

dans la production d'un phénomène quelconque. Une goutte d'eau qui tombe, une masse gazeuse que le soleil échauffe, un fil tordu dont on élève la température, une réaction capable de modifier la nature d'un corps sont des sources d'électricité.

Mais si toutes les réactions chimiques sont des réactions électriques, ainsi qu'on le dit aujourd'hui, si le soleil ne peut transformer la température d'un corps sans dégager de l'électricité, si une goutte de pluie ne peut tomber sans la produire, il est évident que son rôle dans la vie des êtres doit être prépondérant. C'est en effet ce que l'on commence à admettre. Il ne s'opère pas un seul changement dans les cellules, il ne s'accomplit aucune réaction vitale dans les tissus sans que l'électricité intervienne. M. Berthelot a montré récemment le rôle important des tensions électriques auxquelles sont constamment soumis les végétaux. Les variations du potentiel électrique de l'atmosphère sont énormes, puisqu'elles peuvent osciller entre 600 et 800 volts par des temps sereins, et s'élever à 15.000 volts par la chute de la moindre pluie. Ce potentiel croît de 20 à 30 volts par mètre de hauteur par un beau temps et de 400 à 500 volts par un temps de pluie pour la même élévation. « Ces chiffres, dit-il, donnent une idée de la différence de potentiel qui existe, soit entre la pointe supérieure d'une tige dont l'autre extrémité est enfoncée dans le sol, soit entre les sommets d'une plante ou d'un arbre qui s'y trouve installé et la couche d'air qui baigne cette pointe ou ces sommets. » Le même savant a prouvé que les effluves engendrés par ces différences de tension pouvaient provoquer de nombreuses réactions chimiques : fixation de l'azote sur les hydrates de carbone, dissociation de l'acide carbonique en oxyde de carbone et oxygène, etc.

Lorsque nous avons constaté le phénomène de la dissociation générale de la matière, nous nous som-

mes demandé si l'universelle électricité, dont l'origine restait si inexplicquée, n'était pas précisément la conséquence de l'universelle dissociation de la matière.

Nos expériences ont pleinement vérifié cette hypothèse. Elles ont prouvé que l'électricité est une des formes les plus importantes de l'énergie intra-atomique libérée par la dématérialisation de la matière.

Nous avons été amené à cette conclusion après avoir constaté que les produits qui s'échappent d'un corps électrisé sous une tension suffisante, sont tout à fait identiques à ceux que donnent les substances radioactives en voie de se dissocier. Les divers moyens employés pour obtenir de l'électricité, le frottement, notamment, ne font que hâter la dissociation de la matière.

Nous renverrons pour les détails de cette démonstration au chapitre où ce sujet est traité, nous bornant dans celui-ci à indiquer sommairement les diverses généralisations qui découlent de la doctrine de l'énergie intra-atomique. Ce n'est pas l'électricité seule mais aussi la chaleur solaire, comme nous allons le voir, qui peut être considérée comme une de ses manifestations.

§ 3 — ORIGINE DE LA CHALEUR SOLAIRE

A mesure que nous avons approfondi l'étude de la dissociation de la matière, l'importance de ce phénomène a constamment grandi.

Après avoir reconnu que l'électricité peut être considérée comme une de ses manifestations, nous nous sommes demandé si cette dissociation de la matière et sa résultante, la libération de l'énergie intra-atomique, ne seraient pas également la cause, si ignorée encore, de l'entretien de la chaleur solaire.

Les diverses hypothèses invoquées jusqu'ici pour

expliquer le maintien de cette chaleur — la problématique chute de météorites sur le soleil, par exemple, — ayant toujours semblé d'une insuffisance extrême, il était nécessaire d'en chercher d'autres.

Etant donnée l'énorme quantité d'énergie accumulée dans les atomes, il suffirait que leur dissociation fût plus rapide qu'elle ne l'est aujourd'hui sur les globes refroidis pour fournir la quantité de chaleur nécessaire au maintien de l'incandescence des astres.

Et il ne serait nullement besoin de présumer, comme on l'a fait, alors qu'on supposait que le radium était le seul corps capable de produire de la chaleur en se dissociant, l'invraisemblable présence de cette substance dans le soleil, puisque les atomes de tous les corps contiennent une immense provision d'énergie.

Soutenir que les astres, tels que le soleil, peuvent entretenir d'eux-mêmes leur température par la chaleur résultant de la dissociation de leurs atomes constitutifs, semble revenir à dire qu'un corps chaud serait capable de maintenir lui-même sa température sans aucun apport extérieur. Or, chacun sait qu'une matière incandescente, un bloc de métal chauffé par exemple, abandonnée à elle-même, se refroidit très vite par rayonnement, bien qu'elle soit le siège d'une dissociation atomique importante.

Elle se refroidit, en effet, mais simplement, parce que l'élévation de température produite par la dissociation de ses atomes pendant son incandescence est infiniment trop faible pour compenser sa perte de chaleur par le rayonnement. Les corps qui se dissocient le plus rapidement, comme le radium, peuvent à peine maintenir leur température à plus de 3° à 4° au-dessus de celle du milieu ambiant.

Mais supposons que la dissociation d'un corps quelconque soit seulement un millier de fois plus rapide que celle du radium, la quantité d'énergie

émise serait alors plus que suffisante pour le maintenir en état d'incandescence.

Toute la question est donc de savoir si, à l'origine des choses, c'est-à-dire à l'époque où les atomes se formèrent par des condensations de nature ignorée, ils ne possédaient pas une quantité d'énergie telle qu'ils aient pu ensuite maintenir grâce à leur lente dissociation les astres en incandescence.

Cette supposition a pour appui les divers calculs que j'ai présentés sur la grandeur immense de l'énergie contenue dans les atomes. Les chiffres donnés sont considérables, et cependant J.-J. Thomson, qui a repris récemment la question, aboutit à cette conclusion que l'énergie actuellement concentrée dans les atomes n'est qu'une insignifiante portion de celle qu'ils contenaient jadis et qu'ils ont perdue par rayonnement. D'une façon indépendante, et antérieurement, le professeur Filippo Re était arrivé à une conclusion identique.

Si donc les atomes renfermaient jadis une quantité d'énergie très supérieure à celle, pourtant formidable, qu'ils possèdent encore, ils ont pu, en se dissociant, dépenser pendant de longues accumulations d'âges, une partie de la gigantesque réserve de forces entassées dans leur sein à l'origine des choses. Ils ont pu et peuvent encore, par conséquent, maintenir à une très haute température les astres tels que le soleil et les étoiles.

Cependant, dans la suite des temps, la provision d'énergie intra-atomique des atomes de certains astres a fini par se réduire et leur dissociation est devenue de plus en plus lente. Finalement, ils acquièrent une croissante stabilité, se dissocièrent très lentement et sont devenus tels qu'on les observe aujourd'hui sur les astres refroidis comme la terre et les autres planètes.

Si les théories formulées dans ce chapitre sont

*à l'origine
des choses
ou se situent
à l'époque
initiale.*

*à l'origine
des choses
ou se situent
à l'époque
initiale.*

*? Ça se passe
un instant
de l'origine
des choses*

seconde

exactes, l'énergie intra-atomique manifestée pendant la dématérialisation de la matière constitue l'élément fondamental dont la plupart des autres forces dérivent. Ce n'est pas seulement l'électricité qui serait une de ses manifestations, mais encore la chaleur solaire, source première de la vie et de la plupart des énergies dont nous disposons. Cette étude, qui nous révèle la matière sous un jour tout nouveau, permet déjà de jeter des lueurs imprévues sur la Mécanique supérieure de notre univers.

*Je de todo o universo.
E' bem não confundir universo com
o nosso sistema solar.*

CHAPITRE IV

Les objections à la doctrine de l'énergie intra-atomique.

Les critiques provoquées par mes recherches sur l'énergie intra-atomique prouvent qu'elle ont intéressé beaucoup de savants. Une théorie nouvelle ne pouvant être solidement établie que par la discussion, je les remercie de leurs objections, et vais tâcher d'y répondre.

La plus importante a été soulevée par plusieurs membres de l'Académie des sciences. Voici ce que m'écrivait un des plus éminents d'entre eux M. Poincaré après la publication de mes recherches.

« J'ai lu votre mémoire avec le plus grand intérêt. Il soulève bien des questions troublantes. Un point sur lequel je voudrais attirer votre attention, c'est l'opposition entre votre conception et celle de l'origine de la chaleur solaire d'après Helmholtz et lord Kelvin.

« Quand la nébuleuse se condense en soleil, son énergie primitivement potentielle se transforme en chaleur qui se dissipe ensuite par rayonnement.

« Quand les *sous-atomes* se réunissent pour former un atome, cette condensation emmagasine de l'énergie sous forme potentielle, et c'est quand l'atome se désagrège que cette énergie reparait sous forme de chaleur (dégagement de chaleur par le radium).

« Ainsi la réaction : nébuleuse-soleil, est exothermique. La réaction sous-atomes isolés, atomes est endothermique, mais si cette « combinaison » est endothermique, comment est-elle si extraordinairement stable ? »

Un autre membre de l'Académie des sciences M. Paul Painlevé a formulé la même objection dans les termes suivants :

« La thermodynamique nous a appris les tempéraments qu'il faut apporter au célèbre principe du travail maximum; nous savons que, pour une combinaison chimique, stabilité et exothermie ne sont pas rigoureusement synonymes. Il n'en reste pas moins que la possibilité d'une « combinaison » à la fois extraordinairement stable et extraordinairement endothermique, est quelque chose de contraire, non point du tout au principe de la conservation de l'énergie, mais à l'ensemble des faits qui, jusqu'en ces dernières années, ont été scientifiquement constatés¹.

Cette objection est simultanément venue à l'esprit de plusieurs savants. Voici comment s'exprime M. Naquet, ancien professeur de chimie à la Faculté de médecine de Paris, qui ne connaissait pas les réflexions de M. Poincaré.

« Il est un point cependant que je trouve embarrassant, surtout si je me rallie à l'hypothèse de Gustave Le Bon, la plus séduisante de toutes... Si les atomes dégagent de la chaleur en se détruisant, ils sont endothermiques, et, par analogie, ils devraient être excessivement instables; or c'est au contraire ce qu'il y a de plus stable dans l'univers.

« Il y a là une contradiction inquiétante. Il ne faudrait cependant pas attacher à cette difficulté plus d'importance qu'elle n'en a. — Toutes les fois que de grands systèmes ont surgi, il s'est rencontré des difficultés de cet ordre. Leurs auteurs ne s'en sont pas préoccupés. Si Newton et ses successeurs s'étaient laissé arrêter par les perturbations qu'ils observaient, la loi de la gravitation universelle n'aurait jamais été formulée². ●

L'objection de MM. Henri Poincaré, Painlevé et Naquet est d'une justesse évidente. Elle serait irréfutable si elle s'appliquait à des composés chimiques ordinaires, mais les lois applicables aux équilibres chimiques moléculaires ne semblent pas l'être du tout aux équilibres intra-atomiques. L'atome seul possède

1. *Réflexions à propos de la Théorie de l'Évolution de la matière de Gustave Le Bon* par Paul Painlevé de l'Institut, *Revue scientifique*, du 27 janvier 1906.

2. *Revue d'Italie*, mars et avril 1904.

ces deux propriétés contradictoires : être à la fois très stable et instable. Il est très stable, puisque les réactions chimiques le laissent suffisamment intact pour que nos balances retrouvent toujours son poids. Il est très instable puisque des causes aussi légères qu'un rayon de soleil, une élévation minime de température suffisent à commencer sa dissociation. Cette dissociation est faible, sans doute, relativement à la quantité énorme d'énergie accumulée dans l'atome, elle ne change pas plus sa masse que la pelletée de terre retirée d'une montagne n'en change le poids appréciable. Elle est certaine pourtant. Il s'agit donc de phénomènes particuliers auxquels nulle des lois habituelles de la chimie ordinaire ne semble applicable. Nous avons d'ailleurs consacré un chapitre entier de cet ouvrage à rechercher comment malgré sa stabilité la matière peut se dissocier.

M. Armand Gautier, membre de l'Institut et professeur de chimie à la Faculté de médecine de Paris, s'est aussi occupé de l'énergie intra-atomique dans un article qu'il a publié¹ à propos de mes recherches. Il admet que c'est sous forme de mouvements giratoires que l'énergie intra-atomique peut exister. Je n'avais pas voulu entrer dans trop de détails sur ce point dans mes mémoires, parce qu'il constitue évidemment une hypothèse, et je m'étais borné à comparer l'atome à un système solaire, comparaison à laquelle plusieurs physiciens sont arrivés par des voies diverses. Sans de tels mouvements giratoires on ne pourrait concevoir de condensation d'énergie dans l'atome. Avec ces mouvements, elle devient facile à expliquer. Trouvez le moyen, comme je l'ai précédemment indiqué, d'imprimer à un corps de dimension quelconque, fût-elle inférieure à celle d'une tête d'épingle,

1. *Revue scientifique*, février 1904, p. 213.

*1/20000 celerité
à force que
l'atome se décompose.*

une vitesse de rotation suffisante, et vous lui communiquerez une provision d'énergie aussi considérable que vous pouvez le souhaiter. C'est cette condition que réalisent précisément les particules des atomes pendant leur dissociation.

M. l'ingénieur Despaux repousse entièrement au contraire, l'existence de l'énergie intra-atomique. Voici ses raisons :

« C'est la dissociation de la matière qui, suivant Gustave Le Bon serait la cause de l'énergie énorme manifestée dans la radio-activité.

« C'est bien là une vue nouvelle, révolutionnaire au premier chef. La science admet l'indestructibilité de la matière, et c'est le dogme fondamental de la chimie ; elle admet la conservation de l'énergie et elle en a fait la base de sa mécanique ; ce sont là deux conquêtes auxquelles il faudrait donc renoncer ; la matière se transformerait en énergie et inversement.

« Cette conception est assurément séduisante, et, au plus haut point, philosophique, mais cette transformation, si elle s'opère, ne se fait que par une évolution lente et, pour une époque donnée, tous les phénomènes étudiés par la science portent à croire que la quantité de matière et la quantité d'énergie sont invariables.

« Une autre objection se dresse, d'ailleurs formidable. Est-il possible qu'une quantité si minime de matière porte dans ses flancs une quantité si considérable d'énergie ? Notre raison se refuse à le croire¹.

*1/20000 celerité
à force que
l'atome se décompose.*

Laissons de côté le principe de la conservation de l'énergie qui ne peut être évidemment discuté en quelques lignes et qui reste, au surplus, partiellement intact, si on admet que l'atome, en se dissociant, ne fait que restituer l'énergie qu'il a emmagasinée à l'origine des âges, pendant sa formation. Les objections de M. Despaux se réduisent alors à celle-ci : que la raison se refuse à admettre que la matière puisse recéler une quantité si considérable d'énergie.

Je me bornerai à répondre qu'il s'agit ici d'un fait d'expérience suffisamment prouvé par l'émission de particules douées d'une vitesse de l'ordre de celle de

¹. Revue scientifique, 2 janvier 1904.

la lumière et par la grande quantité de calories que dégage le radium. Le nombre de choses que la raison s'est d'abord refusée à reconnaître et qu'elle a cependant dû finir par admettre est considérable.

Pourtant, je reconnais volontiers que cette conception de l'atome, source énorme d'énergie et d'énergie telle qu'un gramme d'un corps *quelconque* renferme l'équivalent de plusieurs milliards de kilogrammètres, est trop contraire aux idées reçues pour pénétrer rapidement les esprits, mais cela tient uniquement à ce que les moules intellectuels fabriqués par l'éducation ne changent pas facilement. M. A. Duclaud l'a fort bien dit dans un article sur le même sujet dont voici un extrait¹ :

« Les conséquences des expériences de Gustave Le Bon, qui semblent s'élever contre les dogmes scientifiques de la conservation de l'énergie et de l'indestructibilité de la matière, ont suscité de nombreuses objections. Il en ressort que les esprits se prêtent difficilement à admettre que la matière puisse émettre spontanément (c'est-à-dire d'elle-même, sans aucun concours extérieur), des quantités plus ou moins considérables d'énergie. Cela provient de ce très vieux concept de la « dualité de force et matière » qui, nous portant à les considérer comme deux termes distincts, nous fait regarder la matière comme inerte par elle-même... on peut regarder la matière comme non inerte, comme étant « un colossal réservoir de forces qu'elle peut dépenser sans rien emprunter au dehors », sans pour cela porter atteinte au principe de la conservation de l'énergie.

« Mais l'attaque paraît plus grave, qui vise à l'indestructibilité de la matière. Toutefois, je crois qu'en y réfléchissant bien, on ne doit voir là qu'une question de mots.

« En effet, Gustave Le Bon nous présente quatre stades successifs de la matière... En exposant que tout retourne à l'éther, il accorde aussi que tout en provient. « Les mondes y naissent, et ils y vont mourir », nous dit-il.

« Le pondérable sort de l'éther et y retourne, sous des influences multiples. C'est-à-dire que l'éther est le réservoir, à la fois réceptacle et déversoir de la matière. Or, à moins d'admettre qu'il y ait déperdition de la part de l'éther, fuite du réservoir durant le cours de ce perpétuel échange entre le pondérable et l'impondérable, on ne peut pas conclure qu'il y ait disparition d'une quan-

1. *Revue Scientifique*, 2 avril 1904.

tité quelconque de matière. Et l'idée d'une déperdition de la part de l'éther est inadmissible, puisque, par hypothèse, l'éther remplit tout l'espace. »

M. Laisant examinateur à l'École polytechnique a formulé une idée analogue sur le rôle probable de l'éther dans un travail important qu'il a consacré à l'exposé de nos recherches¹.

