

*Bibliothèque de Philosophie scientifique*

---

D<sup>r</sup> GUSTAVE LE BON

---

# L'Évolution de La Matière

- Rien ne se crée. Tout se perd.
- C'est de l'énergie intra-atomique libérée par la dématérialisation de la matière que dérivent la plupart des forces de l'univers.

---

Avec 62 figures

photographiées au laboratoire de l'auteur.

---

PARIS

ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR

26, RUE RACINE, 26

Seizième mille.











# L'Évolution de la Matière

# PRINCIPALES PUBLICATIONS DU D<sup>r</sup> GUSTAVE LE BON

---

## 1<sup>o</sup> VOYAGES, HISTOIRE, PHILOSOPHIE

- Voyage aux monts Tatras**, avec une carte et un panorama dressés par l'auteur (publié par la *Société géographique de Paris*).
- Voyage au Népal**, avec nombreuses illustrations, d'après les photographies et dessins exécutés par l'auteur pendant son exploration (publié par le *Tour du Monde*).
- L'Homme et les Sociétés. — Leurs origines et leur histoire.**  
Tome I<sup>er</sup> : Développement physique et intellectuel de l'homme. — Tome II : Développement des sociétés. (*Épuisé.*)
- Les Premières Civilisations de l'Orient** (Égypte, Assyrie, Judée, etc.).  
Grand in-4<sup>o</sup>, illustré de 430 gravures, 2 cartes et 9 photographies. (Flammarion.)
- La Civilisation des Arabes.** Grand in-4<sup>o</sup>, illustré de 366 gravures, 4 cartes et 11 planches en couleurs, d'après les photographies et aquarelles de l'auteur. (Firmin-Didot.) *Épuisé.*
- Les Civilisations de l'Inde.** Grand in-4<sup>o</sup>, illustré de 352 photogravures et 2 cartes, d'après les photographies exécutées par l'auteur. 2<sup>e</sup> édition. (*Épuisé.*)
- Les Monuments de l'Inde.** In-folio, illustré de 400 planches d'après les documents, photographies, plans et dessins de l'auteur. (Firmin-Didot.) (*Épuisé.*)
- Les Lois psychologiques de l'évolution des peuples.** In-18. 9<sup>e</sup> édition.
- Psychologie des foules.** 1 vol. in-18. 12<sup>e</sup> édition.
- Psychologie du Socialisme.** 1 vol. in-8<sup>o</sup>. 5<sup>e</sup> édition.
- Psychologie de l'Éducation.** 1 vol. in-18. 8<sup>e</sup> édition.

