

Sommaire

- 1. Constitution de la matière
- 2. Nature du courant électrique
- 3. Le circuit électrique

1. CONSTITUTION DE LA MATIERE

La physique décrit les phénomènes naturels observables dans tous les milieux, que ce soit mécanique, nucléaire, thermique, cosmique, électriques, ou autre.

Des relations mathématiques permettent de quantifier les phénomènes électriques. Il est important de ne pas perdre de vue que ces relations mathématiques ne sont que des « outils » qui découlent du comportement de la matière, donc de l'atome.

L'objectif de ce chapitre est de proposer une approche pragmatique de la physique atomique.

1.1 La matière

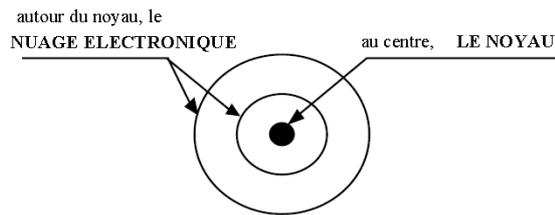
La matière est formée d'une multitude de particules excessivement petites, appelées **molécules**. C'est ce que la physique définit comme étant : la plus petite quantité de matière pouvant exister à l'état libre et qui garde les propriétés du corps en question. La molécule se compose elle-même d'éléments, encore plus petits, appelés **atomes**. L'atome lui-même est constitué par un certain nombre de **protons** et de **neutrons** formant un noyau, autour duquel gravitent des **électrons** répartis sur une ou plusieurs couches. Le nombre et la disposition de ces éléments varient suivant la nature du matériau.

La matière est composée de molécules. Celle-ci se compose d'atomes identiques.
C'est un CORPS SIMPLE.
Exemple : le chlore Cl_2

La matière est composée de molécules. Celle-ci est composée d'atomes différents.
C'est un CORPS COMPOSE.
Exemple : l'eau H_2O

1.2 L'atome

Les physiciens du début du siècle ont montré que la matière est formée de petites entités appelées **atomes**.



Un atome est un ensemble de minuscules grains de matière, appelés **particules élémentaires** ou **particules fondamentales**. Il y a :

les protons (p^+) : _____

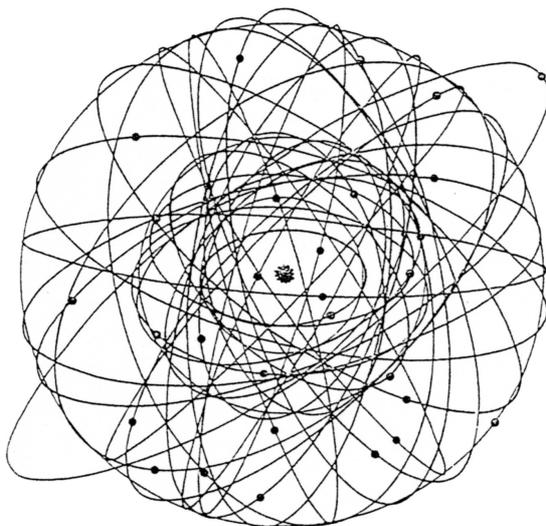
les neutrons (n^0) : _____

les électrons (e^-) : _____

N.B. : Les protons et les neutrons sont les constituants du noyau d'où leur nom de **nucléons**.

1.3 Comment se comporte la matière ?

En perpétuelle agitation pourrait-on dire ! En effet les électrons, chargés négativement, sont attirés par le noyau, qui lui est positif. La figure ci-dessous montre bien ce qui doit se passer au sein du cristal quant au mouvement de tous ces électrons. Ils tournent donc autour du noyau en se disposant sur des couches concentriques.



La couche la plus éloignée du noyau est appelée la couche périphérique et l'on imagine aisément que les électrons situés sur cette dernière couche soient moins fortement retenus par le noyau que les, autres électrons !

Ils vont donc devenir, ce qu'on appelle des électrons libres. En réalité la matière n'est stable qu'à une température de -273°C , on peut donc dire qu'à une température de $\pm 20^\circ$ la matière n'est plus dans un état stable ! Cela se traduit par une vibration des atomes et cela d'autant plus que la température est élevée. Ce phénomène est connu sous le nom d' **AGITATION THERMIQUE**.

Mais que deviennent tous les électrons libres ?

