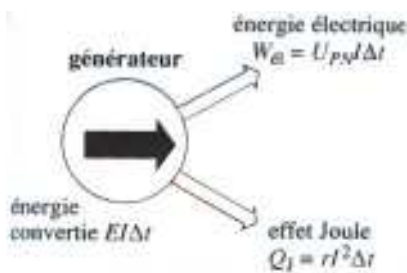


On a donc la relation: $U_{PN} = E - r \times I$

On obtient donc: $U_{PN} \times I \times t = (E \times I - r \times I^2) \times t$

Ce qui donne $E \times I \times t = U_{PN} \times I \times t + r \times I^2 \times t$

Soit: $W_{ég} = W_{él} + Q_J$



Un générateur de fem E et de résistance interne r débitant dans un circuit un courant d'intensité I pendant une durée t convertit une énergie totale $E \times I \times t$:

- en **énergie électrique** fournit au circuit $W_{él} = U_{PN} \times I \times t$;
- et en **énergie "dissipée"** par effet Joule $Q_J = r \times I^2 \times t$.

Cette énergie totale convertie par le générateur est:

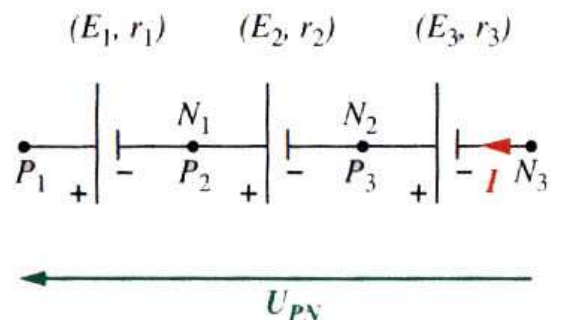
- de l'énergie chimique dans le cas d'un générateur électrochimique;
- de l'énergie mécanique dans le cas d'une dynamo;
- de l'énergie de rayonnement dans le cas d'une photopile...

6.3. ASSOCIATION DE GENERATEURS.

On a établi pour un générateur, la relation:

$$U_{PN} = E - r \times I$$

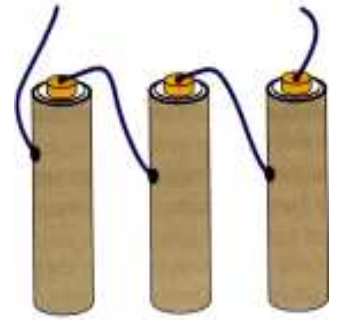
On aura $U_{PIN3} = U_{PIN1} + U_{P2N2} + U_{P3N3}$
 Soit $U_{PIN3} = (E_1 - r_1 I) + (E_2 - r_2 I) + (E_3 - r_3 I)$
 Soit $U_{PIN3} = (E_1 + E_2 + E_3) - (r_1 + r_2 + r_3) I$
 Soit $U_{PN} = E - r \times I$



Pour obtenir des générateurs de fem plus grande, on associe des générateurs identiques en série:

- La fem de l'ensemble est alors égale à la somme des fem de chaque générateur: ***la fem des générateurs en série s'ajoutent.***

- Mais on augmente également la résistance interne (ce qui limite l'intensité du courant que l'on peut obtenir).



ENERGIE CONSOMMEE DURANT VOTRE VIE.

La machine humaine, pour fonctionner, "brûle" de l'énergie. Voici quelques exemples:

Energie dépensée par minute en kilojoules pour...



Bon an mal an, en trois quarts de siècle, vous dépenserez une quantité d'énergie comparable à celle libérée par 65 tonnes de TNT. Pas de quoi déplacer une montagne malgré les apparences: cela équivaut à laisser allumée la télévision jour et nuit pendant 75 ans. Question d'énergie, nous sommes plutôt économiques.

L'EQUATION DE L'OBESITE

Le maintien d'un poids normal est dû à l'équilibre quotidien:

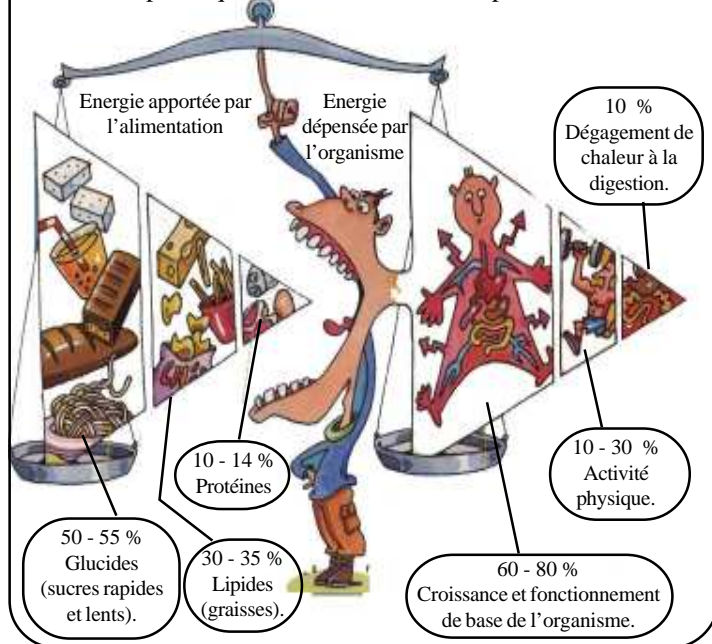
- entre l'énergie apportée par l'alimentation (mesurée en calories),
- et l'énergie dépensée par l'organisme:
 - d'abord pour le fonctionnement de tous les organes,
 - mais aussi sous forme de chaleur et d'effort musculaire.