## 2<sup>o</sup> RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

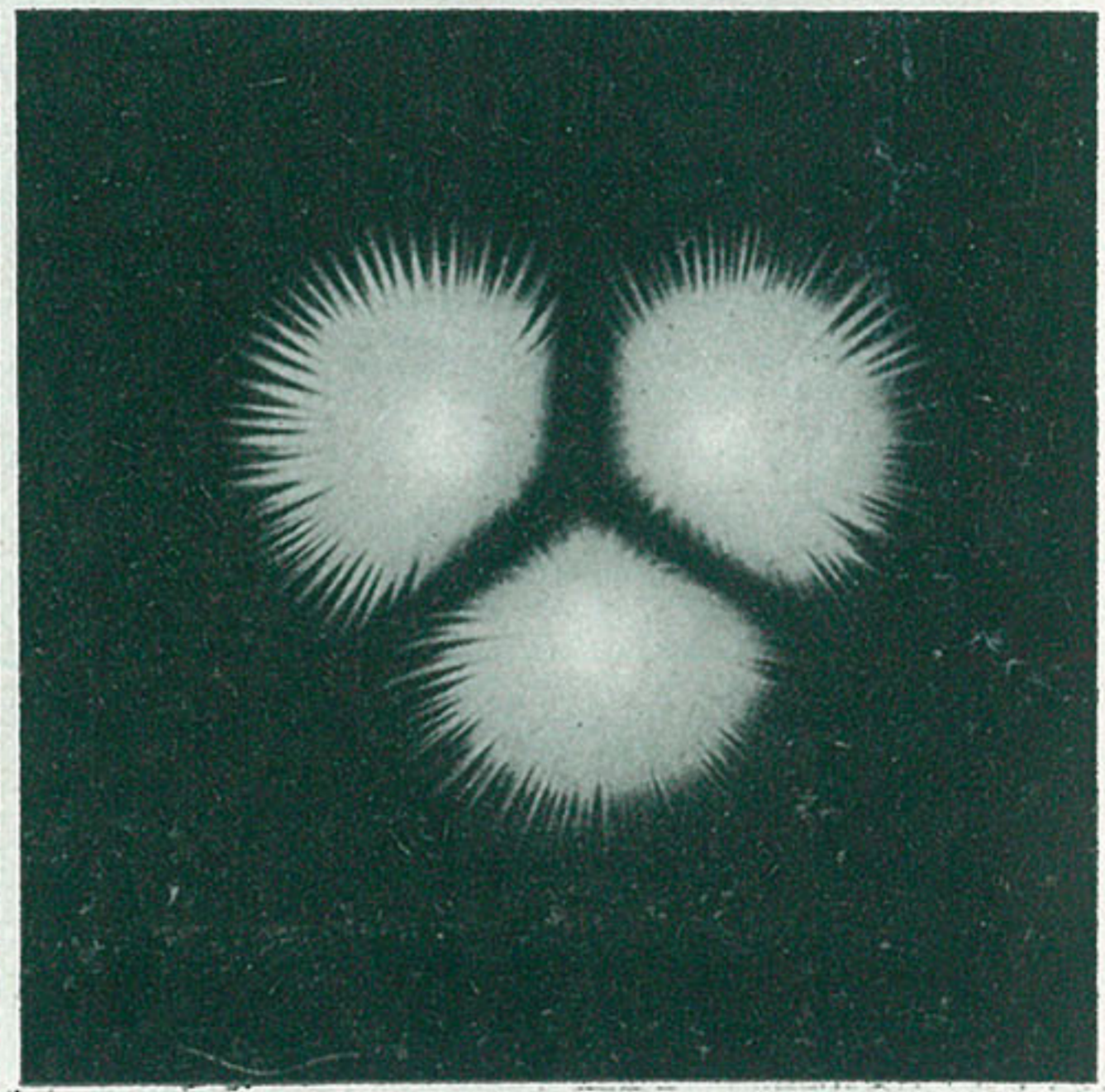
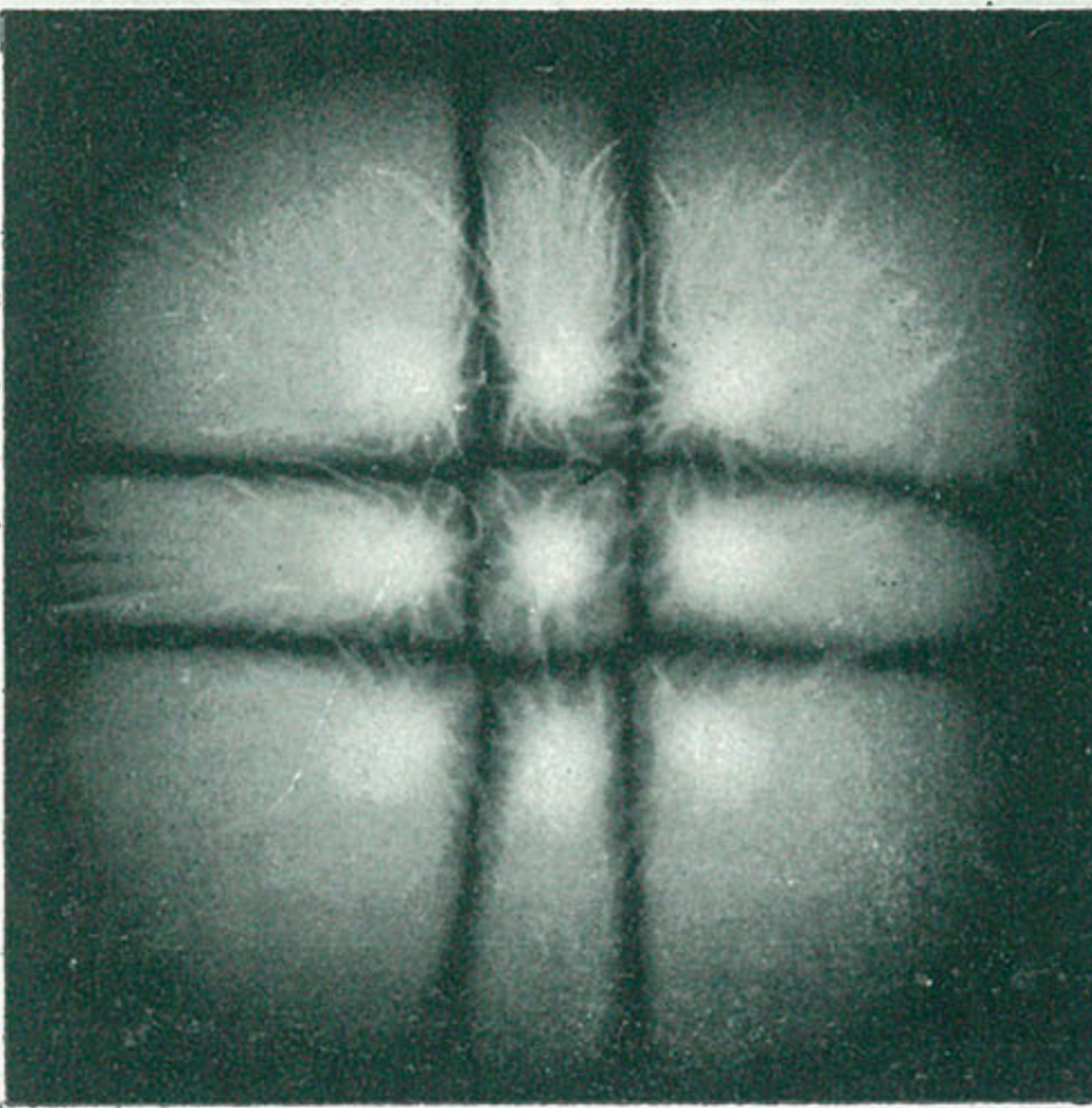
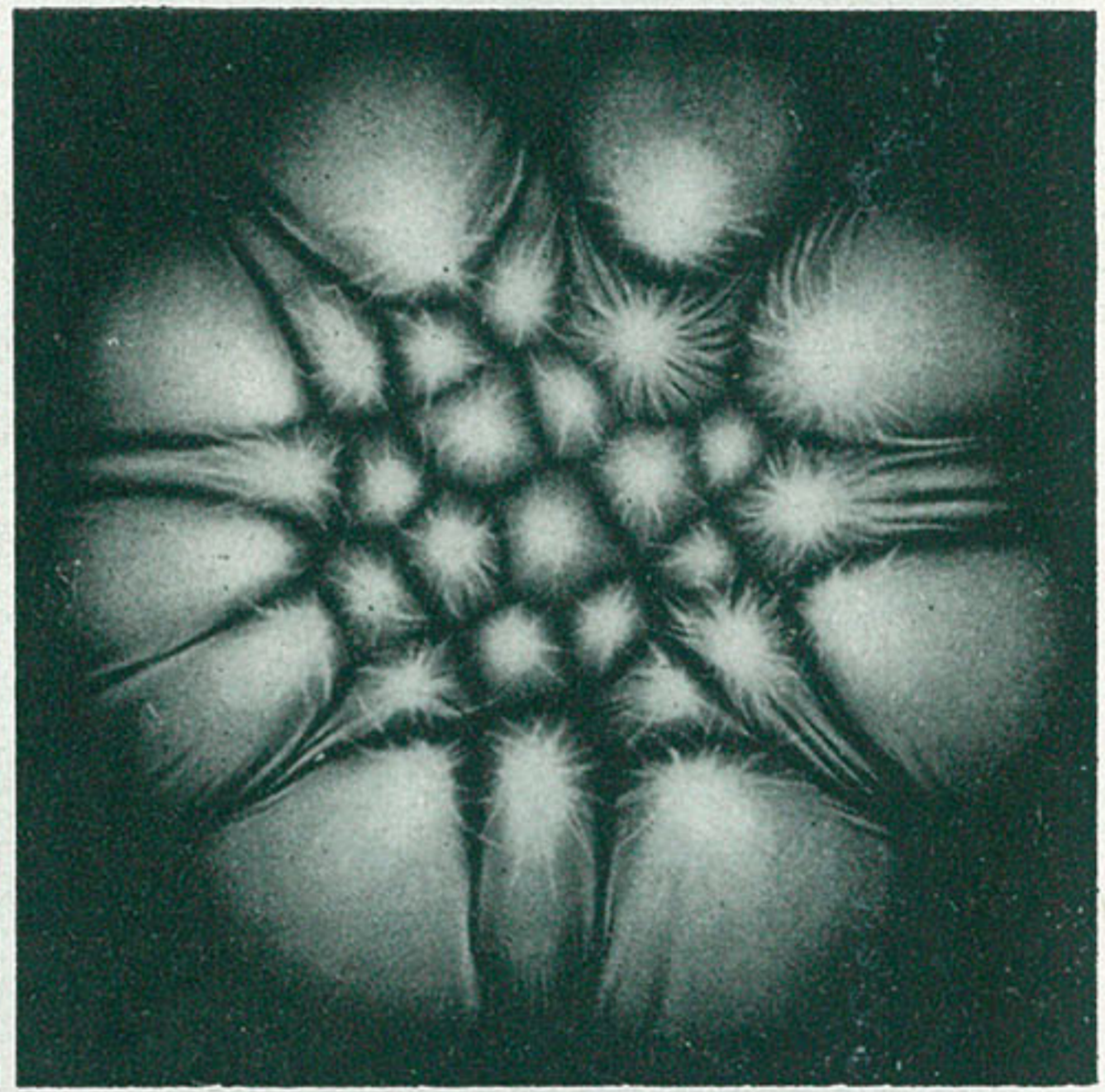
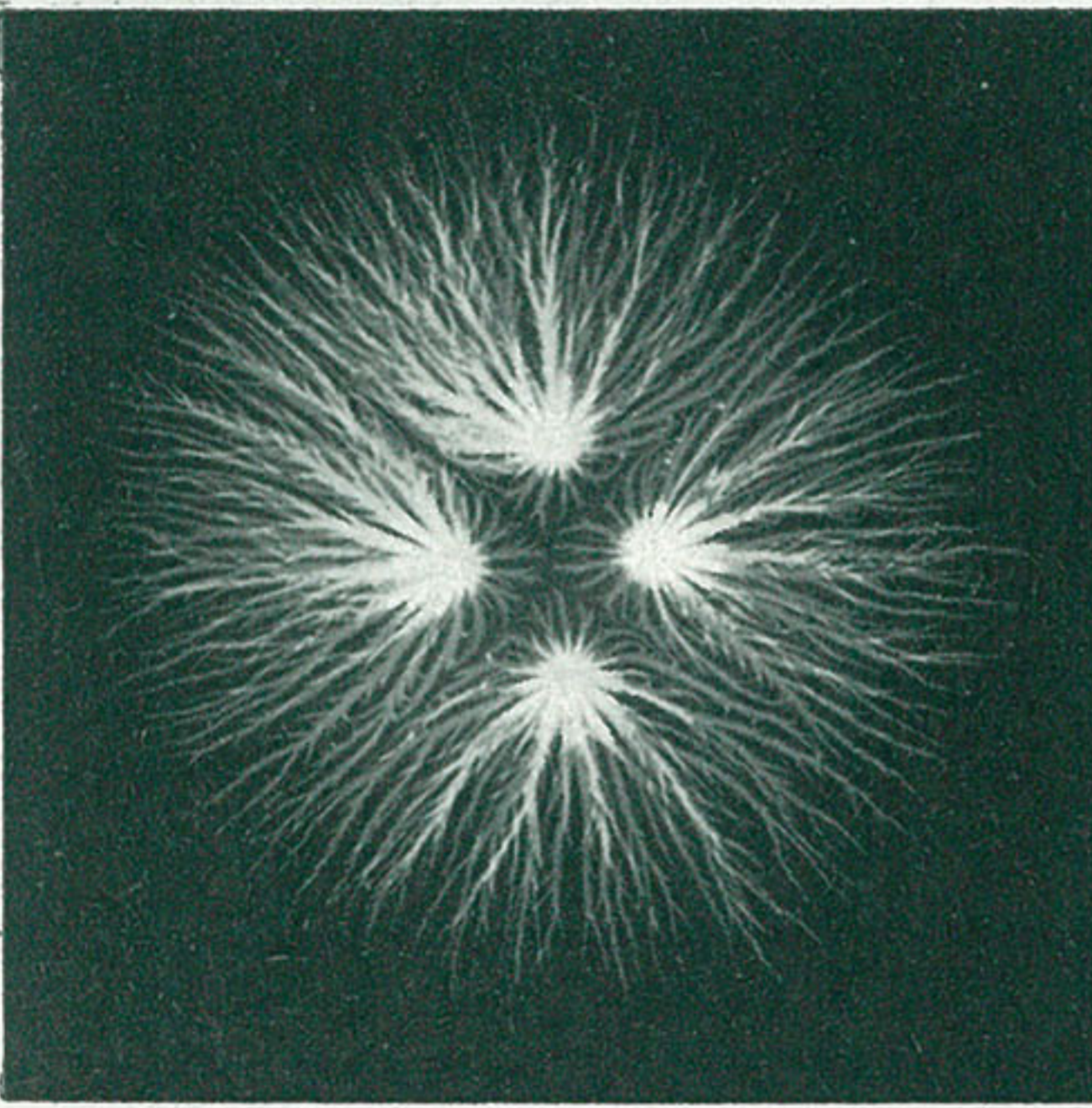
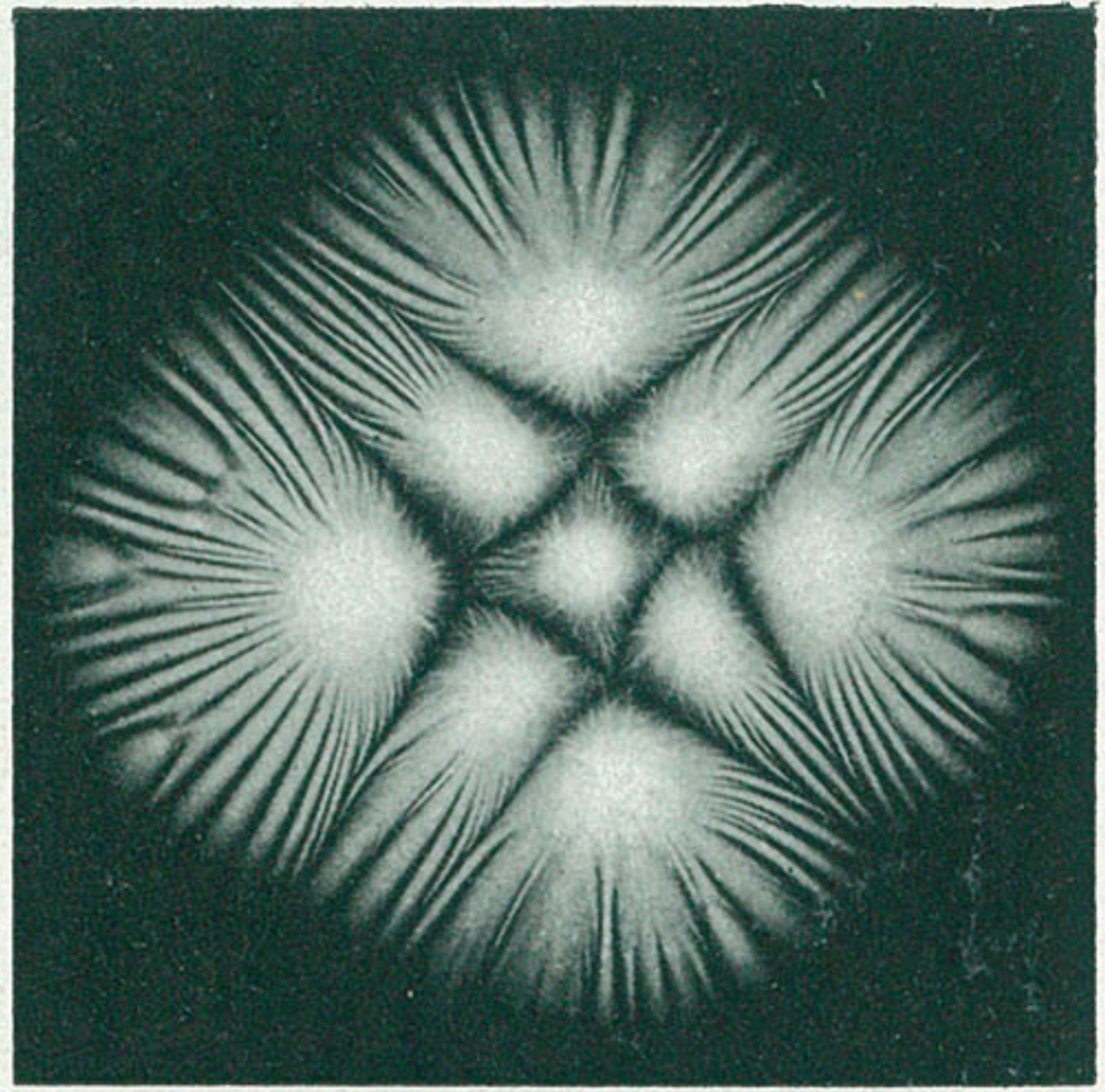
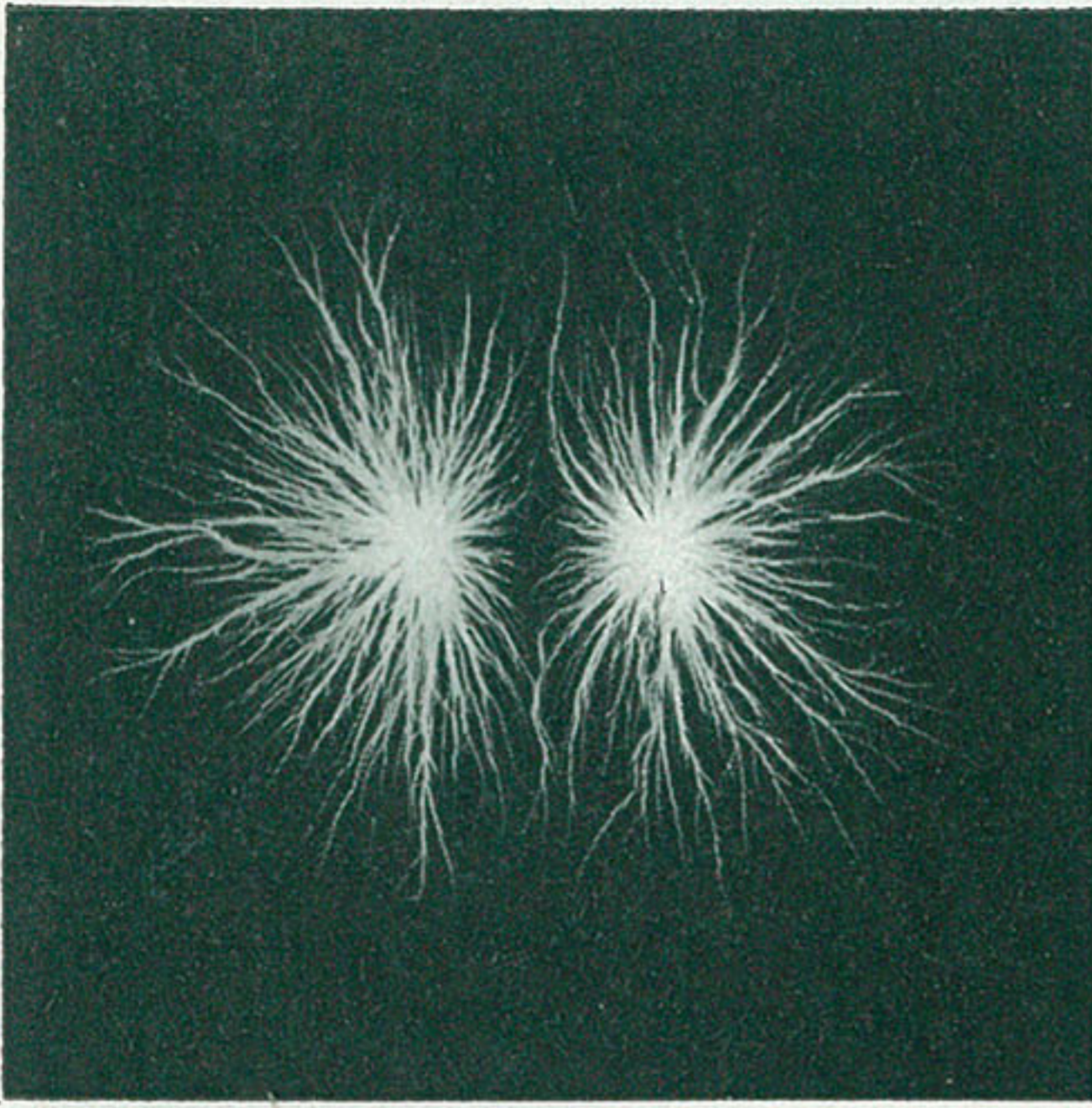
- La Fumée du Tabac.** 2<sup>e</sup> édition augmentée de recherches nouvelles sur l'acide prussique, l'oxyde de carbone et divers alcaloïdes autres que la nicotine, que la fumée du tabac contient. (*Épuisé.*)
- La Vie. — Traité de physiologie humaine.** — 1 volume in-8<sup>o</sup> illustré de 300 gravures. (*Épuisé.*)
- Recherches expérimentales sur l'Asphyxie.** (Comptes rendus de l'Académie des sciences.)
- Recherches anatomiques et mathématiques sur les lois des variations du volume du crâne.** (Mémoire couronné par l'Académie des sciences et par la *Société d'Anthropologie* de Paris.) In-8<sup>o</sup>.
- La Méthode graphique et les Appareils Enregistreurs**, contenant la description de nouveaux instruments de l'auteur. 1 vol. in-8<sup>o</sup>, avec 63 figures dessinées au laboratoire de l'auteur (*Épuisé.*)
- Les Levers photographiques.** Exposé des nouvelles méthodes de levers de cartes et de plans employées par l'auteur pendant ses voyages. 2 vol. in-18. (Gauthier-Villars.)
- L'équitation actuelle et ses principes. — Recherches expérimentales.** 3<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-8<sup>o</sup>, avec 73 figures et un atlas de 200 photographies instantanées. (Firmin-Didot.)
- Mémoires de Physique.** Lumière noire. Phosphorescence invisible. Ondes hertziennes. Dissociation de la matière, etc. (*Revue scientifique.*)
- L'Évolution de la Matière** (16<sup>e</sup> mille). avec 62 figures.
- L'Évolution des Forces** (10<sup>e</sup> mille). avec 40 figures.

