



THEORIE

COURS DE BASE
ELECTRONIQUE

EURELEC

(2)

COURS DE BASE ELECTRONIQUE

Théorie 2

1 - LE COURANT ELECTRIQUE

Après avoir étudié, dans la leçon précédente, l'électricité immobile sur les corps, nous allons voir aujourd'hui comment cette électricité peut se mouvoir à travers les corps, et non seulement à travers les solides, mais aussi à travers les liquides.

Puisque l'électricité en mouvement à travers les corps constitue le **COURANT ELECTRIQUE**, plus souvent appelé plus simplement, courant, nous examinerons d'abord le cas du *courant dans les solides*, et ensuite, le cas du *courant dans les liquides*.

1 - 1 - COURANT DANS LES SOLIDES

Avant de voir comment se produit le passage de l'électricité à travers les corps à l'état solide, nous allons voir comment sont constitués ces corps.

Dans la leçon précédente, nous avons appris que toutes les substances sont constituées par des molécules, formées à leur tour de un ou plusieurs atomes d'un même élément ou d'éléments différents ; nous allons voir maintenant, comment ces atomes sont disposés à l'intérieur des corps, en particulier dans les solides.

Les expériences effectuées avec les rayons X ont permis d'affirmer que, dans les solides, les atomes ne sont pas disposés d'une façon quelconque, mais sont alignés selon des directions déterminées, qui forment des figures géométriques régulières.

La plus simple de toutes ces dispositions d'atomes est montrée à titre d'exemple sur la *figure 1*, on voit que les directions de ces alignements d'atomes, indiquées par des pointillés, forment de nombreux cubes, au sommet desquels on trouve les atomes eux-mêmes, représentés par des petits ronds noirs.

Il y a de nombreuses autres dispositions plus complexes, qui seront représentées dans les leçons consacrées aux transistors ; pour le moment il est essentiel de remarquer que *les atomes, quelque soit leur disposition, se trouvent à une certaine distance l'un de l'autre*, comme on le voit sur la *figure 1*.

Entre un atome et un autre, il y a donc un espace vide qui est bien supérieur à l'espace occupé par les atomes : on peut donc dire que les corps sont plus vides que pleins de matière, c'est-à-dire d'atomes.

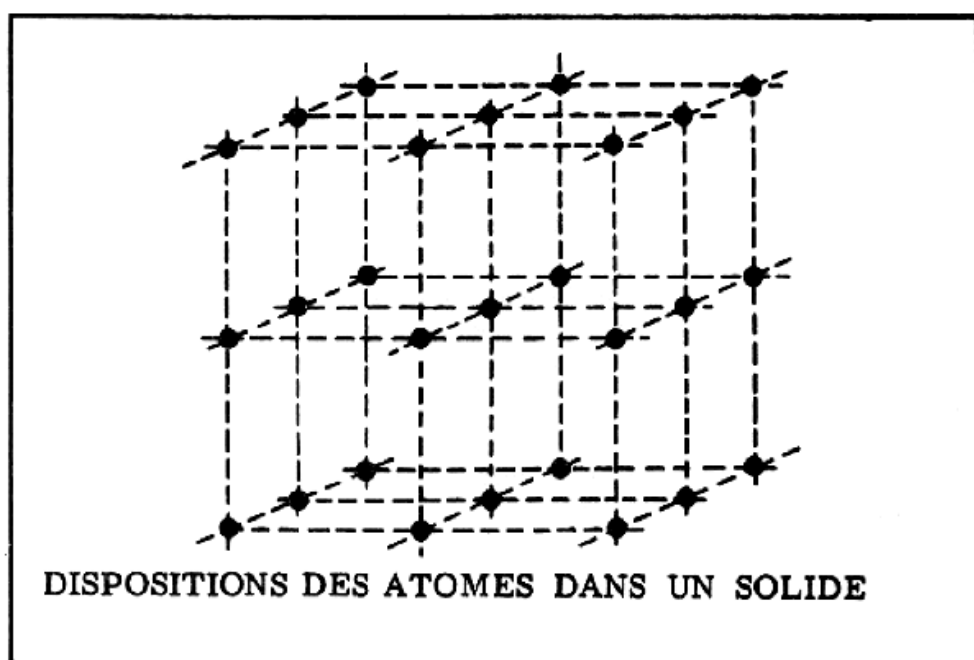


Figure 1

THEORIE 2

3

Ceci peut nous étonner ; en effet, quand on voit la robustesse et l'homogénéité, par exemple, des métaux, on est amené à penser qu'ils sont pleins d'atomes.

En réalité la robustesse des métaux, comme de tous les autres corps solides, vient du fait que leurs atomes sont maintenus dans leur position respective très solidement par des forces intenses qui agissent sur eux ; ces forces sont de nature électrique et naissent des charges électriques possédées par les particules qui constituent les atomes.

Quant à l'homogénéité des corps solides, il faut se souvenir que les atomes sont très petits et que la distance entre eux, bien que très grande par rapport aux dimensions de l'atome, est toujours extrêmement petite.

L'ordre de grandeur de cette distance est de un millionième de millimètre : il y a donc, dans un corps, des milliards d'atomes, même dans un volume de un millimètre de cube seulement.

Maintenant que nous connaissons la constitution des solides et des atomes, nous savons tous les éléments nécessaires pour comprendre comment se produit le passage de l'électricité dans les solides.

Pour cela nous nous servirons de la représentation de l'atome donnée par *Niels Bohr*. Comme nous le savons, l'atome est formé d'un noyau central, positif, autour duquel tournent les électrons négatifs, sur une ou plusieurs orbites.

D'après cette représentation, dans la leçon précédente les phénomènes électriques ont été attribués aux électrons ; parce que se trouvant à la périphérie des atomes, ils peuvent être éloignés plus facilement de leurs noyaux et portés sur d'autres corps, créant ainsi des différences entre les charges positives et négatives, ce qui, précisément permet l'électrisation.

En réalité il n'est possible d'éloigner de leurs atomes que les élec-

trons qui tournent sur l'orbite la plus éloignée du noyau, appelée ORBITE EXTERNE ; en effet ces électrons, qui sont très éloignés du noyau, sont attirés moins fortement par lui que ceux qui tournent sur les orbites plus internes, donc plus proches du noyau.

En étudiant les orbites externes des différents atomes, les savants purent expliquer les propriétés chimiques et physiques des différents éléments, et entre autres, ils trouvèrent la raison de leur subdivision en conducteurs et isolants.

L'orbite est complète quand elle contient le plus grand nombre d'électrons qui peuvent y prendre place ; comme on l'a déjà vu dans la leçon précédente, l'orbite K est complète quand elle contient deux électrons, tandis que l'orbite L est complète quand elle contient huit électrons.

Sauf pour quelques éléments, la plupart des atomes ont leur orbite externe incomplète, comme on le voit sur la *figure 2* où sont représentés les atomes de huit éléments dont l'orbite externe serait complète si huit électrons tournaient sur elle (orbite M).

Tous les atomes indiqués sur la *figure 2* ont déjà les orbites K et L complètes avec deux et huit électrons, tandis que l'orbite externe n'est complète que pour l'argon ; pour les sept autres atomes, cette orbite est incomplète, parce que les électrons qui y gravitent sont toujours moins de huit : il y en a un pour le sodium, puis ils augmentent progressivement jusqu'à sept pour le chlore.

Du comportement chimique de ces éléments, on a déduit que *les atomes qui ont déjà un certain nombre d'électrons sur l'orbite externe, par exemple plus de 4, ont tendance à compléter cette orbite, en captant les électrons nécessaires pour atteindre le nombre de huit.*

Inversement, *les atomes qui ont peu d'électrons sur l'orbite externe, par exemple moins de quatre, ont tendance à céder ces électrons.*