« Une petite quantité de matière, un gramme par exemple, renferme, d'après la théorie de Gustave Le Bon, une somme d'énergie qui, si elle était libérée représenterait bien des milliards de kilogrammètres. Que devient-elle avec cette conception d'un éther immatériel dans lequel la matière vient se perdre. C'est une sorte de nirvana final (suivant le mot de l'auteur), un néant infini et immobile recevant tout et ne rendant rien.

Au lieu de cet éternel cimetière des atomes, j'ai plutôt une tendance à voir dans l'éther le perpétuel laboratoire de la nature. J'irais presque jusqu'à dire qu'il est à l'atome ce qu'en biologie le protoplasma est à la cellule. Tout y va et tout en vient. C'est une forme de la matière, forme originelle et finale à la fois. »

Je n'ai aucune raison de contredire les deux auteurs précédents sur le sort de la matière lorsqu'elle a disparu. Tout ce que j'ai voulu établir, en effet, c'est que la matière pondérable s'évanouit sans retour en libérant les forces énormes qu'elle contient. Revenue dans l'éther, la matière a irrévocablement cessé d'exister pour nous. Son individualité a complètement disparu. Elle est devenue quelque chose d'inconnaisable éliminé de la sphère du monde accessible à nos sens où à nos instruments. Il y a sûrement beaucoup plus de distance entre la matière et l'éther qu'entre le carbone ou l'azote et les êtres vivants formés par leurs combinaisons, Le carbone et l'azote peuvent, en effet, recommencer indéfiniment leur cycle en retombant sous les lois de la vie, alors que la matière retournée à l'éther ne peut plus redevenir matière ou, au moins ne le pourrait que par les accumulations

1. *L'enseignement mathématique*, 15 janvier 1906.

*Le a ether peut
matérielle car il
n'est à l'atome
tous*

*l'inquante n'au
entra en nous
turbilhon*

*pour le n'au des
matérialisme*

*Bon
crists*

colossales d'énergie qui demandèrent de longues successions d'âges pour se former et que nous ne saurions produire sans posséder la puissance attribuée par la Genèse au créateur. *(a comparacii e practica)*

Je n'ai pas voulu, me proposant de traiter ce point dans un autre ouvrage, aborder les objections tirées des principes de la thermodynamique. C'est ce point qu'a surtout traité le professeur H. Lorent dans un long et savant mémoire consacré à la critique de mes recherches¹. Un pénétrant physicien M. le professeur Bernard Brunhes m'a fait des objections analogues dans un mémoire sur la dégradation de l'énergie. Je discuterai ces objections dans un prochain livre et me bornerai à dire maintenant que le principe de la conservation de l'énergie est assez souple comme le fait remarquer M. H. Poincaré pour qu'on puisse y faire rentrer tout ce qu'on veut. *(mas obstaculo a energia degradata)*

Ce sont, généralement, les mathématiciens et les ingénieurs qui accueillirent mes idées avec le plus de faveur. Dans son discours d'inauguration, comme président de l'Association française pour l'avancement des Sciences, M. Laisant que je citais plus haut a reproduit une de mes plus importantes conclusions et montré toute la portée qu'elle pourrait avoir dans l'avenir.

Mais c'est surtout à l'étranger que ces idées ont trouvé le plus d'écho. M. le professeur Filippo Re les a longuement exposées dans la *Rivista di Fisica*, et dans une revue technique uniquement destinée aux ingénieurs², M. le professeur Somerhausen leur a consacré un mémoire dont je vais donner quelques extraits, parce qu'ils montrent que les principes fondamentaux de la science actuelle n'avaient pas inspiré des convictions bien inébranlables à beaucoup d'esprits réfléchis.

1. Les théories du Dr Gustave Le Bon sur l'Évolution de la matière, *Bulletin de la société chimique de Belgique*, t. XX, nos 1 et 2, 1906.

2. *Bulletin de l'Association des ingénieurs de l'École polytechnique de Bruxelles*, décembre 1903.

« *Une révolution scientifique.* Ce titre se trouve bien ici à sa place, car les faits et les hypothèses dont nous allons parler ne tendent rien moins qu'à saper deux principes que nous admettions comme les fondements les plus inébranlables de l'édifice scientifique... Si on se libère de la tendance à ranger les faits nouveaux sous des catégories connues, on devra admettre que les faits si remarquables que nous avons examinés ne peuvent s'expliquer par les modalités connues de l'énergie et qu'il faut nécessairement les interpréter avec Gustave Le Bon comme une manifestation de l'énergie insoupçonnée.

« Nous avons constaté, d'une part, le phénomène nouveau de la dissociation atomique, d'autre part, la production d'une énergie considérable sans explication possible par les modes connus. Il est évidemment conforme à la logique de rattacher les deux faits l'un à l'autre et d'attribuer à la destruction de l'atome, la mise en liberté de l'énergie nouvelle, de l'énergie *intra-atomique.*

« ... Gustave Le Bon admet que l'atome dissocié a acquis des propriétés intermédiaires entre la matière et l'éther; entre le pondérable et l'impondérable; mais, au point de vue des effets tout se passe comme s'il y avait transformation directe de la matière en énergie... Nous voyons donc intervenir ici la matière comme source directe d'énergie, ce qui met en défaut toutes les applications du principe de la conservation de l'énergie. Et comme nous avons dû admettre la possibilité de la destruction de la matière, nous devons admettre la possibilité de création d'énergie. Nous entrevoyons maintenant la possibilité, en combinant les termes matière et énergie, d'arriver à une équation définitive que l'on pourra regarder comme le symbole le plus élevé des phénomènes de l'univers.

« Ce sera certes une des plus grandes conquêtes de la science, après avoir franchi le stade de l'unité de la matière, d'arriver à joindre le domaine de la matière avec celui de l'énergie et de faire disparaître ainsi la dernière discontinuité dans la structure du monde. » *de l'univers.*

Parmi les objections que je dois mentionner, il en est une qui a dû venir certainement à l'esprit de plusieurs personnes. Elle fut formulée par M. le professeur Pio, dans un des quatre articles que, sous ce titre : *Interatomic energy*, il a publié sur mes recherches dans une grande revue scientifique anglaise¹. Je la discuterai après la reproduction de quelques passages de ces articles.

1. *English mechanic and world of science*, numéros du 21 janvier, 4 mars, 15 avril et 13 mai 1904.

« Tous les nouveaux phénomènes, rayons cathodiques, effluves du radium, etc., ont trouvé leur explication dans la doctrine de la dissociation de la matière, de Gustave Le Bon... Le phénomène de la dissociation de la matière, découvert par ce dernier, est aussi merveilleux qu'étonnant. Il n'a pas excité cependant la même attention que la découverte du radium, parce qu'on n'a pas compris le lien étroit qui rattachait ces deux découvertes... Ces expériences ouvrent aux inventeurs une perspective qui dépasse tous les rêves. Il y a dans la nature une source immense de forces que nous ne connaissons pas... La matière n'est plus une chose inerte, mais un prodigieux magasin d'énergie... La théorie de l'énergie intra-atomique conduit à une conception entièrement nouvelle des forces naturelles... Nous ne connaissions jusqu'ici que des forces agissant du dehors sur les atomes : gravitation, chaleur, lumière, affinité, etc. Maintenant l'atome apparaît comme un générateur d'énergie indépendant de toute force extérieure. Tous ces phénomènes serviront de fondement à une théorie nouvelle de l'énergie. »

L'objection de l'auteur à laquelle je faisais allusion est celle-ci :

Comment, demande-t-il, des particules émises sous l'influence de l'énergie intra-atomique avec une énorme vitesse, ne rendent-elles pas incandescents par leur choc les corps qu'elles viennent frapper? Où l'énergie dépensée va-t-elle?

La réponse est la suivante : si les particules sont lancées en nombre suffisant, elles peuvent, en effet, rendre incandescents les métaux par leur choc, comme cela s'observe sur l'anticathode des ampoules de Crookes. Avec le radium, et à plus forte raison avec les corps ordinaires infiniment moins actifs, l'énergie est produite trop lentement pour engendrer des effets aussi importants. Elle peut tout au plus, ainsi qu'il arrive pour le radium, échauffer de 2 ou 3 degrés la masse du corps lui-même. Le radium dégageant, suivant les mesures de Curie, 100 calories-gramme par heure, cette quantité ne pourrait échauffer que de 1° en une heure la température de 100 grammes d'eau. C'est trop peu évidemment pour élever d'une façon sensible la température d'un métal, surtout si on considère qu'il se refroidit par rayonnement en même temps qu'il s'échauffe.

Certes, il en serait tout autrement si le radium ou tout autre corps se dissociait rapidement au lieu de mettre des siècles à le faire. Le savant qui trouvera le moyen de dissocier instantanément 1 gramme d'un métal quelconque, radium, plomb ou argent, ne verra pas les résultats de son expérience. L'explosion produite serait tellement formidable que son laboratoire et toutes les maisons voisines seraient instantanément pulvérisées avec leurs habitants. On n'arrivera probablement jamais à une dissociation aussi complète, bien que M. de Heen attribue à des explosions de cette sorte la brusque disparition de quelques étoiles, mais on peut espérer rendre moins lente la dissociation partielle des atomes. Je fonde cette assertion, non sur la théorie, mais sur l'expérience, puisque, par des moyens exposés dans la suite de ce travail, j'ai pu rendre des métaux, presque entièrement privés de radio-activité, comme l'étain, quarante fois plus radio-actifs, à surface égale, que l'uranium.

Les discussions précédentes montrent que la doctrine de l'énergie intra-atomique a beaucoup plus attiré l'attention que celle de l'universalité de la dissociation de la matière. La première n'était pourtant que la conséquence de la seconde, et il fallait bien établir les faits avant de rechercher leurs conséquences.

Ce sont surtout ces conséquences qui ont frappé. Une de nos plus importantes publications, l'*Année scientifique*¹, l'a très clairement marqué dans un résumé dont voici quelques extraits :

« ... M. Gustave Le Bon fut le premier, ne l'oublions pas, à jeter un peu de lumière dans ce chaos ténébreux, en montrant que la radio-activité n'est pas particulière à quelques corps rares comme l'uranium, le radium, etc., mais une propriété générale de la matière, possédée à des degrés divers par tous les corps.

1. 47^e année, p. 6, 88 et 89.

« ... Telle est, en traits sommaires et dans ses grandes lignes, la doctrine de Gustave Le Bon, qui bouleverse toutes nos connaissances traditionnelles sur la conservation de l'énergie et de l'indestructibilité de la matière.

« La radio-activité, propriété générale et essentielle de la matière serait la manifestation d'une nouvelle modalité de l'énergie, d'une force inconnue jusqu'ici, intra-atomique.

« ... Nous ne savons pas encore libérer et maîtriser cette réserve de force incalculable, dont hier encore nous ne soupçonnions pas même l'existence. Mais il est évident que le jour où l'homme aura trouvé un moyen de s'en rendre maître, ce sera la plus formidable révolution que les annales du génie de la science aient jamais eu à enregistrer, une révolution telle que nos pauvres cervelles auraient peine à en concevoir toutes les conséquences et toute la portée. »

Les conséquences philosophiques de nos recherches n'ont pas échappé à plusieurs savants. Dans une analyse de la première édition de cet ouvrage, publiée dans la *Revue philosophique* de Novembre 1905, M. l'ingénieur Sageret a parfaitement montré ces conséquences. Voici quelques passages de son étude :

« Aucune théorie scientifique n'a répondu ni ne répondra mieux à notre tendance vers l'unité que celle du docteur Gustave Le Bon; elle instaure une unité que l'on ne saurait imaginer plus complète, elle fait converger le faisceau de nos connaissances vers le principe suivant : une seule substance existe, qui se meut et produit toutes les choses par ses mouvements. Cette conception n'est pas nouvelle, sans doute, pour le philosophe, mais elle demeurait à l'état de pure spéculation métaphysique. Aujourd'hui, grâce au docteur Gustave Le Bon, elle peut trouver un point de départ dans l'expérience.

Le savant demeurait jusqu'ici buté à l'atome sans apercevoir aucun lien entre celui-ci et l'éther. La dualité du pondérable et de l'impondérable semblait irréductible. Voici que la théorie de la dématérialisation de la matière établit un lien entre eux.

Mais elle réalise encore l'unité scientifique d'une autre manière en généralisant la loi d'évolution. Celle-ci, cantonnée naguère dans le monde organique, s'étend maintenant au monde entier. L'atome, comme l'être vivant, naît, se développe et meurt, et le docteur Gustave Le Bon nous montre que l'espèce chimique évolue comme l'espèce organique.

Comme conclusion de ce qui précède, nous pouvons dire que la doctrine de l'énergie intra-atomique a impressionné d'éminents savants et que sa portée ne leur a pas échappé. Ceux mêmes qui restent hésitants encore, comme le grand chimiste Moissan, en recommandent l'étude à leurs auditeurs. Une interview de cet éminent maître, publiée récemment par un journal, montre que la théorie de l'énergie condensée dans la matière l'a vivement frappé.

Quand cette doctrine sera universellement admise, toutes ses conséquences se découleront lentement, et bien des principes scientifiques, considérés encore comme des dogmes, devront nécessairement disparaître. Mais le moment n'est pas encore venu d'insister sur ces conséquences. Leur étude fera l'objet d'un prochain volume.

LIVRE III

LE MONDE DE L'IMPONDÉRABLE

CHAPITRE PREMIER

La séparation classique entre le pondérable et l'impondérable. Existe-t-il un monde intermédiaire entre la matière et l'éther?

La science classait autrefois les divers phénomènes de la nature dans des cases nettement séparées, entre lesquelles n'apparaissait aucun lien. Ces distinctions existaient dans toutes les branches de nos connaissances, aussi bien en physique qu'en biologie.

La découverte des lois de l'évolution a fait disparaître des sciences naturelles des divisions qui semblaient former jadis d'infranchissables abîmes et, du protoplasma des êtres primitifs jusqu'à l'homme, la chaîne est aujourd'hui à peu près ininterrompue. Les chaînons absents se reconstituent chaque jour et nous entrevoyons comment, des êtres les plus simples aux plus compliqués, les changements se sont opérés progressivement à travers le temps.

La Physique a suivi une route analogue, mais elle n'est pas arrivée à l'unité encore. Elle s'est cepen-

dant débarrassée des fluides qui l'encombrent jadis ; elle a découvert les relations existant entre les diverses forces et reconnu qu'elles ne sont que des manifestations variées d'une chose supposée indestructible : l'énergie. Elle a ainsi établi la permanence dans la série des phénomènes, montré l'existence du continu là où n'apparaissait jadis que le discontinu. La loi de la conservation de l'énergie n'est en réalité que la simple constatation de cette continuité.

Il reste cependant à la physique deux fossés profonds à combler avant que la continuité puisse être établie partout. Elle maintient toujours, en effet, une large séparation entre la matière et l'énergie et une autre non moins considérable entre le monde du pondérable et celui de l'impondérable, c'est-à-dire entre la matière et l'éther.

La matière, c'est ce qui se pèse. La lumière, la chaleur, l'électricité et tous les phénomènes produits au sein de l'impondérable éther, n'ajoutant rien au poids des corps, sont envisagés comme appartenant à un monde fort différent de celui de la matière.

La scission de ces deux mondes semblait définitivement établie. Les plus illustres savants de nos jours étaient même arrivés à considérer la démonstration de cette séparation comme une des plus grandes découvertes de tous les âges. Voici comment s'exprimait à ce sujet M. Berthelot à l'inauguration récente du monument de Lavoisier :

« Lavoisier établit, par les expériences les plus précises, une distinction capitale et méconnue avant lui entre les corps pondérables et les agents impondérables, chaleur, lumière, électricité. Cette distinction fondamentale entre la matière pondérable et les agents impondérables est une des plus grandes découvertes qui aient été faites ; c'est l'une des bases des sciences physiques, chimiques et mécaniques actuelles. »

Base fondamentale, en effet, et paraissant jusqu'ici inébranlable. Les phénomènes dus à des transforma-

tions de l'impondérable éther, tels que la lumière, par exemple, ne présentent aucune analogie apparente avec ceux dont la matière est le siège. La matière peut changer de forme, mais, sous tous les changements, elle conserve un poids invariable. Quelles que soient les modifications que les agents impondérables lui fassent subir, ils ne s'ajoutent pas à elle et ne font jamais varier son poids.

Pour bien saisir la pensée scientifique moderne, il faut rapprocher la citation qui précède de celle relative à la séparation de la matière et de l'énergie reproduite dans un précédent chapitre. Elles montrent que la science actuelle est en présence, non pas d'une, mais de deux dualités très distinctes. Elles se traduisent par les propositions suivantes : 1° La matière est entièrement distincte de l'énergie et ne peut par elle-même créer de l'énergie; 2° l'éther impondérable est entièrement distinct de la matière pondérable et sans parenté avec elle.

La solidité de ces deux principes semblait défier les âges. Nous essaierons de démontrer, au contraire, que les faits nouveaux tendent à les renverser entièrement.

En ce qui concerne la non-existence de la séparation classique entre la matière et l'énergie, nous n'avons pas à y revenir, puisque nous avons consacré un chapitre à montrer que la matière peut se transformer en énergie. Il ne nous reste donc qu'à rechercher si la distinction entre la matière et l'éther peut disparaître également.

