



EURELEC

THEORIE

COURS DE BASE
ELECTRONIQUE

Au seuil de cette étude et avant d'entrer dans le vif du sujet, nous devons dire quelques mots sur les différentes leçons de ce cours et en préciser la nature.

- Les leçons "THEORIE" TRAITENT DE LA TECHNIQUE ELECTRONIQUE EN GENERAL et font appel pour illustrer les explications données, aux tubes électroniques.

Il s'agit là en effet d'une nécessité, car non seulement les tubes électroniques furent les premiers composants "ACTIFS" en électronique, mais de plus existent toujours soit sur les montages datant de ces dernières années, soit aussi et encore sur des montages récents.

- Les leçons "SEMI-CONDUCTEURS", reprennent les explications des leçons THEORIE sur tous les montages fondamentaux où les DIODES A SEMI-CONDUCTEURS et les TRANSISTORS ont remplacé les tubes électroniques.

La partie théorique du cours est donc constituée par les leçons THEORIE et les leçons SEMI-CONDUCTEURS.

CETTE PARTIE EST PARTICULIEREMENT IMPORTANTE, CAR EN ELECTRONIQUE, SEULES DE BONNES CONNAISSANCES DE BASE PERMETTENT DE MAITRISER LA PRATIQUE.

- Les leçons "PRATIQUE" permettent la mise en application des connaissances théoriques et à cet effet donnent toutes les explications nécessaires pour la réalisation de montages à tubes électroniques, à transistors ou à tubes électroniques et à transistors.

- Les leçons CIRCUITS ELECTRONIQUES donnent, soit des compléments théoriques soit les différentes versions des montages fondamentaux.

Il s'agit en somme d'un MEMENTO TECHNIQUE où vous pourrez rapidement, sans avoir à consulter toutes les leçons du cours, retrouver une famille donnée de CIRCUITS ELECTRONIQUES.

- Les leçons "MATHEMATIQUES" ne constituent qu'un rappel de certaines notions de calcul qu'il convient de bien savoir pour l'étude du cours.

- Les leçons "PHYSIQUES" donnent à titre d'informations, quelques précisions sur des grandeurs physiques, reliées plus ou moins directement à l'électronique.

C'est le cas par exemple pour les grandeurs de TRAVAIL ou de FORCE qui existent aussi en électronique.

- Enfin les fascicules FORMULAIRES, donnent avec des exemples, les formules usuelles en électronique, permettant les calculs que tout technicien doit affronter un jour ou l'autre pour résoudre un problème pratique.

Cette introduction vous permet de comprendre que les matières essentielles du cours sont données dans :

- a) Les leçons "THEORIE"
- b) Les leçons "SEMI-CONDUCTEURS"
- c) Les leçons "PRATIQUES".

Aussi, pour bien assimiler le cours, il convient :

1) d'étudier les groupes selon la progression normale et non selon l'intérêt que peuvent présenter pour vous certaines leçons.

Ainsi, il ne faut pas étudier le groupe 2 avant le groupe 1 et le groupe 3 avant le groupe 2 etc...

2) DU GROUPE 1 A 12

- d'étudier d'abord la leçon THEORIE avant de passer à la leçon PRATIQUE.

Les leçons "PHYSIQUES" "MATHEMATIQUES" et les fascicules "FORMULAIRES", peuvent être consultés dans le cadre de chaque groupe à un moment quelconque, soit avant soit après les leçons THEORIE et PRATIQUE.

Il en est de même pour les leçons "CIRCUITS ELECTRONIQUES", mais bien entendu, avant d'étudier la leçon CIRCUITS ELECTRONIQUES 1 - 2 - 3 - 4 ou 5, il faut avoir étudié les leçons qui précèdent.

3) DU GROUPE 13 A 25

- d'étudier la leçon THEORIE, puis la leçon SEMI-CONDUCTEURS avant de passer à la leçon PRATIQUE.

Ces instructions simples, vous permettront d'étudier facilement LE COURS DE BASE EN ELECTRONIQUE et de l'assimiler sans difficulté.

Nous allons commencer cette première leçon par l'étude de quelques phénomènes électrostatiques et nous verrons pour terminer la constitution de la matière, où nous rencontrerons les ELECTRONS que nous retrouverons tout au long de ce cours.

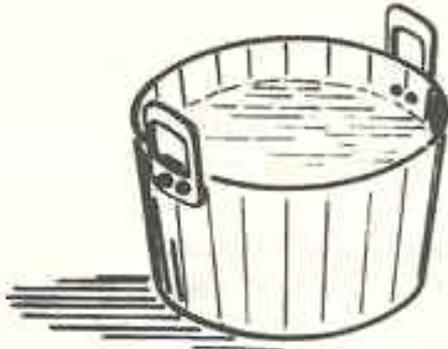
1 - ELECTROSTATIQUE

Le mot électrostatique, titre de ce chapitre, indique qu'on parle de l'électricité statique, c'est-à-dire immobile sur les corps ; on utilise ce mot pour distinguer l'électricité statique de l'électricité en mouvement, que l'on appelle plus communément, le *COURANT ELECTRIQUE*.

Une simple comparaison permet de mieux comprendre cette distinction : l'électricité statique peut être comparée à une certaine quantité d'eau recueillie dans un récipient, dans lequel elle reste immobile (*fig. 1-a*); l'idée d'électricité en mouvement, ou bien de courant électrique, peut au contraire être représentée par l'eau qui coule dans un canal (*fig. 1-b*).

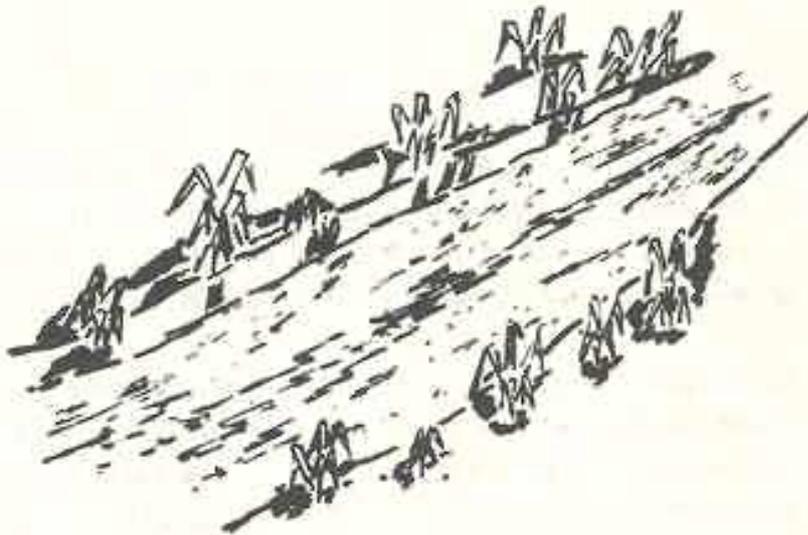
C'est pourquoi, de même que nous pouvons avoir une certaine quantité d'eau immobile ou bien en mouvement, de même nous pouvons

a)



Eau immobile = Electricité Statique

b)



Eau qui court = Electricité en mouvement

COMPARAISON ENTRE L'EAU ET L'ELECTRICITE

Figure 1

considérer une certaine quantité d'électricité immobile sur un corps ou bien en mouvement dans ce corps, pour constituer, dans ce dernier cas, le courant électrique.

Puisque nous avons tous une idée très claire d'une quantité d'eau, que nous pouvons voir et toucher, une question surgit tout de suite de la comparaison : en quoi consiste vraiment une quantité d'électricité, que contrairement à l'eau nous ne pouvons pas voir directement ?

A cette question, nous serons en mesure de répondre à la fin de la leçon, pour le moment qu'il nous suffise de savoir que, même si nous ne pouvons pas voir directement la quantité d'électricité que possède un corps, nous sommes tout de même en mesure d'en constater la présence, grâce aux effets qu'elle produit, soit quand elle est immobile sur un corps, soit quand elle se meut à l'intérieur de ce corps.

Dans ce chapitre consacré à l'électrostatique, nous nous occuperons seulement des effets produits par l'électricité statique, en renvoyant aux prochaines leçons la description des effets dûs à l'électricité en mouvement.

En agissant ainsi, nous reparcourerons les étapes du progrès dans le champ de l'électricité, parce que les phénomènes électrostatiques se sont présentés d'abord à l'observation de l'homme ; les nombreux chercheurs et expérimentateurs sont ensuite passés à la construction de tout l'édifice de nos connaissances actuelles.

Le nom, la date de naissance et la date de la mort de la majorité de ces savants seront cités au fur et à mesure, de façon à rappeler ceux à qui nous devons le développement de la science, et à avoir une idée de l'époque à laquelle ont été faites les découvertes décisives et les plus importantes pour le progrès.

1 - 1 - LA PREMIERE DECOUVERTE

On peut dire que depuis ses plus lointaines origines, l'homme s'est toujours trouvé en présence de phénomènes électriques : en effet, les éclairs qu'il pouvait observer pendant les orages, ne sont autres que des décharges électriques, dues à l'électricité accumulée sur les nuages.

Mais les éclairs sont des phénomènes naturels, tandis que pour les applications pratiques nous nous intéressons surtout aux phénomènes qui peuvent être produits et contrôlés selon notre volonté : c'est la seule façon pour nous de pouvoir utiliser les forces de la nature pour des buts déterminés.

Il semble que le premier homme qui produisit un phénomène électrique fut un philosophe appelé *Thalès*, qui vivait il y a à peu près 2500 ans en Grèce. Il remarqua qu'en frottant avec de la laine un morceau d'*AMBRE*, celui-ci prenait la curieuse propriété d'attirer des petits corps légers, tels la moëlle de sureau, les petits morceaux de sucre, les fétus de paille.

Cette expérience est facilement réalisable aujourd'hui, puisqu'on trouve à portée de la main de nombreux objets en matière plastique, et que ces objets ont, comme l'ambre, la propriété d'attirer les corps légers, après avoir été frottés avec un chiffon de laine.

On peut prendre, par exemple, le manche d'un porte-plume et le frotter rapidement toujours dans le même sens, sur la manche d'un vêtement de laine (*fig. 2 - a*) : en l'approchant ensuite très près de petits morceaux de papier, on constate que ceux-ci sont attirés (*fig. 2 - b*).

Pour en revenir à *Thalès*, il faut bien dire qu'il ne tira pas de conclusions pratiques de sa découverte, et ne continua pas plus loin que cette expérience.

