



# PHYSIQUE

COURS DE BASE  
ELECTRONIQUE

**EURELEC**  
**(4)**

**COURS DE BASE ELECTRONIQUE**  
**Physique 4**

**1 – CHAMPS D’ACTION**

**Nous connaissons tous depuis notre enfance la signification du mot CHAMP.**

**Le champ cultivé du paysan, le champ sur lequel se déroulent les courses de chevaux, le champ où se tiennent les foires et d’autres expressions semblables, rappellent dans notre esprit des images bien précises.**

**Dans les livres de physique, on utilise souvent le mot champ et sa signification est comparable à celle du champ cultivé, ou du champ de courses, ou aussi du champ de foire.**

**Vous souvenez-vous de l’expérience de la sphère que l’on laisse tomber du haut d’un gratte-ciel, Physique 1- figure 6 ?**

**La sphère, en tombant sous l’action de la gravité terrestre, suivait un parcours vertical, droit comme le sillon tracé par la charrue d’un cultivateur habile.**

**Imaginons maintenant que cette même sphère retourne au sommet du gratte-ciel, (tout comme le paysan retourne à l’extrémité de son champ d’où il est parti, pour tracer un nouveau sillon) et que nous la laissions tomber une nouvelle fois d’un point très voisin du premier : elle suivra un nouveau parcours vertical, voisin du précédent.**

**Si nous répétons le jeu, en déplaçant progressivement le point de départ de la sphère tout au long d’un côté du gratte-ciel, nous pourrions construire de nombreux sillons qui prendraient, dans notre imagination, l’aspect d’un beau champ cultivé, disposé verticalement.**

**Des champs de ce genre on peut en construire de nombreux, jusqu’à en remplir tout l’espace dans lequel agit la force de gravité. Par con-**

séquent, les physiciens ont élargi la signification de l'image tirée du champ de paysan et ont appelé cet espace le **CHAMP D'ACTION DE LA GRAVITE** ou plus simplement : **CHAMP DE GRAVITE**.

Dans la leçon technique 3, on a vu qu'autour d'un corps électrisé se manifestent des **FORCES ELECTRIQUES** qui attirent ou repoussent d'autres corps électrisés.

Ces forces agissent dans l'espace environnant sur les charges électriques de signe opposé, tout comme la force de gravité terrestre agit sur la sphère dans l'expérience précédente.

Examinons par exemple deux plaques métalliques, chargées respectivement d'électricité positive et d'électricité négative, et disposées comme sur la figure 1.

Si une particule chargée d'électricité négative se détachait de la plaque située au haut, cette particule, à peine libérée, avancerait rapidement le long du parcours rectiligne, tombant verticalement sur la plaque positive absolument comme la sphère de l'expérience précédente tombe verticalement sur le sol.

La chute de la particule est accélérée un peu par la force de gravité mais surtout dans une proportion très importante, par la force électrique qui agit dans l'espace compris entre les deux plaques.

Dans cet espace les deux forces, bien qu'elles soient de nature différente, se superposent et provoquent la chute de la particule. Or, si l'on considère la force de gravité, on dit que l'espace entre les deux plaques est un champ de gravité ou plutôt que, entre les deux plaques est situé un **CHAMP DE GRAVITE**. Mais si l'on prend en considération la force électrique on devra dire que dans ce même espace il y a aussi un **CHAMP D'ACTION ELECTRIQUE**, ou plus simplement un **CHAMP ELECTRIQUE**.

Cette possibilité de superposition dans un même espace physique de deux (ou de plusieurs) champs d'action différents est particulièrement intéressante, parce qu'elle nous permettra de formuler une explication au sujet de la nature de la lumière.

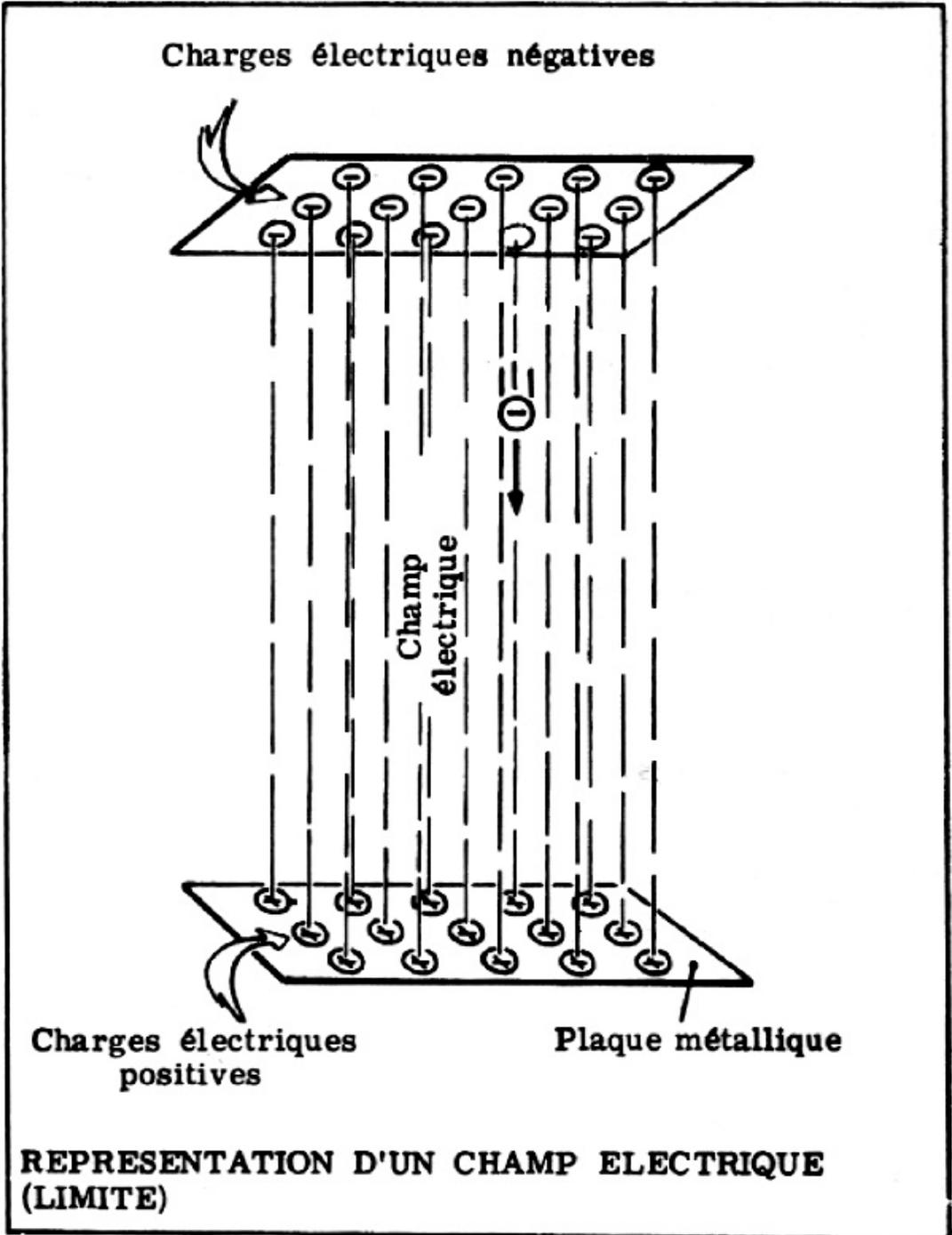


Figure 1

### 1 – 1 – LES TRANSFORMATIONS DE L'ÉNERGIE

La présence de l'énergie animant la matière, ne peut être constatée que dans un champ d'action ouvert. Si la force agissante, dont nous avons parlé dans la précédente leçon n'est pas libre d'agir, de produire un certain travail, il est impossible de s'assurer expérimentalement que l'énergie est réellement présente.

La situation peut être comparée à celle d'une équipe de foot-ball qui entre sur le terrain. Si le terrain est encombré, il est évident que l'équipe ne pourra pas exercer son jeu. Donc personne ne pourra apprécier les qualités des joueurs.

Champ d'action et liberté d'action sont donc indispensables pour que l'énergie puisse accomplir le travail demandé par l'expérimentateur physicien.

Si le physicien dans son laboratoire sait doser habilement les concessions à faire à l'énergie, il peut obtenir des résultats intéressants.

Voyons par exemple comment se comporte le pendule, sollicité par l'énergie dans l'expérience de la figure 2.

Le pendule est pour ainsi dire immergé dans le champ de gravité, représenté par six flèches tournées vers le bas. Chaque flèche indique la présence dans le lieu environnant d'une force d'action déterminée, exercée par la Terre sur les corps se trouvant en ce lieu. Cette flèche nous rappelle donc que le pendule est toujours attiré vers le bas par une force  $P$ , qui est son propre poids, en n'importe quel lieu du champ.

Supposons que le pendule soit libre de tourner autour d'un axe (C) et qu'il se trouve initialement soulevé vers la droite, au NIVEAU MAXIMAL montré sur la figure.