---

*Il existe des traductions en Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Danois, Russe, Arabe, Polonais, Tchèque, Hindostani, etc., de quelques-uns des précédents ouvrages.*







Équilibres artificiels imposés à des éléments provenant de la dématérialisation de la matière. (Photogr. instantanées.)

D<sup>r</sup> GUSTAVE LE BON

# L'Évolution de la Matière

— Rien ne se crée. Tout se perd.

— C'est de l'énergie intra-atomique libérée par la dématérialisation de la matière que dérivent la plupart des forces de l'univers.

*x Não compreendo o Nada, absoluto. Seria a negação do conceito d'Espaço. O Espaço é infinito. A desmaterialização da Matéria produziria a energia. Isto é transformado a*

Avec 62 figures

photographiées au laboratoire de l'auteur.

*em « algo »; logo o conceito "Tudo se perd" é forçado, e puramente literário. Ou então exprime uma relatividade de estado, isto é: o estado da Matéria se perde.*

PARIS

ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR

26, RUE RACINE, 26

1908

Droits de traduction et de reproduction réservés pour tous les pays, y compris la Suède et la Norvège.



## PREFACE DE LA DOUZIÈME ÉDITION

---

10,000 exemplaires de cet ouvrage écoulés en moins d'une année montrent l'intérêt qui s'attache aux découvertes scientifiques dès qu'elles semblent jeter quelque lumière sur les problèmes philosophiques. L'homme moderne a perdu ses vieilles croyances et il demande maintenant à la science des doctrines nouvelles pour orienter ses pensées.