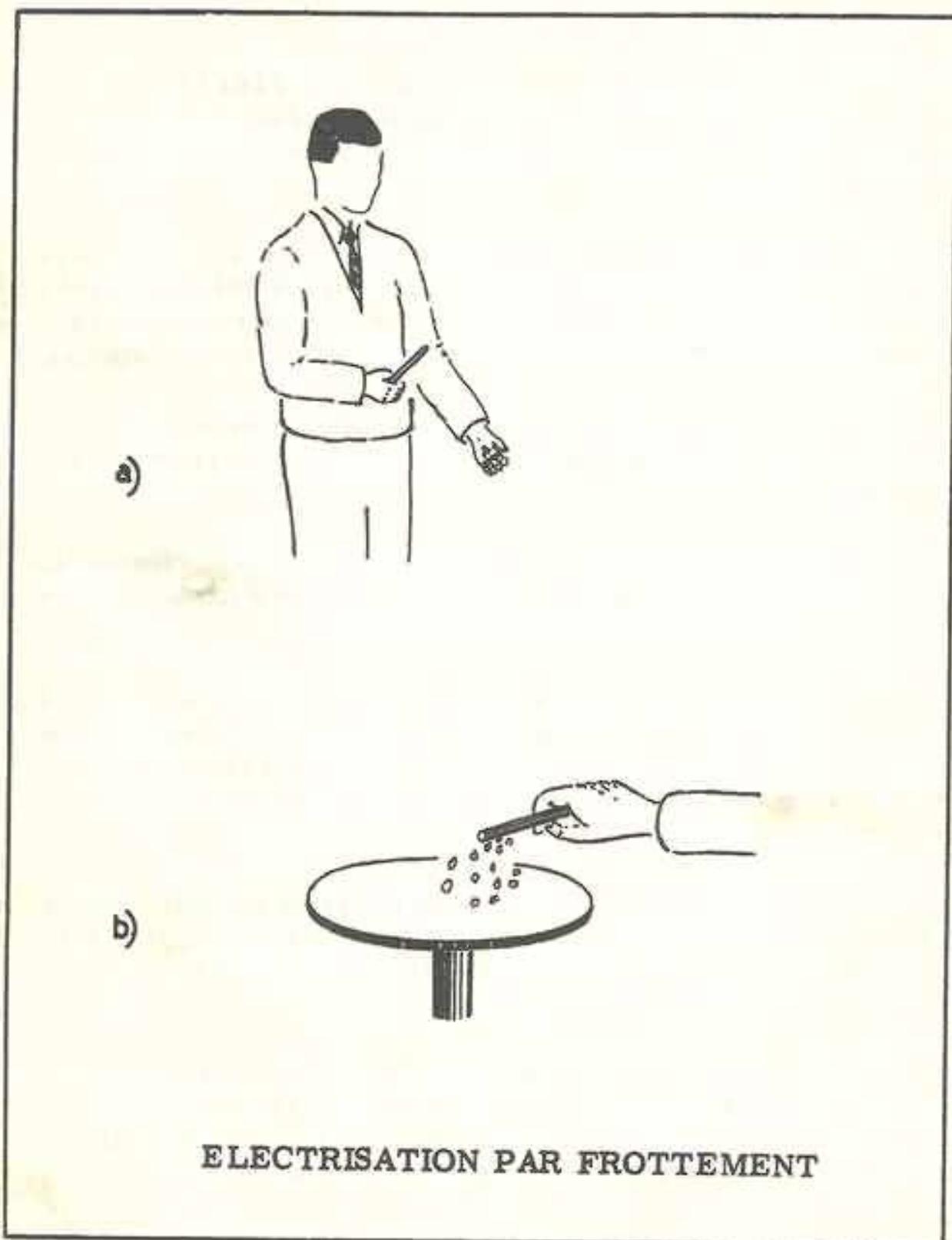


Figure 2

L'unique conséquence qui en reste est le mot *ELECTRICITE* : en effet, comme en Grec antique l'ambre était appelée *électron*, on donna le nom d'électricité à la cause qui produisait l'attraction de corps légers par un morceau d'ambre.

Nous pouvons dire que l'ambre frottée avec la laine attire les corps légers, parce que par le frottement elle a acquis une quantité d'électricité : ou bien s'est électrisée : on peut aussi dire que, dans ces conditions, l'ambre est chargée d'électricité ou bien qu'elle possède une charge électrique.

L'effet qui permet de constater la présence d'électricité sur un corps est donc l'attraction que celui-ci est en mesure d'exercer sur les corps légers.

Même en ne sachant pas encore ce qu'est vraiment l'électricité, nous connaissons déjà un premier moyen pour charger électriquement un corps : c'est l'*ELECTRISATION PAR FROTTEMENT*.

Une seconde façon de charger électriquement un corps consiste à le toucher pendant un instant avec un morceau d'ambre, déjà électrisé préalablement par frottement ; on constate en effet que le corps, après avoir été touché par l'ambre, a lui aussi la propriété d'attirer les corps légers, ce qui prouve qu'il est électrisé.

Cette électrisation est due au fait qu'une partie de l'électricité possédée par l'ambre est passée sur le corps quand il a été en contact avec l'ambre : c'est pour cela qu'on appelle cette façon d'électriser un corps une *ELECTRISATION PAR CONTACT*.

La possibilité d'électriser un corps par un contact avec un autre corps déjà électrisé démontre un fait très important ; *l'électricité peut passer d'un corps à un autre par simple contact entre les deux corps* ; dans ce cas, on dit qu'un contact électrique s'est établi entre les corps.

1 - 2 - CONDUCTEURS ET ISOLANTS

Après *Thalés*, de nombreux siècles s'écoulèrent avant que l'histoire puisse nous transmettre le nom d'un autre homme qui se soit consacré à l'étude des phénomènes électriques : cet homme c'est l'anglais *Guillaume Gilbert*, qui naquit en 1540 et mourut en 1603.

Gilbert ne se contenta pas de répéter l'expérience avec l'ambre, mais il essaya de faire la même chose en utilisant d'autres corps, et il constata que quelques uns d'entre eux, comme par exemple le verre, la résine, le soufre, etc... pouvaient s'électriser comme l'ambre.

On constatait de cette façon que l'électrisation n'était pas un phénomène particulier propre à l'ambre, mais qu'on pouvait aussi l'obtenir avec d'autres corps ; on décida donc de partager les corps en deux catégories : ceux qu'on pouvait électriser et ceux pour lesquels ce n'était pas possible.

Ensuite on découvrit que cette distinction était fautive, car l'anglais *Stéphane Gray* (1665 - 1736) constata que tous les corps pouvaient être électrisés par frottement.

Après avoir fait de nombreux essais d'électrisation sur divers corps, *Gray* put établir une autre distinction, qui fut d'une utilité bien plus grande.

Il avait observé, en effet, que dans quelques corps (tels l'ambre, le verre, le soufre, etc...) l'électricité se manifestait seulement dans la partie frottée avec la laine, car seule cette partie avait la propriété d'attirer les corps légers.

Par exemple, si on prend une baguette de verre et si on frotte l'une de ses extrémités, on constate que seule cette extrémité attire les petits morceaux de papier (*fig. 3 - a*).

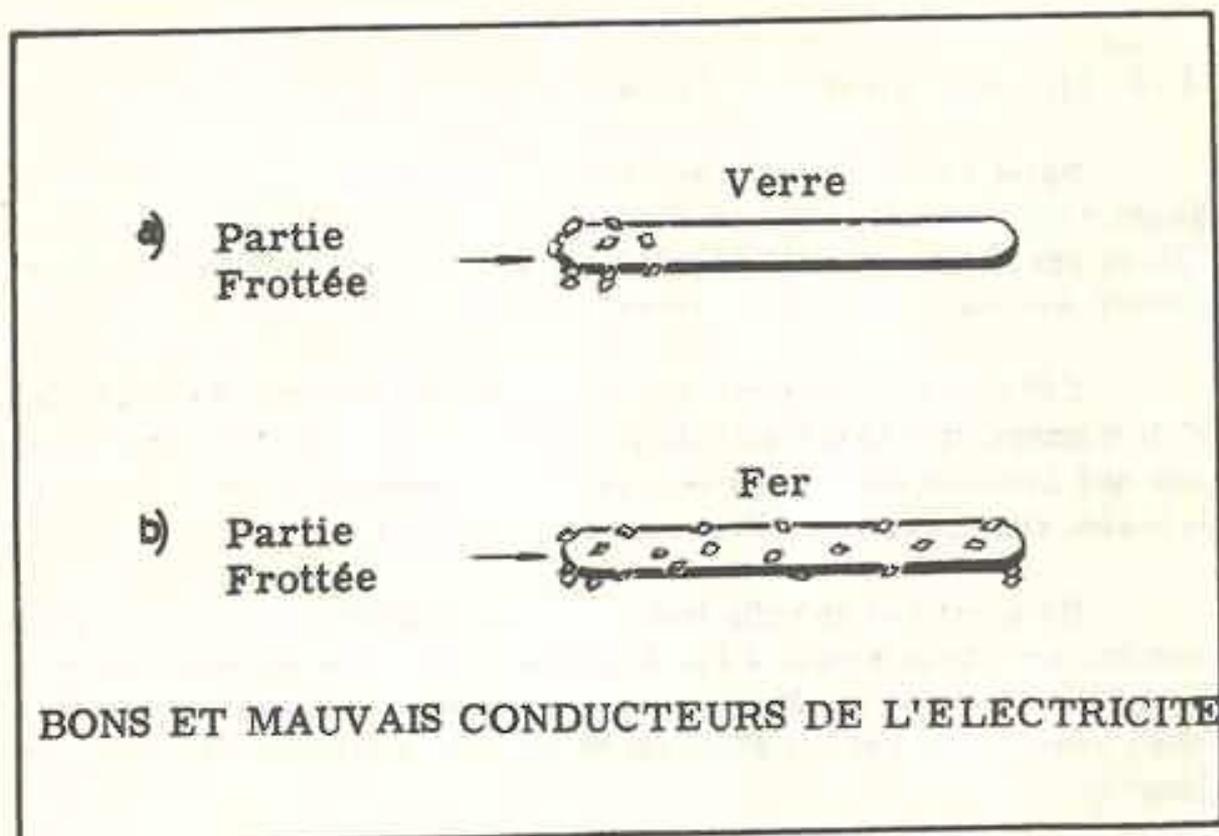


Figure 3

Il y avait au contraire d'autres corps (tels que les corps métalliques) qui se comportaient d'une façon différente : *Gray* constate que même en les frottant à un endroit bien déterminé, l'électricité se manifestait sur tout le corps : toutes les parties de ce corps pouvaient attirer les corps légers.