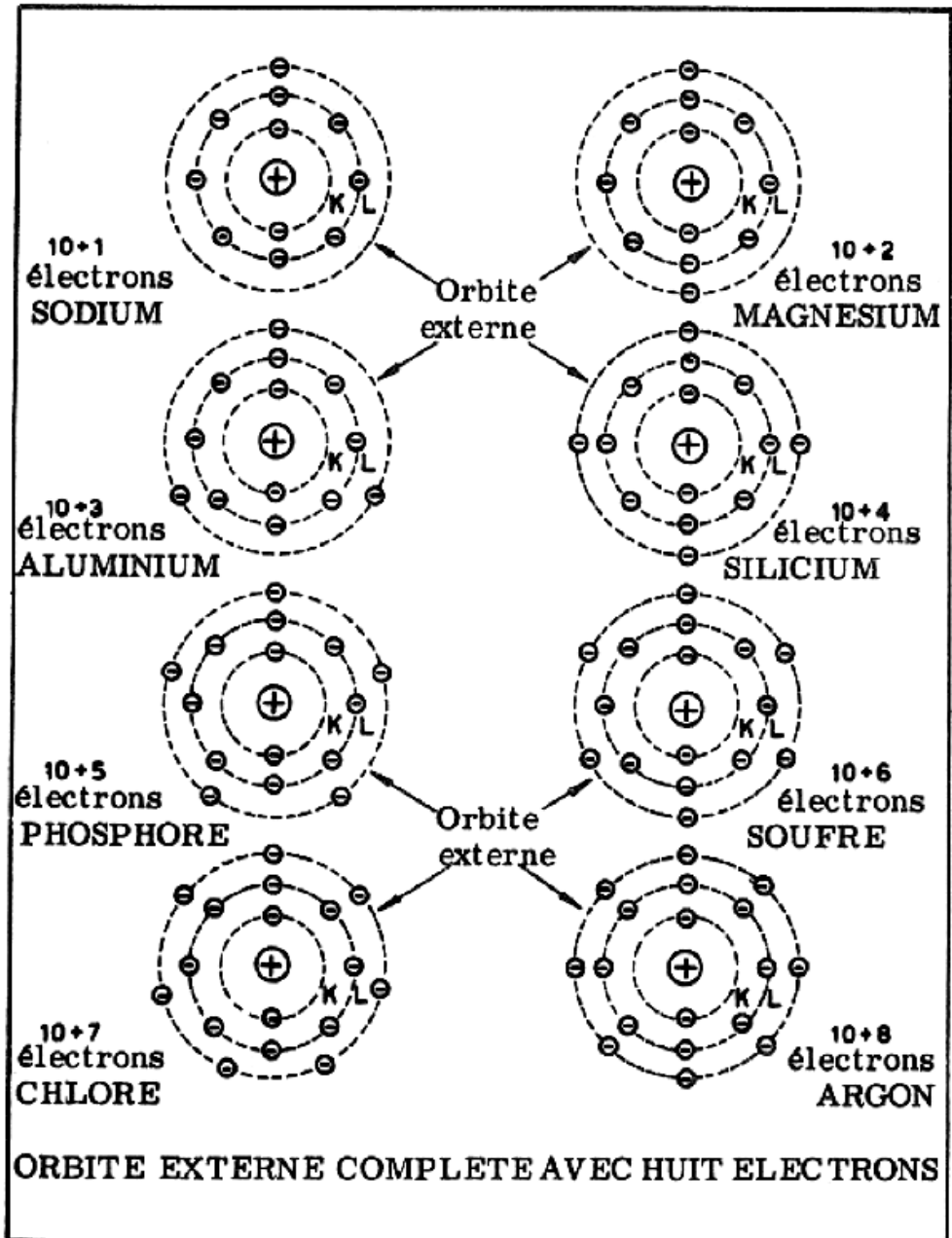


Figure 2

Pour cette raison le sodium se combine énergiquement avec le chlore ; il lui cède son électron, dont le chlore a besoin pour compléter son orbite externe ; on obtient ainsi le chlorure de sodium, qui est le sel de cuisine.

Sur la *figure 3*, on a indiqué schématiquement la réaction qui permet à un atome de sodium de se combiner à un atome de chlore : on voit que dans la molécule de chlorure de sodium, l'électron du sodium vient tourner sur l'orbite externe du chlore, qui de cette façon devient complète avec huit électrons.

On voit donc comment il y a des atomes qui peuvent perdre facilement les électrons de leur orbite externe, et d'autres qui, au contraire, retiennent ces électrons et même, ont tendance à prendre d'autres électrons pour compléter l'orbite.

La distinction entre conducteurs et isolants résulte de ce comportement différent.

Sont isolants les corps dont les atomes ont l'orbite externe presque complète : en effet, si à ces corps on fournit d'autres électrons, par exemple en les frottant avec un chiffon de laine, leurs atomes les plus proches de la partie frottée capturent immédiatement les nouveaux électrons, en les fixant sur leurs propres orbites externes, et en empêchant ainsi qu'ils puissent aller dans les autres parties du corps ; c'est pourquoi, c'est seulement à proximité de la partie frottée qu'on a un surplus d'électrons, c'est-à-dire une charge négative, en accord avec tout ce que nous avons vu dans les leçons précédentes.

Les conducteurs sont les corps dont les atomes ont l'orbite externe très incomplète et qui tendent à perdre avec une très grande facilité les quelques électrons qui tournent dessus ; on sait que quelques uns de ces électrons peuvent complètement abandonner leur orbite et se déplacer au hasard d'un atome à l'autre.

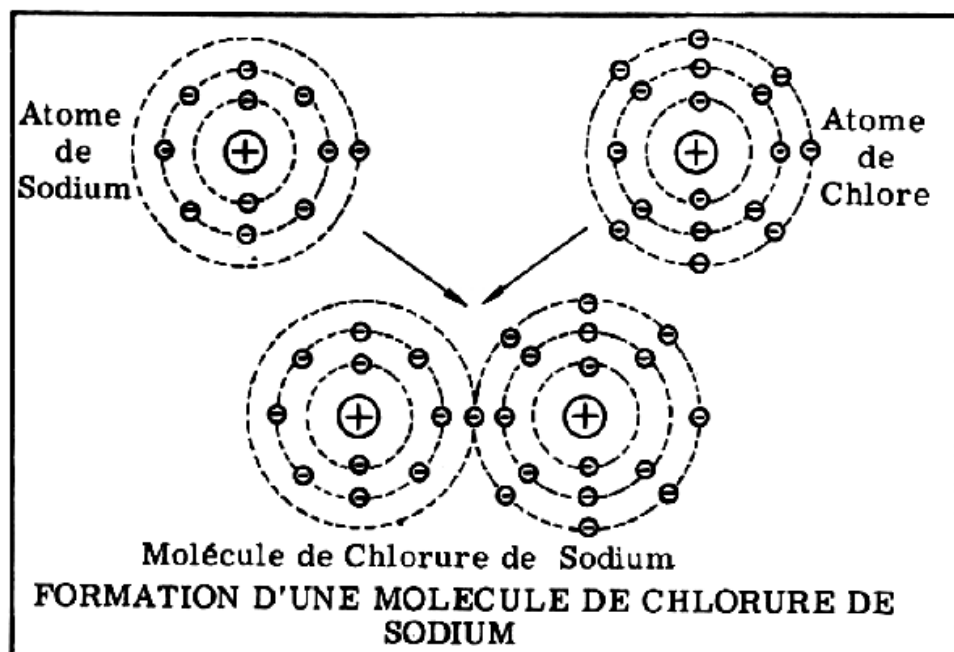


Figure 3

N'étant plus liés à aucun atome, de tels électrons sont appelés des *ELECTRONS LIBRES*.

Cette représentation d'un corps conducteur fut proposée à la fin de 1905 par le hollandais *Henri Antoine Lorentz* (1853 - 1928), qui appela "gaz électronique" l'ensemble des électrons libres qui errent entre les atomes. Nous pouvons nous représenter simplement de tels électrons en pensant à un essaim de moucherons, dans lequel chaque individu se meut de façon désordonnée, à une grande vitesse, en changeant continuellement de direction.

Il est évident que si on frotte un corps conducteur avec une étoffe capable de lui fournir de nouveaux électrons, ceux-ci ne seront plus capturés par les atomes, mais se mélangeront aux électrons libres en se répan-

dant dans chaque partie du conducteur et en déterminant ainsi sur tout le corps un surplus d'électrons, c'est-à-dire une charge négative.

Si, au contraire, par le frottement, on soustrait des électrons au conducteur, les électrons qui restent se répandent dans chaque partie et, sur tout le corps on obtient un manque d'électrons ou une charge positive.

Ceci ne se produit pas, par contre, si on soustrait des électrons à un isolant, car les atomes éloignés de la partie frottée retiennent leurs propres électrons en les empêchant de se répandre dans les autres parties ; par conséquent on a un manque d'électrons, c'est-à-dire une charge positive, mais seulement à l'endroit frotté.

On comprend donc que l'électricité ne puisse passer qu'à travers les corps conducteurs, car c'est seulement à travers ceux-ci que les électrons peuvent se mouvoir librement, étant liés faiblement à leurs atomes ou même complètement libres.

Quand un nombre suffisant de ces électrons se déplace en bon ordre dans le même sens, il y a un courant électrique dans le conducteur : nous pouvons donc dire que *le courant électrique est constitué par des électrons qui se déplacent dans le même sens à travers un conducteur.*

Puisque les électrons libres d'un conducteur se déplacent de façon désordonnée dans tous les sens, pour obtenir qu'un certain nombre d'entre eux se déplacent dans le même sens il faut leur appliquer une force.

Du moment que les électrons ont une charge électrique négative, la force devra être de nature électrique, c'est-à-dire devra consister en une attraction des électrons par une charge électrique positive, ou en une répulsion par une charge électrique négative.

Pour faire passer un courant électrique, par exemple à travers un fil de cuivre, il faut donc appliquer à ses extrémités une charge électrique

positive et une charge électrique négative ; ces charges peuvent être apportées par deux sphères métalliques, électrisées par frottement l'une positivement et l'autre négativement, et reliées aux extrémités du fil comme on le voit sur la *figure 4*.

Supposons que, sur les deux sphères, il y ait des quantités égales d'électricité, ou bien que les électrons présents en surplus sur la sphère négative soient en nombre égal à ceux qui manquent sur la sphère positive, car ce cas est réalisé généralement dans la pratique.

Dès que le contact est établi entre les sphères et le fil, les électrons du fil subissent une répulsion de la part de la sphère négative, et une attraction de la part de la sphère positive : le plus grand nombre d'entre eux se déplacent alors dans le sens direct, de la sphère négative vers la sphère positive, comme l'indique la flèche de la *figure 4*, donnant lieu au courant électrique à travers le fil.