Quelques rares savants avaient déjà signalé tout ce que cette dernière séparation a de choquant et combien elle rend impossible l'explication de certains phénomènes. Larmor a employé récemment les multiples ressources de l'analyse mathématique pour tâcher de faire disparaître ce qu'il appelle « l'irréconciliable dualité de la matière et de l'éther ».

Mais, si cette dualité est destinée à s'évanouir, l'expérience seule peut montrer qu'elle doit disparaître. Or, les faits récemment découverts, notamment ceux relatifs à la dissociation universelle de la matière, sont assez nombreux pour qu'on puisse tenter de relier les deux mondes si profondément séparés jusqu'ici.

Au premier abord, la tâche semble ardue. On ne voit pas facilement, en effet, comment une substance matérielle, pesante, à contours bien définis, telle une pierre ou un morceau de plomb, peut être parente de choses aussi mobiles et aussi subtiles qu'un rayon de soleil ou une étincelle électrique.

Mais nous savons, par toutes les observations de la science moderne, que ce n'est pas en rapprochant les termes extrêmes d'une série qu'on peut reconstituer les formes intermédiaires et découvrir les analogies cachées sous les dissemblances. Ce n'est pas en comparant les êtres qui naquirent à l'aurore de la vie, aux animaux supérieurs dont notre globe se peupla plus tard, qu'on découvrit les liens qui les unissent.

En procédant en physique comme on l'a fait en biologie, nous verrons, au contraire, qu'il est possible de rapprocher des choses en apparence aussi dissemblables que la matière, l'électricité et la lumière.

Les faits qui permettent de prouver l'existence d'un monde intermédiaire entre la matière et l'éther deviennent en réalité chaque jour plus nombreux. Ils ne demandaient qu'à être synthétisés et interprétés.

Pour être fondé à dire qu'une substance quelconque peut être considérée comme intermédiaire entre la matière et l'éther, il faut qu'elle possède des caractères permettant à la fois de la rapprocher et de la différencier de ces deux éléments. C'est parce qu'ils ont constaté chez les singes anthropoïdes des caractères de cette sorte que les naturalistes les considèrent

rent aujourd'hui comme établissant un lien entre les animaux inférieurs et l'homme.

La méthode que nous appliquerons sera celle des naturalistes. Nous rechercherons les caractères intermédiaires permettant de dire qu'une substance, tout en ressemblant encore un peu à la matière, n'est plus de la matière, et, tout en se rapprochant de l'éther, n'est pas encore de l'éther. *ou vice-versa*

Plusieurs chapitres de cet ouvrage seront consacrés à cette démonstration dont nous ne pouvons qu'indiquer maintenant les résultats. Nous essaierons de montrer, en prenant toujours l'expérience pour guide, que les produits de la dématérialisation de la matière, c'est-à-dire les émissions produites durant sa dissociation, sont constitués par des substances dont les caractères sont intermédiaires entre ceux de l'éther et ceux de la matière.

En quoi consistent ces substances? En quoi ont-elles perdu les propriétés des corps matériels?

Pendant plusieurs années, les physiciens ont persisté à ne voir dans les émissions des corps radioactifs que des fragments plus ou moins ténus de matière. Ne pouvant se débarrasser du concept de support matériel, ils admettaient que les particules émises étaient simplement des atomes, chargés d'électricité sans doute, mais toujours cependant constitués par de la matière.

Cette opinion semblait confirmée par le fait que les émissions radio-actives s'accompagnent le plus souvent d'une projection de particules matérielles. Dans l'ampoule de Crookes, l'émission de particules solides jaillies de la cathode est tellement considérable qu'on a pu métalliser des corps exposés à leur projection.

Cet entraînement de matière s'observe d'ailleurs dans la plupart des phénomènes électriques, notamment lorsque l'électricité amenée à un potentiel suffisant passe entre deux électrodes. Le spectroscopie

révèle toujours, en effet, dans la lumière des étincelles, les raies caractéristiques des métaux qui forment ces électrodes.

Une autre raison encore semblait prouver la matérialité des émissions précédentes. Elles sont déviables par un champ magnétique, donc chargées d'électricité ; or, n'ayant jamais vu de transport d'électricité sans support matériel, on considérait comme évidente l'existence de ce support.

*Sets ven
ex-abrupto* x Cette sorte de poussière matérielle supposée constituer les émissions cathodiques et celles des corps radio-actifs possédait de singuliers caractères en tant que substance matérielle. Non seulement elle présentait les mêmes propriétés, quel que fût le corps dissocié, mais de plus elle avait perdu tous les caractères de la matière qui lui donna naissance. Lenard le montra clairement lorsqu'il chercha à vérifier une de ses anciennes hypothèses d'après laquelle les effluves engendrés par la lumière ultra-violette qui frappe la surface des métaux seraient composés de poussières arrachées à la surface de ces métaux. Prenant un corps, le sodium, très influençable par la lumière et dont en même temps il est possible, au moyen du spectroscope, de constater des traces infinitésimales dans l'air, il reconnut que les effluves alors émis ne contenaient aucune trace de sodium. Si donc, les émissions des corps dissociés étaient de la matière, ce serait une matière ne possédant aucune des propriétés des corps dont elle provient. *nota
est*

*parce contra
dizer oq diz
do espectro
Copies* Les faits de cette nature se sont assez multipliés pour prouver que, dans le rayonnement cathodique aussi bien que dans la radio-activité, la matière se transforme en quelque chose qui ne peut plus être de la matière ordinaire, puisqu'aucune de ses propriétés n'est conservée. C'est ce quelque chose dont nous étudierons les caractères et que nous montrerons faire partie du monde intermédiaire entre la matière et l'éther.

Tant que fut ignorée l'existence de ce monde intermédiaire, la science s'est trouvée en présence de faits qu'elle ne pouvait pas classer. C'est ainsi, par exemple, que pendant longtemps les physiciens ne surent où placer les rayons cathodiques qui font justement partie des substances intermédiaires entre la matière et l'éther et c'est pourquoi ils les rangèrent successivement dans le monde de la matière, puis dans celui de l'éther considérés pourtant comme si différents.

On ne pouvait naturellement pas les classer ailleurs. Puisque la physique admet que les phénomènes ne peuvent faire partie que de l'un de ces deux mondes, ce qui n'appartient pas à l'un appartient nécessairement à l'autre.

En réalité, ils n'appartiennent ni à l'un ni à l'autre, mais à ce monde intermédiaire entre l'éther et la matière que nous étudierons dans cet ouvrage. Il est peuplé d'une foule de choses entièrement nouvelles que nous commençons à peine à connaître.

CHAPITRE II

La base immatérielle de l'Univers L'Éther.

La plus grande partie des phénomènes de la physique : lumière, chaleur, électricité rayonnante, etc., sont considérés comme ayant leur siège dans l'éther. La gravitation, d'où dérive la mécanique du monde et la marche des astres, semble encore une de ses manifestations. Toutes les recherches théoriques formulées sur la constitution des atomes conduisent à admettre qu'il forme leur trame.

Bien que la nature intime de l'éther soit à peine soupçonnée, son existence s'est imposée depuis longtemps et paraît à quelques-uns plus certaine que celle de la matière même.

Elle s'est imposée lorsqu'il a fallu expliquer la propagation des forces à distance. Elle parut expérimentalement démontrée quand Fresnel eut prouvé que la lumière se propage par des ondulations analogues à celles produites par la chute d'une pierre dans l'eau. En faisant interférer des rayons lumineux il obtint de l'obscurité par la superposition des parties saillantes d'une onde lumineuse aux parties creuses d'une autre onde. La propagation de la lumière se faisant par ondulations, ces ondulations se produisaient nécessairement dans quelque chose. C'est ce quelque chose qu'on appelle l'éther

*contraire à
Newton*

*l'existence même
radical*

*propagation
non évidente*

certe

*Xe été approuvée par Fresnel; ce n'est
provenant sans instantanéité à propa-
gation de luz, e elle est 300 000 000 m/s*

Son rôle est devenu capital et n'a cessé de grandir avec les progrès de la physique. La plupart des phénomènes seraient inexplicables sans lui. Sans éther il n'y aurait ni pesanteur, ni lumière, ni électricité, ni chaleur, rien en un mot de tout ce que nous connaissons. L'univers serait silencieux et mort, ou se révélerait sous une forme que nous ne pouvons même pas pressentir. Si on pouvait construire une chambre de verre de laquelle on aurait retiré entièrement l'éther, la chaleur et la lumière ne pourraient la traverser. Elle serait d'un noir absolu et probablement la gravitation n'agirait plus sur les corps placés dans son intérieur. Ils auraient donc perdu leur poids.

Mais dès que l'on cherche à définir les propriétés de l'éther, des difficultés énormes apparaissent. Elles tiennent sans doute à ce que cet élément immatériel, ne pouvant être rattaché à rien de connu, les termes de comparaison manquent entièrement pour le définir. Devant des phénomènes sans analogie avec ceux habituellement observés, nous sommes comme un sourd de naissance à l'égard de la musique ou un aveugle à l'égard des couleurs. Aucune image ne pourrait leur faire comprendre ce que peuvent bien être un son ou une couleur.

Quand les livres de physique disent en quelques lignes que l'éther est un milieu impondérable remplissant l'univers, la première idée qui vient à l'esprit est de se le représenter comme une sorte de gaz assez raréfié pour qu'il soit impondérable par les moyens dont nous disposons. Il n'est pas difficile d'imaginer un tel gaz. M. Muller a calculé que si on diffusait la matière du soleil et des planètes qui l'entourent dans un espace égal à celui qui sépare les étoiles les plus rapprochées, le myriamètre cube de cette matière, amenée ainsi à l'état gazeux, pèserait à peine un millième de milligramme et serait par conséquent impondérable pour nos balances. Ce fluide

10 que n'est que le gaz qui forme l'éther

*peut-être
gravitation
à ce point
sur le éther
que sera
oppression
cul?
arrajado*

*mas con
tinuo*

si divisé, qui représente peut-être l'état primitif de notre nébuleuse serait un quadrillon de fois moins dense que le vide au millionième d'atmosphère d'un tube de Crookes.

Certe
Malheureusement les propriétés de l'éther ne permettent pas de le rapprocher en aucune façon d'un gaz. Les gaz sont très compressibles et l'éther ne peut pas l'être. S'il l'était, en effet, il ne pourrait transmettre presque instantanément les vibrations de la lumière. *notando*

perfectes
state ou
absolue
Ce n'est guère que dans les fluides théoriquement parfaits ou mieux encore dans les solides, qu'on peut découvrir de lointaines analogies avec l'éther, mais il faut alors imaginer une substance ayant des propriétés bien singulières. Elle doit avoir une rigidité supérieure à celle de l'acier, autrement elle ne pourrait transmettre les vibrations lumineuses avec une vitesse de 300.000 kilomètres par seconde. Un des plus éminents physiciens actuels, lord Kelvin, considère l'éther comme « un solide élastique remplissant tout l'espace. »

pour être
inter valles
inter atomi.
cos e inter mig
secularis
milla, se tem
hunc de tem
masca
Le solide élastique formant l'éther jouit de propriétés fort étranges pour un solide et que nous ne rencontrons chez aucun d'eux. Son extrême rigidité doit se combiner avec une densité extraordinairement faible, c'est-à-dire assez minime pour qu'il ne puisse ralentir par son frottement la translation des astres dans l'espace. Hirn a montré que si la densité de l'éther était seulement un million de fois moindre que celle de l'air, pourtant si raréfié, contenu dans un tube de Crookes, il produirait une altération séculaire d'une demi-seconde dans le moyen mouvement de la lune. Un tel milieu, malgré une densité si réduite, arriverait cependant bien vite à expulser l'atmosphère de la terre. On a calculé que s'il avait les propriétés que nous attribuons aux gaz, il acquerrait, par son choc contre la surface d'astres dépouillés d'atmosphère comme la lune, une température de 38.000 degrés.

Finalement on est acculé à cette idée que l'éther est un solide sans densité ni poids, quelque inintelligible que cela puisse sembler.

D'autres physiciens ont soutenu récemment que la densité de l'éther devrait être au contraire très grande. Ils se basent sur la théorie électro-magnétique de la matière qui attribue à l'éther l'inertie de la matière. Dans cette théorie la masse d'un corps ne serait autre chose que la masse de l'éther qui l'enveloppe retenue et entraînée par les lignes de force qui entourent les particules électriques dont seraient formés les atomes. Toute l'inertie des corps, c'est-à-dire leur masse, serait due à l'inertie de l'éther. Toute énergie cinétique serait due aux mouvements de l'éther emprisonné par les lignes de force qui le relient aux atomes. J.-J. Thomson, qui défend cette hypothèse¹, ajoute « qu'elle exigerait que la densité de l'éther soit supérieure à celle de tous les corps connus. » On ne voit pas d'ailleurs très bien pourquoi. *certs*

La grandeur des forces que l'éther peut transmettre constitue également un phénomène très difficile à interpréter. Un électro-aimant agit à travers le vide, donc par l'intermédiaire de l'éther. Or, comme le fait remarquer lord Kelvin, il exerce à distance sur le fer une force qui peut atteindre 110 kilogrammes par centimètre carré. « Comment se fait-il, écrit ce physicien, que ces forces prodigieuses soient développées dans l'éther, solide élastique, et que cependant, les corps pondérables soient libres de se mouvoir à travers ce solide? » Nous ne le savons pas et nous ne pouvons pas dire si nous le saurons jamais.

On ne peut presque rien indiquer de la constitution de l'éther. Maxwell le supposait constitué de petites sphères animées d'un mouvement de rotation très rapide qu'elles transmettraient de proche en

1. *Electricity and Matter*, Westminster 1904; et *On the the dynamic of Electrified Field*. (Proceedings of the Cambridge Philosophical society, 1903, p. 83.)

se o ether é solido perfeito, e preenche os espaços interatômicos e intermoleculares, é claro

que nos gases ha partículas, como nos líquidos, e que nos corpos sólidos a tal das partículas e de

mas não ha vacuo perfeito

unidade de medida

proche. Fresnel regardait son élasticité comme constante, mais sa densité comme variable. D'autres physiciens croient, au contraire, sa densité constante et son élasticité variable. Pour la plupart il n'est pas déplacé par les mouvements des systèmes matériels qui le traversent. D'après d'autres il est, au contraire, entraîné.

On est, en tout cas, d'accord pour reconnaître que l'éther est une substance très différente de la matière, et soustraite aux lois de la pesanteur. Elle est sans poids, immatérielle au sens usuel de ce mot, et forme le monde de l'impondérable.

Si l'éther n'a pas de pesanteur, il faut cependant qu'il ait une masse, puisqu'il présente de la résistance au mouvement. Cette masse est faible, puisque la vitesse de propagation de la lumière est très rapide. Si elle était nulle, la propagation de la lumière serait probablement instantanée.

La question de l'impondérabilité de l'éther discutée pendant longtemps semble définitivement tranchée aujourd'hui. Elle a été reprise récemment par lord Kelvin¹ et, par des raisons mathématiques que je ne puis exposer ici, il arrive à la conclusion que l'éther est constitué par une substance entièrement soustraite aux lois de la gravitation, c'est-à-dire impondérable. Mais, ajoute-t-il, « nous n'avons aucune raison de le considérer comme absolument incompressible et nous pouvons admettre qu'une pression suffisante peut le condenser ».

C'est probablement de cette condensation effectuée à l'origine des âges, par un mécanisme ignoré entièrement, que dérivent les atomes considérés par plusieurs physiciens, Larmor notamment, comme des noyaux de condensation dans l'éther ayant la forme de petits tourbillons animés d'une énorme vitesse de

1. On the Clustering of gravitational matter in any part of the Univers. (Philosophical Magazine, janvier 1902).

éléments pondérables

rotation. « La molécule matérielle, écrit ce dernier physicien, est constituée entièrement par de l'éther et par rien d'autre¹ ». *dividido em atomos; lazo tudo o e.*

Telles sont les propriétés que l'interprétation des phénomènes fait attribuer à l'éther. Il faut se borner à constater, *4 potes se* /sans pouvoir le comprendre/, *comprender* que nous vivons dans un milieu immatériel plus rigide *sem poder* que l'acier, auquel nous pouvons imprimer facilement, simplement en brûlant un corps quelconque, des mouvements dont la vitesse de propagation est 300.000 fois supérieure à celle d'un boulet de canon. *explicar; mas* L'éther est un agent que nous entrevoyons partout, *explicar sem* que nous pouvons faire vibrer, dévier et mesurer, *comprender* à volonté, mais sans pouvoir l'isoler. Sa nature intime demeure un irritant mystère. *é deuses* *percat* *imposs.*

On peut résumer ce qui précède en disant que si nous savons très peu de chose de l'éther, nous devons cependant considérer comme certain que la plupart des phénomènes de l'univers sont des conséquences de ses manifestations. Il est sans doute *conclusão* la source première et le terme ultime des choses, *a fortiori* le substratum des mondes et de tous les êtres qui s'agitent à leur surface.

1. ou *la prin* *après* *sur p* Nous essaierons de montrer bientôt comment l'éther impondérable peut être relié à la matière et de saisir par conséquent le lien qui rattache le matériel à l'immatériel. Pour être préparés à comprendre leurs relations, nous étudierons d'abord quelques-uns des équilibres *denoam* qu'il est possible d'observer dans *do equil.* l'éther. Nous n'en connaissons qu'un petit nombre, *três propri* mais ceux que nous pouvons observer, nous permettront par voie d'analogie de pressentir la nature de *de ether* ceux que nous ne connaissons pas.