Par exemple même en ne frottant que l'extrémité d'une petite barre, celle-ci attire les petits morceaux de papier partout (*fig. 3-b*) ; on observe que dans ce cas, on ne peut pas tenir la petite barre directement avec la main, pour des raisons que l'on verra plus tard.

Gray pensa donc, à juste titre, que dans les corps métalliques, l'électricité produite dans la région frottée pouvait se propager et atteindre

les autres régions ; il appela donc ces corps de *BONS CONDUCTEURS* d'électricité ; il appela au contraire de *MAUVAIS CONDUCTEURS* d'électricité les corps dans lesquels l'électricité restait accumulée dans la seule région frottée, sans pouvoir se mouvoir pour atteindre les autres régions.

Les corps qui ont la propriété d'être de bons conducteurs d'électricité permettent à l'électricité de passer d'un corps à un autre sans être obligé de déplacer les corps, pour les mettre directement en contact entre eux, comme on le fait pour l'électrisation par contact.

Supposons, en effet, que l'on ait deux sphères métalliques, que nous désignerons respectivement par A et B, comme sur la figure 4 - a, et que seule la sphère A soit chargée d'électricité.

Si nous prenons un fil de cuivre, et si nous touchons pendant un bref instant les deux sphères avec les extrémités de ce fil, (*fig. 4 - b*), nous pourrions constater que, après avoir enlevé le fil, la sphère B est elle aussi chargée d'électricité (*fig. 4 - c*).

Puisque le cuivre est un bon conducteur, une partie de l'électricité qui se trouvait sur la sphère A, a pu se propager à travers le fil et arriver sur la sphère B, qui de cette façon a acquis une quantité d'électricité, égale à celle perdue par la sphère A.

Avec le fil de cuivre, nous avons établi un contact électrique entre les deux sphères.

Un phénomène analogue se produit quand on met en communication un récipient A rempli d'eau et un récipient B vide au moyen d'un tuyau qui est fermé par un robinet (*fig. 5 - a*).

Si le robinet est ouvert, une certaine quantité d'eau contenue dans A passe dans B, jusqu'à ce que dans les deux récipients l'eau atteigne le même niveau.

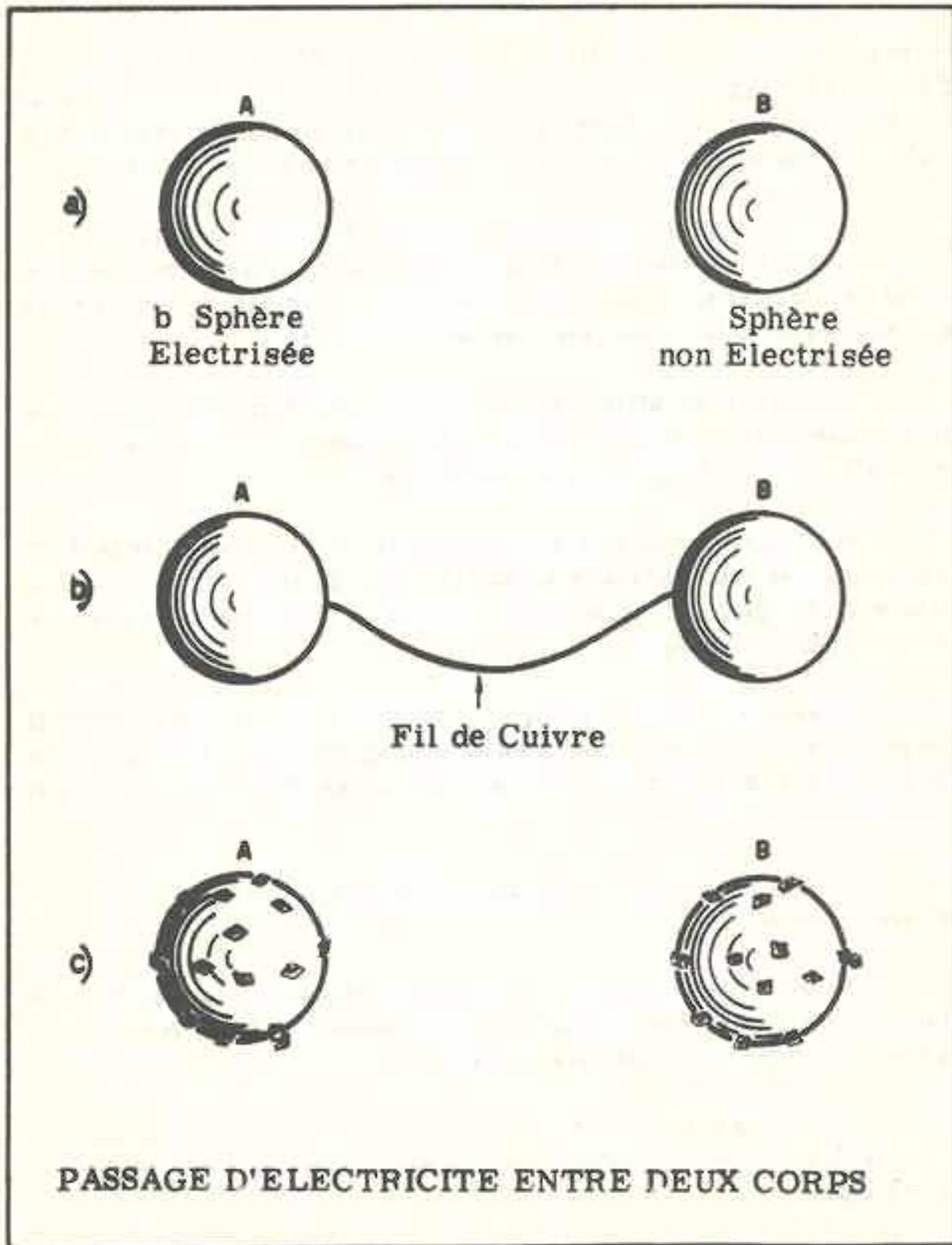


Figure 4

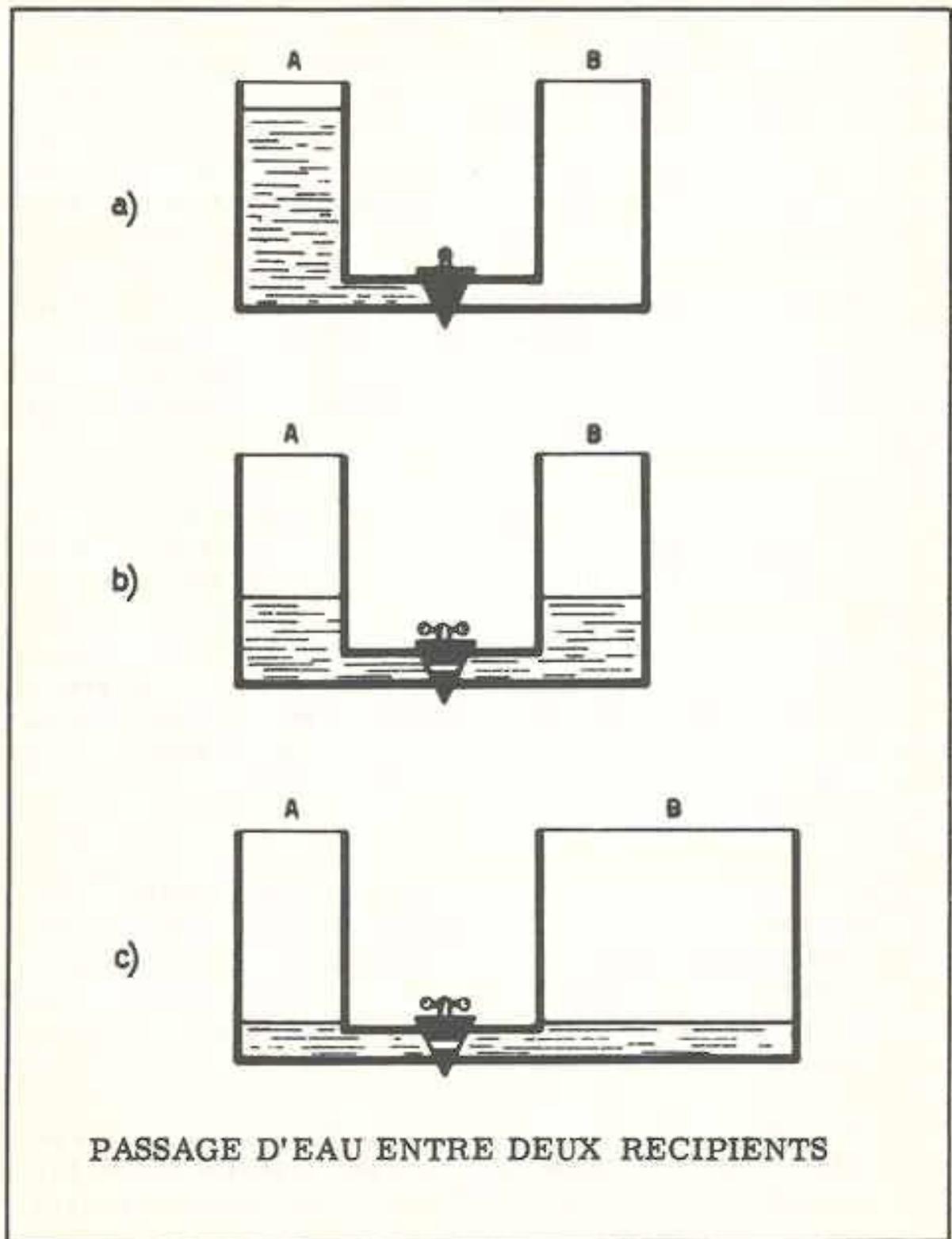


Figure 5

Si les deux récipients A et B sont identiques, on aura dans les deux la même quantité d'eau (*fig. 5 - b*) ; si au contraire le récipient B est plus grand que le récipient A, la quantité d'eau qui arrivera en B sera plus grande que celle qui est restée en A (*fig. 5 - c*). On comprend que si le récipient B était très grand, presque toute l'eau passerait de A en B, et en A il n'en resterait qu'une quantité négligeable.

Il se produit la même chose pour l'électricité : si la sphère B est beaucoup plus grosse que la sphère A électrisée, B reçoit une quantité d'électricité plus grande que celle qui reste sur A ; si la sphère B était très grosse, presque toute l'électricité passerait sur elle, et sur la sphère A il ne resterait qu'une quantité tout à fait négligeable.

Ce fait peut se produire dans la pratique. En effet, il existe réellement une sphère très grosse : c'est la Terre sur laquelle nous vivons, et elle peut être considérée comme un corps bon conducteur de l'électricité.