Les systèmes de philosophie s'élaboraient jadis dans l'imagination des littérateurs et jamais dans les laboratoires des savants. Aujourd'hui les anciennes spéculations métaphysiques enfantées par nos rêves ont perdu tout prestige. Leur forme peut séduire encore, leurs arguments n'impressionnent plus les âmes.

Aucune civilisation n'ayant pu vivre sans un idéal, les doctrines qui périclitent sont toujours remplacées. Si une nouvelle synthèse des phénomènes de l'univers parvient à s'édifier sur les débris de celles dont se contentaient nos pères, elle sortira sans doute des laboratoires. Dans ces temples de la science pure se dévoilent des secrets que les Dieux des vieux âges ne nous avaient pas dits.

Et c'est pourquoi la foi dans la puissance de la science est devenue notre dernière croyance. Il semble

130000 tom a  
Astronomie  
Populaire de Flam  
marin, ce  
juste au co  
maison

verdade

Hoje não há  
ideias.

verdade

X La Nouvelle  
Idole de la  
Cervelle.

évident aujourd'hui que nous ne pouvons rien comprendre, rien savoir, rien prévoir en dehors d'elle.

Sans doute cette divinité grandissante n'a révélé jusqu'ici que les rapports des choses et ne nous a encore rien dit de la raison première d'un seul phénomène; mais elle sort à peine des ténèbres qui ont précédé sa naissance et l'édifice des certitudes ne se bâtit pas en un jour.

Le livre où j'ai essayé de retracer l'histoire de la matière, de montrer que loin d'être éternelle elle est condamnée à vieillir et mourir, est un simple exposé de recherches scientifiques expérimentales. Cependant les faits constatés comportaient si visiblement des interprétations nouvelles sur l'origine des mondes, leur évolution et leur fin, que le travail de laboratoire est un peu devenu une œuvre philosophique. La science et la philosophie jadis si distinctes tendent à se fusionner entièrement. Ce ne seront bientôt plus deux choses différentes mais une seule et même chose.

## INTRODUCTION

---

Ce livre est consacré à l'étude de l'évolution de la matière, c'est-à-dire de l'élément fondamental des choses, du substratum des mondes et des êtres qui vivent à leur surface.

Il représente la synthèse des recherches expérimentales que nous avons publiées pendant huit ans dans de nombreux mémoires. Elles ont eu pour conséquence de montrer l'insuffisance de certains principes scientifiques fondamentaux, sur lesquels l'édifice de nos connaissances physiques et chimiques repose.

Suivant une doctrine qui semblait établie pour toujours et dont l'édification avait demandé un siècle de persévérant travail, alors que toutes les choses de l'Univers étaient condamnées à périr, deux éléments seuls, la matière et l'énergie, échappaient à cette loi fatale. Sans cesse ils se transformaient, mais en restant indestructibles et par conséquent immortels.

Les faits mis en évidence par nos recherches aussi bien que par celles qui en furent la suite, montrent que, contrairement à ces croyances, la matière n'est pas éternelle et peut s'évanouir sans retour. Ils prouvent également que l'atome est le réservoir d'une énergie jadis insoupçonnée, bien qu'elle dépasse par son

*Leis de Lavoisier  
sur la conservation de la matière*

*que l'énergie  
est éternelle  
et la conservation de  
l'énergie*

immensité les forces que nous connaissons et qu'elle soit peut-être l'origine de la plupart des autres, l'électricité et la chaleur solaire notamment. Ils révèlent enfin qu'entre le monde du pondérable et celui de l'impondérable, considérés jusqu'ici comme profondément séparés, existe un monde intermédiaire.

Pendant plusieurs années je fus seul à défendre ces idées. Elles ont fini par s'imposer pourtant lorsque de nombreux physiciens eurent retrouvé par des voies diverses les faits que j'avais signalés, principalement ceux qui démontrent l'universalité de la dissociation de la matière. Ce fut surtout la découverte du radium, très postérieure à mes premières recherches, qui fixa l'attention sur ces questions.

Que le lecteur ne se laisse pas effrayer par la hardiesse de quelques-unes des vues qui seront exposées ici. Des faits d'expériences les appuieront toujours. C'est en les prenant pour guides que nous avons essayé de pénétrer dans des régions ignorées où il fallait s'orienter à travers de profondes ténèbres. De telles ténèbres ne se dissipent pas en un jour, c'est pourquoi celui qui essaie de jalonner une route nouvelle au prix de rudes efforts est bien rarement appelé à contempler les horizons où elle peut conduire.

Ce n'est pas sans un long travail ni sans de lourdes dépenses que les faits rassemblés dans cet ouvrage furent établis<sup>1</sup>. Si je n'ai pas encore rallié les suf-

---

1. Pour rendre plus facile la lecture de cet ouvrage, les détails des expériences ont été réunis à la fin du volume. Ils en forment la seconde partie. Toutes les figures explicatives de mes expériences ont été dessinées ou photographiées par mon dévoué préparateur, M. F. Michaux. Je lui exprime mes remerciements pour son assistance journalière à mon laboratoire pendant les longues années qu'ont duré mes recherches. Je dois aussi de vifs remerciements à mon ami E. Sénéchal et à l'éminent professeur D. Dwelshauvers-Dery, membre correspondant de l'académie des sciences qui ont bien voulu revoir les épreuves de ce volume.



frages de tous les savants et si j'ai irrité nombre d'entre eux en montrant la fragilité de dogmes qui possédaient l'autorité de vérités révélées, j'ai rencontré du moins de vaillants défenseurs parmi des physiiciens éminents, et mes recherches en ont provoqué beaucoup d'autres. On ne peut demander davantage, surtout lorsqu'on touche à des principes dont quelques-uns étaient considérés comme inébranlables. Ce n'est pas une vérité éphémère qu'exprimait le grand Lamarck quand il disait : « Quelques difficultés qu'il y ait à découvrir des vérités nouvelles, il s'en trouve encore de plus grandes à les faire reconnaître ».

Je posséderais d'ailleurs une bien faible dose de philosophie si je restais surpris des attaques de plusieurs physiiciens, de l'exaspération d'un certain nombre de braves gens et surtout du silence des savants qui ont utilisé mes expériences.

Les dieux et les dogmes ne périssent pas en un jour. Essayer de prouver que les atomes de tous les corps que l'on croyait éternels, ne le sont pas, heurtait toutes les idées reçues. Tâcher de montrer que la matière considérée jadis comme inerte est un réservoir d'une énergie colossale, source probable de la plupart des forces de l'univers, devait choquer plus d'idées encore. Des démonstrations de cette sorte touchant aux racines mêmes de nos connaissances, et ébranlant des édifices scientifiques séculaires, sont généralement accueillies par l'irritation ou le silence jusqu'au jour où, ayant été refaites en détail par les nombreux chercheurs dont l'attention fut éveillée, elles sont devenues si éparpillées et si banales qu'il est presque impossible d'indiquer leur initiateur.

Il importe peu, en réalité, que celui qui a semé ne récolte pas. Il suffit que la récolte grandisse. De toutes les occupations qui peuvent remplir les heures si brèves de la vie, nulle ne vaut peut-être la recherche de vérités ignorées, l'ouverture de sentiers nouveaux dans l'inconnu immense dont nous sommes enveloppés.