Dans la position de niveau maximal, le pendule emmagasine lui-même une certaine quantité d'énergie. En effet, si tous les liens qui le maintiennent suspendu venaient à se rompre en même temps, il tomberait par terre, sous

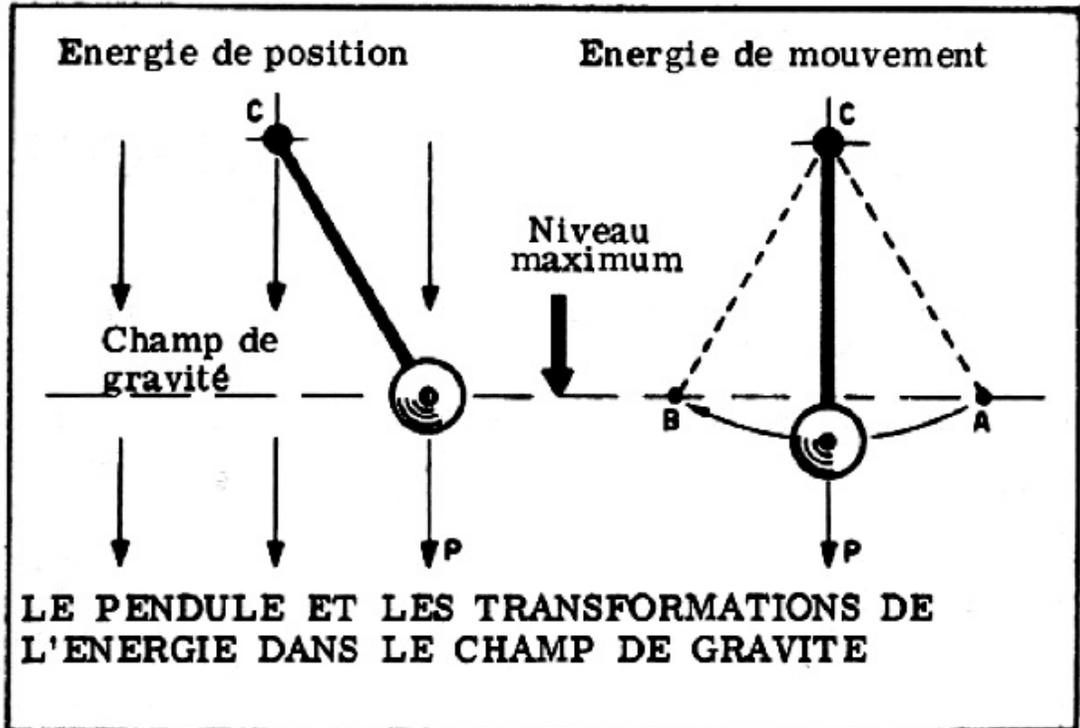


Figure 2

l'attraction de la force de gravité et il accomplirait donc un travail, démontrant ainsi la présence de l'énergie.

Cette énergie est due à l'attraction que la Terre exerce sur le pendule, quand il occupe cette position déterminée.

Si l'on considère que, dans le champ où le pendule est placé, la force de gravité est pratiquement constante, on peut penser que l'énergie conférée au pendule par l'attraction terrestre est la plus grande quand il est aux niveaux les plus élevés, et qu'elle diminue donc lorsque le pendule s'approche de la Terre.

Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler que lorsque le pendule est très haut, il doit parcourir un trajet plus long pour aller en bas. Ce trajet se mesure dans le sens vertical, à savoir dans la direction de la force-poids. Or, si le trajet est plus long et que la force est toujours la même,

il est évident que le travail est plus grand, donc que l'énergie qui était disponible avant était plus grande.

Cette énergie, qui dépend tout simplement de la position pour une masse donnée, donc du niveau par rapport à la Terre, s'appelle l'ENERGIE DE POSITION ou bien ENERGIE DE NIVEAU ou bien encore ENERGIE POTENTIELLE.

Voyons maintenant ce qui se produit lorsque le pendule est libre de se mouvoir autour d'un axe.

Le pendule tombe vers le bas et en tombant, il perd progressivement une partie de son énergie potentielle. A son tour la tige, qui lie le pendule à l'axe, transforme le mouvement vertical de chute en mouvement circulaire.

L'énergie, tout comme la matière, ne se laisse cependant pas détruire si facilement. Bien au contraire, il faut savoir que dans tous les phénomènes que nous avons décrits, tant l'énergie que la matière restent substantiellement indestructibles, bien qu'ils se transforment sous nos yeux. Nous devons donc nous demander où est partie l'énergie potentielle que le pendule a perdu au cours de sa chute.

Nous trouverons la réponse en faisant une expérience très simple.

En portant une main à une distance convenable du point A, indiqué sur la figure 2, celle-ci est frappée par le pendule et en même temps elle ressent une poussée.

Cette poussée indique clairement que l'énergie potentielle n'a pas été détruite, mais qu'elle s'est simplement transformée, en prenant l'aspect de l'inertie de mouvement que nous connaissons depuis la Physique 1.

Le pendule peut forcer l'obstacle de la main et donc conserver son mouvement par inertie, parce qu'il a transformé en lui-même l'énergie potentielle en nouvelle forme d'énergie, qui s'appelle énergie de mouvement, ou aussi énergie cinétique.

**PHYSIQUE 4**

7

**L'ÉNERGIE CINÉTIQUE DEVIENT MAXIMALE LORSQUE LE PENDULE ACQUIERT LA VITESSE MAXIMALE**, donc lorsqu'il atteint le niveau le plus bas, à demi-parcours, entre les points A et B de la figure 2.

A partir de cet instant, en poursuivant vers B, il se soulève et remonte vers le niveau maximum.

Pendant la montée il perd de la vitesse, et perd donc aussi progressivement son énergie cinétique, qui se transforme de nouveau en énergie potentielle.

Lorsque le pendule atteint le point B, il s'arrête durant un instant très bref, pendant lequel il reprend toute l'énergie potentielle qu'il détient au niveau maximum. L'énergie cinétique est alors nulle.

Puis le jeu recommence avec le même mouvement en sens inverse, c'est-à-dire de B vers A, puis de nouveau de A vers B et ainsi de suite.

L'expérience du pendule est particulièrement significative, parce qu'elle met en lumière l'un des jeux préférés de l'énergie quand elle se trouve en "liberté contrôlée" : **EN SE TRANSFORMANT ET EN SE RETRANSFORMANT, ELLE FAIT OSCILLER OU VIBRER LES CORPS PRESENTS DANS SON CHAMP D'ACTION.**

Toutefois, lorsque la transformation a eu lieu, l'énergie n'est pas toujours en mesure de reprendre spontanément sa forme primitive.

Considérons par exemple le travail du forgeron, qui forge l'extrémité d'une barre métallique (figure 3).

Le marteau soulevé en haut détient une certaine **ÉNERGIE POTENTIELLE**, comme on l'a vu dans le cas du pendule. A cette énergie s'ajoute celle du forgeron, et toutes les deux réunies se transforment **EN ÉNERGIE CINÉTIQUE**, qui s'accumule dans le marteau, pendant la chute, conférant à celui-ci une vitesse plus grande.

A l'instant où le marteau frappe l'extrémité de la barre, **TOUTE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE** passe du marteau à la barre, en se fractionnant

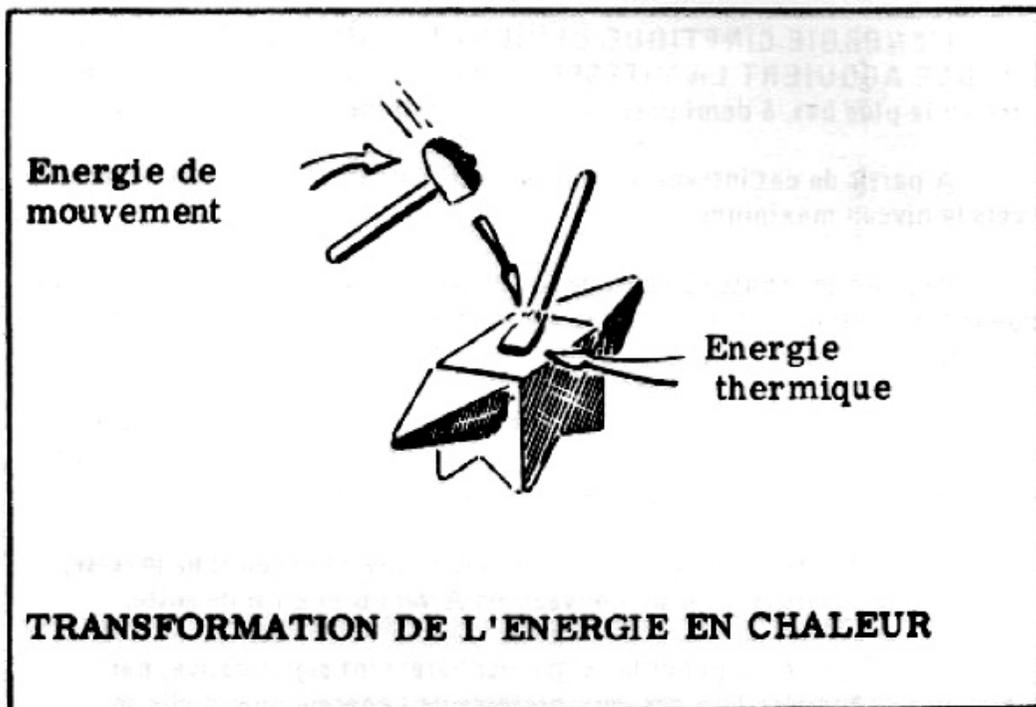


Figure 3

et prenant des formes diverses.

**UNE PARTIE DE L'ENERGIE SE TRANSFORME EN BRUIT, à savoir en ENERGIE SONORE présente dans l'agitation acoustique de l'air.**

**Une autre partie change la forme de la barre aux points où elle a été frappée. L'énergie prend donc un nouvel aspect qui porte le nom d'ENERGIE DE FORME.**

**Enfin, une troisième partie provoque un réchauffement appréciable de la barre, et se transforme en ENERGIE THERMIQUE.**

**L'énergie sonore est distribuée par les ondes dans tout l'espace environnant. Les ondes en frappant continuellement à leur tour les parois, les**

objets et le sol, cèdent leur propre énergie à ces corps, et elles se transforment en **ENERGIE THERMIQUE**, provoquant un réchauffement imperceptible des objets frappés.