1.4 L'ionisation

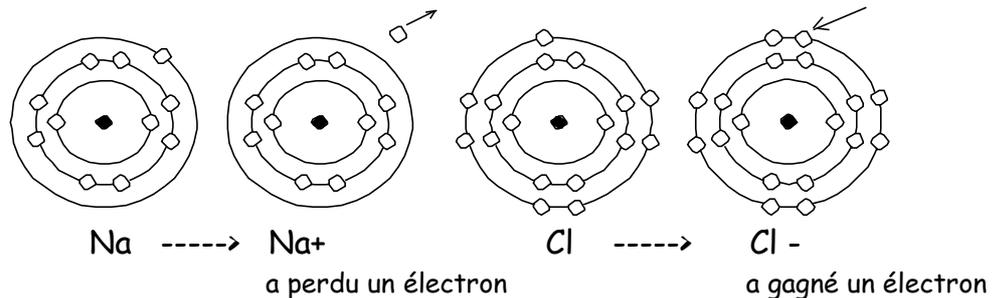
L'atome possède, dans son état normal, autant de protons que d'électrons. Il est électriquement **neutre**.

Les électrons, quelle que soit l'orbite sur laquelle ils se situent, sont attirés par les protons du noyau. En effet, les électrons, de charge négative, sont attirés par les protons de charge positive. La force d'attraction est fonction du nombre de protons ainsi que de la **distance** qui les sépare du noyau.

a) Plus le diamètre de l'orbite sur laquelle circulent les électrons est grand, plus les **forces centripètes** et **d'attractions** sont faibles.

b) Si le nombre d'électrons de valence est petit (plus petit ou égal à 3), la force d'attraction exercée par les protons sera relativement faible. Ces phénomènes expliquent qu'un électron de la couche périphérique puisse être attiré par d'autres atomes. **On pourra parler d'électron libre**.

L'atome qui a perdu, ou gagné, un (ou plusieurs) électron(s) devient ce qu'on appelle un **ION** : c'est le phénomène de l' **IONISATION**.



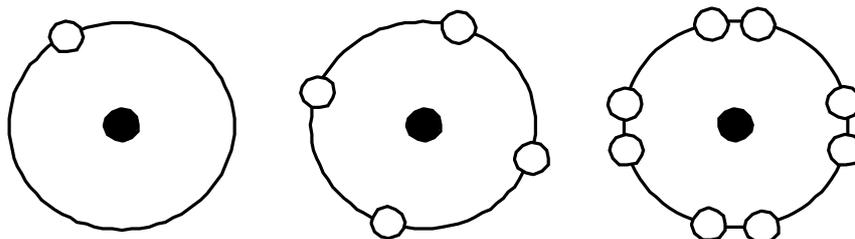
Un atome venant de perdre un électron s'appelle _____

Un atome venant de gagner un électron s'appelle _____

1.5 Couches périphériques

La **couche périphérique** d'un atome ne peut pas posséder plus de huit électrons.

Les **bons conducteurs** ont leur dernière **couche incomplète**. Ils céderont facilement leurs électrons.



Les **isolants** ont leur dernière **couche saturée ou presque saturée**. Ils accepteront peu d'électrons. Certains matériaux ont autant d'électrons à prendre qu'à donner pour avoir leurs couches saturées. Ces matériaux portent le nom de **semi-conducteurs**. Ces matériaux sont des éléments dont la **dernière couche est formée de 4 électrons**. Ils sont dits tétravalents. Le silicium et le germanium sont les semi-conducteurs les plus utilisés.

En résumé :

conducteurs s'il possède de à électrons .

Un matériau est un : semi-conducteurs s'il possède électrons.

isolants s'il possède de à électrons.

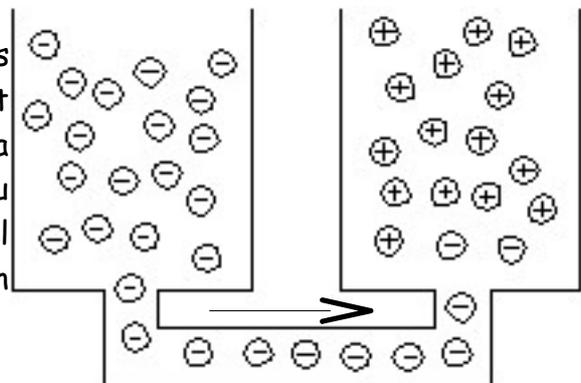
1.6 Déplacement des électrons

Un atome chargé négativement (ion négatif) a un **excès d'électrons**. Un atome chargé positivement (ion positif) a un **manque d'électrons**.