# L'ÉVOLUTION DE LA MATIÈRE

---

## LIVRE PREMIER

### LES IDÉES NOUVELLES SUR LA MATIÈRE

---

#### CHAPITRE PREMIER

##### La théorie de l'énergie intra-atomique et de l'évanouissement de la matière.

---

###### § 1. — LES IDÉES NOUVELLES SUR LA DISSOCIATION DE LA MATIÈRE.

Le dogme de l'indestructibilité de la matière est du très petit nombre de ceux que la science moderne avait reçus de la science antique sans y rien changer. Depuis le grand poète romain Lucrèce, qui en faisait l'élément fondamental de son système philosophique, jusqu'à l'immortel Lavoisier, qui l'appuya sur des bases considérées comme éternelles, ce dogme sacré n'avait subi aucune atteinte et nul ne songeait à le contester.

Nous verrons dans cet ouvrage comment il a été attaqué. Sa chute fut préparée par toute une série de découvertes antérieures qui ne semblaient pas le con-

cerner : rayons cathodiques, rayons X, émissions des corps radio-actifs, etc., ont fourni les armes destinées à l'ébranler. Il fut plus atteint encore, dès que j'eus prouvé que des phénomènes considérés d'abord comme particuliers à quelques corps exceptionnels, tels que l'uranium, pouvaient être observés sur tous les corps de la nature.

Les faits prouvant que la matière est susceptible d'une dissociation apte à la conduire à des formes où elle a perdu toutes ses qualités matérielles sont aujourd'hui très nombreux. Parmi les plus importants il faut noter l'émission par tous les corps de particules animées d'une immense vitesse, capables de rendre l'air conducteur de l'électricité, de traverser les obstacles et d'être déviées par un champ magnétique. Aucune des forces actuellement connues ne pouvant produire de tels effets et, en particulier, l'émission de particules dont la vitesse approche de celle de la lumière, il était évident que l'on se trouvait en présence de choses complètement inconnues. Plusieurs théories furent présentées pour les expliquer. Une seule, celle de la dissociation des atomes — que j'ai proposée dès l'origine de ces recherches — a résisté à toutes les critiques et pour cette raison est à peu près universellement adoptée maintenant.

Plusieurs années se sont écoulées depuis que j'ai expérimentalement prouvé, pour la première fois, que les phénomènes observés avec les corps dits radio-actifs, tels que l'uranium — le seul de cette espèce alors connu — pouvaient être observés sur tous les corps de la nature, et n'étaient explicables que par la dissociation des atomes de ces corps.

L'aptitude de la matière à se désagréger en émettant des effluves de particules analogues à celles des rayons cathodiques, animées d'une vitesse de l'ordre de celle de la lumière et capables de traverser les substances matérielles, est universelle. La lumière frap-

pant une substance quelconque, une lampe qui brûle, des réactions chimiques fort diverses, une décharge électrique, etc., provoquent l'apparition de ces effluves. Les corps dits radio-actifs, comme l'uranium ou le radium, ne font que présenter à un haut degré un phénomène que toute matière possède à un degré quelconque. *(c'est à présent un phénomène spontané)*

Lorsque je formulai pour la première fois cette généralisation en l'appuyant d'expériences pourtant fort précises, elle ne frappa à peu près personne. Il ne se rencontra dans le monde entier qu'un seul physicien, le savant professeur de Heen qui en saisit la portée et l'adopta après en avoir vérifié la parfaite exactitude.

Les expériences étant trop probantes pour permettre de longues contestations, la doctrine de la dissociation universelle de la matière finit par triompher. La lumière est faite aujourd'hui et peu de physiciens nient que cette dissociation de la matière — cette radio-activité comme on dit maintenant — soit un phénomène universel aussi répandu dans l'univers que la chaleur ou la lumière.

On trouve aujourd'hui de la radio-activité à peu près partout. Dans un travail récent, le professeur J.-J. Thomson a montré son existence dans la plupart des corps, l'eau, le sable, l'argile, la brique, etc.

Que devient la matière en se dissociant? Peut-on supposer que les atomes en se désagrégant ne font que se diviser en parties plus petites formant ainsi une simple poussière d'atomes? Nous verrons qu'il n'en est rien et que la matière qui se dissocie se dématérialise en passant par des phases successives qui lui font perdre graduellement ses qualités de matière jusqu'à ce qu'elle soit finalement retournée à l'éther impondérable d'où elle semble issue.

Après avoir reconnu que les atomes peuvent se dissocier, il fallait rechercher où ils puisent l'immense

*mais n'est  
phase en  
l'atome  
est un  
atome  
est un  
atome*

quantité d'énergie nécessaire pour lancer dans l'espace des particules avec une vitesse de l'ordre de celle de la lumière.

L'explication était en réalité assez simple puisqu'il suffisait de constater, comme j'ai essayé de le montrer, que loin d'être une chose inerte capable seulement de restituer l'énergie qui lui a été artificiellement fournie, la matière est un réservoir énorme d'énergie — l'énergie intra-atomique.

Mais une telle doctrine heurtait trop de principes scientifiques fondamentaux séculairement établis pour être immédiatement admise et avant qu'on l'acceptât diverses hypothèses furent successivement proposées.

Habitues à considérer comme des vérités absolues les principes rigides de la thermodynamique, persuadés qu'un système matériel isolé ne peut posséder d'autre énergie que celle qui lui a d'abord été fournie du dehors, la plupart des physiciens persistèrent longtemps, et quelques-uns persistent encore, à rechercher à l'extérieur les sources de l'énergie manifestée pendant la dissociation de la matière. Naturellement ils ne la trouvèrent pas, puisqu'elle est dans la matière même et non extérieure à elle. (forme de substance)

La réalité de cette forme nouvelle d'énergie, de cette énergie intra-atomique dont nous n'avons cessé d'affirmer l'existence ne s'appuie nullement sur la théorie, mais sur des faits d'expérience. Bien qu'ignorée jusqu'alors elle est la plus puissante des forces connues, et probablement, suivant nous, l'origine de la plupart des autres. Son existence si contestée d'abord est de plus en plus acceptée aujourd'hui.

Des recherches expérimentales que nous avons exposées en divers mémoires et qui seront résumées dans cet ouvrage se dégagent les propositions suivantes :

1° La matière supposée jadis indestructible s'évanouit lentement par la dissociation continuelle des atomes qui la composent.

Thomson

se s'ao par  
te uelas, s'ao  
particulas  
d'atomos.

adopto

l'anguar  
m'azencu  
sur densifree  
gai.