1. *Æther and Matter*. Londres 1900.

CHAPITRE III

Les formes diverses d'équilibre dans l'éther.

Les phénomènes les plus importants de la nature : chaleur, lumière, électricité, etc., ont, comme nous venons de le voir, leur siège dans l'éther. Ils sont engendrés par certaines perturbations de ce fluide immatériel sorti de l'équilibre ou retournant à l'équilibre. Les forces de l'univers ne sont connues, en réalité, que par des perturbations d'équilibre. L'état d'équilibre constitue la limite au delà de laquelle nous ne pouvons plus les suivre.

La lumière n'est qu'une altération d'équilibre de l'éther caractérisée par ses vibrations ; elle cesse d'exister dès que l'équilibre est rétabli. L'étincelle électrique de nos laboratoires aussi bien que la foudre sont de simples manifestations des changements du fluide électrique sorti de l'équilibre pour une cause quelconque et s'efforçant d'y retourner. Tant que nous n'avons pas su tirer le fluide électrique de l'état de repos, son existence a été ignorée.

Toutes les modifications d'équilibre produites dans l'éther sont très instables et ne survivent pas à la cause qui les a fait naître. C'est là justement ce qui les différencie des équilibres matériels. Les formes

diverses d'équilibre observées dans la matière sont, au moins en apparence, assez stables, c'est-à-dire survivent à la cause qui les a engendrées. Le monde de l'éther est le monde des équilibres mobiles, alors que le monde de la matière est celui des équilibres capables d'une certaine fixité.

Dire qu'une chose n'est plus en équilibre, c'est constater qu'elle a subi certains déplacements. Les mouvements connus qui déterminent l'apparition des phénomènes ne sont pas très nombreux. Ce sont principalement des attractions, répulsions, rotations, projections, vibrations et tourbillons.

De ces mouvements divers, les mieux connus sont ceux que produisent les attractions et les répulsions. On a presque exclusivement recours à eux pour mesurer les phénomènes. La balance mesure l'attraction exercée par la terre sur les corps, le galvanomètre l'attraction exercée par un courant électrique sur un aimant, le thermomètre les attractions ou répulsions de molécules d'un liquide soumis à l'influence de la chaleur. Les équilibres osmotiques qui tiennent sous leur dépendance la plupart des phénomènes de la vie sont révélés par les attractions et répulsions des molécules au sein des liquides.

Les mouvements des diverses substances et les variétés d'équilibre qui en résultent jouent donc un rôle fondamental dans la production des phénomènes. Ils constituent leur essence et forment les seules réalités qui nous soient accessibles.

Jusqu'à ces dernières années on n'avait étudié que les mouvements vibratoires réguliers de l'éther qui produisent la lumière. On pouvait supposer cependant qu'un fluide au sein duquel on peut produire comme dans un liquide des vagues régulières est susceptible d'autres mouvements. On admet maintenant qu'il peut être le siège de mouvements variés : projections, rotations, tourbillons, etc.

Parmi les formes des mouvements de l'éther étudiés dans ces dernières années, les tourbillons semblent jouer, au moins au point de vue théorique, un rôle prépondérant. Larmor¹ et d'autres physiciens considèrent les électrons, éléments supposés du fluide électrique — et pour quelques savants des atomes matériels — comme des tourbillons ou gyrostats formés au sein de l'éther. Le professeur de Heen² les compare à un fil rigide enroulé en hélice. Le sens de leur rotation déterminerait les attractions et répulsions. Sutherland cherche dans la direction des mouvements de ces gyrostats l'explication des phénomènes de conduction électriques et thermiques. « La conduction électrique, dit-il, est due à la vibration des gyrostats dans la direction de la force électrique et la conduction thermique aux vibrations de tourbillons dans toutes les directions³ ».

C'est l'analyse mathématique seule qui conduisit les physiciens à attribuer un rôle fondamental aux tourbillons dans l'éther, mais les expériences faites sur des fluides matériels donnent à ces hypothèses une base précise puisqu'elles permettent, comme nous allons le voir, de reproduire les attractions et répulsions observées dans les phénomènes électriques et de constituer avec les tourbillons de substances matérielles des formes géométriques. *ce qui pour des tourbillons*

Un tourbillon matériel peut être formé par un fluide quelconque, liquide ou gazeux, tournant autour d'un axe. Par le fait de sa rotation il décrit des spirales. L'étude de ces tourbillons a été l'objet de recherches importantes de la part de divers savants, Bjerkness et Weyher⁴ notamment. Ils ont fait

1. *Æther and Matter*, 1900.

2. *Prodromes d'une théorie de l'électricité*, 1903.

3. *The electric origine of Rigidity*. (*Philosophical Magazine*, mai 1904.)

4. *Sur les tourbillons*. In-8°, 2^e édition.

voir qu'on peut produire avec eux toutes les attractions et répulsions constatées en électricité, les déviations de l'aiguille aimantée par les courants, etc.

On fait naître ces tourbillons par la rotation rapide d'un axe muni de palettes ou plus simplement d'une sphère. Autour de la sphère s'établissent des courants gazeux dyssymétriques par rapport au plan de l'équateur et il en résulte l'attraction ou la répulsion des corps qu'on en approche, suivant la position qu'on leur donne. On peut même, ainsi que l'a prouvé Weyher, obliger ces corps à tourner autour de la sphère sans la toucher comme les satellites d'une planète.

Ces tourbillons constituent une des formes que prennent le plus facilement les particules matérielles puisqu'un simple souffle suffit à faire tourbillonner un fluide. Ils peuvent produire, ainsi d'ailleurs que tous les mouvements de rotation, des équilibres très stables, capables de lutter contre les effets de la pesanteur. La toupie en mouvement reste debout sur sa pointe. Il en est de même de la bicyclette qui tombe latéralement dès qu'elle cesse de rouler. Les hélices à axe vertical dites hélicoptères employées dans certains procédés d'aviation s'élèvent dans l'atmosphère en s'y hissant dès qu'on les met en rotation et s'y maintiennent tout le temps que dure cette rotation. Dès qu'elles sont au repos, elles ne peuvent plus lutter contre la pesanteur et tombent lourdement sur le sol. On conçoit donc aisément que ce soit dans les mouvements de rotation qu'on ait trouvé la meilleure explication des équilibres des atomes.

C'est par des tourbillonnements dans l'éther que plusieurs auteurs, cherchent également à interpréter la gravitation. M. le professeur Armand Gautier a donné dans un travail écrit à propos de mon mémoire sur l'énergie intra-atomique, une explication semblable. Si elle pouvait être considérée comme définitive,

obscur

*pas en
que l'effe-
rem un
des helices
que se
mouvent
n'agae?*

elle aurait l'avantage d'expliquer de quelle façon l'impondérable peut sortir du pondérable :

« L'atome matériel animé de mouvements giratoires doit transmettre sa giration à l'éther qui l'entourne et par lui aux autres corps matériels éloignés qui baignent dans cet éther. Il s'ensuit que, la giration de l'un se transmettant à l'autre, les corps matériels, en vertu de leur inertie même, tendent pour ainsi dire à se visser l'un sur l'autre par l'intermédiaire du tourbillonnement commun de l'éther où ils baignent; en un mot, ces corps matériels doivent s'attirer. Il suffit d'admettre pour cela qu'il y ait comme une sorte de *viscosité* entre les particules de l'éther, ou plutôt une sorte d'entraînement de ces particules les unes par les autres.

« Mais si l'état giratoire des édifices atomiques paraît être ainsi la cause de leur attraction mutuelle, c'est-à-dire de la pesanteur, celle-ci devra disparaître en tout ou en partie si l'énergie de giration est totalement ou partiellement transformée en énergie de translation dans l'espace. Ne peut-il en être ainsi de *l'électron*, c'est-à-dire de l'atomuscule arraché à l'atome et lancé hors de l'édifice matériel avec la vitesse de la lumière atominale dans lequel la vitesse de giration a disparu transformée en vitesse de translation? Ces électrons ainsi empruntés à la matière, s'ils ne sont plus en état de giration sensible ou concordante, pourront donc perdre tout ou partie de leur poids en gardant leur masse, et tout en continuant à suivre la loi qui mesure l'énergie qu'ils transportent par le demi-produit de leur masse par le carré de leur vitesse de translation¹. »

Les expériences faites sur les mouvements tourbillonnaires dans les fluides ne produisent pas seulement des attractions, des répulsions et des équilibres de toutes sortes. Ils peuvent être associés de façon à donner naissance à des formes géométriques régulières ainsi que l'a montré M. Benard² dans une série d'expériences. Il a fait voir qu'un liquide en lame mince soumis à certaines perturbations (courants de convection voisins de la stabilité) se divisait en prismes verticaux à base polygonale qu'on peut rendre visibles par certains procédés optiques ou plus simplement en y mélangeant des poudres très fines. « Ce sont, dit l'auteur, les lieux géométriques des

1. *Revue Scientifique*, 13 janvier 1904.

2. *Revue des Sciences*, 1900.

tourbillons nuls qui forment les parois planes des prismes hexagonaux et les axes verticaux de ces prismes. Les lignes de tourbillons sont des courbes fermées centrées sur l'axe de ces prismes. » Les métaux refroidis brusquement après avoir été fondus et étalés en lames minces se divisent souvent de la même façon et présentent à l'observation des cellules polygonales.

Ces expériences nous montrent que les molécules d'un liquide peuvent revêtir des formes géométriques sans que ce dernier cesse d'être liquide. Ces formes d'équilibre momentanées ne survivent pas à la cause qui les fait naître. Elles sont analogues à celles que nous avons pu produire et rendre visibles en combinant convenablement des éléments de matière dissociés, comme nous le verrons bientôt.

Les analogies entre les molécules des fluides matériels et celles des fluides immatériels sont nombreuses, mais elles ne conduisent jamais à des identités en raison de deux différences capitales entre les substances matérielles et les substances immatérielles. Les premières sont en effet soumises à l'action de la pesanteur et elles ont une masse très grande. Elles obéissent donc assez lentement aux changements de mouvement. Les secondes échappent à la pesanteur et ont une masse fort petite. La faiblesse de cette masse leur permet de prendre, sous l'influence de forces très faibles, des mouvements rapides et d'être par conséquent extrêmement mobiles. Si, malgré leur faible masse, les molécules immatérielles peuvent produire des effets mécaniques assez grands, ainsi qu'on l'observe par exemple dans les tubes de Crookes, dont les miroirs rougissent sous l'influence du bombardement cathodique, c'est que la petitesse des masses est compensée par leur extrême vitesse. Dans la formule $T = \frac{mv^2}{2}$ on peut,

sans changer le résultat, réduire à volonté m à condition de grandir v .

En considérant le rôle considérable que jouent les diverses formes d'équilibres dont est susceptible l'éther, on arrive facilement à cette conception que la matière n'est qu'un état particulier d'équilibre de l'éther. Donc, lorsque nous chercherons en d'autres chapitres à découvrir les liens qui rattachent les choses matérielles aux choses immatérielles, nous devons examiner surtout les diverses formes d'équilibre que possède le monde intermédiaire dont nous admettons l'existence, et rechercher les analogies et les dissemblances que présentent ces équilibres avec ceux des deux mondes que nous nous proposons de relier.

LIVRE IV

LA DÉMATÉRIALISATION DE LA MATIÈRE

CHAPITRE PREMIER

Les diverses interprétations des expériences
révélant la dissociation de la matière.

§ 1. — LES PREMIÈRES INTERPRÉTATIONS

L'éther et la matière forment les deux termes extrêmes de la série des choses. Entre ces termes si éloignés l'un de l'autre il existe des éléments intermédiaires dont l'observation révèle maintenant l'existence.

Aucune des expériences que nous exposerons ne nous montrera la transformation de l'éther en substances matérielles. Il faudrait disposer d'une colossale énergie pour réaliser une telle condensation. Mais la transformation inverse, c'est-à-dire celle de la matière en éther ou en substances voisines de l'éther, est au contraire réalisable. La dissociation de la matière permet cette réalisation.

C'est dans la découverte des rayons cathodiques, puis des rayons X que se trouvent les germes de notre théorie de la dissociation de la matière.

Sa dissociation, spontanée ou provoquée, se révèle toujours, en effet, par l'émission dans l'espace, d'éfluves de la famille des rayons cathodiques et des rayons X. L'assimilation que pendant plusieurs années je fus seul à défendre, entre ces phénomènes d'apparence si dissemblable, est enfin universellement admise aujourd'hui.

La découverte des rayons cathodiques et des rayons X qui les accompagnent invariablement, marque une des étapes les plus importantes de la science moderne. Sans elle la théorie de la dissociation de la matière n'aurait jamais pu être établie; sans elle on aurait à jamais ignoré que c'est à cette dissociation que sont dus des phénomènes connus depuis longtemps en physique mais restés inexplicables.

Chacun sait aujourd'hui en quoi consistent les rayons cathodiques.

Si dans un tube muni d'électrodes et où l'on a poussé le vide très loin, on envoie un courant électrique à tension suffisante, la cathode émet des rayons qui se propagent en ligne droite, chauffent les corps qu'ils frappent et sont déviés par un aimant. La cathode métallique ne sert d'ailleurs qu'à rendre les rayons plus abondants, puisque j'ai prouvé par mes expériences qu'avec un tube de Crookes sans cathode ni trace de matière métallique quelconque, on observait absolument les mêmes phénomènes.

Les rayons cathodiques sont chargés d'électricité et peuvent traverser des lames métalliques très minces et reliées à la terre en conservant leur charge. Toutes les fois qu'ils frappent un obstacle, ils donnent immédiatement naissance à ces rayons particuliers dits rayons X, différant des rayons cathodiques en ce qu'ils ne sont pas déviés par un aimant et traversent des lames métalliques épaisses capables d'arrêter entièrement ces derniers.

Rayons cathodiques et rayons X produisent de l'électricité sur tous les corps, gaz ou matières solides, qu'ils rencontrent. Ils rendent donc, par conséquent, l'air conducteur de l'électricité.

Les premières idées que l'on se fit de la nature des rayons cathodiques furent bien autres que celles qui ont cours aujourd'hui. Crookes, qui mit le premier en évidence les propriétés de ces rayons, attribuait leur action à l'état d'extrême raréfaction où se trouvent les molécules des gaz quand le vide a été poussé très loin. A cet état « ultra-gazeux » les molécules raréfiées représentaient pour lui un état particulier qu'il qualifiait de quatrième état de la matière. Il était caractérisé par ce fait que, n'étant plus entravées dans leur parcours par le choc des autres molécules, la trajectoire libre des molécules raréfiées s'allonge au point que leurs chocs réciproques deviennent négligeables en comparaison de leurs parcours total. Elles peuvent alors se mouvoir librement en tous sens, et, si l'on dirige leur mouvement par une force extérieure telle que le courant électrique de la cathode, elles sont projetées dans une seule direction comme la mitraille d'un canon. Rencontrant un obstacle, elles produisent par leur bombardement moléculaire les effets de phosphorescence et de chaleur, que les expériences de l'illustre physicien ont mis en évidence.

Cette conception, reconnue aujourd'hui inexacte, était inspirée par l'ancienne théorie cinétique des gaz que je vais rappeler en quelques lignes.

Les molécules des gaz seraient constituées de particules parfaitement élastiques (condition nécessaire pour qu'elles ne perdent pas d'énergie par leur choc) et assez éloignées les unes des autres pour ne pas exercer d'attraction mutuelle. Elles seraient animées d'une vitesse, variable suivant les gaz, évaluée à 1.800 mètres environ par seconde pour

l'hydrogène, c'est-à-dire le double environ de celle d'un boulet de canon. Cette vitesse est d'ailleurs purement théorique, car, en raison des chocs qu'elles exercent les unes sur les autres, chacune de ces particules a un libre parcours limité à un millièbre de millimètre environ. Ce sont les chocs de ces molécules qui produiraient la pression exercée par un gaz sur les parois qui le renferment. Si on réduit de moitié l'espace renfermant le même volume de molécules, on double la pression, on la triple si on réduit trois fois l'espace. C'est ce fait qu'exprime la loi de Mariotte.

Dans un ballon où on a fait le vide au millionième d'atmosphère, les choses se passaient, suivant Crookes, fort différemment. Sans doute il contient encore énormément de molécules gazeuses, mais la très grande réduction de leur nombre fait qu'elles se gênent réciproquement beaucoup moins qu'à la pression ordinaire. Leur libre parcours peut donc augmenter considérablement. Si, dans ces conditions, une partie de ces molécules d'air qui restent dans le tube est électrisée et projetée, comme je le disais plus haut, par un courant électrique intense, elles pourront traverser l'espace librement et acquérir une vitesse énorme, alors qu'à la pression ordinaire cette vitesse est supprimée par les molécules d'air rencontrées.

Les rayons cathodiques représentaient donc simplement, dans l'ancienne théorie de Crookes, des molécules de gaz raréfié, électrisées au contact de la cathode et lancées dans l'espace vide du tube avec une vitesse qu'elles ne sauraient jamais atteindre, si elles étaient entravées comme dans les gaz à pression ordinaire par le choc d'autres molécules. Elles restaient cependant des molécules matérielles, non pas dissociées, mais simplement écartées, ce qui ne saurait changer leur structure. Personne ne songeait, en

effet, à cette époque, que l'atome fût susceptible de dissociation.