Pour établir un contact avec la Terre, on peut toucher avec l'extrémité d'un fil de cuivre une conduite d'eau, qui est un bon contact avec le sol, puisqu'elle est en grande partie enterrée. Si avec l'autre extrémité de ce fil, on touche une sphère électrisée, l'électricité passe entièrement sur la grosse sphère, c'est-à-dire sur la Terre ; la sphère électrisée perd ainsi son électricité, qui s'est *déchargée à la Terre*.

Nous avons donc vu comment on peut accomplir l'opération inverse de l'électrisation : en effet, tandis qu'en frottant un corps avec de la laine, nous le chargeons d'électricité, en le reliant à la terre, nous le déchargeons de l'électricité qu'il avait acquise par le frottement, et nous le remettons dans les mêmes conditions que celles dans lesquelles il se trouvait avant d'être électrisé.

Pour décharger à la terre l'électricité que possède un corps, il n'est pas nécessaire d'établir un contact électrique avec la terre au moyen d'un fil de cuivre, car le corps humain est lui aussi un assez bon conducteur de

l'électricité, et généralement les pieds touchent le sol dans des conditions favorables pour établir un contact suffisamment bon avec la terre.

Pour décharger à la terre un corps électrique, il suffit donc de le toucher avec un doigt, car notre corps se comporte comme le fil de cuivre : il établit une liaison électrique avec la terre.

Si le corps électrisé est un bon conducteur, il suffit de le toucher en un point quelconque, car l'électricité est distribuée dans toutes ses parties; si au contraire, il s'agit d'un corps mauvais conducteur de l'électricité il faut le toucher exactement là où il a été frotté, car l'électricité reste accumulée en ce point.

Nous comprenons alors pourquoi nous ne pouvons pas charger électriquement un bon conducteur en le tenant directement à la main pour le frotter : en effet l'électricité se décharge aussitôt à la terre à travers notre corps, au fur et à mesure qu'elle est produite par le frottement.

Afin que l'électricité reste sur le corps frotté, il faut le munir d'un manche qui soit un mauvais conducteur de l'électricité (*fig. 6*) pour pouvoir le tenir sans que l'électricité puisse passer dans notre main et se décharger à la terre à travers notre corps.

Dans ces conditions, le corps chargé est isolé électriquement, car l'électricité qu'il possède ne peut pas atteindre les autres corps ; le manche qui sert à isoler électriquement le corps, s'appelle donc un *ISOLATEUR*.

A cause de cette application particulière, les corps mauvais conducteurs de l'électricité sont appelés communément des *ISOLANTS*, tandis que les corps bons conducteurs de l'électricité sont appelés plus simplement des *CONDUCTEURS*.

Dans tous les appareils radio, nous trouverons des conducteurs et des isolants : les conducteurs doivent établir les contacts électriques, tan-

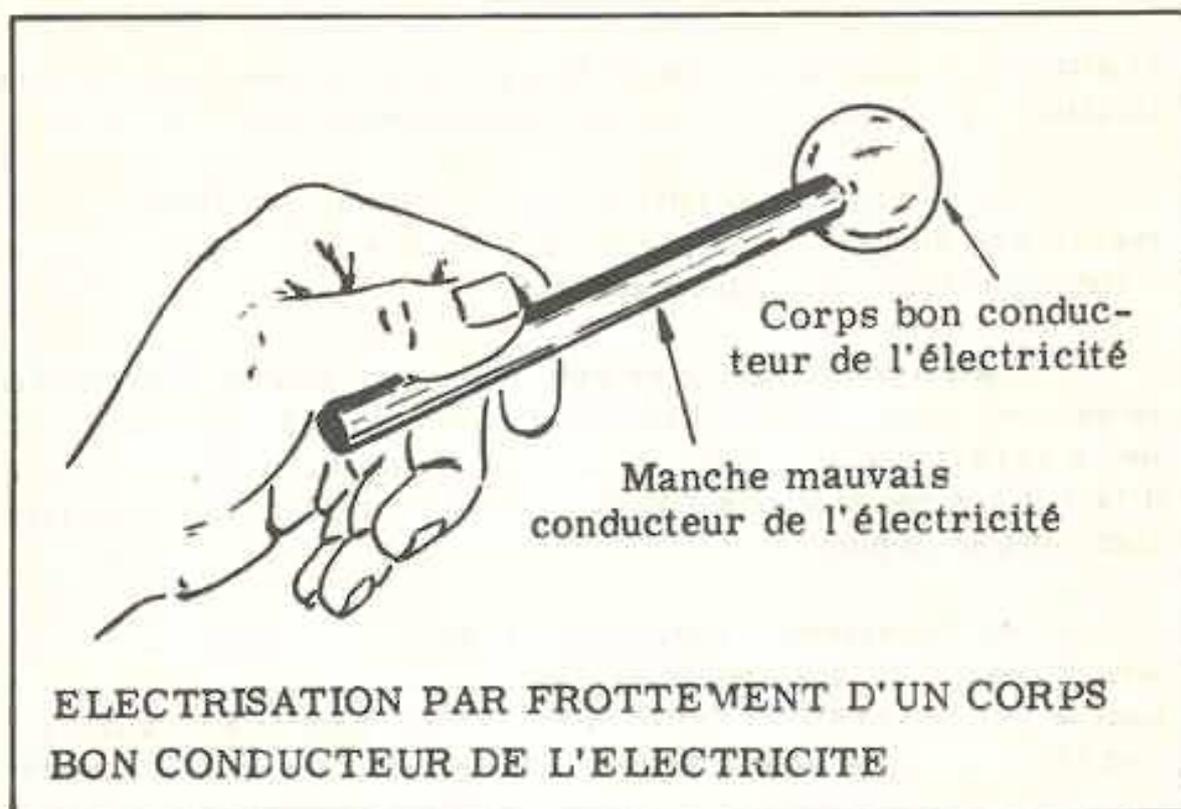


Figure 6

dis que les isolants servent à isoler électriquement les conducteurs entre eux.

1 - 3 - ELECTRICITE POSITIVE ET NEGATIVE

A *Gray*, nous devons aussi la découverte d'une nouvelle méthode pour électriser un corps : il constata en effet que, en approchant un corps chargé d'électricité d'un autre corps, ce dernier s'électrise, et devient lui aussi capable d'attirer les petits morceaux de papier ; si on éloigne le premier corps électrisé, l'électrisation du deuxième corps disparaît.

Cette façon d'électriser un corps isolant ou conducteur s'appelle **ELECTRISATION PAR INFLUENCE** ou par **INDUCTION** ; car quand les deux corps ne se touchent plus, l'électricité qui apparaît est due à l'in-

fluence du corps chargé sur l'autre placé à proximité.

Si on électrifie de cette façon une petite barre (*fig. 7*), on constate que l'électricité apparaît presque entièrement aux extrémités : seules ces extrémités attirent de petits bouts de papier, tandis que la partie centrale ne les attire pas. On constata aussi que l'électricité d'une extrémité de la petite barre est différente de l'électricité de l'autre extrémité.

Cette affirmation vous semblera sans doute surprenante, car jusqu'à maintenant, nous avons toujours parlé simplement d'électricité, et rien ne pouvait faire penser qu'il y avait plusieurs sortes d'électricité ; nous allons voir comment il se manifeste une différence dans les phénomènes électrostatiques, et comment on peut la détecter.

Cette différence est facilement mise en évidence au moyen d'un *PENDULE ELECTRIQUE*, qui est constitué par une petite balle de

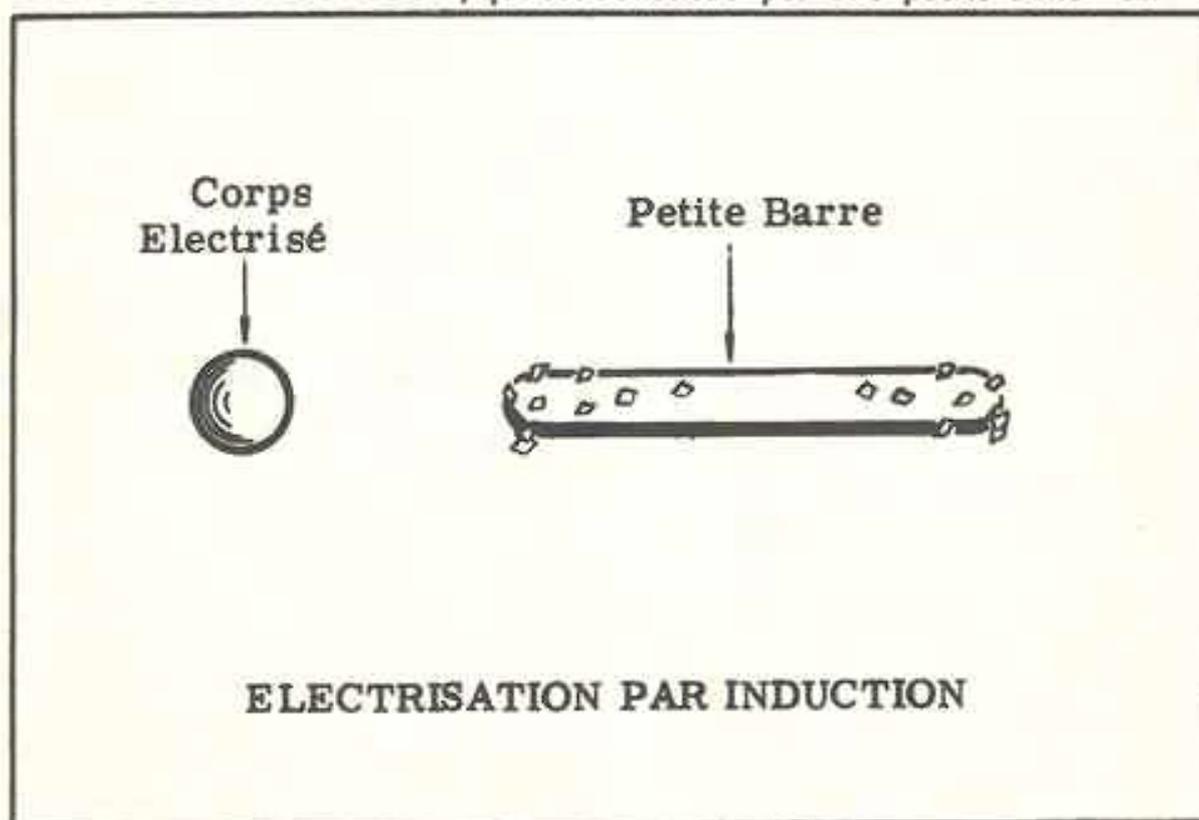


Figure 7

moëlle de sureau suspendue au moyen d'un fil de soie à un support en verre fixé sur un socle en bois (fig. 8).