Lorsque deux atomes, de charges opposées sont à une certaine distance l'un de l'autre, il y a un phénomène d'attraction et un courant électrique circule.

Le courant électronique (sens de passage des électrons) va de l'atome **négatif** vers l'atome **positif**.

Au début de l'étude des phénomènes électriques, il fut convenu que le courant électrique circulait du + vers le - . Malgré la découverte de la nature de l'électricité et du sens réel des électrons, le sens conventionnel du courant fut conservé. Il faut donc bien prêter attention aux indications qui suivent.

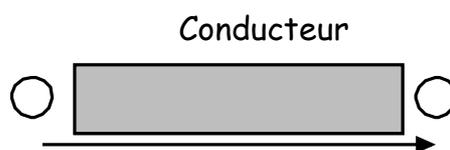


Sens de déplacement des électrons ou sens électronique :

Sens conventionnel du courant :

1.7 Vitesse de l'électron

La vitesse de l'électron est plus faible que celle de la lumière. Elle est de quelques [mm×s⁻¹] ou de quelques milliers de [km×s⁻¹] ceci en fonction du milieu dans lequel l'électron circule.



Dès qu'un électron entre dans le conducteur, il en chasse un autre qui en sort.

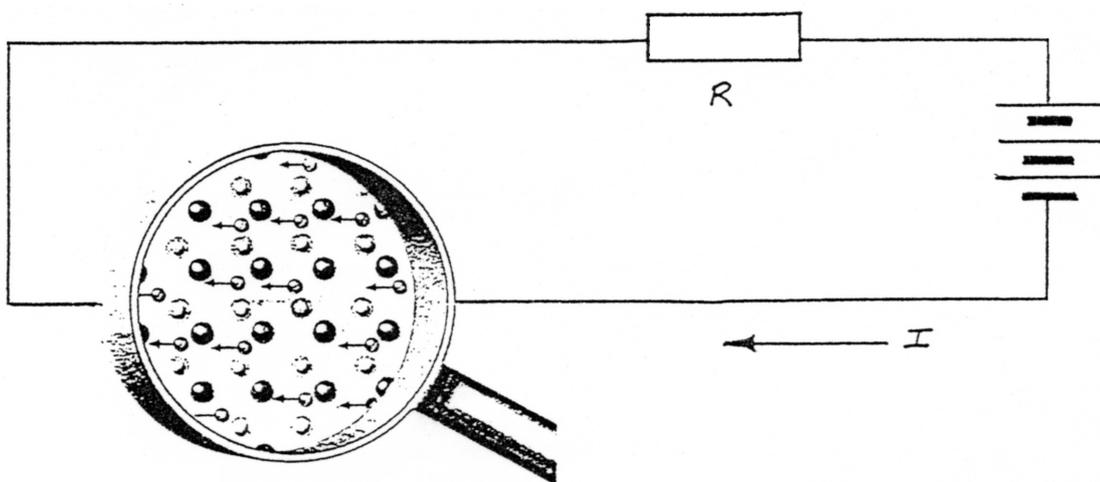
1.8 Conduction électrique

Rappelons aussi qu'à la température ordinaire les atomes du métal s'agitent en tous sens des milliards de fois par seconde et projettent leurs électrons dans toutes les directions ! La figure ci-contre illustre cette **agitation thermique**... Imaginons maintenant que l'on offre aux électrons (qui sont négatifs) une possibilité de se diriger dans une direction bien définie ! Pour cela il suffit d'appliquer aux bornes de notre fil une tension. Les électrons vont se déplacer vers le pôle positif, non pas en ligne droite, malheureusement, mais en zigzaguant à travers les ions de cuivre toujours en effervescence.