Il n'est rien resté de la théorie de Crookes depuis que la mesure de la charge électrique des particules et de leur masse a prouvé qu'elles étaient mille fois plus petites que celles de l'atome d'hydrogène, le plus petit des atomes connus. Sans doute, on pouvait supposer, à la rigueur, et on l'a fait d'abord, que l'atome était simplement subdivisé en d'autres atomes conservant les propriétés de la matière dont ils provenaient; mais cette hypothèse devenait insoutenable devant le fait que les gaz les plus différents, contenus dans l'ampoule de Crookes, donnent des produits de dissociation identiques où on ne retrouve aucune propriété des corps dont ils sont issus. Il fallut donc bien admettre que l'atome était, non pas divisé, mais dissocié en éléments doués de propriétés entièrement nouvelles, identiques pour tous les corps.

Il s'en faut de beaucoup, d'ailleurs, comme nous allons le voir, que la théorie de la dissociation, dont je viens de donner l'indication en quelques lignes, se soit établie en un jour. En réalité, elle n'a été nettement formulée, qu'après la découverte des corps radio-actifs et les expériences qui me servirent à prouver l'universalité de la dissociation de la matière.

Ce n'est qu'au bout de plusieurs années de recherches que les physiciens finirent par reconnaître, conformément à mes assertions, l'identité des rayons cathodiques et des effluves de particules émis par les corps ordinaires pendant leur dissociation.

§ 2. — LES INTERPRÉTATIONS ACTUELLES

A l'époque où les rayons cathodiques étaient seuls connus, l'explication de leur nature donnée par Crookes semblait très suffisante. Lors de la décou-

verte des rayons X et des émissions des corps spontanément radio-actifs, tels que l'uranium, l'insuffisance de l'ancienne théorie apparut nettement.

Une des manifestations des rayons X et des émissions radio-actives qui frappèrent le plus les physiciens et fut l'origine des explications actuelles, est la production d'électricité sur tous les corps solides et gazeux, frappés par les nouvelles radiations. Les rayons X et les émissions des corps radio-actifs possèdent, en effet, ce caractère commun de produire quelque chose, qui rend l'air et les autres gaz conducteurs de l'électricité. Avec ces gaz devenus conducteurs, on peut, en les faisant passer entre les lames d'un condensateur, neutraliser des charges électriques. On admit comme conséquence qu'ils étaient électrisés.

C'était là un phénomène très imprévu, car toutes les expériences antérieures avaient toujours montré que les gaz ne sont pas électrisables. On les maintient en effet, indéfiniment au contact d'un corps électrisé à un très haut potentiel, sans qu'ils prennent nulle trace d'électricité. S'il en était autrement, aucune surface électrisée — la boule d'un électroscope, par exemple — ne pourrait conserver sa charge.

On se trouvait donc en présence d'un fait entièrement nouveau, beaucoup plus nouveau même qu'on ne le crut tout d'abord, puisqu'il impliquait, en réalité, la dissociation de la matière que personne ne soupçonnait alors.

Lorsqu'on constate un fait imprévu, on tâche d'abord de le rattacher à une théorie ancienne. Une seule théorie, celle de l'ionisation des solutions salines dans l'électrolyse donnant une explication apparente des faits nouvellement observés on s'empressa de l'adopter. On admit donc que dans un corps simple existaient, de même que dans un corps composé, deux éléments séparables : l'ion positif et l'ion négatif, chargés chacun d'électricité de signes contraires.

Mais l'ancienne théorie de l'ionisation ne s'appliquait qu'à des corps composés et nullement à des corps simples. On pouvait séparer — ioniser, comme on dit maintenant — les éléments des corps composés, séparer, par exemple, le chlorure de potassium en ses ions chlore et ses ions potassium; mais quelle analogie pouvait bien exister entre cette opération et la dissociation du chlore ou du potassium lui-même, puisque l'on considérait comme un dogme fondamental qu'un corps simple ne pouvait être dissocié? Il y avait d'autant moins d'analogie entre l'ionisation des solutions salines et celle des corps simples que, quand on sépare, par le courant électrique, les éléments d'un sel, on en retire des corps fort différents, suivant le composé dissocié. Le chlorure de potassium, dont nous parlions plus haut, donne du chlore et du potassium; avec l'oxyde de sodium, on obtient de l'oxygène et du sodium, etc. Quand, au contraire, on ionise un corps simple, on en retire toujours les mêmes éléments. Qu'il s'agisse d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, d'aluminium, de radium ou de toute autre substance, ce qu'on en retire est chaque fois identique. Quel que soit le corps ionisé, et quelle que soit la méthode d'ionisation, on obtient uniquement ces particules — ions et électrons — dont la charge électrique est la même pour tous les corps. L'ionisation d'une solution saline et celle d'un corps simple, tel qu'un gaz, par exemple, sont donc deux choses qui ne présentent en réalité aucune analogie.

De cette constatation que des corps simples, tels que l'oxygène, l'hydrogène, etc., on ne peut retirer que des éléments identiques, on aurait pu facilement déduire: d'abord, que les atomes peuvent se dissocier et ensuite qu'ils sont formés des mêmes éléments. Ces conclusions sont devenues évidentes aujourd'hui, mais elles étaient beaucoup trop en dehors des idées régnantes alors, pour qu'on songeât à les formuler.

Le terme d'ionisation appliqué à un corps simple ne signifiait pas grand'chose, mais il constituait une ébauche d'explication, et c'est pourquoi on s'empressa de l'accepter. Nous l'accepterons également d'ailleurs, pour ne pas troubler l'esprit du lecteur, mais tout en ayant soin de bien marquer que le terme d'ionisation appliqué à un corps simple signifie uniquement dissociation de ses atomes et pas autre chose.

Plusieurs physiciens il est vrai — et je suis étonné de voir Rutherford parmi eux — pensent que l'ionisation d'un gaz pourrait bien ne rien changer à la structure de ses atomes. On ne voit pas du tout pourquoi ce qui est reconnu exact pour un corps solide ne le serait plus pour un corps gazeux. Nous savons que par des moyens divers on peut dissocier un corps simple quelconque. Qu'il s'agisse du radium, de l'aluminium, de l'oxygène ou de tout autre substance les produits de cette dissociation sont des particules qu'on reconnaît être exactement les mêmes pour tous les corps. On n'est donc nullement fondé à dire qu'on aurait dissocié les uns et non les autres. Retirer à un atome quelque chose c'est toujours commencer sa dissociation. Les gaz ne font pas exception à cette loi. On peut même les considérer comme les corps les plus faciles à dissocier puisqu'il suffit pour y arriver de les faire traverser par des décharges électriques.

Cette ionisation des corps simples, c'est-à-dire la possibilité d'en extraire des ions positifs et négatifs porteurs de charges électriques de noms contraires, étant admise, il s'est présenté quantité de difficultés, passées d'ailleurs soigneusement sous silence, parce qu'il est vraiment impossible de leur trouver une explication.

Ces ions électriques, cette électricité ionique, si je puis m'exprimer ainsi, diffère singulièrement par ses propriétés de l'électricité ordinaire, telle qu'un siècle de recherches nous l'a fait connaître. Il suffit de quelques rapprochements pour le montrer.

Sur un corps quelconque isolé, nous ne pouvons fixer qu'une fort petite quantité d'électricité, s'il est solide, et aucune s'il est gazeux. L'électricité ionique serait nécessairement condensée, au contraire, en quantité immense, sur des particules infiniment petites. — L'électricité ordinaire, eût-elle l'intensité de la foudre, ne peut jamais traverser une lame métallique reliée à la terre, comme l'a depuis longtemps montré Faraday. On a même fondé sur cette propriété classique la confection de vêtements en gaze métallique légère qui permettent de préserver absolument des plus violentes décharges les ouvriers d'usines fabriquant de l'électricité à haut potentiel. L'électricité ionique traverse facilement, au contraire, les enceintes métalliques. — L'électricité ordinaire suit les fils conducteurs avec la rapidité de la lumière, mais ne saurait être conduite comme un gaz dans un tube creux enroulé sur lui-même. L'électricité ionique se conduit, elle, au contraire, ainsi qu'une vapeur, et peut circuler lentement à travers un tube. — L'électricité ionique jouit enfin de la propriété de donner naissance aux rayons X quand les ions animés d'une certaine vitesse viennent à toucher un corps quelconque.

Sans doute, on peut prétendre que l'électricité, engendrée par l'ionisation de la matière revêtant une forme spéciale, celle d'atomes électriques, doit posséder sous cette forme des propriétés très différentes de l'électricité ordinaire. Mais alors si les propriétés de l'atome dit électrique sont absolument différentes de celles de l'électricité, par quoi peut bien être justifié le qualificatif d'électrique? Dans toutes les expériences que nous exposerons, l'électricité nous apparaîtra le plus souvent comme un effet et non comme une cause. Elle est à cette cause inconnue ce qu'est à la chaleur ou au frottement l'électricité qu'ils engendrent. Quand une balle de fusil ou un jet de

vapeur produisent de l'électricité par leur choc, nous ne disons pas que cette balle de fusil ou ce jet de vapeur sont de l'électricité, ni même qu'ils en sont chargés. Il ne viendrait alors à personne l'idée de confondre l'effet avec la cause, comme on persiste à le faire pour les émissions radio-actives.

Les phénomènes observés dans la dissociation de la matière, tels que l'émission de particules ayant une vitesse de l'ordre de celle de la lumière, et la propriété d'engendrer des rayons X, sont évidemment des caractères que ne possède aucune des formes d'électricité connues, et ils auraient dû conduire les physiciens à admettre avec moi qu'ils sont bien la conséquence d'une forme d'énergie entièrement nouvelle. Mais l'impérieux besoin mental de chercher des analogies, de rapprocher l'inconnu du connu, a fait rattacher ces phénomènes à l'électricité sous le prétexte que, parmi les effets observés, un des plus constants était la production finale d'électricité.

Il est visible d'ailleurs que plusieurs physiciens sont très près d'arriver par des voies diverses à la conception que toutes ces émissions radio-actives qu'on essaie de rattacher à l'électricité par la théorie de l'ionisation, représentent des manifestations de l'énergie intra-atomique, c'est-à-dire d'une énergie qu'on ne peut rattacher à rien de connu.

Les faits montrant que l'électricité n'est qu'une des formes de cette énergie se multiplient chaque jour.

Un des plus importants est la découverte due à Rutherford dont j'aurai à parler bientôt, que la plus grande partie des particules émises pendant la radio-activité provient d'une émanation ne possédant absolument aucune charge électrique, bien que capable de donner naissance à des corps pouvant produire de l'électricité. Emanations, ions, électrons, rayons X, électricité, etc., ne sont, en réalité, comme nous le

verrons que des phases diverses de la dématérialisation de la matière, c'est-à-dire de la transformation de l'énergie intra-atomique.

« Il semble, écrivait M. le professeur de Heen à propos de mes expériences, que nous nous trouvions vis-à-vis d'états qui, par degrés successifs, s'écartent de la matière en passant par les émissions cathodiques et par les rayons X pour se rapprocher de la substance qu'on a désignée sous le nom d'éther. Les recherches ultérieures de Gustave Le Bon ont pleinement justifié ses premières affirmations que tous ces effets sont sous la dépendance d'un mode d'énergie nouveau. Cette force nouvelle est aussi peu connue encore que l'était l'électricité avant Volta. Nous savons simplement qu'elle existe. »

Mais quelles que soient les interprétations que l'on puisse donner aux faits révélant la dissociation de la matière, ces faits sont incontestables et c'est seulement leur démonstration qui présente de l'importance.

Sur ces faits on est à peu près d'accord aujourd'hui. On l'est également sur l'identité des produits de la dissociation de la matière, quelle que soit la cause de cette dissociation.

Qu'ils soient engendrés par la cathode de l'ampoule de Crookes, par le rayonnement d'un métal sous l'action de la lumière, ou par le rayonnement de corps spontanément radio-actifs, tels que l'uranium, le thorium et le radium, etc., les effluves sont de même nature. Ils subissent la même déviation magnétique, le rapport de leur charge à leur masse est le même. Leur vitesse seule varie, mais elle est toujours immense.

On peut donc, quand on veut étudier la dissociation de la matière, choisir les corps pour lesquels le phénomène se manifeste de la façon la plus intense, soit, par exemple, l'ampoule de Crookes où un métal

formant cathode est excité par le courant électrique d'une bobine d'induction, soit, plus simplement, des corps très radio-actifs tels que les sels de thorium ou de radium. Des corps quelconques dissociés par la lumière ou autrement donnent, d'ailleurs, les mêmes résultats, mais la dissociation étant beaucoup plus faible, l'observation des phénomènes est plus difficile.

CHAPITRE II

Les produits de la dématérialisation de la matière.

(Ions, électrons, rayons cathodiques, etc.)

§ 1. — CLASSIFICATION DES PRODUITS DE LA DÉMATÉRIALISATION DE LA MATIÈRE.

Nous avons exposé dans le précédent chapitre la genèse des idées actuelles sur l'interprétation des faits relatifs à la dissociation de la matière. Nous allons étudier maintenant les caractères des produits de cette dissociation. Pour ne pas compliquer un sujet déjà fort obscur, j'accepterai sans les discuter les théories présentement admises en me bornant à tâcher de les préciser un peu et à réunir les choses semblables désignées souvent par des mots très différents.

Nous avons dit que quels que soient le corps dissocié et la méthode de dissociation employée, les produits de cette dissociation sont toujours de même nature. Qu'il s'agisse des émissions du radium, de celles d'un métal quelconque sous l'influence de la lumière, de celles produites par des réactions chimiques ou par la combustion, de celles qu'émet une pointe électrisée, etc., les produits seront identiques, comme il a été déjà dit, bien que leur quantité et leur vitesse d'émission puissent être fort différentes.

Cette généralisation a mis longtemps à s'établir. Il était, par conséquent, naturel que des choses reconnues semblables plus tard, ayant d'abord été considérées comme différentes aient été désignées par des termes particuliers.

Il importe donc de nettement définir tout d'abord la valeur exacte des termes employés. Sans des définitions précises, aucune généralisation n'est possible. La nécessité de telles définitions se fait d'autant plus sentir que la plus grande confusion existe maintenant sur le sens de termes couramment employés.

On conçoit aisément qu'il en soit ainsi. Une science nouvelle enfante toujours une terminologie nouvelle. Cette science n'est même constituée que quand son langage est fixé. Les phénomènes récemment découverts devaient nécessairement amener la formation d'expressions spéciales traduisant à la fois les faits constatés et les théories que ces faits inspirent.

Mais, ces phénomènes ayant été examinés par des chercheurs divers, les mêmes mots ont reçu parfois des significations fort variées.

Souvent des mots anciens possédant un sens bien déterminé, ont servi à désigner des choses récemment découvertes. C'est ainsi, par exemple, qu'on emploie le même mot *ion* pour désigner les éléments séparés dans une dissolution saline, et ceux provenant de la dissociation des corps simples. Des physiciens, comme Lorenz, emploient indifféremment les termes ions et électrons qui, pour d'autres, indiquent des choses très distinctes. J.-J. Thomson qualifie de corpuscules les atomes électriques que Larmor et d'autres auteurs appellent électrons, etc.

En ne tenant compte que des faits révélés par l'expérience, et sans nous préoccuper des théories d'où les définitions dérivent, on constate que les produits divers de la dissociation de la matière actuellement connus peuvent se ranger dans les six classes

suivantes : 1° *Emanations*; 2° *Ions négatifs*; 3° *Ions positifs*; 4° *Electrons*; 5° *Rayons cathodiques*; 6° *Rayons X et radiations analogues*.

§. 2. — CARACTÈRES DES ÉLÉMENTS
FOURNIS PAR LA DISSOCIATION DE LA MATIÈRE

L'Émanation. — Ce produit que nous étudierons plus longuement dans le chapitre consacré à l'étude des matières spontanément radio-actives est une substance demi-matérielle ayant quelques caractères d'un gaz mais capable de s'évanouir spontanément en particules électriques. Elle a été découverte par Rutherford dans le thorium et le radium. D'après les recherches de J.-J. Thomson, elle existe dans la plupart des corps ordinaires: l'eau, le sable, la pierre, l'argile, etc. On peut donc la considérer comme un des stades habituels de la dissociation de la matière.

Si nous venons de qualifier « l'émanation » de substance demi-matérielle, c'est parce qu'elle possède à la fois les propriétés des corps matériels et celle des corps qui ne le sont pas ou ont cessé de l'être. On peut la condenser, de même qu'un gaz, à la température de l'air liquide et voir, grâce à sa phosphorescence, comment elle se comporte. On peut la conserver pendant quelque temps dans un tube de verre scellé, mais elle s'en échappe bientôt en se transformant en particules électriques et cesse alors d'être matérielle. Ces particules électriques comprennent des ions positifs (rayons α de Rutherford) auxquels succèdent, au bout de quelque temps, des électrons (rayons β du même auteur), et des rayons X (rayons γ). Ces divers éléments seront étudiés plus loin.

Bien que « l'émanation » puisse produire des particules électriques par sa dissociation, elle n'est pas chargée d'électricité.

Les ions positifs et les ions négatifs. — Rappelons tout d'abord, pour l'intelligence de ce qui va suivre, que, d'après une théorie déjà ancienne, mais qui a pris une grande extension dans ces derniers temps, tous les atomes contiendraient des particules électriques de grandeur déterminée, dites électrons.