Le pendule peut révéler la présence, sur les corps, de quantités d'électricités même petites, car la petite balle très légère est facilement attirée; de plus, elle permet d'observer les phénomènes qui se produisent entre un corps électrisé posé près de la petite balle et la petite balle elle-même, qu'on peut charger d'électricité, car son support isolant l'empêche de se décharger à la terre.

Supposons que l'on charge par contact la petite balle d'un pendule en la touchant, par exemple, avec un morceau de verre électrisé par frottement : comme nous le savons, une partie de l'électricité passera du verre à la petite balle, qui de cette façon acquièrera une charge électrique.

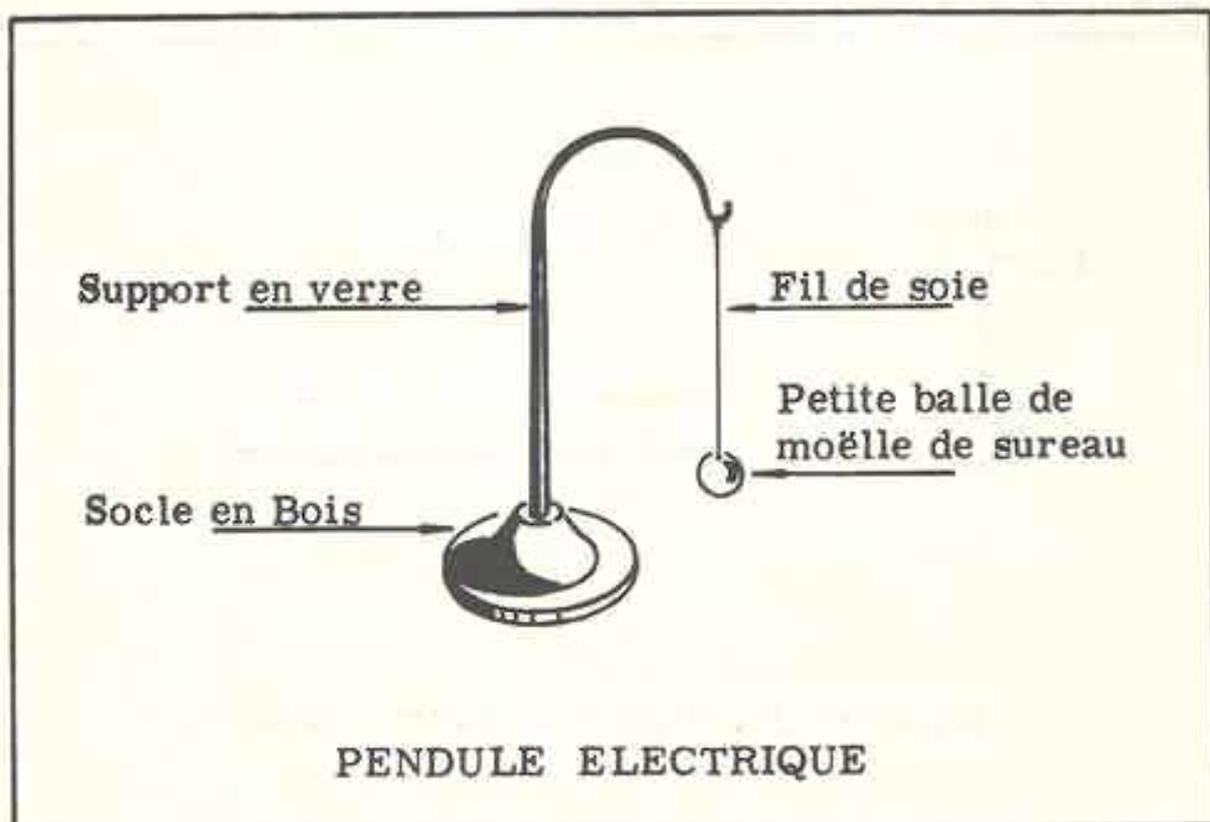


Figure 8

Si maintenant nous approchons successivement de la petite balle différents corps, électrisés eux aussi par frottement, nous verrons que tandis que quelques uns attirent la petite balle, les autres la repoussent loin d'eux : en particulier, le verre la repousse, tandis que la résine l'attire.

Puisque les corps électrisés n'agissent pas tous de la même façon à l'égard de l'électricité possédée par la petite balle, nous pouvons dire que l'électricité dont sont chargés ces corps n'est pas la même pour tous, car s'il en était ainsi, tous devraient attirer ou repousser la balle.

Comme les corps agissent de deux façons différentes sur la petite balle, l'attirant ou la repoussant, nous devons en conclure qu'il y a deux électricités différentes : le français *Charles Du Fay* (1698 - 1739) qui le premier constata ce fait, appela "électricité vitreuse" l'électricité possédée par les corps qui, comme le verre, repoussent la petite balle, et il appela au contraire "électricité résineuse" l'électricité possédée par les corps qui, comme la résine, attirent la petite balle.

Actuellement, on n'utilise plus ces appellations, mais au lieu d'électricité vitreuse ou résineuse, on dit : *ELECTRICITÉ POSITIVE* ou *ELECTRICITÉ NEGATIVE* ; dorénavant nous dirons donc qu'un corps possède une charge électrique positive ou une charge négative, s'il repousse ou au contraire attire la petite balle du pendule électrisée par contact avec le verre.

Pour distinguer les charges électriques, on indique par le signe $+$ la charge positive et par le signe $-$ la charge négative.

Au lieu de charger la petite balle du pendule avec de l'électricité vitreuse ou positive, en la touchant avec un morceau de verre électrisé par frottement, nous pouvons la charger avec de l'électricité résineuse ou négative, en la touchant avec un morceau de résine électrisé par frottement.

Si on approche de nouveau de la petite balle les mêmes corps char-

gés d'électricité que précédemment, on constate qu'ils se comportent d'une manière opposée à celle du cas précédent (quand la petite balle était chargée d'électricité positive).

Les corps qui précédemment attiraient la petite balle, maintenant la repoussent, et vice versa, ceux qui la repoussaient avant l'attirent maintenant : le verre attire la petite balle, tandis que la résine la repousse.

Résumons et examinons les quatre cas que l'on peut avoir en approchant un morceau de verre ou de résine de la petite balle chargée d'électricité positive ou négative.

1er cas - petite balle chargée positivement près du morceau de verre chargé positivement : la petite balle est repoussée.

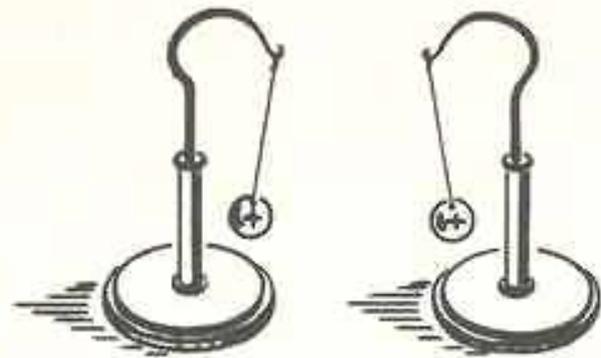
2ème cas - petite balle chargée positivement près du morceau de résine chargé négativement : la petite balle est attirée.

3ème cas - petite balle chargée négativement près du morceau de verre chargé positivement : la petite balle est attirée.

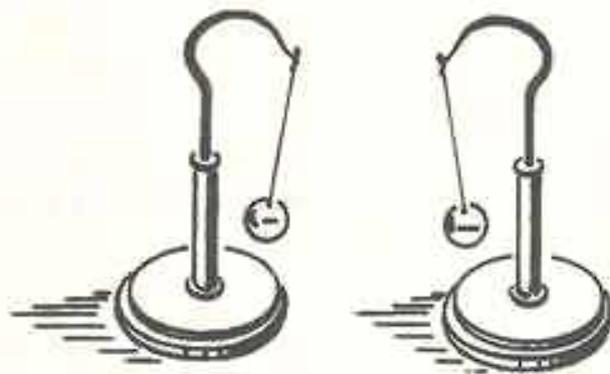
4ème cas - petite balle chargée négativement près du morceau de résine chargé négativement : la petite balle est repoussée.

On peut donc en déduire qu'il y a *toujours répulsion entre deux corps quand leurs charges électriques sont de même signe*, c'est-à-dire sont toutes les deux positives (signe +) comme dans le premier cas, ou bien sont toutes les deux négatives (signe -) comme dans le quatrième cas ; tandis qu'il y a *toujours attraction entre deux corps quand leurs charges électriques sont de signes contraires*, c'est-à-dire sont l'une positive (signe +) et l'autre négative (signe -) comme dans le deuxième et dans le troisième cas.

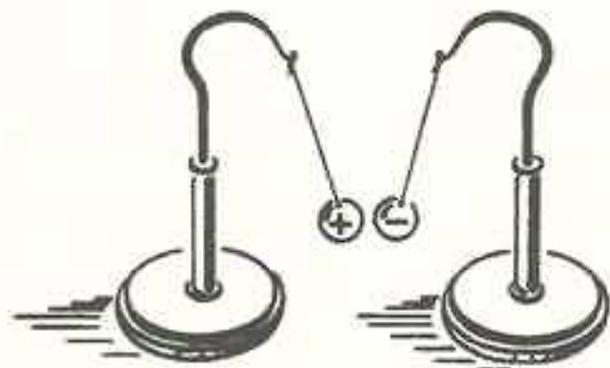
La conclusion à laquelle nous sommes arrivés dans le cas particulier du verre ou de la résine a une valeur générale, c'est-à-dire pour tous les



Les Charges se repoussent



Les Charges se repoussent



Les charges s'attirent

ATTRACTION ET REPULSION ENTRE DEUX CHARGES ELECTRIQUES

Figure 9

corps, car nous avons vu que tous les corps se comportent soit comme le verre soit comme la résine.

Nous connaissons ainsi une loi fondamentale, non seulement pour l'électrostatique, mais pour toutes les applications de l'électricité : par exemple, pour comprendre le fonctionnement des lampes employées dans les appareils radio, il faut connaître cette loi qu'il faut donc bien apprendre. Cette loi est synthétisée sur la *figure 9*, sur laquelle les charges positives ont été indiquées par le signe +, et les charges négatives par le signe -.