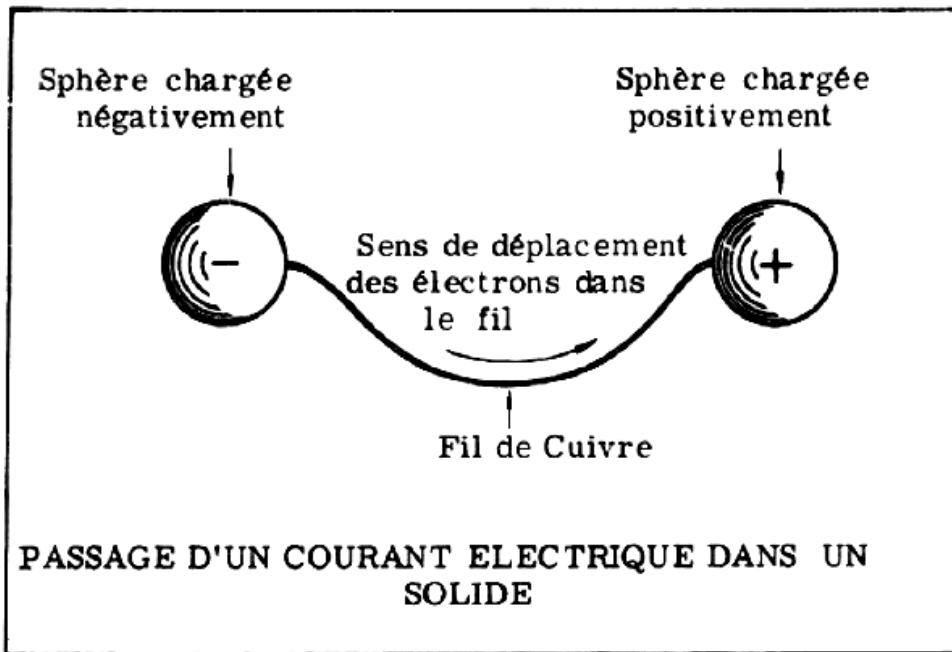


Figure 4

Le mouvement des électrons commence pratiquement au même instant tout le long du fil, selon le processus suivant : les électrons qui sont en surplus sur la sphère négative repoussent les électrons libres du fil qui se trouvent le plus près de la sphère ; ces électrons se déplacent vers la sphère positive et leur place est prise par autant d'électrons qui arrivent dans le fil en provenance de la sphère négative.

Les électrons libres qui ont été repoussés du début du fil par la sphère négative repoussent à leur tour, en prenant leur place, les électrons placés à leur droite ; ceux-ci repoussent le suivant et ainsi de suite.

De cette façon, le mouvement des électrons se propage avec une très grande vitesse le long du fil, jusqu'aux électrons qui se trouvent à l'autre extrémité ; ceux-ci sortent du fil et arrivent sur la sphère positive qui les attire.

On peut donc dire que, pour chaque électron qui entre dans le fil depuis la sphère négative, il y a un autre électron qui sort de l'extrémité opposée du fil pour rejoindre la sphère positive.

Le déplacement des électrons le long du fil continue ainsi, jusqu'à ce qu'il soit arrivé sur la sphère positive un nombre d'électrons égal à celui des électrons qui se trouvaient initialement en surplus sur cette sphère négative ; dans ces conditions, les deux sphères se trouvent à l'état neutre et ne sont plus en mesure d'attirer ou de repousser les électrons libres du fil ; le passage du courant cesse alors dans le fil et les électrons du fil reprennent leur mouvement désordonné dans toutes les directions.

Il faut noter que le fil reste à l'état neutre comme avant le passage du courant, car le nombre de ses électrons n'a pas varié, puisque tous ceux qui sont passés sur la sphère positive ont été remplacés par autant d'autres arrivés de la sphère négative.

Le mouvement des électrons libres dans le conducteur peut être comparé à celui des molécules d'eau dans une canalisation terminée par un

THEORIE 2

11

robinet.

Dès qu'on ouvre le robinet, toutes les molécules d'eau qui sont dans la canalisation se mettent en mouvement et commencent à sortir par le robinet, tandis que d'autres molécules prennent leur place dans la canalisation ; quand on ferme le robinet, la canalisation est toujours pleine de molécules d'eau, comme avant l'ouverture.

Si la quantité d'électricité possédée par les deux sphères n'était pas la même, après le passage du courant les deux sphères et le fil resteraient chargés d'électricité, positive si la quantité d'électricité possédée par la sphère positive était supérieure, négative si la quantité d'électricité possédée par la sphère négative était supérieure ; ce cas ne se produit pourtant presque jamais dans la pratique, comme nous le verrons plus tard.

Observons enfin que le passage du courant électrique dans un fil n'est intéressant que parce que, en plus de transférer un certain nombre d'électrons d'un corps à un autre, il produit d'autres effets en traversant le conducteur.

Dans les prochaines leçons, nous verrons en détail les principaux effets produits par le courant : pour le moment, nous vous rappelons seulement comme exemple, l'effet thermique, qui est l'échauffement du conducteur par le courant qui le traverse.

En se servant d'un conducteur choisi, on peut le chauffer de façon à porter sa température à une valeur qui permet de faire des soudures, comme cela se produit dans les fers à souder, ou bien à le rendre incandescent et à lui faire émettre de la lumière, comme cela se produit dans les lampes électriques.

Nous allons voir un autre effet du courant électrique en étudiant le passage du courant dans les liquides.

1 - 2-COURANT DANS LES LIQUIDES

Le passage du courant dans les liquides se produit d'une façon très différente de celle que nous avons vue dans le cas des solides. Pour cette raison le physicien italien *Alexandre Volta* (1745 - 1817) appela les solides "des conducteurs de première espèce" et les liquides "des conducteurs de seconde espèce" (dénominations qui ne sont plus utilisées aujourd'hui).

L'étude complète du passage du courant dans les liquides a été faite par le savant anglais *Michel Faraday* (1791 - 1867) qui décrit de façon très détaillée le mécanisme suivant lequel l'électricité se propage à travers un liquide, comme nous allons l'étudier.

Pour le moment, le seul moyen que nous connaissons pour faire passer un courant à travers un conducteur quelconque consiste à relier aux extrémités de celui-ci deux sphères chargées d'électricité de signe opposé, comme nous l'avons vu dans le cas précédent pour le fil de cuivre.

Pour les liquides on peut adopter la disposition que l'on trouve sur la *figure 5* : un liquide, par exemple l'eau, est contenu dans un récipient en verre, qui est isolant, et dans lequel sont plongées deux plaques de cuivre appelées *ELECTRODES*. Les électrodes sont reliées par des fils de cuivre, l'une à une sphère chargée positivement, et l'autre à une sphère chargée négativement ; dans ce cas encore, sur les deux sphères il y a des quantités d'électricité égales.

Si l'eau est très pure, il ne se produit aucun passage d'électricité entre les deux électrodes qui y sont plongées : dans ces conditions l'eau se comporte donc comme un isolant, et la seule chose qui se produise, c'est le passage d'électricité des sphères aux électrodes.

En effet, les électrons qui sont en surplus sur la sphère négative se propagent le long du fil de cuivre, se répandent sur toute l'électrode qui lui est reliée, et la chargent négativement ; au contraire la sphère positive

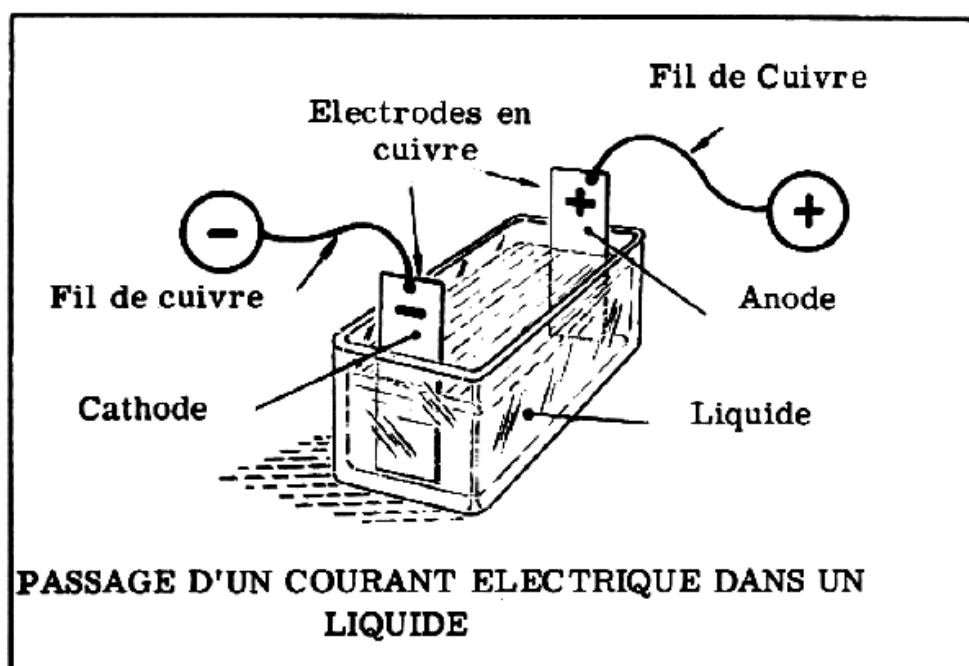


Figure 5

attire, à travers le fil de cuivre, un certain nombre d'électrons libres de l'autre électrode, qui ainsi se charge positivement.

Puisque les deux électrodes deviennent l'une positive et l'autre négative, elles deviennent différentes et on leur donne des noms différents : l'électrode positive est appelée *ANODE* et l'électrode négative est appelée *CATHODE*.

Pour faire passer le courant à travers l'eau, il est nécessaire d'y dissoudre un composé chimique, par exemple un sel ou un acide, et on obtient ainsi une SOLUTION ELECTROLYTIQUE.

Pour bien comprendre, nous allons voir ce qui se produit quand on

dissout dans l'eau du chlorure de sodium qui, comme nous l'avons déjà dit, n'est autre que du sel de cuisine.