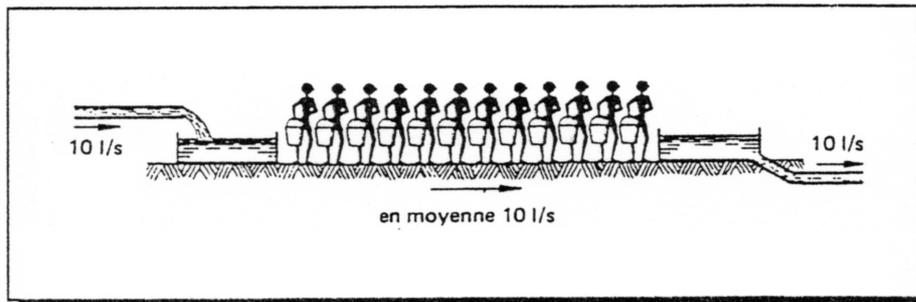
Conclusion

On peut dire que la conduction électrique dans un métal est due à un déplacement de particules très petites, les électrons, que l'on qualifie aussi de « porteurs de charges mobiles ». Nous connaissons maintenant la nature de l'**ÉLECTRICITÉ**, du moins sous l'une de ses formes. Ci-dessous on pourrait imaginer une loupe "super-puissante " qui nous permettrait de voir le passage des électrons !!! Il n'est jamais interdit de rêver...



2.1 Courant électrique

Les corps conducteurs d'électricité contiennent, nous l'avons vu, des électrons libres, c.à.d. des électrons susceptibles de se déplacer le long d'un fil et cela, sous l'effet d'une tension. Cette migration des porteurs de charges, ou **quantités d'électricité**, a la même signification que le passage d'un courant électrique. Le processus est comparable à la chaîne de travail ci-dessous :



chaque homme a un seau plein d'eau; le premier puise dans le réservoir situé à gauche tandis que le dernier vide son seau dans le bassin de droite. Si les seaux remplis passent d'un homme à l'autre, le mouvement de ces quantités d'eau individuelles donne un débit moyen de 10 litres par seconde, égal à celui de la conduite. On peut dire que chaque seau est porteur d'une quantité d'eau ou d'une charge; dans un circuit électrique ce sont les **électrons** qui jouent le rôle des seaux porteurs de charges. L'ordre donné au premier ouvrier pour la mise en charge de la chaîne des seaux met un certain temps pour atteindre le dernier.

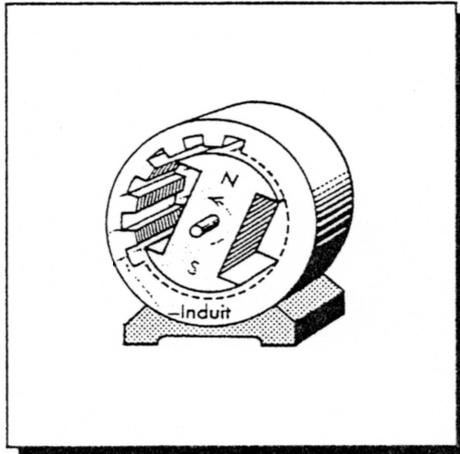
La vitesse de propagation est, par exemple, de 25 mètres par seconde; elle est différente de la vitesse propre des seaux qui sera de 1 m/s.

Dans un circuit électrique et ce, contrairement à une opinion très répandue, les électrons ne se déplacent qu'à une vitesse très réduite (de l'ordre du millimètre par seconde) tandis que la vitesse de propagation, elle, est de 300 000 000 mètres par seconde (c'est la vitesse de la lumière !).

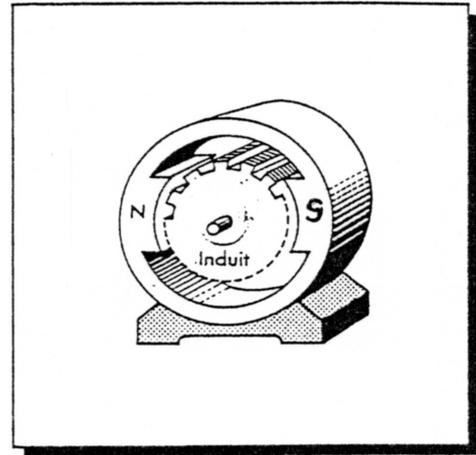
2.2 Générateurs

On peut dire que l'électricité se trouve dans tous les corps, mais son effet ne se manifeste que lorsqu'elle circule. Pour qu'elle circule, c.à.d. pour qu'un **courant** circule il faut une **tension**. Les principales sources de tension sont les :