D'après tout ce qui a été dit jusqu'à maintenant, on pourrait penser que le verre a la propriété de se charger positivement et la résine de se charger négativement : mais ceci n'est pas tout à fait exact. Ces corps se chargent ainsi quand on les frotte avec de la laine; mais ils peuvent aussi se charger à l'opposé, c'est-à-dire, le morceau de verre négativement et le morceau de résine positivement, si on les frotte avec une autre substance.

Il faut donc bien se souvenir que tous les corps peuvent se charger indifféremment d'électricité positive ou d'électricité négative, suivant la substance avec laquelle ils ont été frottés.

D'ailleurs, sur un même corps, on peut trouver simultanément des charges électriques positives et négatives : par exemple dans l'électrisation par induction, comme nous l'avons vu précédemment, les charges électriques présentes aux deux extrémités de la petite barre sont différentes, et maintenant nous savons qu'elles sont l'une positive et l'autre négative.

Au moyen d'un pendule électrique, on peut aussi savoir qu'elle est l'extrémité qui est chargée positivement et celle qui est chargée négativement.

Il y a deux cas, selon que le corps électrisé que l'on approche de la petite barre (par exemple de fer) est chargé d'électricité positive ou négative, comme on le voit sur la *figure 10*.

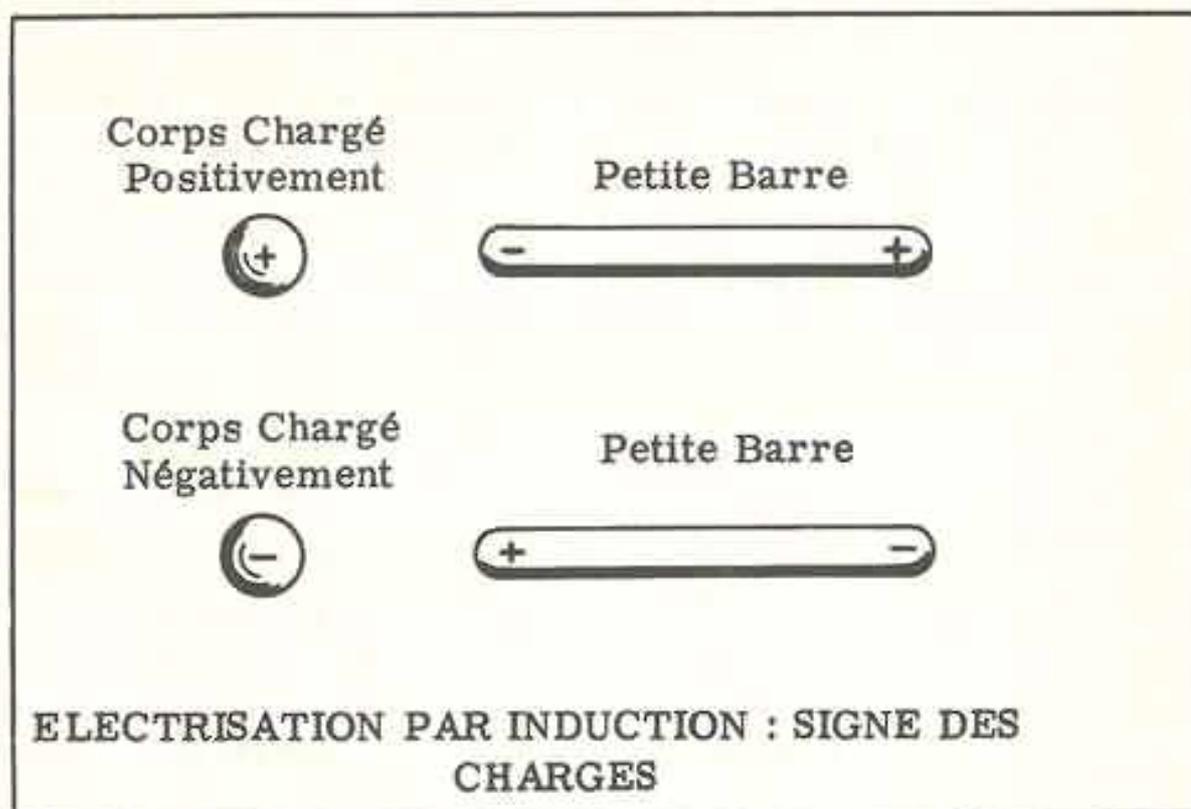


Figure 10

En regardant cette figure on voit que, dans les deux cas, sur l'extrémité de la petite barre la plus proche du corps électrisé, on a des charges électriques de signe contraire à celles qui sont sur le corps lui-même, tandis que sur l'extrémité de la petite barre la plus éloignée du corps électrisé, on a des charges du même signe.

Comme ces charges n'ont été fournies à la petite barre ni par frottement ni par contact, c'est donc qu'elles se trouvaient dans la petite barre déjà avant qu'on approche le corps électrisé qui va produire leur séparation en attirant au point le plus proche de lui la charge du signe opposé à la sienne, et en repoussant au point le plus éloigné de lui la charge du même signe, et ceci en accord avec la loi fondamentale que nous venons de voir.

Notons que si la petite barre était très légère, et donc facilement déplaçable, le corps électrisé, qui attire une charge de signe contraire à l'extrémité la plus voisine de la petite barre, attirerait également la barre. Ceci explique pourquoi les corps électrisés attirent les corps légers : ils commencent par les électriser par induction, puis ils attirent la charge de signe contraire qui apparaît le plus près d'eux, et donc aussi le corps qui porte cette charge.

Quand on éloigne le corps électrisé, l'électrisation de la petite barre disparaît, comme si les deux charges se réunissaient en s'annulant réciproquement.

Nous devons donc admettre que *sur chaque corps non électrisé, il y a des quantités égales d'électricité positive et négative*, qui, justement parce qu'elles sont égales, ne peuvent prévaloir l'une sur l'autre et se manifester comme charge électrique positive ou négative possédée par le corps.

Pour que ceci se produise et que le corps s'électrise, il faut séparer ces deux quantités d'électricité, de façon à ce que chacune puisse se manifester indépendamment de l'autre, comme nous l'avons vu, par exemple, dans le cas de l'électrisation par induction.

Dans le cas de l'électrisation par frottement, au contraire, le corps possède une quantité d'électricité entièrement positive, ou entièrement négative car dans ce cas le frottement a enlevé au corps une certaine quantité d'électricité de signe contraire à celle qui reste sur le corps : avec un pendule électrique on peut effectivement constater que, sur l'étoffe utilisée pour frotter le corps, il y a une charge électrique du signe opposé à celle qui est apparue sur ce corps.

Avec ces remarques nous avons déjà fait un pas en avant pour comprendre ce qu'est l'électricité, mais pour en découvrir la véritable nature nous devons connaître la structure de la matière qui constitue les corps, car c'est vraiment là que nous trouverons la réponse définitive.

2 - CONSTITUTION DE LA MATIERE

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a toujours cherché à comprendre ce qu'était la matière qui constituait tous les corps qu'il voyait autour de lui.

Ces corps étaient nombreux et avaient des propriétés très diverses, mais très vite on pensa qu'ils pouvaient être constitués par quelques substances qui, en se mélangeant entre elles dans des proportions variables, formaient tous les corps présents dans la nature.

Le problème, qui consistait donc à trouver les substances communes à tous les corps, fut posé pour la première fois par les philosophes Grecs, parmi lesquels nous connaissons déjà *Thalés*.

Parmi ces philosophes, celui qui s'approcha le plus des théories modernes fut *Démocrite*, à qui nous devons le mot *atome*.

Démocrite pensait que les corps étaient formés de particules très petites qui avaient la propriété de ne pouvoir être divisées en d'autres particules plus petites : pour cette raison, il appela ces particules des **ATOMES** ; en effet en Grec, le mot *atome* signifie "non divisible".

Selon *Démocrite*, les atomes étaient en continuel mouvement, et de leur réunion fortuite naissaient les différents corps, qui étaient détruits quand les atomes se séparaient de nouveau.

La théorie de *Démocrite* était le fruit de pures intuitions et ne pouvait pas être vérifiée au moyen d'expériences directes ; pour arriver à une théorie scientifiquement valable, confirmée expérimentalement, il fallut de nombreux siècles plus tard, l'oeuvre d'abord des chimistes, puis des physiciens.

2 - 1 - ATOMES ET MOLECULES

Nous savons que la chimie étudie, soit les combinaisons qui se produisent entre deux ou plusieurs substances simples, appelées *ELEMENTS*, pour donner naissance à une nouvelle substance, appelée un *COMPOSE*, soit les décompositions d'après lesquelles un composé se scinde en divers éléments qui le composaient.

Il y a 103 éléments simples dans la nature, et en se combinant entre eux de façons très variées, ces éléments donnent naissance aux très nombreux composés qui existent.

Les combinaisons et les décompositions se produisent selon des processus appelés des *REACTIONS CHIMIQUES*, et sont réglées par des lois que les savants sont arrivés à déterminer au moyen d'expérimentations directes.

Nous n'énoncerons pas toutes ces lois, qui n'intéressent pas directement notre cours, mais nous nous limiterons à rappeler qu'elles permettent de conclure que les différents éléments prennent part aux réactions chimiques, en proportions toujours bien déterminées, soit en poids soit en volume ; un tel fait a induit les chimistes à penser que chaque élément était formé de particules caractéristiques de cet élément et que celles-ci participaient aux réactions chimiques en nombre bien précis et constant pour chaque poids et volume d'un élément déterminé, selon les lois découvertes.

Le chimiste anglais *Jean Dalton* (1766 - 1844) put ainsi énoncer sa théorie atomique qui, à la différence de celle de *Démocrite*, était fondée sur des bases expérimentales solides.

Selon cette théorie, toutes les substances sont formées de particules très petites que *Dalton* appela des "atomes simples" quand elles constituent les éléments, et "atomes composés" quand elles constituent les composés que l'on obtient par la composition chimique des éléments .

La théorie de *Dalton* expliquait de façon satisfaisante les combinaisons entre les éléments en considérant leur poids ; mais quand le français *Gay Lussac* (1778 - 1850) énonça une loi qui au lieu des poids, étudiait les volumes des éléments qui réagissent chimiquement à l'état gazeux, cette théorie se montra insuffisante pour expliquer toutes les combinaisons qui se produisaient dans ces conditions.

La difficulté fut surmontée par l'italien *Amédée Avogadro* (1776-1856) qui découvrit que dans les réactions chimiques entre les éléments gazeux on devait considérer non pas les atomes particuliers, comme le voulait la théorie atomique, mais des particules plus complexes, formées par deux ou plusieurs atomes.