**L'ENERGIE DE FORME** devient également **ENERGIE THERMIQUE** parce que les déformations de la barre se répercutent sur la structure du métal, entraînant une augmentation de l'agitation moléculaire, qui s'ajoute à l'augmentation provoquée par le coup de marteau.

En faisant la somme de tout cela, on voit qu'à partir de **L'ENERGIE CINETIQUE DU MARTEAU**, on n'obtient que de **L'ENERGIE THERMIQUE**, au bout de quelque temps. Cette énergie thermique est pratiquement irrécupérable et elle ne peut pas non plus se reconvertir spontanément en énergie cinétique.

Dans les laboratoires de physique on a mesuré, avec assez de précision la quantité de chaleur obtenue en convertissant 1 joule d'énergie cinétique en énergie thermique.

A cette fin, on a construit un appareil approprié, présenté dans ses éléments essentiels sur la figure 4.

Le poids **P**, en descendant fait tourner les quatre pales, qui à leur tour font bouger l'eau contenue dans le récipient.

Si l'on connaît **L'ENERGIE POTENTIELLE** du poids, lorsqu'il se trouve en haut, et **L'ENERGIE POTENTIELLE** qui lui reste après être descendu, **ON PEUT DETERMINER LA QUANTITE D'ENERGIE TRANSMISE A L'EAU PAR L'INTERMEDIAIRE DE L'ARBRE ET DES PALES.**

Le calcul ne présente aucune difficulté : il suffit de trouver la différence entre les deux quantités d'énergie potentielle, et l'on obtient, avec une bonne approximation, la quantité d'énergie qui a été cédée à l'eau.

Toutefois, dans la pratique on ne connaît pas les valeurs de l'énergie potentielle, sauf après avoir effectué les trois mesures suivantes : la mesure des deux hauteurs où se trouve le poids (au départ et à l'arrivée) et la mesure de la force-poids.

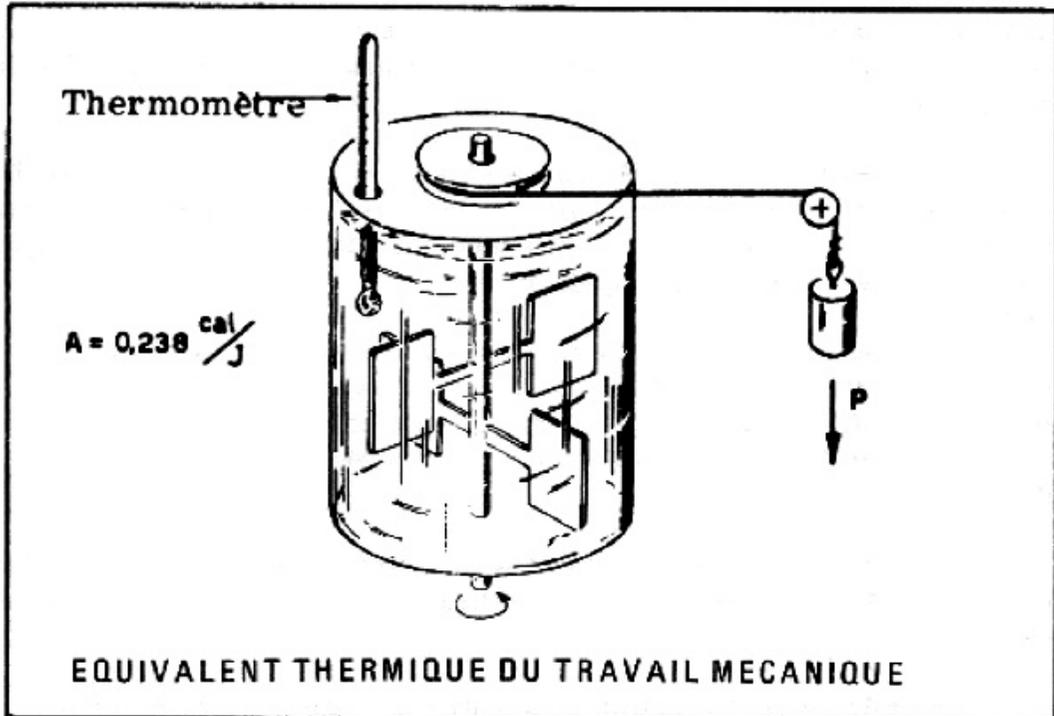


Figure 4

Or, au lieu de définir les valeurs des énergies potentielles et de calculer la différence entre elles, le physicien préfère définir LE TRAVAIL MECANIQUE accompli par la force de gravité pour faire descendre le poids.

Cela est possible parce que, comme nous l'avons déjà signalé dans la Physique 3, ce travail représente une énergie (l'énergie que le poids, pendant sa descente, cède à l'eau) et on la mesure, elle aussi, en joules.

En procédant de cette manière, on ne mesure que deux choses : le poids, en kilogrammes, et le déplacement, en mètres. Ainsi, le risque d'imprécisions diminue et les chances d'exactitude du résultat final augmentent.

Si nous choisissons judicieusement le poids et le déplacement vers le bas, afin d'obtenir un travail de 1 joule, nous pourrions considérer que cette même énergie de 1 joule a été cédée à l'eau.

Or cette énergie, lorsque l'eau a cessé de s'agiter, est distribuée dans toute la masse sous la forme d'énergie thermique et le thermomètre incorporé dans l'appareil signale une augmentation de température.

A partir de l'augmentation de température et de la quantité d'eau contenue dans le récipient, au moyen de calculs qui ne présentent pas d'intérêts pour l'électronicien, on parvient à déterminer que la quantité de chaleur (A), qui correspond à l'énergie ou au travail, de 1 joule, est égale à 0,238 petites calories ( $A = 0,238 \text{ cal/J}$ ).

Cette expérience a permis d'établir une relation précise entre deux formes d'énergie qui diffèrent entre elles de manière appréciable.

En se rappelant qu'un corps chauffé à haute température, comme par exemple le fil de tungstène de l'ampoule électrique, émettant de la lumière, on devine facilement que celle-ci représente une transformation ultérieure de l'énergie. Dans le secret mécanisme de la matière, elle devient de l'ENERGIE LUMINEUSE. Nous verrons plus loin comment cela se produit.

## **1 – 2 – CHAMPS ELECTRIQUES ET MAGNETIQUES**

Nous avons signalé au début de la leçon, que l'énergie se transforme à l'intérieur des CHAMPS D'ACTION. Nous devons ajouter que dans ces MEMES CHAMPS, l'ENERGIE PEUT ETRE TRANSPORTEE A DES DISTANCES TRES IMPORTANTES.

Avant d'examiner les exemples les plus significatifs de transmission de l'énergie, voyons comment sont formés en général les principaux champs dans lesquels l'énergie peut se déplacer d'un lieu à l'autre.

LE CHAMP DE GRAVITE a déjà été décrit au commencement de la présente leçon.

Quant au CHAMP ELECTRIQUE dont on a déjà parlé, nous allons revoir ce sujet en examinant les ACTIONS ELECTRIQUES illustrées figure 5.