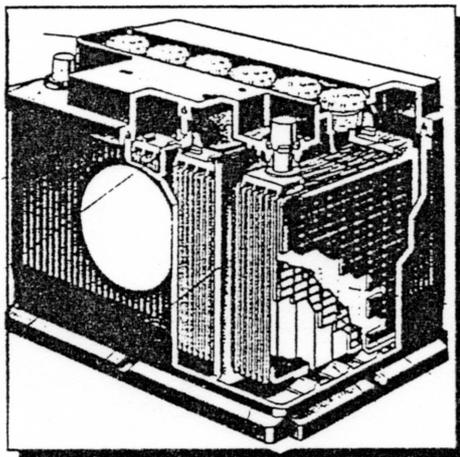
- ALTERNATEURS
- DYNAMOS
- ACCUMULATEURS
- PILES



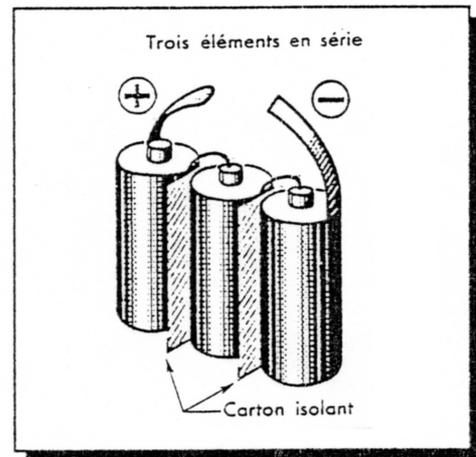
Alternateur



Dynamo



Accumulateur



Pile

On désigne toutes ces sources de tension sous le nom général de **GENERATEUR**. En fait quand on parle d'une source de courant on se trompe ! Le terme exact est source de tension ou générateur. Ce dernier maintient entre ses bornes ce qu'on appelle une **différence de potentiel** ou **tension**.

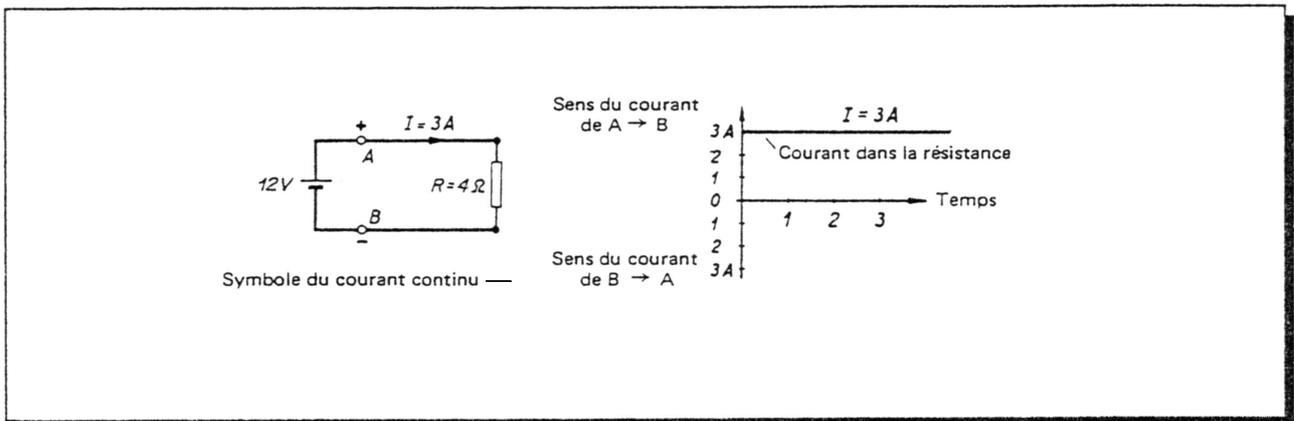
2.3 Courant continu et courant alternatif

Il y a lieu de faire une différence entre ce qu'on appelle le courant continu et le courant alternatif. En effet l'énergie électrique qui nous est dispensée actuellement est une tension alternative de 220 V. Par contre la pile dont vous vous servez, par exemple pour votre montre, vous donne une tension continue de 1,5 V. Où se situe la différence ?

Courant continu

Le sens du courant et de la tension reste constant

En supposant un circuit simple, comme celui illustré ci-dessous, on peut dire que les piles et les batteries donnent un courant en fonction du temps. Le graphique montre bien qu'à chaque instant le courant a la même valeur, soit 3 A, dans l'exemple proposé. Les piles et les accumulateurs sont des générateurs de courant continu.