Les molécules de sel se séparent les unes des autres et se mélangent aux molécules d'eau, qui, à la différence de ce qui se passe dans les solides, ne sont pas liées fortement entre elles, mais sont libres de se déplacer, et peuvent donc laisser la place aux molécules de chlorure de sodium qui se répandent entre elles.

A cause de l'eau, les liens qui maintiennent unis les deux atomes qui forment les molécules de sel deviennent plus faibles, et par conséquent dans chacune de celles-ci les atomes de chlore et de sodium qui les composent se séparent ; cette séparation est appelée *DISSOCIATION ELECTROLYTIQUE*.

La dissociation électrolytique se produit comme l'indique la *figure 6* : puisque l'atome de chlore tend à compléter à huit électrons son orbite externe, il garde sur cette orbite l'électron qui lui avait été cédé par l'atome de sodium au moment de la formation de la molécule de chlorure de sodium, comme nous l'avons vu sur la *figure 3*.

La dissociation des molécules de chlorure de sodium produit donc non pas des atomes de sodium et de chlore à l'état neutre, mais des atomes de chlore négatifs, qui ont un électron de plus, et des atomes de sodium positifs, qui ont un électron en moins ; ces atomes qui ont une charge électrique sont appelés des *IONS*.

Donc, dans le liquide, il y a des molécules d'eau, des molécules de chlorure de sodium, des ions positifs et des ions négatifs : évidemment *les ions peuvent produire un courant électrique dans le liquide*, en se déplaçant en bon ordre entre les molécules, grâce à l'attraction et à la répulsion exercée sur eux par les charges électriques présentes sur les électrodes plongées dans la solution.

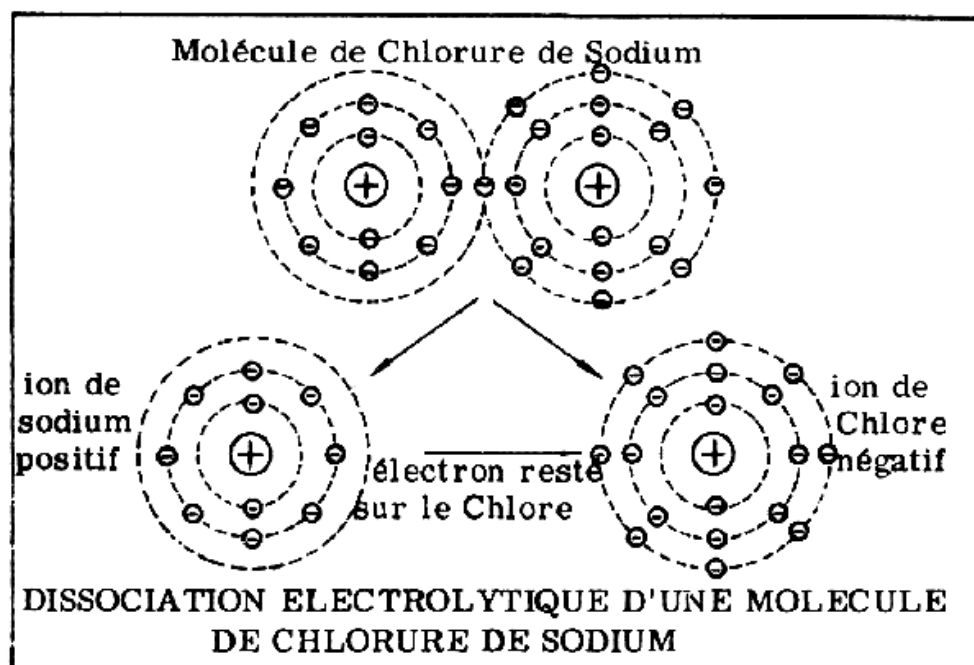


Figure 6

Sur la *figure 7*, on a indiqué schématiquement comment se produit le déplacement des ions, représentés par un petit cercle marqué du signe + ou -.

Les ions négatifs, repoussés par l'électrode négative ou cathode et attirés par l'électrode positive ou anode, arrivent sur cette dernière et lui cèdent leurs électrons en surplus, et ils redeviennent des atomes de chlore à l'état neutre ; sur l'anode donc il se forme du chlore à l'état gazeux, tandis que les électrons cédés à cette anode rejoignent la sphère positive à travers le fil de cuivre.

Puisque les ions négatifs se déplacent vers l'anode ils sont appelés ANIONS.

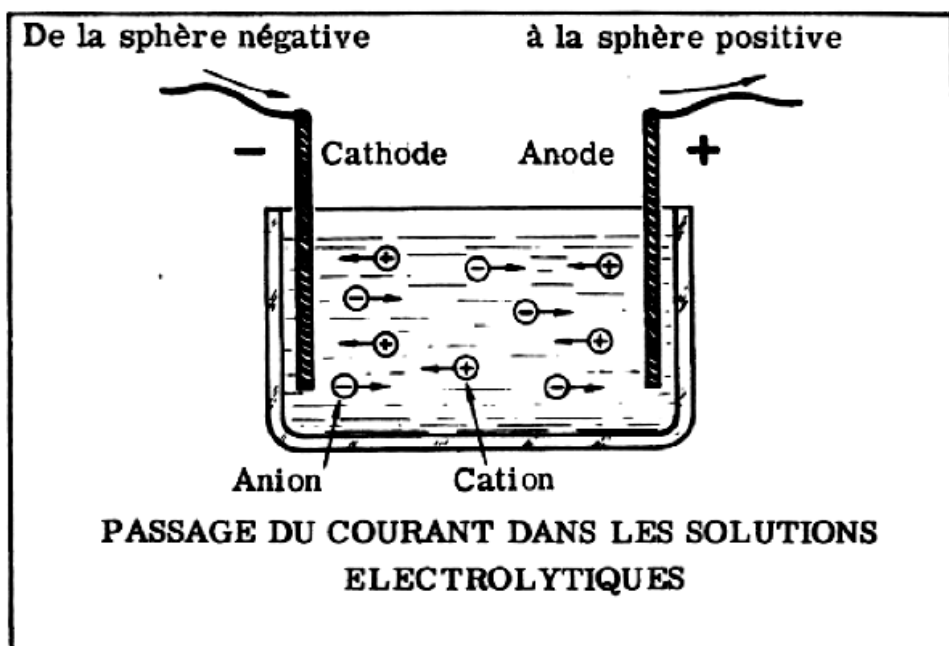


Figure 7

L'inverse se produit pour les ions positifs qui, repoussés par l'électrode positive ou anode et attirés par l'électrode négative ou cathode, se déplacent vers cette cathode, lui prélèvent l'électron qui leur manque, et redeviennent des atomes de sodium à l'état neutre ; sur la cathode, il se forme donc du sodium métal, tandis que les électrons enlevés par les ions sont remplacés par d'autres électrons qui proviennent de la sphère négative à travers le fil de cuivre.

Puisque les ions positifs se déplacent vers la cathode ils sont appelés CATIONS.

En étudiant le phénomène dans sa totalité, nous voyons que dans ce cas encore, il y a passage sur la sphère positive des électrons qui sont en surplus sur la sphère négative ; quand tous ces électrons sont arrivés sur la

THEORIE 2**17**

sphère positive, le passage du courant s'interrompt, dans les fils de cuivre dans lesquels il y avait un *COURANT ELECTRONIQUE* (c'est-à-dire dû aux électrons), comme dans la solution, dans laquelle il y avait un *COU-RANT IONIQUE* (c'est-à-dire dû aux ions).

En nous limitant à l'étude de ce dernier courant, nous devons observer qu'il a deux caractéristiques qui le distinguent nettement du courant électronique.

D'abord, tandis que le courant électronique est dû à des particules toutes négatives qui se déplacent dans un sens unique, le courant ionique est dû à des particules négatives et à des particules positives qui se déplacent dans des sens différents.

Ensuite, tandis que les électrons sont des particules très légères, les ions sont des atomes, qui sont beaucoup plus lourds que les électrons, et qui donnent lieu à un déplacement de matière ; cette matière peut se déposer à l'état solide sur les électrodes ou se dégager sous forme de gaz, ou même passer dans la solution à l'état liquide.

L'effet produit par le passage du courant dans les solutions électrolytiques est exploité dans différentes applications pratiques : nous vous rappelons entre autres la *GALVANOPLASTIE*, qui consiste à recouvrir un objet de métal d'une mince couche d'un autre métal (Cuivre, Zinc, Argent Or).

L'objet à recouvrir est plongé dans une solution électrolytique qui contient des ions du métal que l'on veut déposer sur cet objet ; au passage du courant, ces ions arrivent sur l'objet, deviennent des atomes neutres et forment une couche métallique qui adhère à l'objet.

1 - 3 - LE SENS DU COURANT

En étudiant le courant ionique, nous avons vu que dans les solutions électrolytiques il y a un mouvement des charges positives (cations).

qui se déplacent des points où la charge est positive (anode) vers les points où la charge est négative (cathode) ; on a l'habitude de dire plus brièvement que le courant des cations est direct du positif au négatif.

La présence de charges positives induisit en erreur les premiers savants qui étudièrent les phénomènes relatifs aux solutions électrolytiques ; ne connaissant pas encore l'existence des électrons, ils pensèrent que le courant était dû dans tous les cas à un déplacement de charges positives, même s'il s'agissait de conducteurs solides : c'est pourquoi ils pensèrent que n'importe quel type de courant électrique était toujours direct du positif au négatif.

Maintenant nous savons que c'est faux, car, comme nous l'avons vu, les électrons et les anions sont négatifs et donc les courants qu'ils forment sont dirigés dans le sens opposé, c'est-à-dire du négatif au positif.