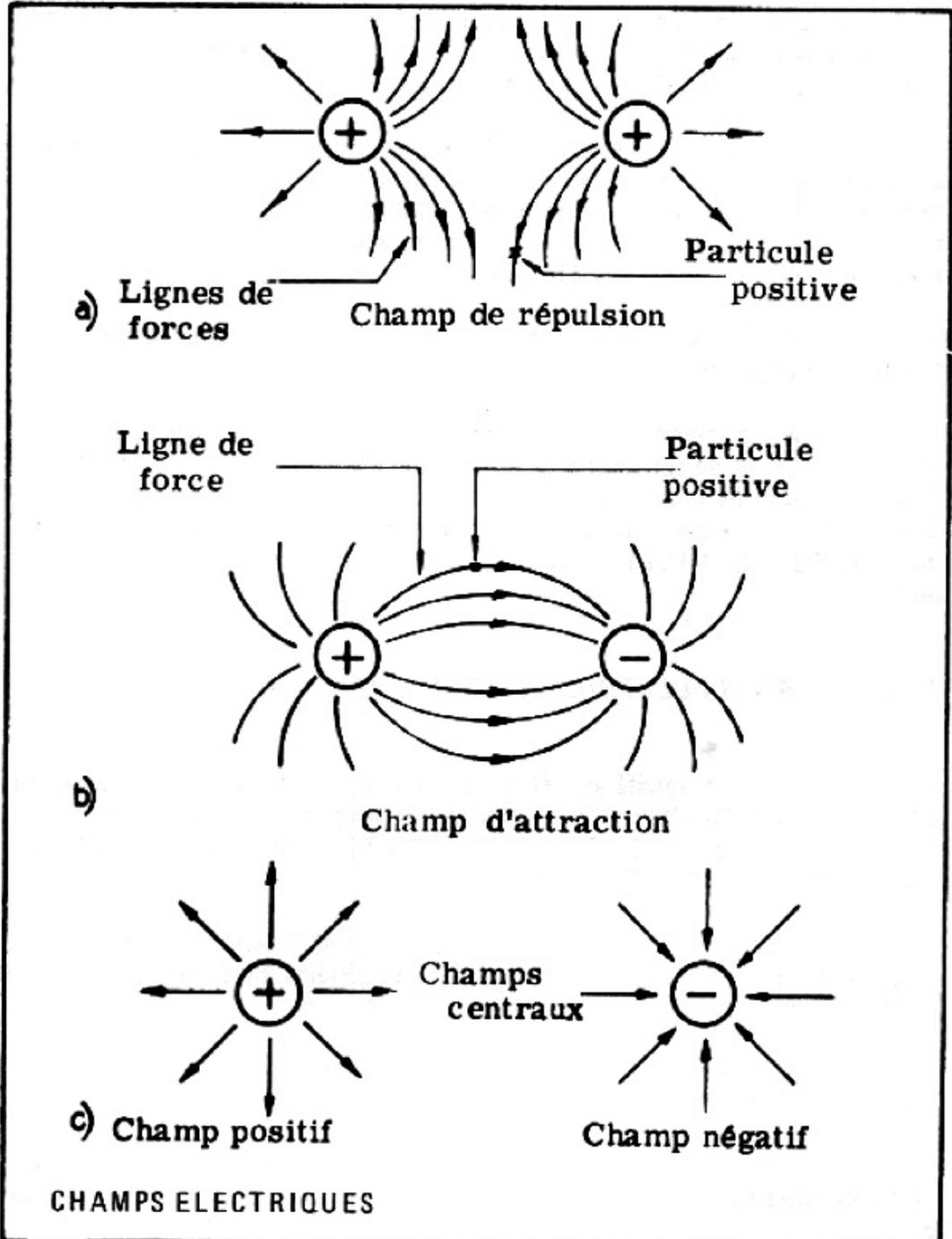


Figure 5

Ces actions peuvent être groupées en trois catégories, en se souvenant du signe de la charge électrique distribuée dans les corps (signe + pour indiquer l'électricité positive, signe – pour indiquer l'électricité négative).

Voyons tout d'abord le cas de **DEUX CORPS CHARGES D'ELECTRICITE DE MEME TYPE**, par exemple d'électricité positive, comme les corps représentés sur la figure 5-a.

Dans ces conditions, **LES DEUX CORPS ELECTRISES SE REPOUSSENT**, en contribuant dans une mesure égale à manifester leur répulsion réciproque.

Pour étudier l'aspect du **CHAMP DE REPULSION** qui est présent dans l'espace entourant les deux corps, il nous faut introduire dans tous les points de l'espace voisin de la surface de chaque corps, une particule de charge d'électricité positive.

Cette particule positive représentera par la suite, l'instrument idéal que nous imaginerons d'utiliser pour l'étude de tous les champs électriques.

Chaque fois que la particule est laissée libre de se mouvoir, en partant des différentes positions proches de la surface des corps, elle parcourt un trajet semblable à ceux tracés sur la figure.

Ces trajets peuvent représenter le cheminement des forces à l'intérieur du champ de répulsion, et on les appelle généralement **LIGNES DE FORCE**.

Si les deux corps ont des charges électriques égales et de même signe, mais négatives au lieu d'être positives, il se forme de nouveau un **CHAMP DE REPULSION**, de même conformation que celui qui a été décrit pour les charges positives, mais les flèches des lignes de force sont dirigées en sens inverse. Ceci veut simplement dire que la particule positive, utilisée pour étudier ce champ, s'apprête à tomber sur les corps au lieu de s'en éloigner.

De manière analogue, on peut étudier la conformation du **CHAMP D'ATTRACTION** qui se forme dans l'espace entourant deux corps ayant

des charges électriques égales, mais de signe opposé (figure 5-b).

Ici les lignes de force qui partent des deux corps s'unissent dans l'espace intermédiaire et se renforcent mutuellement.

Cela signifie que la particule positive est non seulement repoussée par le corps positif, mais qu'elle est aussi attirée par le corps négatif.

La situation est analogue à celle de la particule négative montrée sur la figure 1. Toutefois, dans cette expérience, le parcours effectué par la particule était inversé, puisqu'elle s'éloignait de la plaque négative et allait vers la plaque positive. Cependant, si l'on remplaçait la particule négative par une positive, comme dans les expériences précédentes, on remarquerait que le champ électrique entre les deux plaques est formé de LIGNES DE FORCE PARALLELES.

Un champ de ce genre dans lequel les lignes de force sont parallèles et dont les forces électriques sont d'intensité égale aux points se trouvant à la même distance des plaques s'appelle un CHAMP UNIFORME.

La constitution particulière du champ uniforme est due, dans le cas de la figure 1, à la forme plane des plaques électrisées et à leur disposition en parallèles.

Les CHAMPS CENTRAUX, POSITIF ET NEGATIF, représentés sur la figure 5-c, se créent sous l'influence d'un corps chargé positivement ou négativement.

Dans ces deux cas, les lignes se présentent sous la forme de rayons, qui s'éloignent du corps positif, ou convergent sur le corps négatif.

Cela veut dire que la particule positive s'éloigne dans le premier cas, comme un rayon émis par le soleil, et qu'elle s'approche dans le second cas, en suivant le même parcours en sens inverse, d'une manière semblable aux météorites tombant sur la Terre.

En plus du champ de gravité terrestre et des champs électriques, les CHAMPS MAGNETIQUES ont une grande importance dans l'étude des phénomènes physiques.

Dans de nombreuses applications, les champs magnétiques sont étroitement liés aux champs électriques (voir leçon technique 4 par exemple).

Dans certaines circonstances, le lien entre champ magnétique et champ électrique n'est pas très évident. Dans ces cas, il est possible d'étudier séparément le champ magnétique seul.

Le cas le plus commun est celui de l'AIMANT naturel, comme nous l'avons vu dans les "leçons techniques".

### **1 – 3 – TRANSMISSION ET PROPAGATION DE L'ENERGIE (ONDES ELECTRO-MAGNETIQUES)**

L'énergie peut manifester deux tendances, nettement opposées entre elles.

Parfois, en se transférant d'un corps à l'autre, ou bien d'un corps à l'espace, elle présente des tendances migratoires ; parfois au contraire, elle révèle des tendances sédentaires en restant cachée à l'intérieur du corps qui l'abrite.

L'expérience de la figure 6 illustre une des tendances migratoires que l'on observe le plus souvent dans les phénomènes physiques.

A la suite du choc, l'énergie cinétique du marteau est cédée à la première bille de verre. Cette bille, ne pouvant pas bouger, la cède à la seconde, la seconde la cède à la troisième et ainsi de suite jusqu'à la dernière, qui, elle, s'élance en un mouvement très rapide, emmenant avec elle l'énergie transmise de bille en bille.

On pourrait citer d'autres exemples de transmission de l'énergie cinétique déjà décrits au cours des leçons précédentes. Parmi ceux-ci, nous voudrions en choisir un qui présente des particularités très intéressantes.

Dans l'expérience du caillou qui tombe dans l'eau en provoquant

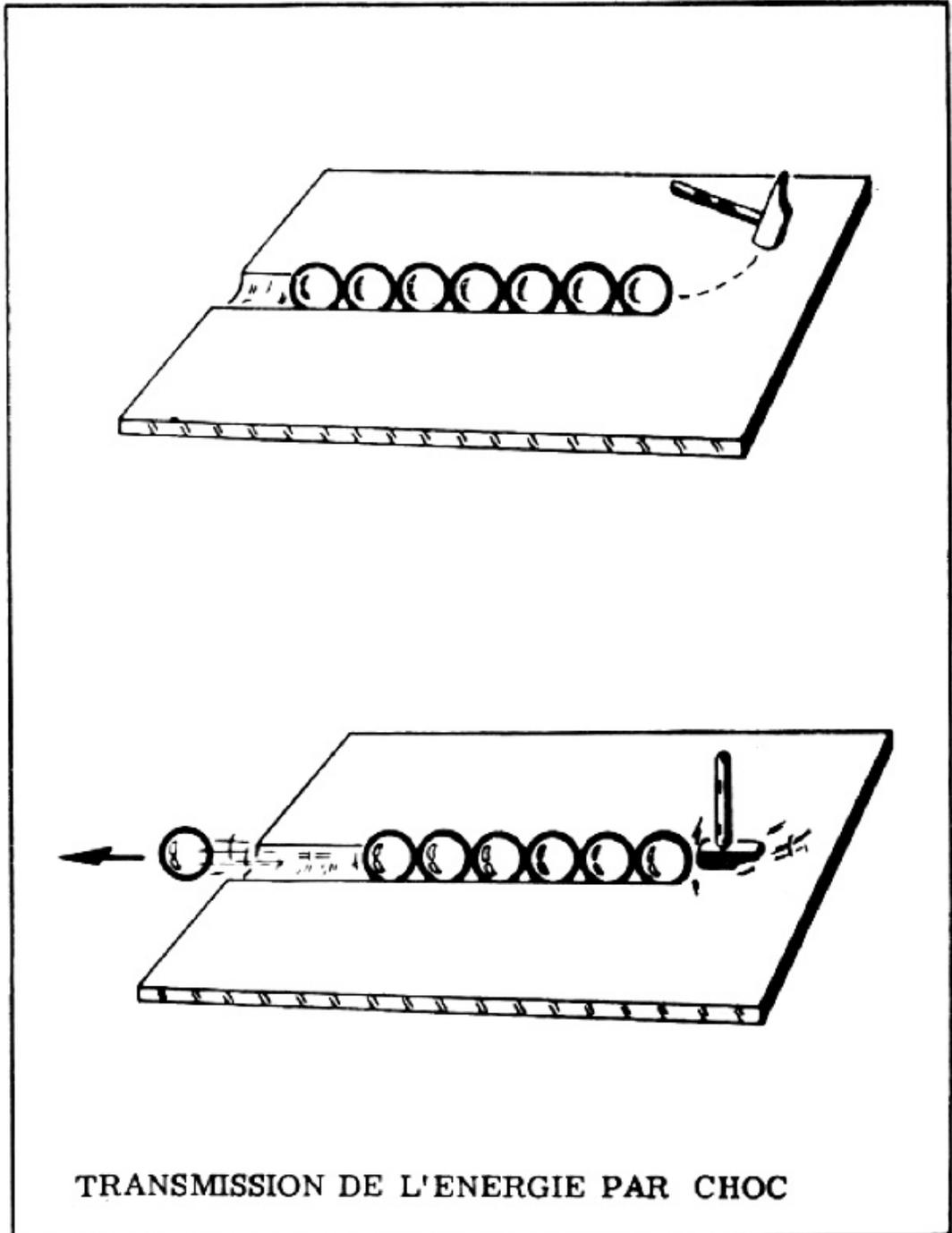


Figure 6

la formation de vagues (Physique 2, figure 3), l'énergie cinétique du caillou est cédée à l'eau, où elle se transforme alternativement en énergie potentielle et cinétique, comme dans l'expérience du pendule décrite au cours de la présente leçon.