Ces nouvelles particules furent appelées *MOLECULES* et, grâce à elles, il fut possible de formuler de façon définitive, la *THEORIE ATOMIQUE DE LA MATIERE*, encore valable aujourd'hui.

Selon cette théorie, *toutes les substances, qu'il s'agisse d'éléments ou de composés, sont formées de molécules, qui à leur tour sont formées d'un ou plusieurs atomes*, qui sont différents d'un élément à un autre ; comme dans la nature il existe 103 éléments, il y a autant d'atomes différents, chacun caractéristique d'un élément déterminé.

La molécule d'un élément est formée d'atomes tous semblables entre eux ; il y a des éléments, comme le cuivre et les autres métaux, dont la molécule est formée d'un seul atome ; dans ce cas la molécule et l'atome coïncident.

La molécule d'un composé est formée d'atomes différents, et précisément d'atomes des éléments qui se sont combinés pour constituer ce composé.

Par exemple l'eau, qui est un composé d'hydrogène et d'oxygène a une molécule formée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène.

Nous pouvons donc dire que *la molécule est la plus petite partie dans laquelle il est possible de diviser une substance, sans que celle-ci perde ses propriétés caractéristiques.*

Par exemple, imaginons que l'on divise une goutte d'eau en deux parties et chacune de ces parties en deux autres parties et ainsi de suite, en obtenant des gouttelettes d'eau toujours plus petites.

En continuant cette division on arrivera à séparer les molécules qui constituent la goutte ; ces molécules représentent des gouttes d'eau extrêmement petites, car chacune d'elles conserve encore toutes les propriétés caractéristiques de l'eau.

Si l'on procédait à une division supplémentaire, on n'obtiendrait plus de l'eau, car on séparerait les atomes qui constituent la molécule et qui, pris séparément ont alors les propriétés de l'hydrogène ou de l'oxygène.

Arrivés à ce stade des atomes d'hydrogène et d'oxygène, pourrait-on imaginer de procéder encore à une autre division ?

Selon la théorie atomique, la réponse à cette question est négative, car "atome" signifie justement "indivisible" ; mais les physiciens ont démontré qu'il est possible de continuer bien au delà à diviser l'atome, et nous suivrons les physiciens dans l'étude de la structure de la matière.

2 - 2 - ELECTRON - PROTON - NEUTRON

La physique étudie les phénomènes qui se produisent dans la nature, et établit les lois qui en règlent le développement.

Pour interpréter des phénomènes déterminés, les physiciens se servent de la théorie atomique proposée par les chimistes, mais à un certain point ils se trouvèrent en face de faits qui ne pouvaient être expliqués d'aucune façon en appliquant cette théorie.

Il fut alors évident que pour trouver une explication acceptable, on ne pouvait pas retenir l'indivisibilité de l'atome, mais qu'il fallait l'imaginer constitué par des particules encore plus petites et séparables.

Mais ceci n'est pas tout : il ne suffit pas en effet, de supposer l'atome constitué par plusieurs particules, mais il fallut admettre que ces particules étaient chargées d'électricité positive et négative, autrement on n'aurait pas su comment en expliquer le comportement.

Comme les particules qui constituent les atomes (comme d'ailleurs les atomes mêmes et les molécules), sont tellement petites qu'elles sont invisibles non seulement à l'oeil nu mais aussi à l'observation des plus puissants microscopes, les physiciens ont dû, tout d'abord, présupposer l'existence de telles particules d'après les phénomènes observés, c'est-à-dire "inventer" dans un certain sens, les particules dont ils avaient besoin pour expliquer ces phénomènes ; puis ensuite, ils ont vérifié l'existence des particules par voie indirecte, en ayant recours à des artifices capables de les mettre en évidence et d'établir si leur charge est positive ou négative.

De cette façon, en partant d'hypothèses basées sur des faits observés, et en confirmant dans un second temps ces hypothèses par l'expérience, il fut possible de pénétrer encore plus loin dans la connaissance de la structure de la matière.

La première hypothèse fut faite en 1911 par l'anglais *Ernest Rutherford* (1871 - 1937) : pour lui l'atome est formé de deux espèces de particules appelées *PROTONS* et *ELECTRONS*.

Les protons ont une charge électrique positive, et sont réunis pour former la partie centrale de l'atome, appelée NOYAU.

Les électrons ont une charge électrique égale mais opposée à celle des protons, c'est-à-dire négative, et sont disposés à la périphérie de l'atome, autour du noyau.

Les protons et les électrons sont semblables pour tous les éléments; ce qui distingue un élément d'un autre, c'est leur nombre qui est bien déterminé pour chaque élément.

Par exemple, l'atome d'hydrogène, qui est l'élément le plus simple, a un seul proton et un seul électron, l'atome de sodium a onze protons et onze électrons, tandis que l'atome d'uranium, qui est l'élément le plus complexe qui existe dans la nature à 92 protons et 92 électrons.

Comme on le voit, *le nombre de protons est toujours égal au nombre d'électrons*, pour que les charges positives des premiers compensent les charges négatives des seconds ; c'est pourquoi *l'atome, considéré dans son ensemble, est électriquement neutre.*

On constata aussi qu'un proton a un poids 1840 fois supérieur à celui de l'électron ; le poids de l'atome est donc dû, en grande partie, à son noyau, car comparé à lui, les électrons sont très légers.

En étudiant avec précision le poids des atomes, naturellement toujours indirectement, un atome invisible ne pouvant être pesé directement, on rencontra diverses irrégularités.

Par exemple, l'atome d'hélium a deux électrons et doit donc avoir un noyau formé de deux protons qui leur correspondent ; par rapport à l'hydrogène qui a un seul proton il devrait donc peser le double, or on trouva qu'il pesait quatre fois plus.

Cette difficulté fut surmontée en 1932, quand le physicien anglais contemporain *Jacques Chandwick* découvrit une nouvelle particule du noyau atomique, de poids égal à celui d'un proton plus un électron : comme cette particule n'était pas chargée électriquement, elle fut appelée **NEUTRON**.

Donc le noyau d'hélium doit avoir, en plus des deux protons, deux neutrons ; comme ces derniers n'ont pas de charge électrique, deux

électrons sont suffisants pour neutraliser les charges électriques des deux protons.

Cette conception de l'atome fut perfectionnée quelques années plus tard par le physicien danois *Nels Bohr* (1885 - 1962) qui représenta l'atome d'une façon très utile pour l'interprétation des phénomènes électriques.

Selon ce physicien l'atome est comparable à notre système solaire, qui comme nous le savons tous, est formé du soleil autour duquel tournent les différentes planètes (Terre, Mars, Vénus etc...) en suivant chacune un parcours bien déterminé, appelé orbite.

Dans l'atome, la place du soleil est occupée par le noyau, formé de neutrons et de protons, autour duquel tournent les électrons, en suivant des orbites bien définies comme les planètes.

Cette représentation peut être traduite par un dessin comme on l'a fait sur la *figure 11*, en indiquant par un petit cercle marqué d'un signe $+$ le noyau positif et par des cercles plus grands les orbites sur lesquelles tournent les électrons, qui sont indiqués par des petits cercles marqués du signe $-$ et disposés sur leurs orbites respectives.

Sur la *figure 11* on a représenté les atomes des quatre premiers éléments qui existent à partir de l'hydrogène.

L'atome le plus simple est celui de l'Hydrogène qui a un seul électron qui tourne sur son orbite ; ensuite il y a l'Hélium qui a deux électrons qui tournent ensemble sur une même orbite.

Sur cette orbite on ne peut jamais trouver plus de deux électrons et par conséquent, quand on passe au Lithium, dont l'atome a trois électrons, on a deux orbites et le troisième électron tourne sur celle qui est la plus éloignée du noyau, qu'on appelle orbite L, pour la distinguer de l'orbite K la plus proche du noyau.