Malheureusement, quand on se rendit compte de l'existence des charges négatives, toute une tradition existait déjà, qui considérait que le courant allait du positif au négatif, et par conséquent on décida de continuer à attribuer au courant le sens qui avait été adopté jusqu'alors : pour cette raison, ce sens s'appelle le *SENS CONVENTIONNEL* du courant, pour le distinguer du *SENS ELECTRONIQUE* du courant (ainsi appelé parce que c'est celui dans lequel se déplacent effectivement les électrons qui forment le courant électrique).

Pour éclaircir les idées, étudions le cas d'un conducteur solide, qui nous intéresse particulièrement, parce qu'en radiotechnique les liaisons électriques sont accomplies avec des fils de cuivre.

Dans ce but, référons-nous à la *figure 8*, sur laquelle on a redessiné la *figure 4* avec en plus l'indication des deux sens attribués au courant.

Comme on le voit, le sens électronique du courant, indiqué par la flèche pleine, est dirigé du négatif au positif, en accord avec le sens de dé-

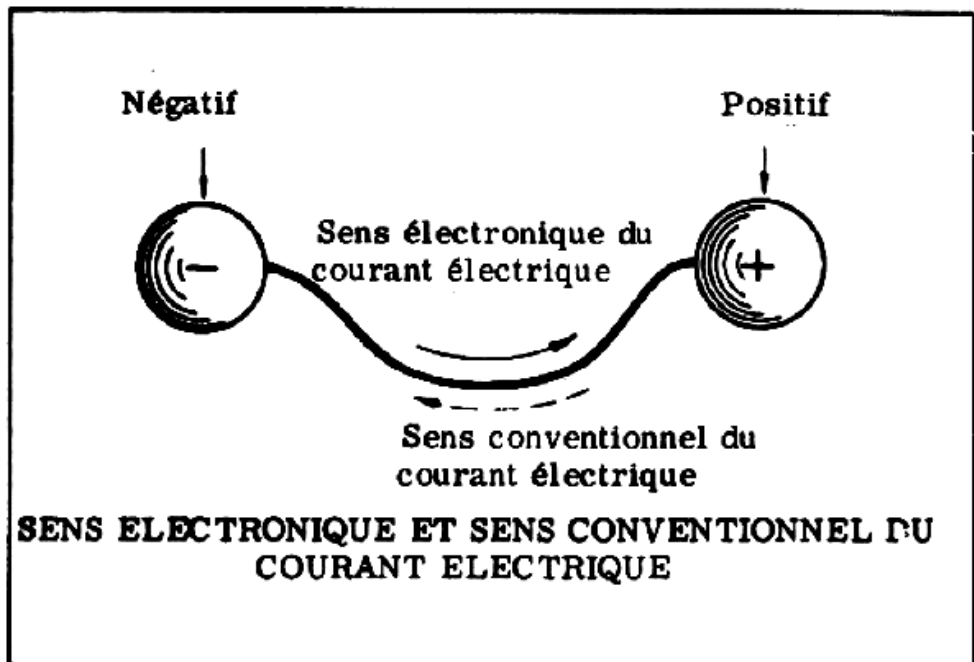


Figure 8

placement des électrons indiqué sur la *figure 4* ; au contraire le sens conventionnel du courant, indiqué par la flèche en pointillés, est opposé au précédent, et est dirigé du positif au négatif. Il faut pourtant bien se souvenir qu'on imagine seulement, que le courant est dirigé dans ce sens, car nous savons qu'en réalité, dans le fil de cuivre, on a un courant d'électrons, dirigé toujours du négatif au positif.

Le fait de considérer le courant électrique comme dirigé en sens inverse de celui dans lequel les électrons se déplacent effectivement n'a pas d'importance dans le plus grand nombre de cas, car la plupart du temps il suffit de connaître le sens du passage du courant dans un conducteur, sans avoir besoin de savoir dans quel sens se déplacent réellement les électrons.

Dans le cours de radio stéréo on adoptera, comme on le fait en général, le sens conventionnel du courant, mais on se référera aussi au sens électronique chaque fois que cela sera nécessaire pour mieux éclairer les notions exposées.

1 - 4 - LA MESURE DU COURANT

Pour bien comprendre ce que signifie "mesurer un courant électrique", il faut se référer à la comparaison déjà faite avec l'eau qui coule dans un canal. Mesurer l'eau qui coule dans un canal signifie déterminer la quantité d'eau qui traverse, chaque seconde, une *SECTION* déterminée du canal.

Cette section est indiquée par des hâchures sur la *figure 9 - a* : il s'agit d'une surface perpendiculaire à la direction de l'eau (indiquée par les flèches), qui a le même contour que celui du canal, et qui est limitée par la hauteur atteinte par l'eau dans le canal.

Le nom de section vient du fait que l'on pourrait obtenir cette surface en sectionnant (c'est-à-dire en coupant) le canal perpendiculairement à la direction de l'eau qui y court.

La quantité d'eau qui traverse cette section chaque seconde, est le *DEBIT* du canal : si la quantité d'eau est mesurée en mètres cubes, le débit sera exprimé en mètres cubes par seconde.

On peut procéder d'une façon analogue dans le cas d'un courant électrique, car, de même qu'un courant d'eau est constitué par une certaine quantité d'eau qui coule dans un canal, de même un courant électrique est constitué par une certaine quantité d'électricité qui traverse un conducteur ; pour le courant électrique, on n'utilise pourtant pas le terme de débit, comme pour l'eau, mais le terme d'*INTENSITE*.

L'intensité du courant dans un conducteur est la quantité d'élec-

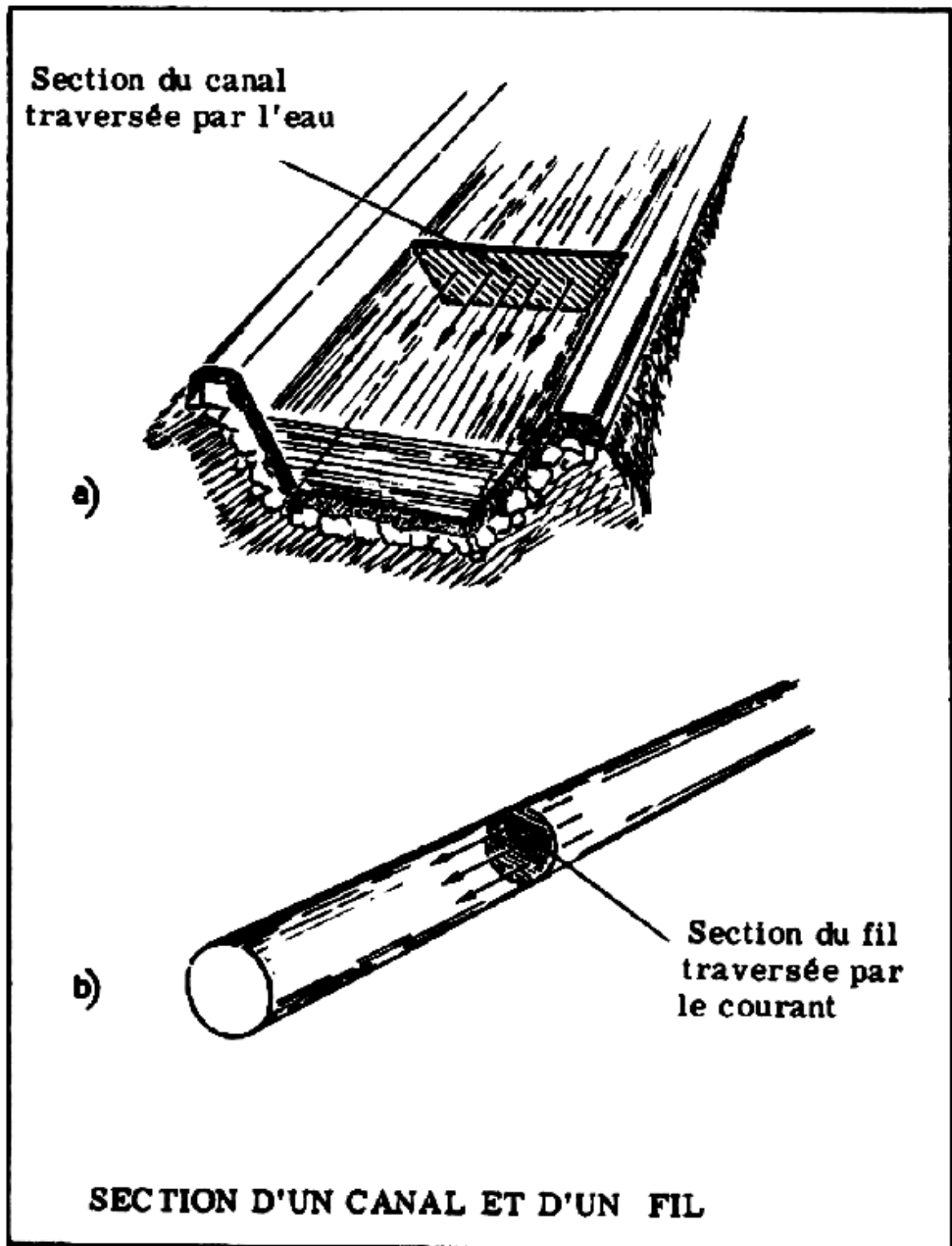


Figure 9

tricité qui, chaque seconde, traverse une section déterminée de ce conducteur ; mesurer un courant signifie donc déterminer son intensité.