Lorsque l'eau atteint le niveau de crête ou de creux, il n'y a que de l'ENERGIE POTENTIELLE ; lorsque par contre elle passe de nouveau par le niveau où elle se trouvait avant la chute du caillou, à savoir le niveau de repos, il n'y a que de l'ENERGIE CINETIQUE. Dans les positions intermédiaires entre la crête (ou le creux) et le niveau de repos, il y a SIMULTANEMENT DE L'ENERGIE POTENTIELLE ET DE L'ENERGIE CINETIQUE.

Jusqu'ici, tout se passe comme pour le pendule. Mais il est intéressant de noter la PROPAGATION DU MOUVEMENT OSCILLATOIRE SUR LA SURFACE DE L'EAU.

Toute ondulation, qui s'éloigne du point où le caillou est tombé et se reproduit pendant quelque temps en différents points de la surface, indique clairement que le phénomène oscillatoire s'est étendu. L'énergie cinétique du caillou n'est pas restée concentrée au point de la chute, mais s'est répartie uniformément sur toute la surface agitée par la vague.

Nous pourrions penser que l'énergie a choisi une manière quelque peu capricieuse de se transmettre, moins simple et moins directe que dans l'exemple des billes de la figure 6.

En réalité même dans l'exemple des billes, il se produit quelque chose de ce genre, même si ce n'est pas très visible.

La première bille reçoit l'énergie cinétique du marteau, mais elle ne le fait pas trop docilement ni sans présenter des réactions. Bien au contraire, si d'une part elle transmet bien de l'énergie à la deuxième bille, de l'autre elle essaie de restituer au marteau au moins une partie de l'énergie reçue.

En utilisant un marteau assez léger, on peut voir l'effet de la réaction dans le rebondissement qui suit immédiatement le heurt.

La situation se répète dans toutes les billes pendant l'espace très bref d'un instant. La dernière bille oppose encore une faible résistance par inertie de repos, mais ensuite, comme elle est libre de se mouvoir, elle amasse et emporte avec elle une grande partie de l'énergie en jeu.

Cette succession de heurts et de réactions passant de bille en bille est comparable à la succession des ondulations sur l'eau. Donc en considérant encore et plus en détail l'expérience de la figure 6, nous pouvons estimer que dans cet exemple l'énergie se transmet aussi sous la forme d'ondes.

En nous référant aux deux exemples précédents de propagation de l'énergie, nous pouvons essayer de faire un peu de lumière sur les deux problèmes laissés en suspens dans les leçons précédentes : le problème du rayonnement thermique (Physique 2 - figure 14), et le problème ayant trait à la nature de la lumière (Physique 3 - première partie).

L'énergie lumineuse et l'énergie thermique irradiées par les corps se propagent dans l'espace, tout comme l'énergie du marteau dans les billes ou l'énergie du caillou dans l'eau et encore l'énergie sonore dans l'air.

Ceci a été largement démontré par de nombreuses expériences, comme celle par exemple se rapportant aux phénomènes de diffraction et d'interférence de la lumière (Physique 3 - figure 6). Toutefois, la PROPAGATION PAR ONDES de la lumière et de la chaleur rayonnante peut sembler impossible, parce que LA LUMIERE ET LA CHALEUR RAYONNANTE S'ÉLOIGNENT DE LEURS SOURCES RESPECTIVES MEME A TRAVERS LE VIDE.

Dans le vide, il n'y a évidemment pas de matière ; on ne voit donc pas comment des ondes peuvent se former sans le support de la matière, qui jusqu'ici était toujours présente.

Il est impossible d'avoir des vagues dans un lac mis à sec, ni un son dans un local d'où on a évacué l'air, ni des vibrations avec transmissions d'énergie cinétique sans les corps qui vibrent.

En réalité, la chaleur rayonnante et en général l'énergie lancée dans l'espace, emportent avec elles UN SUPPORT COMPOSE DE DEUX CHAMPS L'UN ELECTRIQUE ET L'AUTRE MAGNETIQUE, étroitement liés entre eux.

Les champs comme nous l'avons déjà vu, ne sont pas des choses tangibles ; ils sont toutefois réels, tout comme les forces du champ de gravité (forces qui maintiennent les satellites artificiels sur leurs orbites).

Sur la figure 7 on voit comment on peut imaginer une onde dans les deux champs (électrique et magnétique) constituant le support de la lumière et de nombreux autres rayonnements.

Cette onde, que nous appellerons **ELECTRO-MAGNETIQUE** pour mieux indiquer la nature des deux champs, est en effet constituée par deux vibrations distinctes, mais non indépendantes. Elles sont disposées sur deux plans qui se croisent à angle droit ( $90^\circ$ ) dans la direction du rayon.

Habituellement un rayon lumineux contient d'innombrables vibrations électriques et magnétiques diversement inclinées autour de la direction de ce même rayon.

Ce n'est que lorsque celui-ci filtre à travers un **ELEMENT POLARISATEUR**, tel que par exemple un cristal de tourmaline (Physique 3-Figure 7)

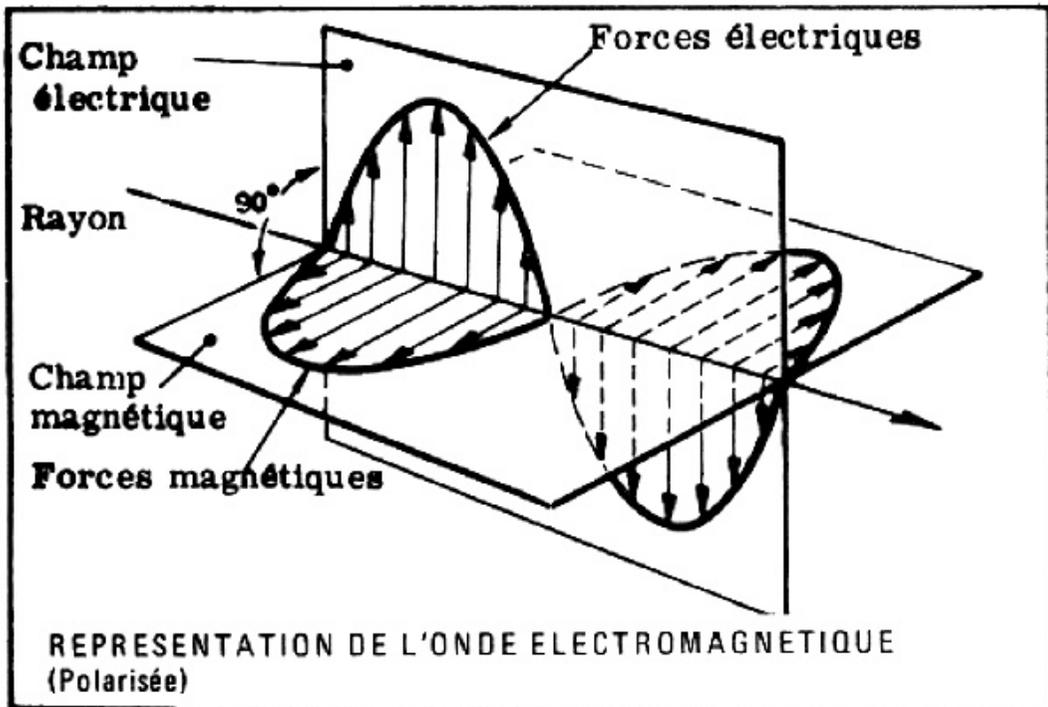


Figure 7

que l'on peut obtenir une onde électro-magnétique simple, comme celle figurant sur la figure 7.

Les forces électriques et magnétiques des différents couples de vibrations composant un rayon de lumière monochrome, vont toujours de pair, augmentant, diminuant et changeant de sens en même temps, comme des danseurs s'accordant parfaitement.

Cet accord parfait a pour résultat que la VITESSE, la LONGUEUR D'ONDE et la FREQUENCE DE LA VIBRATION ELECTRIQUE ET DE LA VIBRATION MAGNETIQUE SONT RESPECTIVEMENT EGALES ENTRE ELLES ; elles sont aussi égales pour tous les autres couples pouvant être présents dans une onde électro-magnétique bien définie.