2° Les produits de la dématérialisation de la matière constituent des substances intermédiaires par leurs propriétés entre les corps pondérables et l'éther impondérable, c'est-à-dire entre deux mondes que la science avait profondément séparés jusqu'ici. *(mas partikipam oin da dos estymater mo. tinas)*

3° La matière, jadis envisagée comme inerte et ne pouvant restituer que l'énergie qu'on lui a d'abord fournie, est au contraire un colossal réservoir d'énergie — l'énergie intra-atomique — qu'elle peut dépenser sans rien emprunter au dehors. *(mas garmazman q. le parau de ether a materia)*

4° C'est de l'énergie intra-atomique qui se manifeste pendant la dissociation de la matière que résultent la plupart des forces de l'univers, l'électricité et la chaleur solaire notamment. *(a maour parte, nra todas)*

5° La force et la matière sont deux formes diverses d'une même chose. La matière représente une forme stable de l'énergie intra-atomique. La chaleur, la lumière, l'électricité, etc., représentent des formes instables de la même énergie. *concordo plenante*

6° En dissociant les atomes, c'est-à-dire en dématérialisant la matière, on ne fait que transformer la forme stable de l'énergie nommée matière en ces formes instables connues sous les noms d'électricité, de lumière, de chaleur, etc. La matière se transforme donc continuellement en énergie. *consequen cin neces. saria*

7° La loi d'évolution applicable aux êtres vivants l'est également aux corps simples, les espèces chimiques pas plus que les espèces vivantes ne sont invariables. *racionabilis. simo*

C'est à l'examen de ces propositions diverses qu'une grande partie de cet ouvrage sera réservée. Admettons qu'elles soient établies et recherchons dès maintenant les changements qu'elles entraînent dans notre conception générale de la mécanique de l'univers. Le lecteur pourra ainsi se rendre compte de l'intérêt que présentent les problèmes à l'étude desquels ce volume est consacré.

## § 2. — LA MATIÈRE ET LA FORCE.

*(au m. ethor: energia)*  
 Le problème de la nature de la matière et de la force est un de ceux qui ont le plus exercé la sagacité des savants et des philosophes. Sa solution complète a toujours échappé parce qu'elle implique en réalité la connaissance, inaccessible encore, de la raison première des choses. Les recherches que nous exposerons ne sauraient donc permettre de résoudre entièrement cette grande question. Elles conduisent cependant à une conception de la matière et de l'énergie fort différente de celle qui a cours aujourd'hui. *ja d'avance*

*(nao ha cam en final. claro)*  
 Lorsque nous étudierons la structure de l'atome, nous arriverons à cette conclusion qu'il est un immense réservoir d'énergie uniquement constitué par un système d'éléments impondérables maintenus en équilibre par les rotations, attractions et répulsions des parties qui le composent. De cet équilibre résultent les propriétés matérielles des corps telles que le poids, la forme et l'apparente permanence. La matière elle aussi représente du mouvement, mais les mouvements des éléments qui la constituent sont localisés dans un espace très restreint.

*(micro-cosmos)*  
 Cette conception conduit à considérer la matière comme une simple variété de l'énergie. *(formas et nivel; mas não existe)* Aux formes déjà connues de l'énergie : chaleur, lumière, etc., il faut en ajouter une autre, la matière ou énergie intra-atomique. Elle est caractérisée par sa colossale grandeur et son accumulation considérable sous un très faible volume. *(Base da Energetica)*

*(lindo)*  
 Il découle des énoncés précédents, qu'en dissociant des atomes on ne fait que donner à la variété d'énergie



nommée matière une forme différente, telle que l'électricité ou la lumière, par exemple.

Nous essaierons de nous rendre compte des formes sous lesquelles l'énergie intra-atomique peut être condensée dans l'atome, mais l'existence du fait lui-même a beaucoup plus d'importance que les théories qu'il fait naître. Sans prétendre donner la définition si vainement cherchée de l'énergie, nous nous bornerons à faire remarquer que toute phénoménalité n'est qu'une transformation d'équilibre. Lorsque les transformations d'équilibre sont rapides, nous les nommons électricité, chaleur, lumière, etc.; lorsque les changements d'équilibre sont plus lents, nous leur donnons le nom de matière. Pour aller plus loin, il faut pénétrer dans la région des hypothèses et admettre, avec plusieurs physiciens, que les éléments dont l'ensemble est représenté par les forces en équilibre dans l'atome sont constitués par des tourbillons formés au sein de l'éther. Ces tourbillons possèdent une individualité, supposée jadis éternelle, mais que, maintenant, nous savons n'être qu'éphémère. L'individualité disparaît et le tourbillon se dissout dans l'éther dès que les forces qui maintiennent son existence cessent d'agir. *10 que nous avons nommé système tourbillonnaire étherien*

Les équilibres de ces éléments dont l'ensemble constitue un atome peuvent être comparés à ceux qui maintiennent les astres dans leurs orbites. Dès qu'ils sont troublés, des énergies considérables se manifestent, comme elles se manifesteraient si la terre ou un astre quelconque était brusquement arrêté en sa course.

De telles perturbations dans les systèmes planétaires atomiques peuvent se réaliser, soit sans raison apparente, comme pour les corps très radio-actifs lorsque, par des causes diverses, ils sont arrivés à un certain degré d'instabilité, soit artificiellement, comme pour les corps ordinaires, quand ils sont

soumis à l'influence d'excitants divers : chaleur, lumière, etc. Ces excitants agissent alors comme l'étincelle sur une masse de poudre, c'est-à-dire en libérant des quantités d'énergie fort supérieures à la cause très légère qui a déterminé leur libération.

Et comme l'énergie condensée dans l'atome est en quantité immense, il en résulte qu'à une perte extrêmement faible de matière correspond la création d'une quantité énorme d'énergie. *transf. mat<sup>re</sup> en énergie*

En nous plaçant à ce point de vue, nous pouvons dire des diverses formes de l'énergie résultant de la dissociation des éléments matériels, telles que la chaleur, l'électricité, la lumière, etc., qu'elles représentent les dernières étapes que revêt la matière avant sa disparition dans l'éther.

Si, étendant ces notions, nous voulions les appliquer aux différences que présentent les divers corps simples qu'étudie la chimie, nous dirions qu'un corps simple ne diffère d'un autre que parce qu'il contient plus ou moins d'énergie intra-atomique. Si nous pouvions dépouiller un élément quelconque d'une quantité suffisante de l'énergie qu'il renferme, nous arriverions à le transformer entièrement.

Quant à l'origine, nécessairement hypothétique, des énergies condensées dans l'atome, nous la rechercherons dans un phénomène analogue à celui qu'invoquent les astronomes pour expliquer la formation du soleil et des énergies qu'il détient. Cette formation est pour eux la conséquence nécessaire de la condensation de la nébuleuse primitive. Si cette théorie est valable pour le système solaire, une explication analogue l'est également pour l'atome.

Les conceptions qui viennent d'être brièvement résumées n'ont nullement pour but de nier l'existence de la matière ainsi que la métaphysique l'a parfois tenté. Elles font simplement disparaître la dualité classique entre la matière et l'énergie. Ce sont deux

*As def<sup>tes</sup> escolas monistas já o disseram.*

choses identiques sous des aspects différents. Il n'y a pas de séparation entre la matière et l'énergie, puisque la matière est simplement une forme stable de l'énergie et rien d'autre.

Il serait sans doute possible à une intelligence supérieure de concevoir l'énergie sans substance, car rien ne prouve qu'elle doive avoir nécessairement un support, mais une telle conception ne nous est pas accessible. Nous ne comprenons les choses qu'en les faisant entrer dans le cadre habituel de nos pensées. L'essence de l'énergie étant inconnue, il est nécessaire de la matérialiser si on veut pouvoir raisonner sur elle. On arrive ainsi — mais uniquement pour les besoins des démonstrations — aux définitions suivantes :

L'éther et la matière représentent des entités de même ordre. Les diverses formes de l'énergie : électricité, chaleur, lumière, matière, etc., en sont des manifestations. Elles ne diffèrent que par la nature et la stabilité des équilibres formés au sein de l'éther. C'est par ces manifestations que l'univers nous est connu.