Comme dans le cas du canal, la section d'un conducteur est obtenue en imaginant qu'on le coupe perpendiculairement à la direction du courant qui le parcourt ; si le conducteur, comme cela se produit d'habitude, est un fil cylindrique, la section est donc de forme circulaire, comme indiqué sur la figure 9 - b.

Pour mesurer la quantité d'électricité qui traverse cette section, il faut se servir d'une unité de mesure appropriée, de même que pour mesurer une quantité d'eau on se sert du mètre cube. *Pour la quantité d'électricité, on a adopté une unité de mesure qui est appelée le Coulomb* en souvenir du savant français *Charles Auguste Coulomb* (1736 - 1806) qui fit des études importantes sur les forces qui s'exercent entre les électrons.

D'après ce qui a été dit plus haut, *l'intensité du courant est donc mesurée en coulombs par seconde ; à cette unité de mesure on a donné un nom : l'AMPERE* en l'honneur du scientifique français *André Marie Ampère* (1775 - 1836) dont nous aurons encore l'occasion de parler dans les leçons suivantes.

Dire coulomb par seconde ou dire ampère c'est la même chose, mais dans la pratique on utilise uniquement le terme d'ampère.

Il faut mentionner tout de suite que, tandis que le coulomb n'est pas une unité de mesure d'un emploi fréquent, car il n'est pas intéressant dans la pratique de mesurer une quantité d'électricité, l'ampère, au contraire, est une unité très largement employée, car il est très intéressant pratiquement de connaître l'intensité des courants : c'est pourquoi on rencontrera rarement le coulomb, et très souvent l'ampère.

Pour les courants qu'il faut mesurer en radiotechnique, l'ampère est la plupart du temps une unité trop grande et donc inconvenue, de

même que le mètre serait incommode si on voulait l'utiliser comme unité de mesure pour mesurer le diamètre d'un fil.

De même que dans ce cas on utilise le millimètre, qui est une unité de mesure mille fois plus petite que le mètre, de même en radiotechnique, on emploie plus souvent le *MILLIAMPERE* qui vaut un millième d'ampère ; pour mesurer des courants d'intensité très petite on a aussi recours au *MICRO-AMPERE* qui est le millionième de l'ampère.

La mesure d'une longueur quelconque (par exemple la longueur d'une chambre), ne présente aucune difficulté, car il suffit de prendre un mètre et de le reporter successivement sur la longueur à mesurer pour savoir de combien de mètres est cette longueur : dans ce cas on fait une *mesure directe*, car on prend l'unité de mesure, le mètre, et on la compare avec la longueur à mesurer.

Pour l'intensité du courant, il n'est pas possible de faire une mesure directe, parce que le courant électrique n'est pas quelque chose qu'on peut voir directement comme une longueur ; mais un courant se manifeste par les effets qu'il produit, effets qui dépendent justement de son intensité.

On comprend alors que, *à partir d'un effet déterminé, on peut déduire l'intensité du courant qui l'a produit*, en obtenant ainsi sa mesure d'une façon indirecte.

Quand nous vous aurons décrit les effets du courant électrique, nous pourrons voir comment on procède pour mesurer pratiquement l'intensité d'un courant qui traverse un conducteur, et comment on définit l'unité de mesure utilisée à cet effet ; pour le moment, souvenez-vous que cette unité de mesure est l'ampère et que, quand l'intensité du courant est réduite, on utilise aussi le milli-ampère et le micro-ampère.

2. TENSION ET POTENTIEL

A partir de ce chapitre, nous nous référerons au sens conventionnel du courant pour vous habituer, dès à présent, à étudier les phénomènes électriques en utilisant les conventions généralement adoptées ; *supposons donc que le courant électrique soit formé de charges positives, dirigées d'une sphère positive qui les repousse vers une sphère négative qui les attire.*

Voyons maintenant quelle est la cause qui a déterminé le déplacement de ces charges, ou courant électrique ; pour cela il faut avoir recours, encore une fois, à la comparaison avec ce qui se passe dans le cas de l'eau.

Considérons deux récipients égaux A et B, reliés entre eux par un tuyau fermé par un robinet, comme sur la *figure 10 - a* ; supposons que dans les deux récipients il y ait une quantité d'eau différente, par exemple 3 litres en A, et 1 litre en B.

Nous savons que, quand on ouvre le robinet, l'eau passe du récipient A vers le récipient B jusqu'à ce que, dans les deux récipients, l'eau atteigne le même niveau, indiqué par la ligne en pointillés C sur la *figure 10 - b* ; comme les deux récipients sont égaux, on aura la même quantité d'eau dans les deux, c'est-à-dire 2 litres.

Pour établir une comparaison entre ce cas et celui de l'électricité, référons-nous à la *figure 11*, en haut de laquelle on a reproduit la *figure 10 - a* avec la ligne C qui représente le niveau dans les deux récipients après le passage de l'eau ; en bas, on a représenté les deux sphères réunies par le fil de cuivre, sous lequel on a dessiné la flèche qui indique le sens conventionnel du courant, dirigé dans le même sens que l'eau qui passe du récipient A au récipient B.

Comme nous supposons que le courant est composé de charges positives, nous devons imaginer que ces charges sont en surplus sur la sphère