Des systèmes de sécurité existent qui préservent cet équilibre:

- après un match de tennis, le corps signale au cerveau qu'il y a un déficit calorique et stimule l'appétit.
- De même, quand on mange un peu trop, on a tendance à plus gigoter.

Mais si on force un peu trop souvent la balance, les verrous sautent. Ainsi on prend du poids quand la ration calorifique avalée aux repas est régulièrement supérieure aux besoins du corps:

- soit à cause d'excès alimentaire,
- soit parce qu'on réduit son activité sportive.



SUCRE CACHE

Equivalence en morceaux de sucre de quelques gourmandises...





1 morceau de gruyère (35 g).



2 boules de crème glacée (60 g).



Quelques frites (60 g).



1 paquet de chips individuel (20 g).

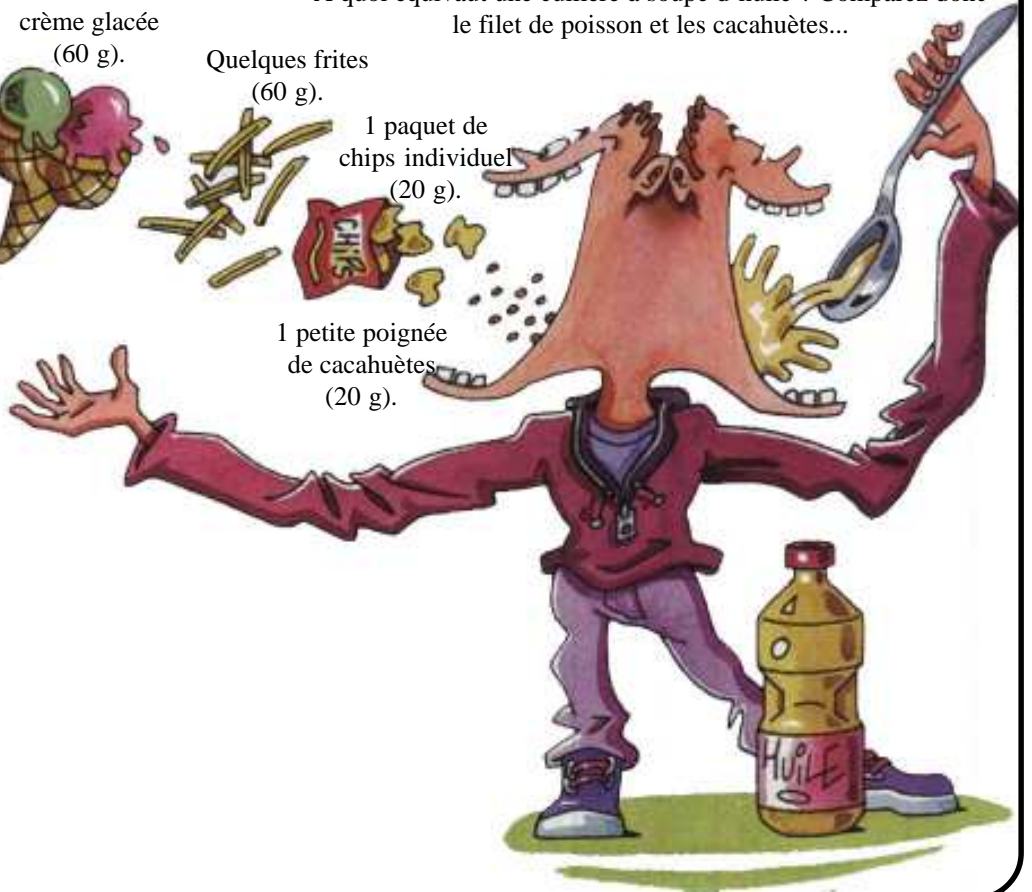


1 petite poignée de cacahuètes (20 g).

GARE AU GRAS !

A quoi équivaut une cuillère à soupe d'huile ? Comparez donc le filet de poisson et les cacahuètes...

1 kg de filet de poisson



FAITES VOS COMPTES

Dépense d'énergie par type d'activité (en calories par heure).

25 - 40 cal / h