Supposons maintenant qu'un corps quelconque, un gaz par exemple, soit dissocié, c'est-à-dire ionisé comme on le dit. Selon les idées actuelles, il se formerait dans son sein des ions positifs et des ions négatifs suivant un processus comprenant les trois opérations suivantes :

1° L'atome primitivement neutre, c'est-à-dire composé d'éléments qui se neutralisent, perd quelques-uns de ses électrons négatifs; 2° Ces électrons s'enveloppent par attraction électrostatique, de quelques-unes des molécules neutres des gaz qui les entourent de même que les corps électrisés attirent les corps voisins. Cet ensemble d'électrons et de particules neutres forment l'*ion négatif*; 3° L'atome ainsi privé d'une partie de ses électrons possède alors un excès de charge positive, il s'enveloppe à son tour d'un cortège de molécules neutres et forme l'*ion positif*.

Telle est — ramenée à ses points essentiels — la théorie actuelle que les recherches de nombreux expérimentateurs, de J.-J. Thomson particulièrement, ont fini par faire adopter malgré toutes les objections qu'elle soulève.

Les choses ne se passent d'ailleurs, comme il vient d'être dit, que dans un gaz à la pression ordinaire. Dans le vide, les électrons ne s'entourent pas d'un cortège de molécules matérielles; ils restent à l'état d'électrons et peuvent prendre une grande vitesse. On n'observe donc pas dans le vide la formation d'ions négatifs. L'ion positif ne s'y entoure pas davantage de particules neutres, mais, étant composé de tout ce qui reste de l'atome, il est toujours volumi-

neux, c'est pourquoi sa vitesse est relativement très faible.

Il peut arriver cependant, et c'est justement le cas de l'émission des corps radio-actifs, que les électrons négatifs soient expulsés de l'atome dans l'atmosphère, à la pression ordinaire, avec une vitesse trop grande pour que leur attraction sur les molécules neutres puissent s'exercer. Ils ne se transforment pas alors en ions, restent à l'état d'électrons et circulent aussi vite que ceux émis dans le vide. Ce sont eux qui constituent les rayons β de Rutherford.

Les ions positifs, malgré leur volume, seraient susceptibles également de prendre une vitesse très grande dans l'émission des corps radio-actifs. C'est là, du moins, le résultat des recherches de Rutherford qui admet que les rayons α — constituant 99 p. 100 de l'émission du radium — sont formés d'ions positifs lancés avec une vitesse égale au $1/10^6$ de celle de la lumière. Ce point aurait besoin d'être élucidé par de nouvelles recherches.

Lorsque les facteurs pression et vitesse n'interviennent pas et que les ions négatifs et positifs se forment à la pression atmosphérique, ils ont à peu près le même volume. Ce n'est que quand ils naissent dans le vide, ou qu'ils sont émis avec une vitesse très grande que leurs dimensions diffèrent considérablement. Dans le vide, en effet l'électron — noyau de l'ion négatif — ne s'entoure pas, comme il a été dit plus haut, de molécules matérielles, et reste à l'état d'électron. Sa masse, d'après diverses mesures dont nous aurons à parler ailleurs, ne dépasse pas la millième partie de celle de l'atome d'hydrogène. Ce qui reste de l'atome privé d'une partie de ses électrons, c'est-à-dire l'ion positif, possède une masse égale et parfois supérieure à celle de l'atome d'hydrogène, et par conséquent mille fois supérieure au moins à celle de l'électron.

Il faut donc, quand on parle des propriétés des ions, distinguer : 1° s'ils ont été formés dans un gaz à la pression ordinaire ; 2° s'ils ont pris naissance dans le vide ; 3° si, par une cause quelconque, ils ont été lancés dans l'espace avec une grande vitesse au moment de leur formation. Leurs propriétés varient nécessairement suivant ces divers cas, comme nous le verrons dans d'autres parties de ce travail.

Mais, dans tous ces cas divers, la structure générale des ions resterait la même. Leur noyau fondamental serait toujours formé d'électrons, c'est-à-dire d'atomes électriques.

Il est naturel d'admettre que les dimensions et les propriétés des ions formés dans un gaz à la pression ordinaire, diffèrent notablement de celles des électrons, puisqu'on suppose ces derniers dégagés de tout mélange matériel, mais il semble difficile, avec les théories actuelles, d'expliquer quelques-unes des propriétés des ions, notamment celles qu'on peut observer avec les gaz simples, corps faciles à ioniser par des moyens très divers. On constate alors qu'ils forment par leur ensemble un fluide tout à fait spécial dont les propriétés se rapprochent de celles d'un gaz, sans qu'il en possède toutefois la stabilité. Il peut circuler pendant quelque temps, avant de se détruire, à travers un serpentin métallique relié à la terre, ce que ne pourrait jamais faire l'électricité. Il possède une notable inertie, comme le prouve sa faible mobilité. Un tel fluide a des propriétés trop particulières pour qu'on ne lui donne pas un nom ; c'est pourquoi j'ai proposé celui de *fluide ionique*. Nous verrons qu'on peut, grâce à son inertie, le disposer suivant des figures géométriques très régulières.

Les ions étant chargés d'électricité sont attirables par les corps électrisés. C'est même, comme nous le verrons plus loin, le moyen employé pour mesurer leur charge. Lorsqu'on enferme un gaz ionisé entre

deux lames métalliques dont l'une a une charge électrique positive et l'autre une charge négative, la première lame attire les ions négatifs et la seconde les ions positifs. Si le voltage de ces lames est faible, une partie des ions se combinent entre eux et se neutralisent surtout lorsque leur nombre est considérable. Pour les extraire du milieu gazeux avant leur combinaison, il faut élever le voltage de l'enceinte jusqu'à ce que le courant produit par la circulation des ions n'augmente plus. C'est ce courant maximum qu'on appelle courant de saturation.

Nous verrons dans la partie de cet ouvrage consacrée à nos expériences que si les ions possèdent des propriétés communes permettant de les classer dans la même famille, ils possèdent aussi certaines propriétés qui permettent de les différencier nettement.

Les électrons. — Les électrons ou atomes électriques, dénommés par J.-J. Thomson « corpuscules », sont, comme nous l'avons vu, le noyau de l'ion négatif. On les obtient dégagés de tout élément étranger, soit au moyen de l'ampoule de Crookes (ils prennent alors le nom de rayons cathodiques), soit au moyen des corps radio-actifs (on leur applique alors la désignation de rayons β). Mais, malgré ces différences d'origine, ils semblent posséder des propriétés semblables.

Une des plus frappantes propriétés des électrons — en dehors de celle d'engendrer des rayons X — est de passer à travers des lames métalliques sans perdre leur charge électrique, ce qui est contraire, je le répète, à une fondamentale propriété de l'électricité. Les décharges les plus violentes sont, comme on le sait, incapables de traverser une lame métallique reliée à la terre, si mince qu'on la suppose.

Ces électrons présumés être des atomes d'électricité pure ont une grandeur définie (et probablement aussi une rigidité considérable). Ils portent,

quelle que soit leur origine, une charge électrique identique, ou peuvent au moins produire la neutralisation d'une quantité d'électricité qui est toujours la même.

On ne possède aucun moyen de les étudier lorsqu'ils sont en repos. On ne les connaît que par les effets qu'ils produisent lorsqu'ils sont animés d'une grande vitesse.

Leur masse apparente, c'est-à-dire leur inertie, est, nous le verrons dans un autre chapitre, une fonction de leur vitesse. Elle devient très grande et même infinie quand cette vitesse approche de celle de la lumière. Leur masse réelle au repos — s'ils, en ont une — ne serait donc qu'une fraction de la masse apparente qu'ils possèdent en mouvement.

Les mesures de l'inertie des électrons n'ont porté que sur les électrons négatifs, les seuls qu'on puisse isoler entièrement de la matière. Elles n'ont pas été effectuées sur les ions positifs. Etant inséparables de la matière, ces derniers doivent en posséder la propriété essentielle, c'est-à-dire une masse constante indépendante de la vitesse.

Les électrons en mouvement se conduisent comme un courant électrique, puisqu'ils sont déviés par un champ magnétique.

Leur structure est beaucoup plus compliquée en réalité que semble l'indiquer le bref exposé qui précède. Sans entrer dans des détails, nous nous bornerons à dire qu'on les suppose constitués par des tourbillons d'éther analogues à des gyroscopes. Au repos, ils sont entourés de rayons rectilignes de lignes de force. En mouvement, ils s'entourent d'autres lignes de force circulaires — et non plus rectilignes — d'où résultent leurs propriétés magnétiques. S'ils sont ralentis ou arrêtés dans leur course, ils rayonnent des ondes hertziennes, de la lumière, etc. Nous reviendrons sur ces propriétés en résumant dans

un autre chapitre les idées actuelles sur l'électricité.

Les rayons cathodiques. — Ainsi qu'il a été dit dans un précédent chapitre, les physiciens ont beaucoup varié sur la nature des rayons cathodiques. On les considère aujourd'hui comme composés d'électrons, c'est-à-dire d'atomes d'électricité pure dégagés de tout élément matériel.

On les obtient par des procédés divers, notamment au moyen des substances radio-actives. La façon la plus simple de les produire en grande quantité est d'envoyer un courant d'induction dans un ballon de verre muni d'électrodes, où l'on a fait le vide au millionième d'atmosphère. Dès que la bobine fonctionne, il sort de la cathode une gerbe de rayons dits cathodiques, déviables par un aimant.

Le bombardement produit par ces rayons a pour conséquence des effets très énergiques, tels que la fusion des métaux frappés. D'après leur action sur le diamant, on a évalué à 3,500° la température qu'ils peuvent engendrer.

Leur pouvoir de pénétration est assez faible, alors que celui des rayons X, qui en dérivent, est, au contraire, très grand. Lenard qui, le premier, fit sortir les rayons cathodiques de l'ampoule de Crookes, avait employé, pour obturer l'orifice percé dans le tube, une lame d'aluminium n'ayant que quelques millièmes de millimètre d'épaisseur.

Une portion seulement des particules électriques du tube de Crookes est chargée d'électricité négative. C'est elle qui constitue les rayons cathodiques proprement dits. L'autre — celle produite dans la région la plus centrale — est composée d'ions positifs. On a nommé ces derniers « rayons canaux ». Rayons cathodiques et rayons canaux ont la même composition que les radiations α et β , émises par les corps radio-actifs, tels que le radium et le thorium.

Les rayons cathodiques jouissent de la propriété de rendre l'air conducteur de l'électricité et de se transformer en rayons X dès qu'ils rencontrent un obstacle. Dans l'air ils se diffusent très vite, contrairement aux rayons X qui ont une marche rigoureusement rectiligne. Lorsque Lenard fit sortir les rayons cathodiques d'un tube de Crookes à travers une lame de métal mince, il constata qu'ils formaient une houppe très diffuse ne s'étendant pas au delà de quelques centimètres. Dans les gaz très raréfiés on peut au contraire, au moyen d'un diaphragme, les limiter à un cône exempt de diffusion sur une longueur de 1 mètre.

Quel que soit le gaz introduit dans l'ampoule de Crookes avant d'y faire le vide, vide très relatif puisqu'il y reste encore des milliards de molécules, même quand la pression est réduite au millionième d'atmosphère, on constate que les rayons cathodiques qui se forment ont les mêmes propriétés et portent les mêmes charges électriques. On en conclut que les atomes des corps les plus différents contiendraient les mêmes éléments.

Si, au lieu de l'ampoule de Crookes, on avait employé comme source de rayonnement une matière très radio-active, le thorium ou le radium, on aurait retrouvé la plupart des phénomènes précédents avec de simples variations quantitatives. On observe, par exemple, plus de rayons porteurs d'électricité négative dans les tubes de Crookes que dans les émanations du radium chargées surtout d'électricité positive; mais la nature des phénomènes observés dans les deux cas reste identique.

Vitesse et charge électrique des particules cathodiques et radio-actives. — La mesure de la vitesse de la masse et de la charge électrique des particules dont sont formés les rayons cathodiques et l'émission des corps

radio-actifs a, comme on vient de le dire, prouvé leur identité. Il faudrait un long chapitre pour exposer les méthodes diverses qui ont permis ces déterminations. Je me bornerai donc à indiquer très sommairement le principe de ces méthodes.

En ce qui concerne la vitesse des particules qui est de l'ordre de celle de la lumière, il peut sembler fort difficile de mesurer la vitesse de corps se mouvant avec une telle rapidité. Cette mesure est cependant très simple.

Un étroit faisceau de radiations cathodiques obtenu par un moyen quelconque — avec l'ampoule de Crookes ou un corps radio-actif, par exemple — est dirigé sur un écran susceptible de phosphorescence. En le frappant, il y produit une petite tache lumineuse.

Ce faisceau de particules étant électrisé est déviable par un champ magnétique. On peut donc l'infléchir au moyen d'un aimant disposé de façon à ce que ses lignes de forces soient à angle droit de la direction des particules. Le déplacement de la tache lumineuse sur l'écran phosphorescent indique la déviation que fait subir aux particules un champ magnétique d'intensité connue. La force nécessaire pour dévier d'une certaine quantité un projectile de masse connue permettant de déterminer la vitesse de ce dernier, on conçoit que de la déviation des particules cathodiques il soit possible de déduire leur vitesse. Les vitesses observées oscillent entre 30.000 et 270.000 kilomètres par seconde. Quand le pinceau de radiations contient des particules de vitesse variée, elles tracent une ligne plus ou moins longue sur l'écran phosphorescent au lieu de se manifester par un simple point et on peut ainsi calculer la vitesse de chacune d'elles.

Pour déterminer le nombre, la masse et la charge électrique — ou du moins le rapport $\frac{e}{m}$ de la charge

à la masse — des particules cathodiques on opère de la façon suivante :

On commence d'abord par déterminer la charge électrique d'un nombre de particules inconnu contenu dans un volume de gaz connu. Une quantité de gaz déterminée contenant les particules radio-actives est enfermée entre deux plaques métalliques parallèles, l'une isolée, l'autre chargée positivement. Les particules positives sont repoussées vers la plaque isolée, les particules négatives attirées et leur charge peut être mesurée à l'électromètre.

De cette charge électrique totale on pourra évidemment déduire la charge de chacune des particules si on a réussi à calculer le nombre de ces particules.

Plusieurs méthodes permettent de déterminer ce nombre. La plus simple, est basée sur ce fait que lorsqu'on introduit des particules cathodiques dans un réservoir contenant de la vapeur d'eau, chacune agit comme noyau de condensation de la vapeur et forme une goutte autour d'elle. L'ensemble de ces gouttes constitue un nuage de gouttelettes. Ces dernières sont beaucoup trop petites pour qu'on puisse les compter, mais on déduit leur nombre de leur vitesse de chute, vitesse que la viscosité de l'air rend très lente.

Connaissant le nombre de gouttelettes et par conséquent de particules cathodiques contenues dans un volume donné de vapeur d'eau; connaissant, d'autre part, la charge électrique de la totalité de ces particules, une simple division donne, comme je le disais plus haut, la charge électrique de chacune d'elles.

C'est en opérant comme il vient d'être dit qu'il a pu être démontré que la charge électrique des particules cathodiques était une grandeur constante quelle

que fût leur origine (particules des corps radio-actifs, des métaux ordinaires frappés par la lumière, etc.). Leur charge électrique est représentée par environ 10^8 unités électro-magn. La valeur de $\frac{e}{m}$ de l'ion d'hydrogène dans l'électrolyse des liquides étant seulement égale à 10^5 , il s'ensuit que la masse de l'ion négatif dans les corps dissociés est la millième partie de celle de l'atome d'hydrogène le plus petit des atomes connus.

Les chiffres précédents ne s'appliquent qu'aux ions négatifs. Ce sont les seuls dont la grandeur soit constante pour tous les corps. Pour les ions positifs qui contiennent la plus grande partie de l'atome non dissocié leur charge varie naturellement suivant les corps. Leur dimension n'est jamais inférieure à celle de l'atome d'hydrogène.

Les rayons X. — Lorsque les rayons cathodiques, c'est-à-dire les électrons émis par un tube de Crookes ou par un corps radio-actif, rencontrent un obstacle, ils donnent naissance à des radiations spéciales nommées rayons X, quand elles proviennent de l'ampoule de Crookes, et rayons γ quand elles sont émises par un corps radio-actif.

Ces radiations se propagent en ligne droite et peuvent traverser d'épais obstacles. Elles ne se réfléchissent pas, ne se réfractent pas et ne se polarisent pas, ce qui les différencie absolument de la lumière. Elles ne sont pas déviées par un aimant, et par là se séparent nettement des rayons cathodiques, dont le pouvoir de pénétration est d'ailleurs infiniment plus faible.

Les rayons X ou γ possèdent la propriété de rendre l'air conducteur de l'électricité, par conséquent de dissiper les charges électriques. Ils rendent phos-

phorescentes diverses substances et impressionnent les plaques photographiques.

Lorsque les rayons X touchent un corps quelconque, ils provoquent la formation de rayons, dits secondaires, identiques aux rayons cathodiques, ce qui signifie simplement que les rayons X dérivés de la dissociation de la matière jouissent de la propriété de produire une nouvelle dissociation de la matière quand ils viennent à la frapper, propriété que les radiations lumineuses, celles de la région ultra-violette notamment, possèdent également.

C'est à peu près uniquement à la constatation de ces attributs que se borne ce que nous savons des rayons X, malgré les recherches de centaines de physiciens depuis leur découverte. Comme ils ne se rattachent à rien de connu, on ne peut les assimiler à rien.