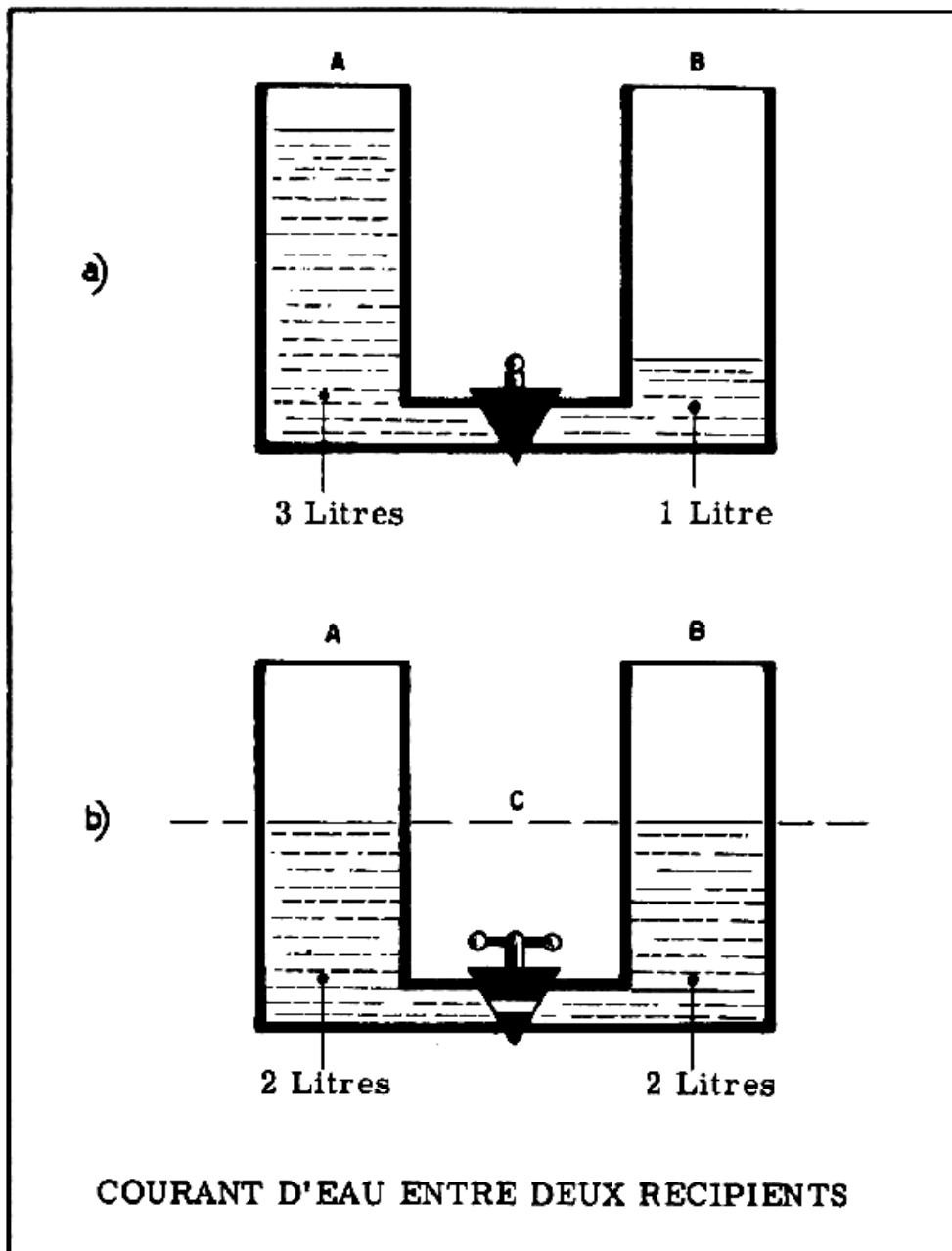


Figure 10

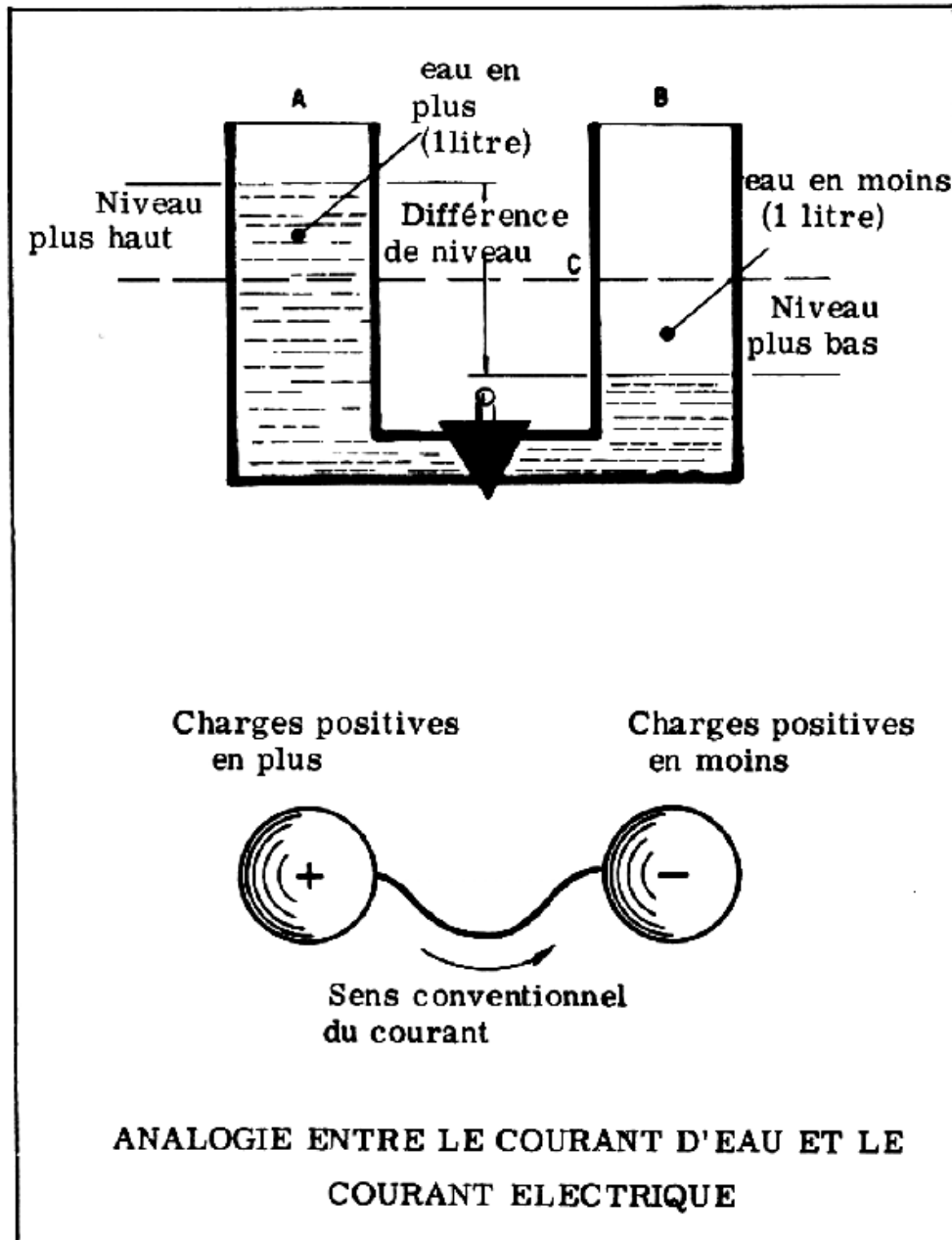


Figure 11

THEORIE 2

27

positive, et qu'il en manque le même nombre sur la sphère négative, de façon à ce que les deux sphères puissent se trouver à l'état neutre après le passage du courant.

Nous retrouvons la même situation dans le cas de l'eau si nous nous reportons à la ligne C qui indique le niveau après le passage de l'eau.

En effet, nous pouvons considérer que l'eau qui se trouve dans le récipient A au-dessus de la ligne C est en excès, comme nous l'avons fait pour les charges électriques qui étaient sur la sphère positive ; de même l'eau qui manque dans le récipient B pour atteindre le niveau de la ligne C joue le même rôle que les charges électriques qui manquent sur la sphère négative : ces deux quantités d'eau sont elles aussi égales, il y a, par rapport à la ligne C, un litre d'eau en plus dans le récipient A et un litre d'eau en moins dans le récipient B.

On comprend facilement que *la cause du passage de l'eau d'un récipient à l'autre est la différence de niveau* qui existe entre les deux récipients, différence indiquée sur la *figure 11* : en effet le passage de l'eau cesse quand cette différence devient nulle, comme on le voit sur la *figure 10 - b*.

De la même façon, pour l'électricité aussi il y a une cause qui détermine le passage du courant dans le fil de cuivre, passage qui se produit tant que la cause qui le produit ne s'annule pas : dans ce cas la cause est appelée *DIFFERENCE DE POTENTIEL ELECTRIQUE* ou encore *TENSION ELECTRIQUE*.

On ne peut pas voir directement la différence de potentiel, ni la montrer comme on l'a fait pour la différence de niveau ; c'est justement pour cela qu'on a recours à la comparaison avec l'eau de façon à ce que l'on ait une idée de la différence de potentiel ou tension en sachant que c'est quelque chose d'analogue à la différence de niveau.

Dans les prochaines leçons, cette idée sera mieux précisée, pour maintenant, il suffit de se souvenir que le passage de l'eau est déterminé par la différence de niveau qui existe entre les deux récipients, et que de même, *le passage du courant est déterminé par la différence de potentiel électrique qui existe entre les deux sphères.*

Chaque récipient a un niveau déterminé qui, comme on le voit sur la *figure 11*, se réfère à la ligne C ; les niveaux s'annulent donc quand l'eau atteint cette ligne, en descendant dans le récipient A, et en montant dans le récipient B.

De la même façon, chaque sphère a un *POTENTIEL ELECTRIQUE*, que nous devons comparer à l'état neutre dans lequel se trouvent les sphères après le passage du courant. Ces potentiels s'annulent quand la sphère positive a perdu toutes les charges positives qu'elle avait en surplus, et quand la sphère négative a reçu toutes les charges positives qui lui manquaient.

On ne doit pourtant pas penser que le potentiel électrique d'un corps chargé d'électricité dépend seulement de la charge électrique qu'il possède : pour se rendre compte de ce fait, il suffit de savoir que le niveau de l'eau dépend non seulement de la quantité d'eau contenue dans un récipient mais aussi de la forme de celui-ci.

Il est évident, en effet, que si le récipient A de la *figure 11* était plus étroit, le même volume d'eau y atteindrait un niveau plus haut, tandis que si le récipient B était plus large, le même volume d'eau y atteindrait un niveau plus bas : il y aurait alors une plus grande différence de niveau entre les deux récipients.

Dans le cas de l'électricité, le potentiel électrique d'un corps ne dépend pas seulement de la quantité d'électricité présente sur ce corps, mais aussi d'autres éléments, que nous verrons dans une des prochaines leçons.

THEORIE 2

29

Le potentiel électrique se réfère à l'état neutre ; *mais comme la Terre sur laquelle nous vivons peut être considérée comme une énorme sphère à l'état neutre, on a décidé de lui comparer tous les potentiels, en supposant que la Terre a un potentiel électrique égal à zéro.*

De même que le récipient A, qui contient de l'eau en excès, a un niveau plus élevé que la ligne de référence, de même la sphère positive, qui possède des charges positives en excès, a un potentiel plus élevé que celui de la Terre pris comme référence : dans ce cas on dit que la sphère a un potentiel positif par rapport à la Terre.

Inversement, de même que le récipient B, qui contient de l'eau en moins, a un niveau plus bas que la ligne C, de même la sphère négative, qui possède des charges en moins, a un potentiel plus bas que celui de la Terre pris comme référence ; dans ce cas on dit que la sphère a un potentiel négatif par rapport à la Terre.

Pour compléter la comparaison, nous observons que, de même que l'eau passe du niveau le plus haut au niveau le plus bas, de même *le courant, toujours selon son sens conventionnel, est dirigé de la sphère au potentiel positif vers la sphère au potentiel négatif.*

Dans les prochaines leçons, nous aurons encore l'occasion de reparler fréquemment de tensions et de potentiels, car il s'agit de grandeurs électriques fondamentales comme l'intensité du courant électrique.

Nous verrons aussi comment on peut mesurer ces grandeurs, mais maintenant il suffit de se souvenir que *les potentiels et les tensions se mesurent en volts*, unité de mesure ainsi appelée en l'honneur du savant italien *Alexandre Volta*.

Quand on a à mesurer des tensions très basses, on utilise le *MILLI-VOLT*, qui correspond à *un millième de volt*, ou bien encore le *MICRO-VOLT*, qui correspond à *un millionième de volt* ; quand au contraire les

GRANDEUR ELECTRIQUE	SYMBOLE	UNITE DE MESURE	SYMBOLE
Quantité d'électricité	Q	Coulomb	C
Courant	I	Ampère	A
Potentiel et tension	V	Volt	V

Figure 12

tensions sont très élevées, on utilise le *KILOVOLT*, qui vaut *mille volts*.

Pour bien vous rappeler les unités de mesure que nous avons rencontrées dans cette leçon, reportez-vous au tableau de la *figure 12*, dans lequel nous vous avons indiqué aussi les symboles qu'on utilise pour représenter en abrégé les grandeurs électriques et leurs unités de mesure.

3 - CIRCUITS ELECTRIQUES

L'ensemble des deux sphères réunies par le fil que nous avons étudié jusqu'ici, constitue un *CIRCUIT ELECTRIQUE* ; le courant ne peut pas passer dans ce circuit continuellement, car il cesse de passer dès que les sphères sont à l'état neutre et que la différence de potentiel qui existe entre elles s'annule.