Les dynamos produisent un courant légèrement ondulé (presque continu). Actuellement on peut dire que l'usage des piles et accumulateurs est très limité (principalement pour tout ce qui est "portatif") ce qui ne veut pas dire que l'usage du courant continu est limité ! Loin s'en faut, en effet tout ce qui est "courant faible", entendez par là : électronique, informatique, etc... n'utilise que du courant continu ! D'où l'utilisation de transformateurs, redresseurs, etc...

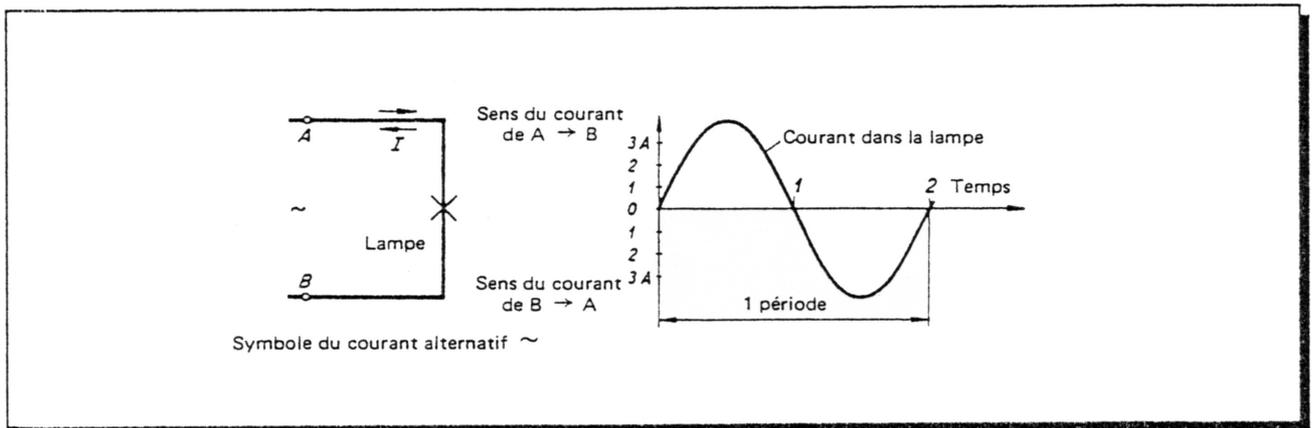
Remarque

Généralement on commence l'étude de l'électricité par les lois générales du courant continu. En effet cette manière de procéder est plus conviviale et surtout s'avère être moins difficile que l'étude de l'alternatif lequel nécessite obligatoirement de bonnes notions en mathématique et plus particulièrement en trigonométrie. Cela étant, revenons-en à notre second type de courant !

Courant alternatif

Le sens du courant et de la tension varie continuellement

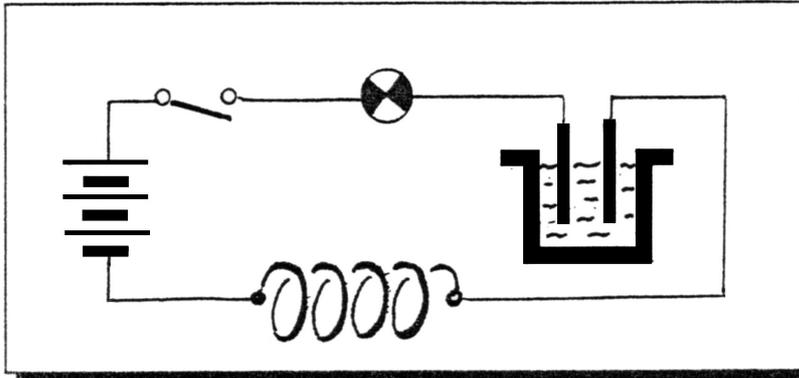
En gardant toujours le même circuit simple, comme dans le cas précédent, on peut dire que le réseau nous donne un courant essentiellement variable en fonction du temps. Le graphique montre bien qu'à chaque instant le courant varie. Cette variation a une forme sinusoïdale et les périodes successives ont la même forme de courbe.



Les principaux générateurs de courant alternatif sont les alternateurs. De plus le courant alternatif pouvant être facilement transformé c'est pour cette raison que la distribution de l'énergie électrique s'effectue exclusivement en courant alternatif.