La vitesse de toutes les ondes électro-magnétiques dans le vide et dans l'air est constante et égale à environ 300.000 km/s, comme nous l'avons déjà établi précédemment pour la lumière (Physique 3 - Figure 2).

La longueur d'onde et la fréquence, peuvent par contre varier considérablement, selon le type de rayonnement.

Les rayonnements de nature électro-magnétique sont nombreux.

Outre la lumière que nous avons examinée jusqu'à présent, il y a les RAYONS INFRAROUGES, qui comprennent les rayons thermiques de la chaleur rayonnante, les RAYONS ULTRA-VIOLETS, les RAYONS X (appelés aussi rayons ROENTGEN), les RAYONS GAMMA et toutes les ONDES RADIO (appelées aussi ONDES HERTZIENNES). Ces rayonnements se propagent dans le vide à la même vitesse, mais ils ont des longueurs d'onde et des fréquences diverses, comme il résulte des tableaux de la figure 8 et de la figure 9.

Sur le tableau de la figure 8, sur lequel sont indiqués, par ordre de longueurs d'ondes croissantes, les différents rayons ultra-violet, visibles et infrarouges, on a utilisé trois unités de longueur différentes :

– l'ANGSTROEM ( $\text{\AA}$ ) équivalent à un dix-milliardième de mètre,

ULTRAVIOLET	LUMIERE	INFRAROUGE
136 Å, limite sup.	400 m $\mu$ , limite sup	0,78 $\mu$ , limite sup
500 Å, ray. Millikan	440 m $\mu$ , violet	1,4 $\mu$ , ray. proche
1200 Å, ray. Lyman	500 m $\mu$ , bleu	3 $\mu$ , ray. moyens
1850 Å, ray. Schuman	560 m $\mu$ , vert	1000 $\mu$ , ray. lointains
2800 Å, ray. lointains	590 m $\mu$ , jaune	
3150 Å, ray. moyens	610 m $\mu$ , orange	
4000 Å, ray. proches	780 m $\mu$ , rouge	
LONGUEURS D'ONDE DE L'ULTRAVIOLET, DE LA LUMIERE ET DE L'INFRAROUGE		

Figure 8

- le MILLIMICRON (m $\mu$ ) équivalent à un milliardième de mètre,
- le MICRON ( $\mu$ ) équivalent à un millionième de mètre.

Dans le tableau de la figure 9, on n'a utilisé que le micron comme unité de longueur d'onde, pour rendre plus aisée la comparaison entre les différents rayonnements. Toutefois, dans les textes de physique on utilise d'habitude l'ANGSTROEM comme unité de mesure pour la lumière et les rayonnement supérieurs (rayons ultra-violet, X et gamma).

Pour les fréquences, on a utilisé dans ce même tableau l'unité de mesure Gigahertz (GHz) égal à un milliard de cycles par seconde.

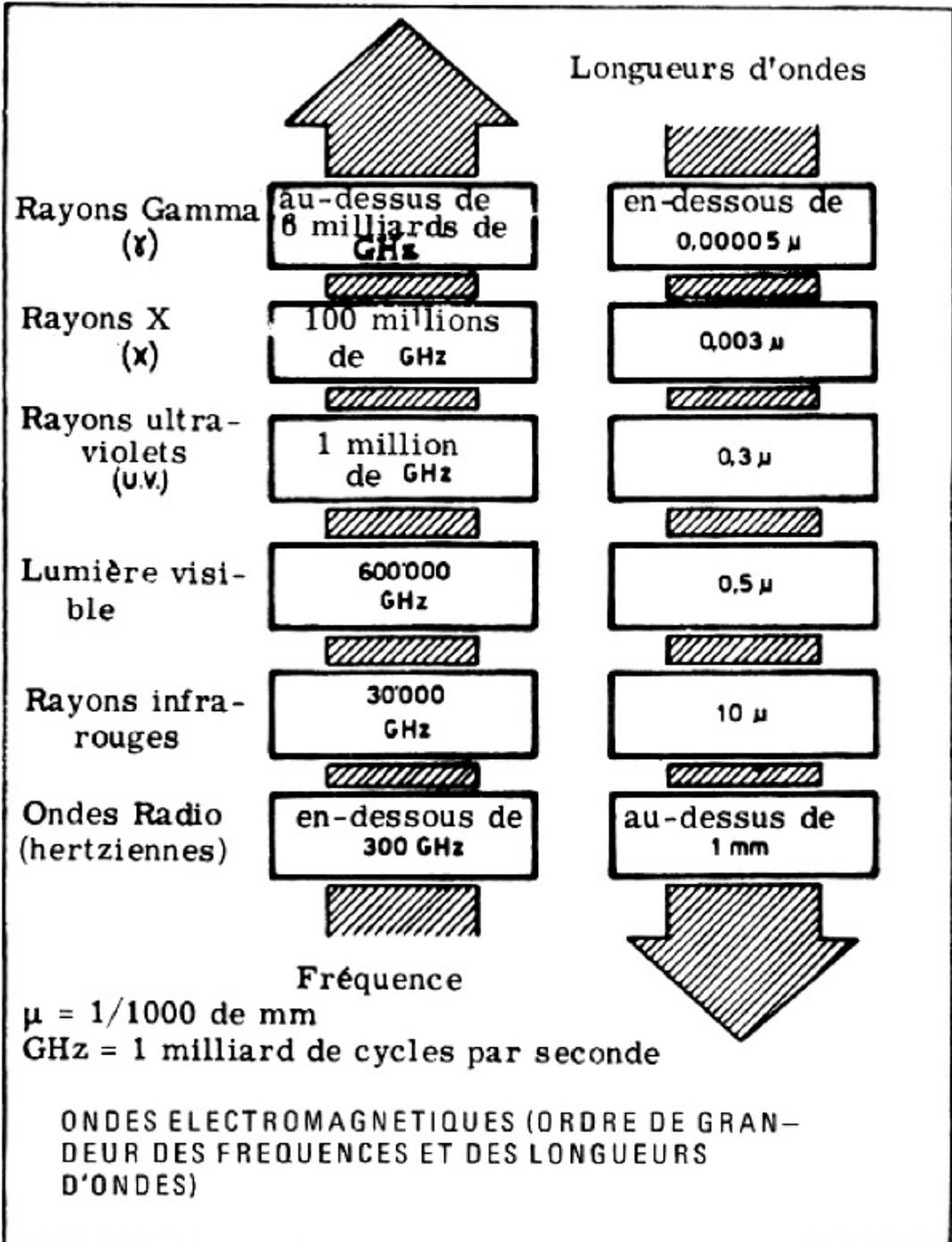


Figure 9

## 2 – L'ATOME

Avant d'illustrer la transmission et la propagation de l'énergie, nous avons fait allusion à certaines tendances "sédentaires" que présenterait l'énergie, qui reste prisonnière de la matière qui l'abrite.

Dire que l'énergie présente des tendances sédentaires est pour le moins impropre, et il est tout aussi impropre de dire que l'énergie est prisonnière de la matière.

Il est plus correct de dire que dans certains cas l'ENERGIE EST OCCUPEE A MAINTENIR LA MATIERE UNIE, en servant de LIEN entre les différentes parties ou particules de la matière.

Prenons par exemple la Terre et l'un des satellites artificiels sur orbite.

La Terre est une grosse portion de matière, et le satellite par contre est une particule minuscule.

Le satellite, en raison de l'impulsion donnée par la fusée propulsive tend à fuir toujours plus loin, dans les espaces cosmiques. Mais à cause de l'attraction terrestre, il tend également à retomber sur le sol.

Pour ce satellite, deux formes d'énergie s'opposent : l'énergie cinétique donnée par la fusée et l'énergie potentielle donnée par la Terre.

Les deux énergies se contrarient mutuellement, mais aucune d'entre elles ne pouvant dominer l'autre, on arrive au compromis que représente l'orbite, sur laquelle le satellite est prisonnier. Il reste proche de la Terre sans toutefois retomber.

La somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle donne l'ENERGIE DE LIEN nécessaire au satellite pour rester en orbite.

La situation du satellite artificiel, prisonnier de l'orbite par l'énergie de lien, se répète aussi dans le secret de la matière.

Dans la "leçon technique 2", nous avons vu que les diverses substances sont composées de MOLECULES et que celles-ci sont à leur tour COMPOSEES D'UN OU PLUSIEURS ATOMES.

Nous avons pris en considération la structure interne des atomes, dans laquelle les ELECTRONS tournent autour du noyau, sur des orbites bien définies.

Entre les ELECTRONS, ELECTRIQUEMENT NEGATIFS, et le NOYAU ELECTRIQUEMENT POSITIF, il existe une force électrique d'attraction, comparable à la force d'attraction qui existe entre les satellites et la Terre. Par conséquent, chaque électron possède une certaine énergie potentielle par rapport au noyau, que l'on appelle ENERGIE DE NIVEAU.

D'autre part, ce même électron en tournant autour du noyau, doit détenir aussi une certaine énergie cinétique. La somme des deux énergies, potentielle et cinétique, constitue l'ENERGIE DE LIEN (appelée aussi FORCE DE COHESION) qui lie chaque électron sur sa propre orbite.

Jusqu'ici tout se passe comme pour le satellite en orbite autour de la Terre.

A la différence des satellites, pouvant occuper une orbite quelconque selon l'énergie cinétique donnée par la fusée propulsive, les électrons sont forcés de tourner sur des pistes bien définies, en évitant de stationner dans les zones relativement larges qui séparent une orbite de l'autre (Figure 10).