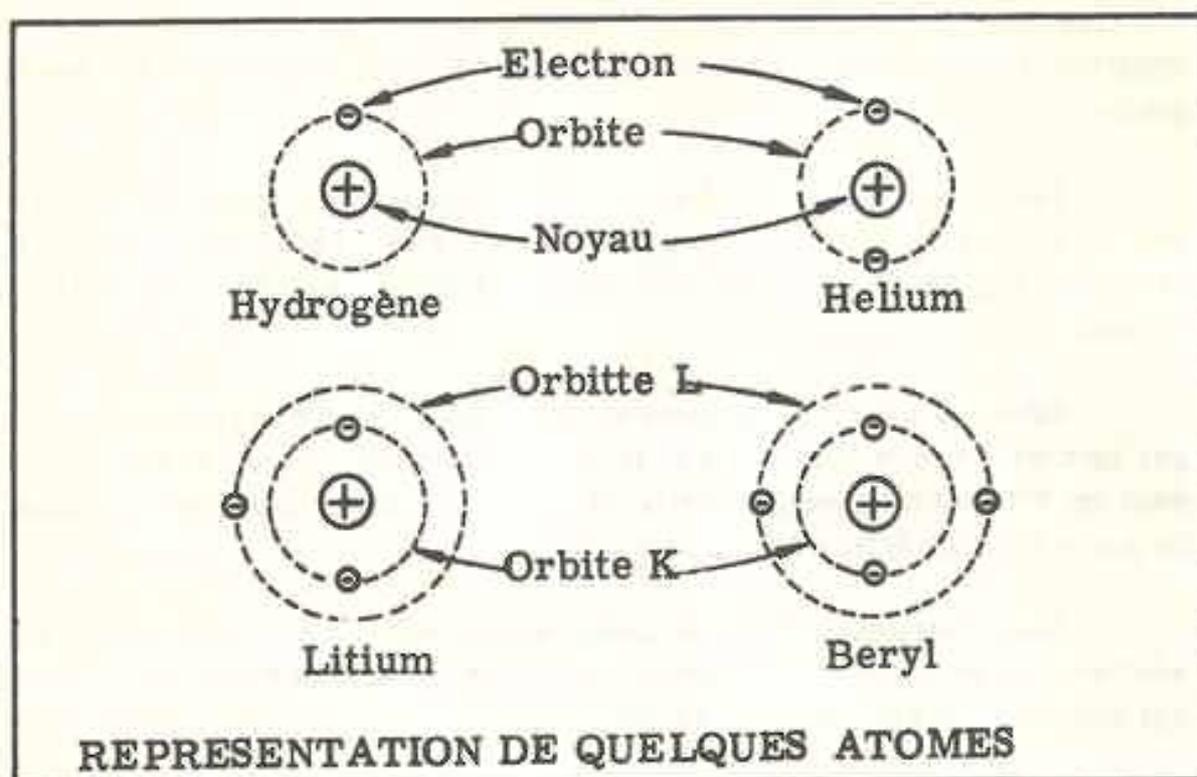


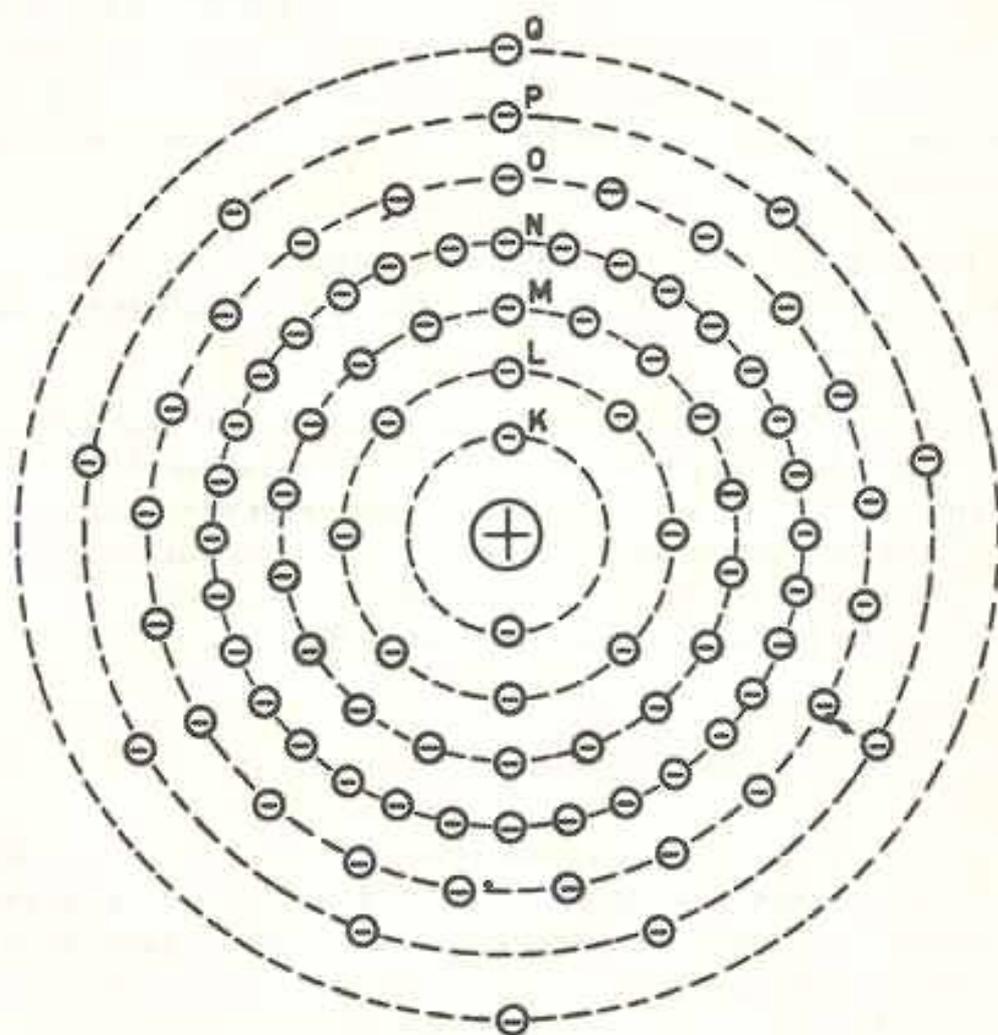
Figure 11

En passant au Beryllium dont l'atome a quatre électrons, on voit que deux de ceux-ci tournent sur l'orbite externe, qui peut accueillir jusqu'à huit électrons.

Quand cette orbite sera complète avec huit électrons, on aura une troisième orbite, et ainsi de suite.

En examinant sur la *figure 12* l'atome de l'Uranium, qui est l'atome le plus complexe, on constate qu'il y a un maximum de sept orbites, que l'on distingue par les lettres K, L, M, O, P, Q.

On constate que certaines orbites contiennent beaucoup plus de huit électrons ; en réalité ils sont répartis sur des sous-orbites qui n'ont pas été indiquées, car elles ne sont pas intéressantes pour notre étude.



REPRESENTATION DE L'ATOME D'URANIUM

Figure 12

Cette représentation permet de connaître le nombre d'électrons de chaque atome, et aussi le nombre de protons du noyau, puisqu'il est le même ; mais par contre elle ne permet pas de connaître le nombre de neutrons, qui n'est pas toujours égal à celui des protons, comme nous l'avons vu pour l'Hélium ; ceci cependant ne constitue pas un inconvénien , car les neutrons ne prennent pas part aux phénomènes électriques, n'ayant pas de charge électrique.

Dans l'étude de l'atome nous nous arrêterons là, car nous avons maintenant tous les éléments pour interpréter les phénomènes électriques qui nous intéressent.

Il faut pourtant savoir que les physiciens se sont aventurés beaucoup plus loin dans cette voie, en proposant de nouvelles théories sur la constitution de l'atome, en scindant le noyau dans ses particules, et en découvrant aussi de nombreuses autres particules en plus des protons et des neutrons déjà cités ; ceci est l'objet de la physique nucléaire dont nous ne donnerons qu'un bref aperçu dans les leçons de Physique.

3 - NATURE DE L'ELECTRICITE

A la fin du chapitre consacré à l'électrostatique, on a formulé l'hypothèse que sur chaque corps non électrisé il doit y avoir des quantités égales d'électricités positive et négative, qui, précisément parce qu'égales, ne peuvent pas prévaloir l'une sur l'autre et se manifester comme charge positive ou négative possédée par le corps.

Maintenant nous savons que cette hypothèse est exacte, car *l'électricité négative est constituée par l'ensemble des charges possédées par tous les électrons des atomes qui forment le corps*, tandis que l'électricité positive est due à l'ensemble des charges possédées par tous les protons des noyaux, et ces protons sont en nombre égal aux électrons.

On a dit aussi que pour électriser un corps, il faut séparer ces deux quantités de l'électricité, de façon à ce que chacune puisse se manifester indépendamment de l'autre ; connaissant maintenant la structure des atomes, on comprend que la séparation doit se produire grâce à un déplacement des électrons, parce que ceux-ci se trouvent dans la partie périphérique des atomes et ils peuvent donc s'éloigner plus facilement de ces atomes.

Si d'un certain nombre d'atomes d'un corps, il s'éloigne des électrons, par exemple par suite d'un frottement, il est évident que sur ce corps on aura davantage de protons que d'électrons ; les électrons restés ne seront plus suffisants pour neutraliser avec leurs charges négatives les charges positives de tous les protons, et par conséquent, le corps au total aura une charge électrique positive, due précisément aux protons qui ne sont pas neutralisés.

D'autre part, les électrons éloignés du corps se trouveront sur l'étoffe qui a servi au frottement et qui, avant le frottement était électriquement neutre, c'est-à-dire possédait un nombre égal d'électrons et de protons.

Evidemment, avec l'arrivée des nouveaux électrons, cet équilibre est détruit car l'étoffe possède un nombre d'électrons plus grand que de protons, et par conséquent, a au total une charge électrique négative, due précisément au nombre d'électrons en supplément.

Le cas inverse peut aussi être réalisé : c'est-à-dire que ce soit l'étoffe qui cède des électrons au corps frotté : dans ce cas, l'étoffe a des électrons en moins, et devient chargée positivement, tandis que le corps, qui a un supplément d'électrons, devient chargé négativement.

Tirons la conclusion de cette leçon en rappelant que l'électricité est due aux charges possédées par les électrons et par les protons qui constituent les corps et qu'elle se manifeste quand il y a un déséquilibre entre ces particules à cause d'un manque d'électrons (électricité positive) ou d'un excès d'électrons (électricité négative).



NOTIONS A RETENIR

- Un corps peut acquérir une charge **ELECTRIQUE**, **POSITIVE** ou **NEGATIVE**.
- La charge **POSITIVE** est désignée par le signe **+** et la charge **NEGATIVE** par le signe **-**.
- Deux charges de même signe se repoussent (**REPULSION**) alors que deux charges de signe contraire s'attirent (**ATTRACTION**).
- La plus petite partie d'un **CORPS COMPOSE** est la **MOLECULE**, formée d'**ATOMES DIFFERENTS**.
- La plus petite partie d'un corps simple est l'**ATOME**.
- L'**ATOME** comprend un **NOYAU**, formé de **PROTONS** et de **NEUTRONS** ; autour du noyau gravitent les **ELECTRONS**.
- Les **PROTONS** ont une **CHARGE** électrique **POSITIVE**, les **ELECTRONS** une **CHARGE** électrique **NEGATIVE** et les **NEUTRONS** une **CHARGE NULLE**.
- A l'état normal, les corps sont électriquement **NEUTRES**, c'est-à-dire que la **CHARGE POSITIVE** des **PROTONS** est égale à la **CHARGE NEGATIVE** des **ELECTRONS**.
- Dans certaines conditions, un corps peut perdre ou acquérir des électrons.
 - a) Dans le cas d'une perte d'électrons le corps acquiert une **CHARGE POSITIVE**.
 - b) Dans le cas d'un excès d'électrons, le corps acquiert une **CHARGE NEGATIVE**.

AVERTISSEMENT IMPORTANT

A la fin de chaque leçon théorique, vous trouverez un certain nombre de questions qui ont un rapport avec les sujets traités dans cette leçon, et qui vous serviront de révision pour la leçon étudiée ; vous pouvez écrire les réponses sur une feuille, pour pouvoir ensuite les comparer avec les réponses exactes qui vous seront données dans la leçon théorique suivante.

ATTENTION - LES REPONSES A CES QUESTIONS NE DOIVENT PAS ETRE RENVOYEEES A EURELEC, IL NE S'AGIT PAS D'UN EXAMEN.



EXERCICE DE REVISION SUR LA THEORIE 1

- 1 - Comment peut-on électriser un corps ?
- 2 - Comment l'électricité peut-elle passer d'un corps à un autre ?
- 3 - Comment peut-on accomplir l'opération inverse de l'électrisation ?
- 4 - Quel est l'énoncé de la loi fondamentale de l'électrostatique ?
- 5 - Que signifie le mot atome ?
- 6 - Qu'est-ce qu'une molécule ?
- 7 - Quelles sont les particules qui constituent le noyau des atomes ?
- 8 - Quel est le signe des charges possédées par les protons et par les électrons ?
- 9 - Quel est le nombre maximum d'orbites sur lesquelles peuvent tourner les électrons d'un atome ?