2.4 Les effets du courant électrique

Comment savoir si un courant électrique traverse un circuit ? Nous ne disposons malheureusement pas d'un œil « bio-ionique » pour voir passer les électrons aussi devons-nous nous contenter d'observer les effets produits par le passage du courant. Constituons donc un circuit électrique comme ci-dessous avec :



- un interrupteur,
- une lampe,
- une cuve à électrolyse,
- une bobine.

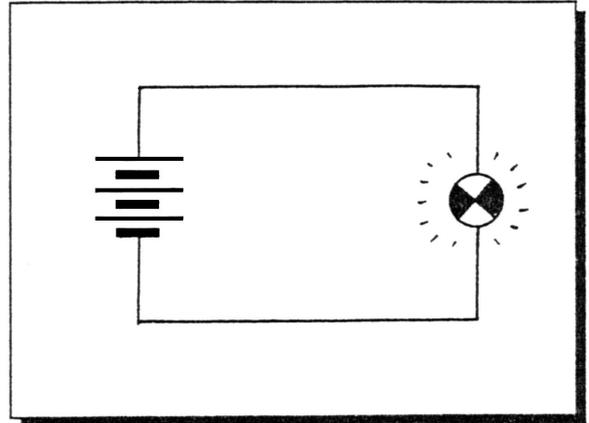
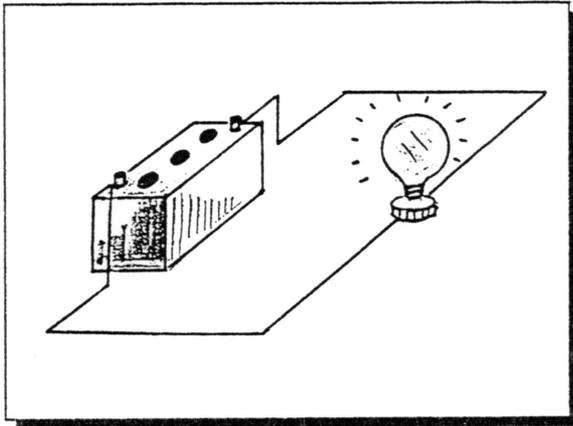
- L'interrupteur ouvert, aucun phénomène ne se manifeste, le courant ne passe pas !
- L'interrupteur fermé on constate que :
 - la lampe brille et son filament devient incandescent. Le passage du courant dans un conducteur s'accompagne donc d'un dégagement de chaleur.
C'est un effet _____
 - dans la cuve la solution se décompose et il y a apparition d'oxygène et d'hydrogène. Le passage du courant dans un électrolyte s'accompagne donc d'un dégagement de gaz.
C'est un effet _____
 - la bobine s'est aimantée, l'aiguille placée près du fil a déviée ! Le passage du courant dans une bobine a transformé la bobine en électro-aimant.
C'est un effet _____

Conclusion

C'est grâce aux **effets produits** par le passage du courant électrique que nous avons pu mettre en évidence l'existence de ce courant.

3. LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

Examinons les deux petits croquis ci-dessous :



A gauche l'illustration d'un circuit électrique, à droite le schéma d'un circuit électrique. Quand on parle de circuit on imagine le trajet qui représente le tour d'un lieu (circuit de Francorchamps avec ses difficultés, circuit touristique avec ses panoramas, etc...). En électricité il s'agira du trajet des électrons à travers le chemin et le (s) obstacle (s) qui leur seront proposés :

- Point de départ: une borne du générateur,
- Trajet proposé: le fil conducteur,
- Difficulté: la traversée de l'ampoule,
- Point de retour: l'autre borne du générateur.

On dira que l'ensemble constitue un circuit électrique fermé. Le générateur entretient une tension entre ses bornes ce qui va produire le passage d'un courant. On dira aussi que le circuit oppose au passage du courant une certaine résistance, dont la plus grande partie est constituée par la lampe. On remarquera aussi que les électrons ne font que passer à travers l'ampoule, ils ne sont donc pas consommés et c'est le générateur qui s'efforcera de les remettre en mouvement. L'ampoule s'avère donc être un consommateur à l'énergie ou plus communément un récepteur.

Conclusion

Les caractéristiques d'un circuit électrique sont donc définies par les trois grandeurs suivantes :

	symbole	unité
TENSION		
INTENSITE		
RESISTANCE		