Cet espèce de règlement, disciplinant le "trafic" électronique autour du noyau, a une raison d'être bien précise, que nous essayerons de comprendre plus clairement après quelques considérations sur la façon d'affaiblir l'énergie de lien des électrons sur orbite.

Pour AFFAIBLIR L'ENERGIE DE LIEN, il faut fournir à l'électron de l'extérieur une certaine quantité d'énergie, c'est-à-dire qu'il faut donner une impulsion éloignant l'électron du noyau, le mettant sur une nouvelle orbite, sur laquelle l'attraction du noyau se ressent moins et où l'énergie

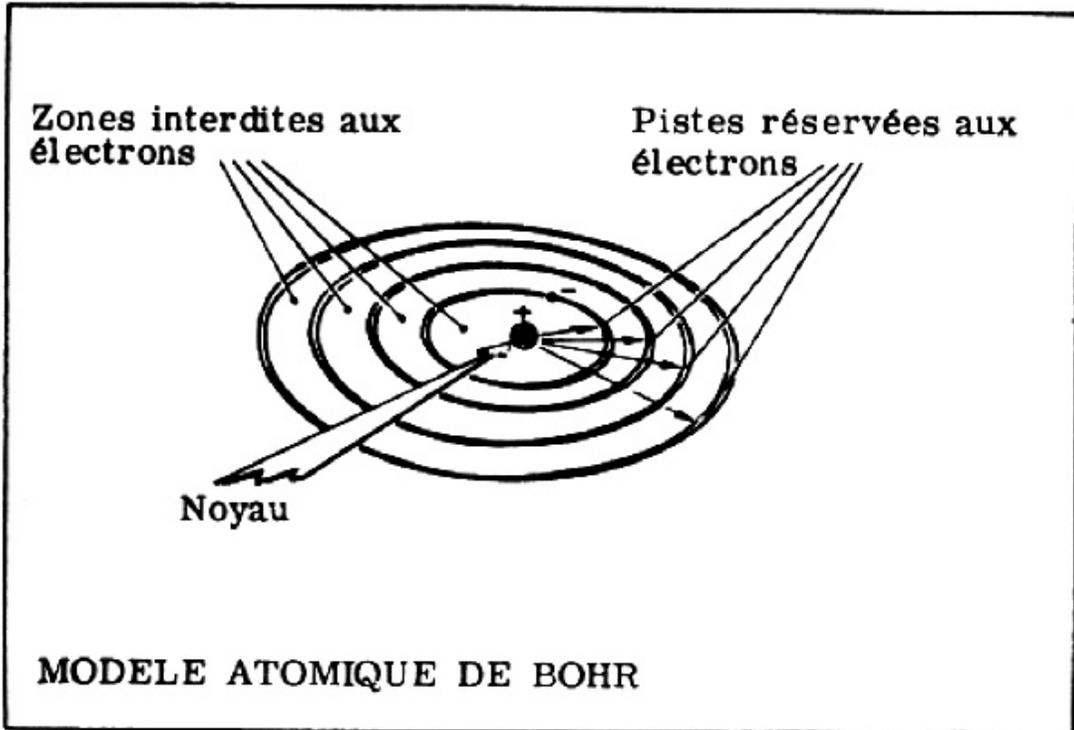


Figure 10

potentielle est plus grande.

Dans ce cas, on dit qu'il y a **EXCITATION** de l'atome, ou que l'atome est **EXCITE** (figure 11-a).

On peut obtenir l'excitation de différentes façons. Par exemple, on peut fournir de l'énergie en réchauffant un corps, de façon à ce que, en augmentant l'agitation thermique, on augmente également la violence des heurts de molécules à molécules, d'atomes à atomes. Au cours d'un tel heurt, il peut arriver que l'énergie cinétique cédée à un électron soit suffisante pour le faire sauter dans une orbite extérieure.

On peut arriver à des résultats analogues en appliquant un champ électrique extérieur, contraire à celui du noyau, ou bien en envoyant une certaine quantité de rayonnements électro-magnétiques (lumière, rayons X).

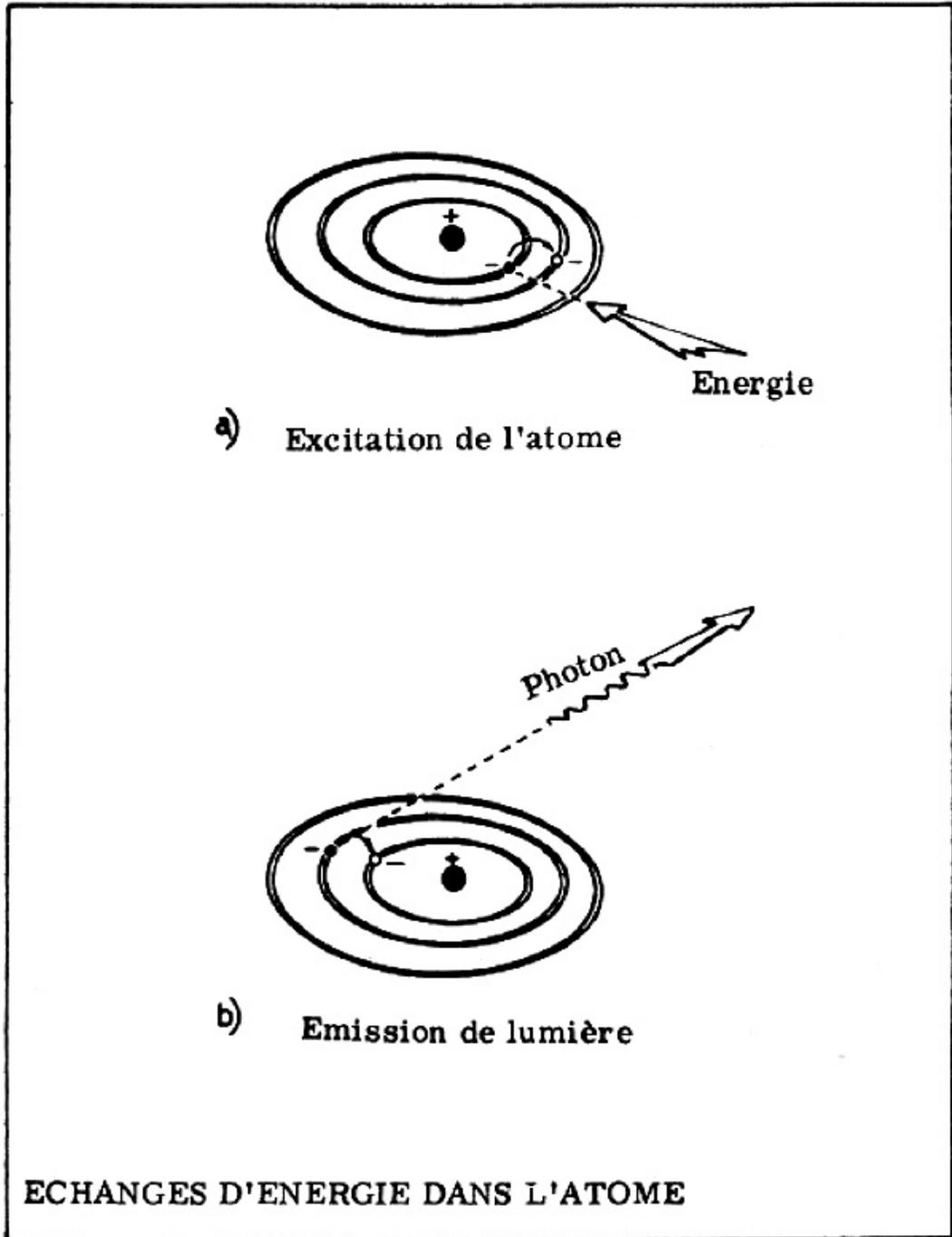


Figure 11

Cette énergie pouvant être absorbée par les électrons est transformée en énergie cinétique par ceux-ci.

Dans tous les cas, quelle que soit la façon dont l'excitation a été produite, l'ELECTRON TEND A RETOURNER SPONTANEMENT SUR SON ORBITE PRIMITIVE, EN RESTITUANT L'ENERGIE POTENTIELLE ACQUISE PENDANT L'EXCITATION ET EN REPRENANT SON ENERGIE CINETIQUE INITIALE.

Toutefois, la restitution de l'énergie s'effectue toujours d'une manière bien définie, à savoir : sous FORME DE LUMIERE, et, dans le cas général sous FORME DE RAYONNEMENT ELECTRO-MAGNETIQUE (figure 11-b).

En outre, LA FREQUENCE DU RAYONNEMENT ET LA QUANTITE D'ENERGIE RESTITUEE SONT RIGOREUSEMENT CONSTANTES POUR CHAQUE TYPE D'ATOME ET POUR CHAQUE ORBITE D'UN MEME ATOME.

Que la fréquence de la lumière, émise par un atome quand il perd son excitation, est toujours la même, ressort des analyses faites par des instruments appropriés appelés SPECTROSCOPES.

Le spectroscope permet d'examiner avec beaucoup de précision les différentes couleurs obtenues par la décomposition de la lumière (Physique 3 - Figure 4). Il permet donc d'établir avec certitude la fréquence qui correspond à chaque émission lumineuse.

Que la quantité d'énergie émise par un atome dans chaque type de rayonnement, est toujours la même, a été établi en 1905 par le savant ALBERT EINSTEIN, sur la base de calculs mathématiques complexes.

Einstein a donné le nom de PHOTON (ou encore QUANTUM DE LUMIERE - le pluriel de QUANTUM est QUANTA) à la quantité d'énergie restituée par les atomes sous forme d'énergie lumineuse.