On a essayé cependant de les relier à la lumière ultra-violette, dont ils ne différeraient que par l'extrême petitesse de leur longueur d'onde. Cette hypothèse semble bien peu soutenable. Sans parler de la vitesse que devraient avoir les rayons cathodiques pour imprimer à l'éther des vibrations correspondantes à celles de la lumière, et laissant de côté l'absence de polarisation et de réfraction que justifierait la petitesse des ondes supposées, n'est-il pas frappant de voir que plus on avance dans l'ultra-violet, et plus par conséquent on se rapproche de la longueur d'onde supposée aux rayons X, plus les radiations deviennent peu pénétrantes. Dans la région extrême du spectre, elles finissent par ne plus pouvoir franchir les plus faibles obstacles. Pour l'extrême ultra-violet aux environs de $0\mu,160$ à $0\mu,100$ étudié récemment par Schumann et Lenard, 2 centimètres d'air sont opaques comme du plomb, une feuille de mica de 1 centième de millimètre d'épaisseur est également opaque. Or les rayons X supposés si voi-

sins de cette région extrême de l'ultra-violet traversent, au contraire, tous les obstacles, y compris d'épaisses lames métalliques. S'ils ne produisaient pas de la fluorescence et des actions photographiques, on n'eût certainement jamais songé à les rapprocher de la lumière ultra-violette.

L'impossibilité d'imprimer aux rayons X la déviation par un champ magnétique que subissent les rayons cathodiques les fait considérer comme n'ayant plus rien d'électrique, mais cette conclusion pourrait être aisément contestée. Supposons, en effet, que les rayons X soient constitués d'atomes électriques plus raffinés encore que les électrons négatifs ordinaires et que leur vitesse de propagation soit voisine de celle de la lumière. D'après les recherches que j'exposerai bientôt, des électrons doués d'une pareille vitesse auraient une masse infinie. Leur résistance au mouvement étant infinie, il est évident qu'ils ne pourraient pas être déviés par un champ magnétique, bien que formés d'éléments électriques.

Ce qui semble le plus évident maintenant c'est qu'il n'y a pas plus de raison de rattacher les rayons X à l'électricité qu'à la lumière. De telles assimilations sont filles de ces habitudes d'esprit qui nous conduisent à rapprocher les choses nouvelles des choses anciennement connues. Les rayons X représentent simplement une des manifestations de l'énergie intra-atomique libérée par la dissociation de la matière. Ils constituent une des étapes de l'évanouissement de la matière, une forme d'énergie ayant ses caractères particuliers et qu'il ne faut définir que par ces caractères, sans chercher à la faire rentrer dans le cadre des choses antérieurement classées. L'univers est plein de forces ignorées qui, de même que les rayons X aujourd'hui ou l'électricité, il y a un siècle, ont été seulement découvertes quand on a possédé des réactifs capables de les révéler. Si les

corps phosphorescents et les plaques photographiques avaient été inconnus, l'existence des rayons X n'aurait pu être constatée. Les physiciens ont manié, pendant vingt-cinq ans, les tubes de Crookes d'où sortent avec abondance ces rayons sans les apercevoir.

S'il est probable que les rayons X ont leur siège dans l'éther, il semble certain qu'ils ne sont pas constitués par des vibrations analogues à celles de la lumière. Pour nous ils représentent l'extrême limite des choses matérielles, une des dernières étapes de l'évanouissement de la matière avant son retour à l'éther.

Ayant suffisamment décrit, d'après les idées actuelles, la constitution supposée des produits que donne la matière par sa dissociation, nous allons étudier maintenant les formes diverses de cette dissociation et montrer que nous retrouverons toujours les éléments qui viennent d'être énumérés.

CHAPITRE III

La dématérialisation des corps très radio-actifs. Uranium, Thorium, Radium, etc.

§ 1. — LES PRODUITS DE LA DÉMATÉRIALISATION DES CORPS TRÈS RADIO-ACTIFS.

Nous allons relater dans ce chapitre, les recherches effectuées sur les corps très radio-actifs, c'est-à-dire se dissociant spontanément d'une façon rapide. Les plus importants sont l'uranium, le thorium et le radium.

Dans les produits de leur dématérialisation, nous retrouverons ce que donne un corps quelconque dissocié par un moyen quelconque, mais les produits émis seront en quantité beaucoup plus considérable. Sous des noms différents, nous reverrons toujours l'émanation, les ions, les électrons et les rayons X.

Il ne faudrait pas croire que ces substances représentent toutes les étapes de la dématérialisation de la matière. Celles dont l'existence est connue ne sont que des fragments d'une série probablement très longue.

Si nous retrouvons toujours les mêmes éléments dans les produits de tous les corps soumis à la dissociation, c'est que les réactifs dont on fait actuellement usage n'étant sensibles qu'à certaines substances

ne peuvent naturellement en révéler d'autres. Quand nous découvrirons des réactifs différents, nous constaterons sûrement l'existence d'autres éléments.

Le très grand intérêt des substances spontanément radio-actives, c'est qu'elles émettent en quantité considérable des éléments que les autres corps ne produisent qu'en quantité beaucoup plus faible. Grossissant ainsi un phénomène général, elles permettent de mieux l'étudier en ses détails.

Dans ce chapitre, nous ne ferons qu'exposer les recherches faites sur les corps éminemment radio-actifs le thorium et le radium notamment. C'est un sujet très neuf encore et c'est pourquoi les résultats obtenus présenteront beaucoup de contradictions et d'incertitudes. Leur importance est cependant capitale.

Rutherford qui a très complètement étudié les corps radio-actifs et découvert avec Curie la presque totalité des faits les concernant, a désigné leurs radiations par les lettres α , β et γ , indications adoptées aujourd'hui. Mais, sous ces nouvelles appellations, on retrouve exactement les produits que nous avons décrits. Les radiations α se composent d'ions positifs, les radiations β d'élec-

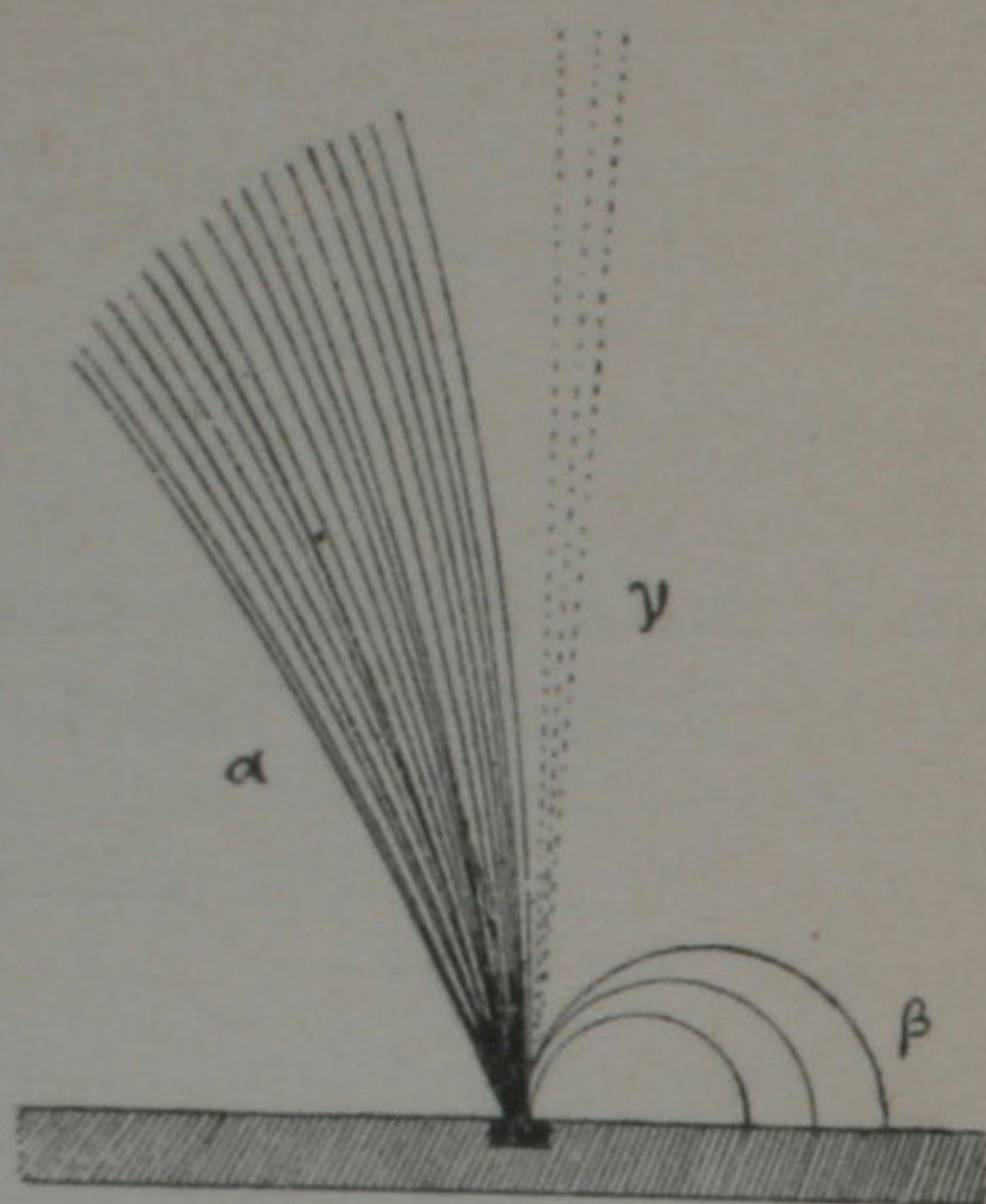


FIG. 3.

Les trois ordres de radiations émises par un corps radio-actif séparées par l'action d'un champ magnétique.

On voit à gauche les radiations α (ou ions positifs) qui forment 99 % de l'ensemble des radiations; à droite les rayons β (ou électrons négatifs) et au centre, n'ayant subi aucune déviation par le champ magnétique les rayons γ ou rayons X. Ce mode de représentation est emprunté à Rutherford et Curie, mais on a modifié entièrement le rapport entre les diverses radiations, de façon à bien montrer que les rayons α forment la grande majorité du rayonnement. Les figures publiées jusqu'ici indiquaient précisément le contraire.

trons identiques à ceux qui constituent les rayons cathodiques, les radiations γ sont semblables aux rayons X. Ces trois espèces de radiations sont très nettement indiquées dans le schéma représenté fig. 3.

A ces radiations diverses se joint, comme phénomène primitif, d'après Rutherford, l'émission d'une substance demi-matérielle nommée par lui émanation. Elle ne possède aucune charge électrique mais subirait des stades postérieurs de dissociation qui la transformeraient en particules α et β .

Examinons maintenant les propriétés des produits que nous venons d'énumérer. Nous n'aurons le plus souvent qu'à répéter ou compléter ce que nous avons précédemment dit dans un autre chapitre.

§ 2. — LES RAYONS α OU IONS POSITIFS.

Les rayons α sont constitués par des ions positifs. Ils sont déviés par un champ magnétique intense, mais en sens inverse des rayons β . Le rayon de courbure de leur déviation est 1.000 fois plus grand que celui des particules β .

Les particules α forment 99 % du total de la radiation du radium. Elles rendent l'air conducteur de l'électricité beaucoup plus que les rayons β mais leur action sur la plaque photographique est presque nulle et leur force de pénétration très faible, puisqu'elles sont arrêtées par une simple feuille de papier. Ce mince pouvoir de pénétration permet de les séparer facilement des autres radiations pour lesquelles le papier n'est pas un obstacle.

Dans l'émission totale des corps radio-actifs ce sont surtout les rayons α qui rendent l'air conducteur de l'électricité et les rayons β qui produisent les impressions photographiques. Quand un corps radio-actif est enfermé dans un tube de verre, la presque totalité des particules α est retenue par les parois du verre.

On admet, d'après divers calculs, que les particules α

auraient une masse égale ou supérieure à celle de l'atome d'hydrogène et une charge semblable. Leur vitesse déduite du degré de leur déviation par un champ magnétique, d'intensité connue, serait le 1/10 de celle de la lumière.

La quantité de ces particules varie suivant les corps. Pour l'uranium et le thorium, elle serait pour un gramme de 70.000 par seconde et pour le radium de 100 milliards. Cette émission pourrait durer sans interruption pendant plus d'une centaine d'années.

L'émission de particules α , ou ions positifs, serait, avec la production de l'émanation, le phénomène fondamental de la radio-activité. L'émission des particules β et celle des rayons γ , qui, à elles deux, forment à peine 1 % de l'émission totale, représenterait un stade de dissociation plus avancée des atomes radio-actifs.

En frappant les corps phosphorescents, les particules α les rendent lumineux. C'est sur cette propriété qu'est fondé le spinthariscopes, instrument qui rend visible la dissociation permanente de la matière. Il consiste simplement en un écran de sulfure de zinc, au-dessus duquel se trouve une petite tige de métal dont l'extrémité a été trempée dans une solution de chlorure de radium. En regardant l'écran à la loupe, on voit jaillir sans interruption une pluie de petites étincelles produite par le choc des particules α , et cette émission pourra durer pendant des siècles, ce qui montre l'extrême petitesse des particules provenant de la désagrégation des atomes. Si l'émission est visible, c'est, comme le dit Crookes, parce que « chaque particule est rendue apparente uniquement par l'énorme degré de perturbation latérale produite par son choc sur la surface sensible, de même que des gouttes de pluie tombant dans l'eau produisent des rides qui dépassent leur diamètre ». J'ai réussi,

en utilisant certaines variétés de sulfures phosphorescents, à fabriquer des écrans permettant d'observer le phénomène de la dissociation, non seulement avec des sels de radium, mais encore avec diverses substances, le thorium et l'uranium notamment¹.

Les rayons α sont très rapidement absorbés par l'air. Cette absorption serait due à ce que leur énergie est employée à ioniser l'air. Ils ne peuvent l'ioniser à plus de 6 à 7 centimètres de leur source d'émission. Au delà de cette distance les effets d'ionisation aussi bien que les actions photographiques et phosphorescentes cessent entièrement. Cette suppression d'action tiendrait au ralentissement de leur vitesse produit par leur passage dans l'air. Quand cette vitesse est réduite de 60 pour cent environ ils n'agissent plus.

Les rayons α semblent très hétérogènes; on admet déjà quatre sortes de rayons α différenciables surtout par leur différence de vitesse.

L'extrême vitesse des particules α semble bien difficile à expliquer. Cette vitesse se comprendrait assez pour les rayons β composés d'atomes d'électricité pure et qui, possédant sans doute une inertie très faible, peuvent prendre sous l'influence de forces minimales une vitesse très grande; mais pour les particules α , dont la dimension semble identique à celle de l'atome d'hydrogène, une vitesse de 30.000 kilomètres par seconde semble bien diffi-

1. Le sulfure phosphorescent est étalé en couche assez mince pour être transparent sur une lamelle de verre d'abord couverte de vernis. On applique ensuite le côté enduit de matière phosphorescente sur le corps à examiner et on observe l'autre face du verre avec une loupe. Tous les minéraux d'urane et de thorium, et même un simple manchon de lampe à incandescence, donnent une scintillation lumineuse indiquant la dissociation de la matière; mais il est nécessaire, pour l'observer que l'œil ait été rendu sensible par un séjour préalable d'un quart d'heure dans l'obscurité.

lement explicable et je crois que, sur ce point, les expériences de Rutherford et de ses élèves auraient besoin d'être reprises.

Il n'est guère supposable, d'ailleurs, que ces vitesses se produisent instantanément. Elles ne se comprennent que dans l'hypothèse où les particules des atomes seraient comparables à de petits systèmes planétaires animés de vitesses énormes. Ils garderaient leur vitesse en sortant de leur orbite comme le fait une pierre lancée par une fronde. La vitesse de rotation invisible des éléments de l'atome serait donc simplement transformée par sa dissociation en vitesse de translation visible ou du moins accessible à nos instruments.

§ 3. — LES RAYONS β OU ÉLECTRONS NÉGATIFS.

Les rayons β sont considérés comme composés d'électrons identiques à ceux des rayons cathodiques. Ils seraient donc formés d'atomes électriques négatifs dégagés de toute matière. Leur masse serait comme celle des particules cathodiques, la 1000^e partie de celle de l'atome d'hydrogène. Leur vitesse varierait entre 33 % et 95 % de celle de la lumière.

Ils sont émis en proportion beaucoup plus faible que celle des particules α puisqu'ils forment à peine 1 pour cent du total de la radiation. Ce sont eux qui produisent les impressions photographiques.

Leur puissance de pénétration est considérable. Alors que les rayons α sont arrêtés par une feuille de papier ordinaire, les rayons β traversent plusieurs millimètres d'aluminium. C'est probablement en raison de leur grande vitesse qu'ils sont beaucoup plus pénétrants que les rayons cathodiques du tube de

Crookes capables seulement de traverser des feuilles d'aluminium de quelques millièmes de millimètre d'épaisseur.

Ils rendent immédiatement lumineux les corps susceptibles de phosphorescence en les frappant alors même qu'ils en sont séparés par une mince lame d'aluminium. La phosphorescence est très vive avec le platino-cyanure de baryum et les variétés de diamant capables de phosphorescence¹.