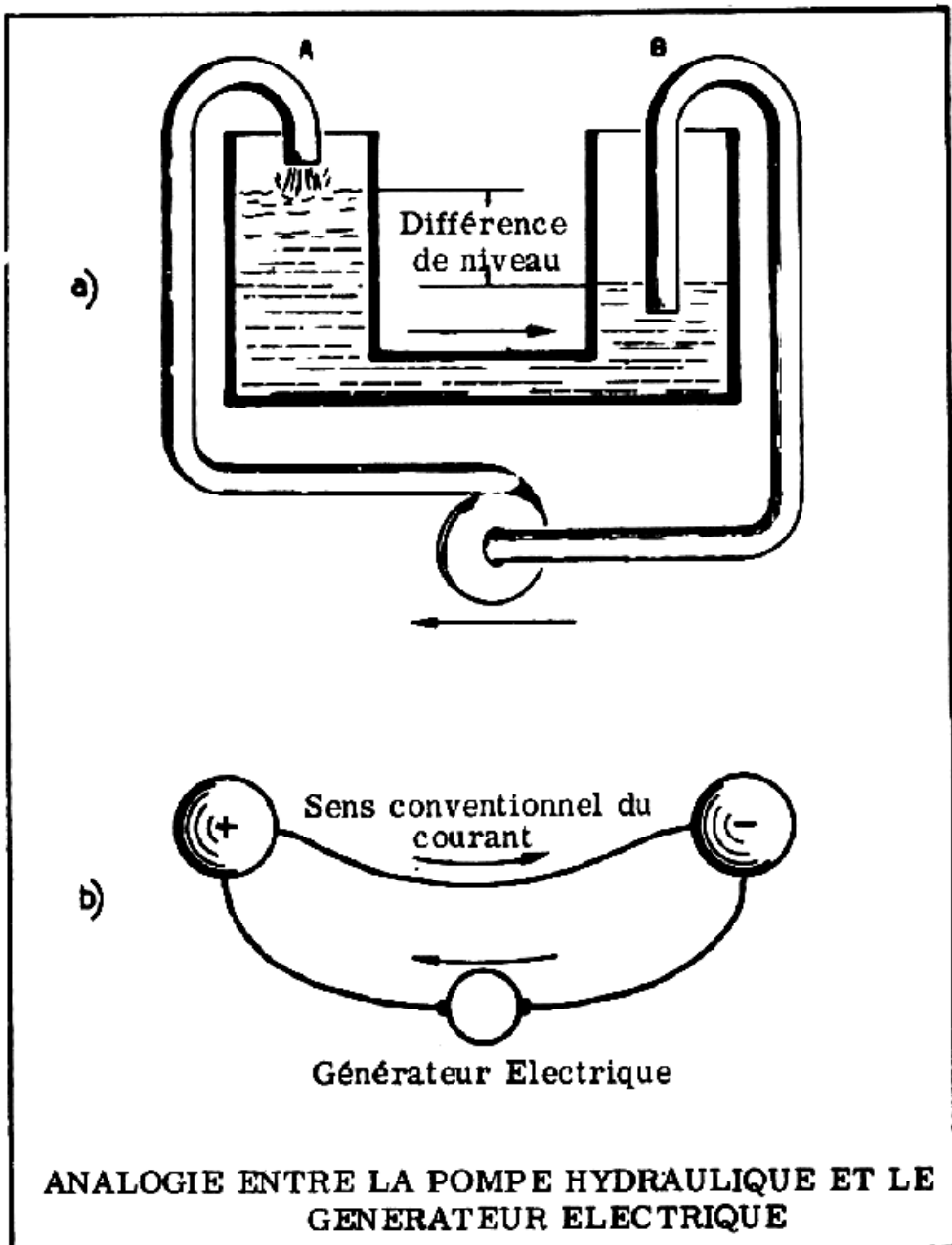


Figure 13

De la même façon, l'eau s'arrête de passer d'un récipient à l'autre dès que la différence de niveau qui existe entre les deux récipients s'annule, car cette différence de niveau est justement la cause du passage : pour faire passer l'eau continuellement, il faut maintenir constamment la même différence de niveau entre les deux récipients.

On peut obtenir cela au moyen d'une pompe hydraulique installée comme on le voit sur la *figure 13 - a*, c'est-à-dire de façon à ce qu'elle aspire l'eau à mesure qu'elle arrive dans le récipient B et qu'elle la rejette dans le récipient A.

D'une façon analogue, pour faire passer continuellement le courant dans un circuit électrique il faut un dispositif qui maintienne constamment la même différence de potentiel entre les deux sphères.

Ce dispositif s'appelle un *GENERATEUR ELECTRIQUE* et, comme on le voit sur la *figure 13 - b*, il est relié au moyen de fils de cuivre aux deux sphères, de façon à ce qu'il puisse rapporter sur la sphère positive les charges électriques à mesure qu'elles arrivent sur la sphère négative toujours en adoptant le *sens conventionnel du courant* (en réalité le générateur rapporte sur la sphère négative les *électrons* qui arrivent sur la sphère positive).

Au moyen du générateur on peut faire circuler continuellement le courant dans le circuit qui est maintenant dit *FERME*, car il constitue pour le courant un parcours fermé sur lui-même ; au contraire, le circuit de la *figure 11* est dit *OUVERT*, car le courant qui arrive sur la sphère négative ne peut pas retourner sur la sphère positive.

Le type de générateur le plus simple et le premier qui ait été réalisé par l'homme est la *PILE*, dont le fonctionnement sera décrit dans la prochaine leçon.

Dans cette prochaine leçon, nous parlerons aussi du premier des composants des appareils Radio ; la *RESISTANCE*.

NOTIONS A RETENIR

- Les corps **ISOLANTS** sont ceux, dont les **ATOMES** ont l'**ORBITE EXTERNE** presque **COMPLETE**.
- Les corps **BONS CONDUCTEURS** d'électricité ont au contraire des **ATOMES** avec une **ORBITE EXTERNE TRES INCOMPLETE**.
- L'**EAU** très pure se comporte comme un **ISOLANT** ; par contre, après dissolution d'un composé chimique (sel ou acide) l'eau devient conductrice (solutions électrolytiques).
- On appelle **SENS ELECTRONIQUE** du courant, le sens **REEL** du déplacement des électrons constituant ce courant. Ce courant se dirige du **NEGATIF** vers le **POSITIF**.
- On appelle **SENS CONVENTIONNEL** du courant, le sens arbitraire choisi avant que ne soit connu l'existence des électrons. Dans le **SENS CONVENTIONNEL** on considère que le courant se dirige du **POSITIF** vers le **NEGATIF**.

REMARQUE : Quel que soit le sens choisi, on peut expliquer le fonctionnement d'un circuit, en gardant présent à l'esprit que dans le **SENS ELECTRONIQUE** il s'agit du **DEPLACEMENT DE CHARGES NEGATIVES** alors que dans le **SENS CONVENTIONNEL**, il s'agit du **DEPLACEMENT DE CHARGES POSITIVES**.

- Il convient de bien faire la différence entre **TENSION ELECTRIQUE** ET **COURANT ELECTRIQUE**.

En prenant une analogie hydraulique, la **TENSION** peut être représentée par la **HAUTEUR** de la colonne d'eau et le **COURANT** par la **QUANTITE D'EAU** s'écoulant dans la canalisation.

Aux bornes d'une prise électrique par exemple, la **TENSION** est toujours présente, alors qu'il n'existe **AUCUN COURANT**.

Il n'y a circulation de **COURANT** que lorsqu'un appareil électrique est branché sur la prise.

- L'unité de **TENSION** est le **VOLT**.
- L'unité de **COURANT** est l'**AMPERE**.

THEORIE 2

35

EXERCICE DE REVISION SUR LA THEORIE 2

- 1 - Les corps dont les atomes ont l'orbite externe très incomplète sont-ils des conducteurs ou des isolants ?**
- 2 - De quoi le courant électrique est-il formé dans les solides ?**
- 3 - En quoi consiste l'effet thermique du courant électrique ?**
- 4 - A quoi le courant électrique est-il dû dans les liquides ?**
- 5 - Pourquoi les ions négatifs s'appellent-ils aussi des anions, et les ions positifs des cations ?**
- 6 - En quoi le courant ionique diffère-t-il du courant électronique ?**
- 7 - Qu'entend-on par sens conventionnel du courant ?**
- 8 - Quelle est la définition de l'intensité du courant dans un conducteur ?**
- 9 - Quelle est l'unité de mesure de l'intensité du courant ?**
- 10 - Qu'est-ce qui détermine le passage du courant électrique ?**
- 11 - De quelles unités se sert-on pour mesurer le potentiel et la tension ?**



REPONSES A L'EXERCICE DE REVISION SUR LA THEORIE 1

- 1 - On peut électriser un corps par frottement, par contact, ou par induction.
- 2 - L'électricité peut passer d'un corps à un autre par contact.
- 3 - L'opération opposée à l'électrisation peut être accomplie en reliant à la terre le corps électrisé.
- 4 - La loi fondamentale de l'électrostatique s'énonce de cette façon :
il y a toujours répulsion entre deux corps quand leurs charges électriques sont de même signe ; il y a toujours attraction entre deux corps quand leurs charges électriques sont de signe contraire.
- 5 - Le mot atome signifie indivisible.
- 6 - La molécule est la plus petite partie d'un corps qui possède toutes les propriétés caractéristiques de ce corps.
- 7 - Le noyau de l'atome est formé de protons et de neutrons.
- 8 - Les charges possédées par les protons sont positives (+), tandis que les charges possédées par les électrons sont négatives (-).
- 9 - Le nombre maximum d'orbites sur lesquelles peuvent graviter les électrons est de sept.