C'est précisément l'existence des photons qui suggéra à BOHR l'idée d'introduire dans la représentation de l'atome des zones dans lesquelles le

stationnement en orbite est interdit aux électrons (figure 10).

Les considérations faites par Bohr sont très simples.

**L'ATOME EXCITE NE PEUT EMETTRE QU'UNE QUANTITE D'ENERGIE EGALE A CELLE QUI A ETE RECUE PENDANT L'EXCITATION.**

S'il émet une quantité déterminée d'énergie, à savoir un photon, il faut se rappeler que l'atome, pendant l'excitation, absorbe la même quantité déterminée d'énergie.

**LA LONGUEUR DU SAUT** effectué par l'électron pour passer sur l'orbite d'excitation **DEPEND DE L'IMPULSION DONNEE A CE MEME ELECTRON**, donc de l'énergie qui lui a été cédée.

Si, comme il a été constaté, la quantité d'énergie est toujours la même (égale à celle d'un photon), il est évident que l'électron fait toujours le même saut.

Ce saut ne pourra jamais être ni plus court, ni plus long. Donc, l'orbite d'excitation devra toujours se trouver à la distance déterminée, établie par le saut, et il ne pourra pas non plus y avoir d'orbites dans les positions intermédiaires, dans lesquelles l'électron ne peut pas tomber, car son élan n'y est pas adapté.

La charge positive du noyau et le nombre des électrons en révolution, distinguent entre eux les 92 **ELEMENTS NATURELS** (hydrogène, hélium, etc.. jusqu'à l'uranium) et les 11 **ELEMENTS ARTIFICIELS** (neptunium, plutonium, etc.. jusqu'au lawrencium) dont la liste se trouve sur le tableau de la figure 12.

Si nous observons ce tableau, nous remarquons que dans chaque petit rectangle, à côté du nom et du symbole de l'élément, se trouve également indiqué, en haut, un nombre appelé **NOMBRE ATOMIQUE**.

Il indique le nombre des électrons qui tournent autour de leur noyau respectif.

TABLEAU DES ELEMENTS														
	Groupes I	Groupes II	Groupes III	Groupes IV	Groupes V	Groupes VI	Groupes VII	Groupes VIII	Groupes IX					
1ère Période	1 Hydrogène H								2 Hélium He					
2ème Période	3 Lithium Li	4 Béryllium Be	5 Bore B	6 Carbone C	7 Azote N	8 Oxygène O	9 Fluor F		10 Néon Ne					
3ème Période	11 Sodium Na	12 Magnésium Mg	13 Aluminium Al	14 Silicium Si	15 Phosphore P	16 Soufre S	17 Chlore Cl		18 Argon Ar					
4ème Période	19 Potassium K	20 Calcium Ca	21 Scandium Sc	22 Titane Ti	23 Vanadium V	24 Chrome Cr	25 Manganèse Mn	26 Fer Fe	27 Cobalt Co	28 Nickel Ni				
	29 Cuivre Cu	30 Zinc Zn	31 Gallium Ga	32 Germanium Ge	33 Arsenic As	34 Sélénium Se	35 Brome Br			36 Krypton Kr				
	37 Rubidium Rb	38 Strontium Sr	39 Yttrium Y	40 Zirconium Zr	41 Niobium Nb	42 Molybdène Mo	43 Technétium Tc	44 Ruthénium Ru	45 Rhodium Rh	46 Palladium Pd				
	47 Argent Ag	48 Cadmium Cd	49 Indium In	50 Étain Sn	51 Antimoine Sb	52 Tellure Te	53 Iode I			54 Xénon Xe				
5ème Période	55 Césium Cs	56 Baryum Ba	57 - 71 Terres Rares	72 Hafnium Hf	73 Tantalum Ta	74 Tungstène W	75 Rhénium Re	76 Osmium Os	77 Iridium Ir	78 Platine Pt				
	79 Or Au	80 Mercure Hg	81 Thallium Tl	82 Plomb Pb	83 Bismuth Bi	84 Polonium Po	85 Astatine At			86 Radon Rn				
7ème Période	87 Francium Fr	88 Radium Ra	89 - 103 Éléments radioactifs et transuraniens.											
T E R R E S R A R E S														
57 Lanthane La	59 Praseodyme Pr	60 Néodyme Nd	61 Prométhéum Pm	62 Samarium Sm	63 Europium Eu	64 Gadolinium Gd	65 Terbium Tb	66 Dysprosium Dy	67 Holmium Ho	68 Erbium Er	69 Thulium Tm	70 Ytterbium Yb	71 Lutécium Lu	
ELEMENTS RADIO-ACTIFS ET TRANSURANIENS														
88 Actinium Ac	90 Thorium Th	91 Protactinium Pa	92 Uranium U	93 Neptunium Np	94 Plutonium Pu	95 Américium Am	96 Curium Cm	97 Berkélium Bk	98 Californium Cf	99 Einsteinium Es	100 Fermium Fm	101 Mendélévium Md	102 Nobelium No	103 Lawrencium Lw

Figure 12

La subdivision du tableau en groupes a été faite en mettant dans la même colonne tous les éléments qui ont les mêmes propriétés chimiques et électriques.

Ces propriétés dépendent des électrons présents dans les orbites extérieures de l'atome, et de la facilité avec laquelle on peut ajouter ou enlever des électrons sur ces orbites.

La subdivision en périodes, a été faite sur la base de l'observation que les PROPRIETES CHIMIQUES ET ELECTRIQUES SE REPETENT AVEC UNE CERTAINE REGULARITE AU FUR ET A MESURE QUE LES NOMBRES ATOMIQUES VONT CROISSANT.

Ce tableau a été composé en s'inspirant d'une très importante classification des éléments connus alors, établie par le savant Russe D .MEN-DELEEV et qui a été publiée en 1868 (nom souvent orthographié MEN-DELEÏEV, MENDELEEF ou MENDELEYEV).

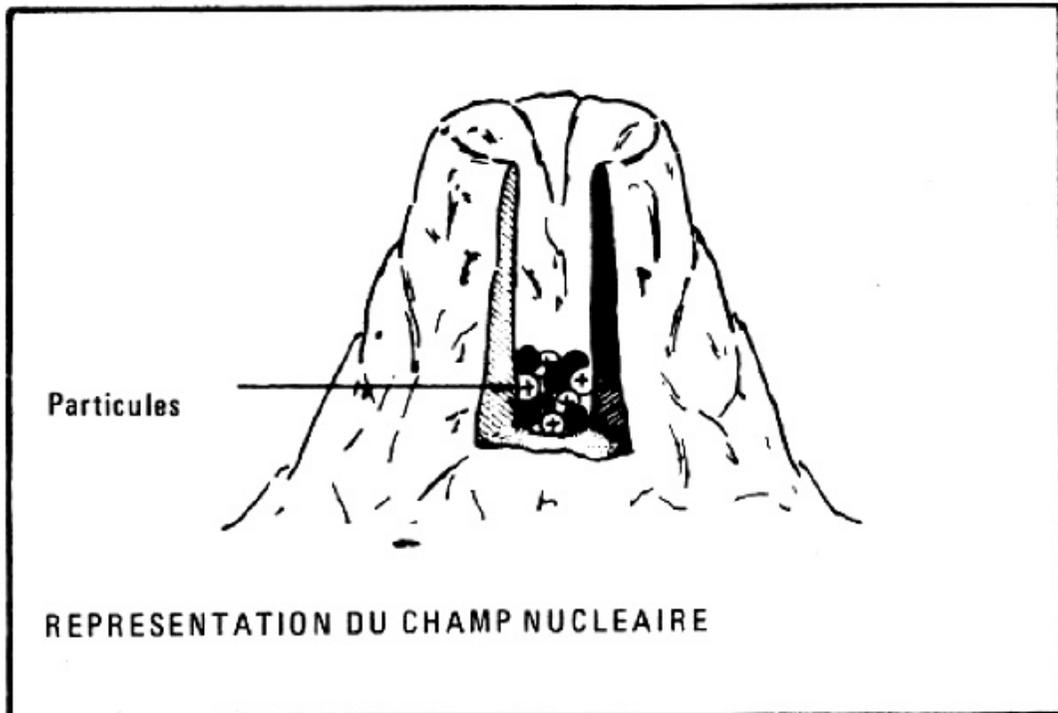


Figure 13

Pour conclure les leçons de physique, nous ajouterons quelques mots sur la structure interne du noyau atomique.

La composition du noyau est singulière sous certains aspects, particulièrement si l'on considère les atomes ayant plus d'un électron et dont le noyau doit donc contenir plus d'une charge positive élémentaire.

Sur la figure 13 on peut voir une représentation, tout à fait imaginaire, du noyau et du champ nucléaire.

Les billes entassées au fond du cratère représentent les particules de matière et les charges électriques contenues dans le noyau.

Les parois qui entourent le cratère représentent les limites entre lesquelles se font ressentir les forces nucléaires internes, qui maintiennent les particules réunies et attestent la présence d'une appréciable énergie de lien.

Sans cette énergie, la répulsion existant entre les charges positives provoquerait la désagrégation rapide du noyau.

Au cours des dernières décennies, les physiciens ont construit des dispositifs appropriés pour bombarder le noyau, en lançant de petites particules contre cette barrière que la nature a placée tout autour du centre de l'atome.

De cette manière ils ont libéré les énormes quantités d'énergie de lien et obtenu les effets bien connus des explosions atomiques, et ceux plus rassurants des piles atomiques.