Les particules β semblent aussi complexes que les particules α , comme le prouve la vitesse différente des éléments qui les composent. On se rend compte aisément de cette inégalité de vitesse par l'étendue de l'impression photographique qu'elles produisent lorsqu'elles sont soumises à l'action d'un champ magnétique. On constate également en recouvrant la plaque photographique d'écrans d'épaisseurs différentes que les diverses particules β possèdent des pouvoirs de pénétration différents. Il est donc fort probable qu'elles représentent des stades très divers de dissociation de la matière que nous ne savons pas encore séparer.

§ 4. — LES RAYONS γ OU RAYONS X.

A côté des radiations α et β chargées, les premières d'électricité positive, les secondes d'électricité négative, les corps radio-actifs émettent en proportion extrêmement faible (moins de 1 %) des radiations γ tout à fait analogues, par leurs propriétés, aux

1. C'est même sur cette propriété que je me base pour apprécier rapidement l'intensité de divers échantillons de radium. Quand le tube contenant un sel de radium rend le diamant phosphorescent à travers une mince lame d'aluminium, on peut considérer ce sel comme très actif.

rayons X, mais possédant un pouvoir de pénétration supérieur, puisqu'elles peuvent traverser plusieurs centimètres d'acier. Cette propriété permet de les séparer facilement des radiations α et β , arrêtées par une lame de plomb de quelques millimètres d'épaisseur.

On est d'ailleurs assez peu renseigné sur leur nature et si on les dit analogues aux rayons X, c'est uniquement parce qu'elles ne sont pas déviées par un champ magnétique et possèdent un grand pouvoir de pénétration.

Ce qui complique singulièrement l'étude des émissions précédentes (α , β et γ), c'est qu'aucune ne peut toucher un corps gazeux ou solide sans provoquer immédiatement, — en raison sans doute de l'ébranlement produit par leur énorme vitesse, — une dissociation d'où résulte la production de rayons dits secondaires analogues par leurs propriétés aux rayons primitifs, mais moins intenses. Ces radiations secondaires impressionnent également les plaques photographiques, rendent l'air conducteur de l'électricité et sont déviées par un champ magnétique. Elles peuvent produire par leur choc des rayons tertiaires jouissant des mêmes propriétés, et ainsi de suite. Ce sont les rayons secondaires fournis par les rayons γ qui sont les plus actifs. Une impression photographique à travers une plaque métallique est parfois accrue par l'interposition de cette plaque, parce que les rayons secondaires viennent alors superposer leurs effets à celui des rayons primitifs.

§ 5. — ÉMANATION DEMI-MATÉRIELLE PROVENANT DES CORPS RADIO-ACTIFS.

Une des plus curieuses propriétés des corps radio-actifs, comme d'ailleurs de tous les corps, est d'émettre sans cesse un produit non électrisé, désigné sous le

nom d'émanation, par Rutherford. Cette émanation représente les premiers stades de la dissociation de la matière, et, en se désagrégeant elle-même, engendre les émissions de particules étudiées dans le précédent paragraphe. C'est à elle encore que serait due la propriété de rendre radio-actifs les corps placés dans le voisinage du radium.

L'émanation a été étudiée surtout avec le radium et le thorium. L'uranium n'en donne pas assez pour que les réactifs puissent la révéler. Il est, cependant, très probable qu'il en dégage, contrairement à ce que croit Rutherford, puisque, d'après les recherches récentes de J.-J. Thomson, la plupart des corps de la nature, l'eau, le sable, etc., en produisent.

On retire l'émanation des corps radio-actifs, soit en les dissolvant dans un liquide quelconque introduit dans un ballon communiquant avec un tube fermé, soit en les chauffant au rouge dans un appareil analogue. L'émanation qui se dégage dans le tube le rend phosphorescent par sa présence, ce qui permet de voir comment elle se comporte.

On peut condenser l'émanation au moyen du froid produit par l'air liquide. La condensation est révélée par la localisation de la phosphorescence, mais il n'apparaît aucune substance susceptible d'être appréciée par la balance.

L'émanation du thorium se condensant à -120° et celle du radium à -150° il semble bien probable que l'émanation des divers corps est, malgré certaines similitudes de propriétés, de nature différente.

A la température ordinaire, les corps radio-actifs à l'état solide émettent de l'émanation, mais le centième seulement de la quantité émise à l'état de solution. En introduisant du sulfure de zinc dans un ballon communiquant par un tube avec un autre ballon contenant une solution de chlorure de radium, le dégage-

ment de l'émanation rend le sulfure phosphorescent.

Le radium chauffé perd la plus grande partie de son activité par suite de la grande quantité d'émanation qui s'en dégage, mais il la reprend en totalité en une vingtaine de jours. La même perte se manifeste si on fait bouillir une solution de ce sel.

Après qu'on a chauffé au rouge le chlorure de radium solide ou qu'on a fait bouillir longtemps sa solution, il conserve encore le quart de son activité primitive, mais cette activité est due alors uniquement à des particules α , comme on le constate par la faible pénétration des rayons émis qui ne peuvent plus traverser une feuille de papier. Ce n'est qu'au bout d'un temps assez long qu'apparaissent de nouveau les particules β , capables de traverser des métaux.

L'activité de l'émanation se perd assez vite. La rapidité de cette perte varie suivant les corps. Celle de l'actinium se détruit en quelques secondes, celle du thorium en quelques minutes, celle du radium au bout de trois semaines seulement, mais elle est déjà réduite de moitié en quatre jours.

Suivant Rutherford, le radium ou le thorium, pourrait produire diverses sortes de dissociations qui débuteraient par l'émission de l'émanation. Il en compte déjà cinq ou six pour ce dernier. La première engendre la seconde, et ainsi de suite. Elles représentent sans doute des stades successifs de la dématérialisation de la matière.

C'est à l'émanation que seraient dus les trois quarts de la chaleur produite constamment par le radium et qui maintient sa température à 3° ou 4° au-dessus de celle du milieu ambiant. Si on prive en effet le radium de son émanation en le chauffant, il n'émet plus que le quart de la chaleur qu'il émettait d'abord. La presque totalité de l'élévation de température serait due aux particules α .

Il résulte, comme je l'ai dit déjà, des expériences de Ramsay, que si on abandonne plusieurs jours dans un tube de l'émanation du radium, on peut y observer les raies spectrales de l'hélium qui ne s'y rencontraient pas tout d'abord.

Avant de tirer trop de conclusions de cette transformation, il faut remarquer d'abord que l'hélium est un gaz qui accompagne tous les minéraux radio-actifs, c'est même de ces corps qu'on l'a retiré pour la première fois. Ce gaz qui n'entre dans aucune combinaison, se conserve indéfiniment dans les tubes où il est enfermé. Celui dérivé du radium serait un hélium très spécial, puisqu'il paraît posséder la propriété de s'évanouir spontanément. Son unique ressemblance avec l'hélium ordinaire résiderait dans la présence momentanée de quelques raies spectrales. Il semble donc bien difficile d'admettre la transformation du radium en hélium.

Rutherford considère l'émanation comme un gaz matériel, parce qu'elle se diffuse et se condense à la façon des gaz. Sans doute, l'émanation a des propriétés communes avec les corps matériels, mais ne diffère-t-elle pas singulièrement de ces derniers par sa propriété de s'évanouir en quelques jours, même enfermée dans un tube scellé, en se transformant en particules électriques? C'est ici surtout que se montre l'utilité de la notion, que nous avons cherché à établir, d'un intermédiaire entre le matériel et l'immatériel, c'est-à-dire entre la matière et l'éther.

L'émanation des corps radio-actifs représente, suivant nous, une de ces substances intermédiaires. Elle est matérielle en partie, puisqu'on peut la condenser, la dissoudre dans certains acides et la retrouver par évaporation. Elle n'est qu'incomplètement matérielle, puisqu'elle finit par disparaître entièrement en se transformant en particules électriques.

Cette transformation qui se fait, même dans un

tube de verre scellé, a été mise en évidence par les expériences de Rutherford. Il a montré qu'en disparaissant l'émanation donne d'abord naissance à des particules α et, plus tard seulement, à des particules β et à des radiations γ .

Pour prouver que l'émanation du radium ou du thorium n'engendre d'abord que des particules positives α , on l'introduit dans un cylindre de cuivre de 0^{mm},05 d'épaisseur qui retient toutes les particules α , mais permet aux particules β et aux rayons γ de passer. En déterminant, à intervalles réguliers, la radiation extérieure du cylindre, au moyen d'un électroscope, on constate que ce n'est qu'au bout de trois ou quatre heures qu'apparaissent les particules β . Les particules α se montrent, au contraire de suite, comme le prouve leur action sur un électroscope en relation avec l'intérieur du cylindre.

Rutherford conclut de ses expériences que « l'émanation » n'émet d'abord que des rayons α puis des rayons β et γ en se déposant sur les parois des récipients qui la contiennent. On conçoit difficilement, d'après tout ce que nous savons en électricité, une émission de particules uniquement positives sans qu'une charge négative exactement égale se produise en même temps.

Quoi qu'il en soit si la théorie précédente est exacte l'émanation, en disparaissant, fournirait d'abord des ions positifs, relativement volumineux, puis des électrons négatifs, qui le sont mille fois moins, et enfin des radiations γ .

Ainsi que je l'ai dit plus haut, Rutherford considère l'émanation comme une sorte de gaz susceptible de se dissocier spontanément en particules électriques projetées au dehors avec une immense vitesse. En se dissociant ce gaz supposé émettrait une quantité d'énergie trois millions de fois supérieure à celle produite par l'explosion d'un égal volume d'hydrogène

et d'oxygène mélangés dans la proportion nécessaire pour faire de l'eau. Cette dernière réaction est cependant comme on le sait celle qui produit le plus de chaleur.

Cette émanation, qui produit une si grande quantité de particules électriques, est-elle électrisée elle-même? En aucune façon. Ce point important a été très clairement mis en évidence par les recherches du professeur Mac Clelland. « Ce fait, dit-il, que l'émanation ne porte aucune charge a une importance significative au point de vue de notre conception de la manière suivant laquelle l'atome du radium se détruit. L'atome du radium produit assurément des particules α chargées positivement. Mais les particules de l'émanation ne peuvent être ce qui reste de l'atome, après l'émission des particules α , parce que, dans ce cas, elles seraient chargées négativement. » Il résulte de ces expériences et des observations que j'ai faites précédemment, que tout ce qui concerne les particules α , formant les 99 % de l'émission des corps radio-actifs, est à revoir entièrement.

§ 6. — LA RADIO-ACTIVITÉ INDUITE.

C'est l'émanation qui, en se dégageant et en projetant ses particules désagrégées à la surface des corps, produirait la radio-activité dite induite. Ce phénomène consiste en ceci, que toutes les substances placées dans le voisinage d'un composé radio-actif deviennent momentanément radio-actives. Elles ne le deviennent pas si le sel activant est enfermé dans un tube de verre.

Les rayons β et γ seraient seuls capables de produire la radio-activité induite. Les particules α ne posséderaient pas cette propriété.

La radio-activité, artificiellement provoquée sur tous les corps, ne disparaît qu'après un temps assez long.

Tous les gaz ou les métaux, placés dans le voisinage d'une substance radio-active ou sur lesquels on insuffle, au moyen d'un long tube, l'émanation qui s'en dégage, deviennent momentanément radio-actifs. Si on admet que la radio-activité est engendrée par un dégagement de particules électriques, il faut reconnaître que ces particules, capables d'être entraînées par l'air et de se fixer aux corps comme une poussière, possèdent des propriétés singulièrement différentes de celles de l'électricité ordinaire. Rutherford a constaté que les émanations du thorium peuvent traverser de l'eau et de l'acide sulfurique sans perdre leur activité. Si on expose un fil métallique chargé d'électricité négative aux émanations du thorium, il devient radio-actif ; si on traite ce fil par de l'acide sulfurique, et qu'on évapore ensuite le résidu, on constate que ce dernier est encore radio-actif. On ne voit vraiment pas comment de l'électricité pourrait subir un pareil traitement.

La radio-activité induite communiquée à une substance inactive peut être beaucoup plus intense que celle des corps radio-actifs d'où elle émane. Lorsque dans une enceinte contenant de l'émanation d'un corps radio-actif, du thorium, par exemple, on introduit une lame de métal chargée d'électricité négative à un haut potentiel, toutes les particules émises par le thorium se concentrent sur elle, et, d'après Rutherford, cette lame devient dix mille fois plus active, à égalité de surface, que le thorium lui-même. Si la lame de métal est chargée positivement, elle ne devient pas radio-active. Ces faits ne sont, pas plus que les précédents, explicables avec la théorie actuelle.

Si un métal, rendu artificiellement radio-actif, est chauffé au rouge blanc il perd sa radio-activité qui se répand sur les corps voisins. Ici encore, nous voyons les atomes dits électriques se conduire d'une bien étrange façon.

Le phénomène de la radio-activité induite est donc tout à fait inexplicable avec les idées actuelles sur les particules électriques. Il est inadmissible que de telles particules déposées sur un métal puissent rester pendant des semaines à l'état d'atomes électriques et être entraînées par des réactifs. Il semblerait, d'après les expériences de M. Curie, que du bismuth, plongé dans une solution de bromure de radium et soigneusement lavé ensuite, resterait radio-actif pendant au moins trois ans. Cette radio-activité persisterait même après un traitement chimique énergique. Peut-on considérer comme vraisemblable que des particules électriques se comportent d'une telle manière? Et, puisqu'elles agissent si différemment de l'électricité, comment est-il possible, ainsi que je l'ai répété tant de fois, de persister à leur appliquer le terme d'atomes électriques?

Je ferai remarquer, à propos de la radio-activité induite, que certaines formes d'énergie peuvent être emmagasinées dans les corps pendant un temps très long et se dépenser fort lentement. Dans mes anciennes expériences sur la phosphorescence, j'ai constaté que du sulfure de calcium, exposé au soleil durant quelques secondes, rayonne pendant dix-huit mois de la lumière invisible, comme le prouve la possibilité de photographier l'objet insolé à la chambre noire, dans l'obscurité la plus complète. Au bout de dix-huit mois, il ne rayonne plus rien, mais garde encore une charge résiduelle qu'on peut rendre visible en faisant tomber à la surface du corps des rayons infra-rouges invisibles.

On a comparé un corps radio-actif à un aimant qui

garde toujours son aimantation et peut, sans s'affaiblir, aimanter d'autres corps.

La comparaison est peu fondée, car l'aimant n'est pas le siège d'une émission constante de particules dans l'espace. On pourrait cependant l'utiliser pour expliquer grossièrement le phénomène de la radio-activité induite, qui peut se ramener à ce fait qu'un corps radio-actif communique ses propriétés à un corps voisin, comme l'aimant donne de l'aimantation aux fragments de fer situés dans son voisinage. Si les molécules de l'air étaient magnétiques — elles le sont d'ailleurs un peu — un aimant les aimanterait, et, elles-mêmes pourraient en aimanter d'autres. Si elles conservaient leur aimantation, on aurait un gaz qui, de même que l'émanation des corps radio-actifs, serait capable de circuler dans des tubes, et persister à la surface d'un métal sans perdre ses propriétés.

De tout ce qui précède, une vue d'ensemble se dégage nettement et elle confirme ce qui a été dit, au commencement de ce chapitre, que les stades de dissociation de la matière doivent être extrêmement nombreux et que nous en connaissons encore très peu. Sans pouvoir les isoler, nous sommes au moins certain qu'ils existent puisque l'inégale déviation des particules β par un aimant prouve nettement qu'elles sont composées d'éléments différents. Nous savons également que dans le produit demi-matériel, désigné en bloc sous le nom d'émanation, on constate déjà quatre ou cinq stades très divers de dissociation de la matière.

Les mêmes expériences confirment également cette autre vue, que la matière, en se dissociant, émet des produits de plus en plus subtils, de plus en plus dématérialisés, qui conduisent progressivement à l'éther. L'ion positif est encore très chargé de matière. Les électrons négatifs se rapprochent davantage de

l'éther. Ils représentent eux-mêmes des stades variés de dissociation puisque leur inégale déviation par un même champ magnétique prouve qu'ils sont composés d'éléments divers. Finalement, on arrive aux radiations γ qu'aucun obstacle n'arrête plus, qu'aucune attraction magnétique ne peut dévier et qui semblent constituer l'une des dernières phases de la dissociation de la matière avant son retour final à l'éther.

CHAPITRE IV

La dématérialisation des corps ordinaires sous des influences diverses : Lumière, réactions chimiques, chaleur, etc.

§ 1. — CAUSES DIVERSES DE LA DÉMATÉRIALISATION DE LA MATIÈRE. MÉTHODES EMPLOYÉES POUR LA CONSTATER.

Plusieurs années se sont écoulées depuis que j'ai prouvé que la dissociation de la matière qu'on observe dans les corps dits radio-actifs, tels que l'uranium et le radium, était, contrairement aux idées alors reçues, une propriété de tous les corps de la nature, susceptible de se manifester sous l'influence des causes les plus diverses, et même spontanément. La radio-activité spontanée de quelques corps, comme l'uranium et le thorium, qui a tant surpris les physiciens, est en réalité un phénomène universel, une propriété fondamentale de la matière.

Dans un travail récent¹, le professeur J.-J. Thomson a repris la question et réussi à montrer l'existence de la radio-activité dans la plupart des corps, l'eau, le sable, l'argile, la brique, etc.

Ces expériences confirment toutes celles que j'avais

1. *On the presence of radio active matter in ordinary substances.* (Proceedings of the Cambridge philosophical Society, avril 1904, p. 391.)