Plus d'un physicien, l'illustre Faraday spécialement, avaient déjà essayé de faire disparaître la dualité établie entre la matière et l'énergie. Quelques philosophes le tentèrent également, en faisant remarquer que la matière ne nous était accessible que par l'intermédiaire des forces agissant sur nos sens. Mais tous les arguments de cet ordre étaient considérés avec raison comme d'une portée purement métaphysique. On leur objectait que jamais on n'avait pu transformer de la matière en énergie et qu'il fallait la seconde pour animer la première. Des principes scientifiques considérés comme très sûrs enseignaient que la matière était une sorte de réservoir inerte, ne pouvant posséder d'autre énergie que celle qui lui a d'abord été transmise. Elle ne pouvait pas plus la créer qu'un réservoir ne crée le liquide qu'il contient.

*isto e' a causa em si, em substancia*

*mais de Faraday, mas eu não também*

*? a matéria necessária a significação científica de inerte*

*au q' est un simple em elle ligada, fu o mesmo em todo esse*

Tout semblait donc bien montrer que la matière et l'énergie sont des choses irréductibles, aussi indépendantes l'une de l'autre, que le poids l'est de la couleur. Ce n'était donc pas sans raison qu'on les considérait comme appartenant à deux mondes très différents. *(oum todos assem pensamento antes de Le Bon)*

Il y avait sans doute quelque témérité à reprendre une question qui semblait abandonnée pour toujours. Nous ne l'avons fait que parce que notre découverte de la dissociation universelle de la matière nous a enseigné que les atomes de tous les corps peuvent s'évanouir sans retour en se transformant en énergie. La transformation de la matière en énergie se trouvant ainsi démontrée, il en résulte que l'antique dualité entre la force et la matière doit disparaître.

*x a já tido desaparecido, excepto q' as dualistas.*

### § 3. — LES CONSÉQUENCES DU PRINCIPE DE L'ÉVANOUISSEMENT DE LA MATIÈRE.

Les faits résumés ci-dessus montrent que la matière n'est pas éternelle, qu'elle constitue un réservoir énorme de forces, et disparaît en se transformant en d'autres formes d'énergie avant de retourner à ce qui, pour nous, est le néant. *relativo e não absoluto*

On peut donc dire que si nous ne pouvons créer de la matière, nous pouvons au moins la détruire sans retour. A l'adage classique : rien ne se crée, rien ne se perd il faut substituer celui-ci : *rien ne se crée mais tout se perd.* Les éléments d'un corps qui brûle ou qu'on essaie d'anéantir par un moyen quelconque se transforment mais ils ne se perdent pas puisque la balance permet de constater que leur poids n'a pas changé. Les éléments des atomes qui se dissocient sont au contraire irrévocablement détruits. Ils ont perdu toutes les qualités de la matière y compris la plus fondamentale de toutes, la pesanteur. La balance ne

les retrouve plus. Rien ne peut les ramener à l'état de matière. Ils se sont évanouis dans l'immensité de l'éther qui remplit l'espace et ne font plus partie de notre univers. *o qui qui dizer e nosse? Continuar fazendo parte do Universo*

L'importance théorique de ces principes est considérable. A une époque où les idées que je défends n'étaient pas encore défendables, plusieurs savants avaient pris soin d'indiquer à quel point la doctrine séculaire de la conservation de la matière constituait un fondement scientifique nécessaire. C'est ainsi, par exemple, qu'Herbert Spencer dans un chapitre des *Premiers principes* intitulé *l'Indestructibilité de la matière*, dont il fait une des colonnes de son système, déclare que « si l'on pouvait supposer que la matière peut devenir non existante, il serait nécessaire de confesser que la science et la philosophie sont impossibles ». Cette assertion semblera évidemment excessive. La philosophie n'a jamais éprouvé de peine à s'adapter aux découvertes scientifiques nouvelles. Elle les suit, mais ne les précède pas. *(verdade)*

Ce ne sont pas les philosophes seuls qui déclareraient impossible de toucher au dogme de l'indestructibilité de la matière. Il y a quelques années à peine, le savant chimiste Naquet, alors professeur à la Faculté de Médecine de Paris, écrivait :

« Nous n'avons jamais vu le retour du pondérable à l'impondérable. La chimie tout entière est même fondée sur cette loi qu'un tel retour n'a pas lieu, car s'il avait lieu, adieu les équations chimiques! »

Evidemment, si la transformation du pondérable en impondérable était rapide, il faudrait renoncer non seulement aux équations de la chimie mais encore à celles de la mécanique. Cependant, au point de vue pratique, aucune de ces équations n'est encore atteinte, parce que la destruction de la matière se fait d'une façon si lente qu'elle n'est pas perceptible par les moyens d'observation anciennement employés.

Des pertes de poids inférieures au centième de milligramme étant insaisissables à la balance, les chimistes n'ont pas à en tenir compte.

L'intérêt pratique de la doctrine de l'évanouissement de la matière, par suite de sa transformation en énergie, n'apparaîtra que quand on trouvera le moyen de provoquer facilement une dissociation rapide des corps. Ce jour-là, une source presque indéfinie d'énergie étant gratuitement à la disposition de l'homme, le monde changera nécessairement de face. Mais nous n'en sommes pas encore là.

Actuellement, toutes ces questions n'ont qu'un intérêt scientifique pur et restent provisoirement aussi dépourvues d'applications que l'était l'électricité au temps de Volta. Cet intérêt scientifique est considérable, car les notions nouvelles prouvent que les seuls éléments de l'univers auxquels la science accordait la durée et la fixité ne sont, en réalité, ni fixes, ni durables.

Chacun sait qu'il est facile de dépouiller la matière de tous ses attributs, un seul excepté. La solidité, la forme, la couleur, les propriétés chimiques disparaissent facilement. Le corps le plus dur peut être transformé en une invisible vapeur. Mais, à travers tous ces changements, la masse des corps mesurée par leur poids reste invariable et se retrouve toujours. Cette invariabilité constituait le seul point fixe dans l'océan mobile des phénomènes. Elle permettait au chimiste, comme au physicien, de suivre la matière à travers ses perpétuelles transformations et c'est pourquoi ils la considéraient comme quelque chose de mobile, mais d'éternel.

C'est à cette propriété fondamentale de l'invariabilité de la masse qu'il fallait revenir toujours. Les philosophes et les savants avaient renoncé depuis longtemps à découvrir une définition exacte de la matière. L'invariabilité de la masse d'une quantité

*on a même des  
cours fait de  
supérieur tard  
Eugène Houdard*

*En attendant que  
masse = équiv.  
valent de l'air*

donnée de substance, c'est-à-dire son coefficient d'inertie, mesuré par son poids, demeurerait le seul caractère irréductible de la matière.

En dehors de cette notion essentielle, tout ce que nous pouvions dire de la matière, c'est qu'elle constitue l'élément mystérieux et changeant dont sont formés les mondes et les êtres qui les habitent.

La permanence et, par conséquent, l'indestructibilité de la masse, que l'on constate à travers les changements de la matière étant le seul caractère par lequel on puisse saisir cette grande inconnue, son importance était nécessairement devenue prépondérante. C'est sur elle que les édifices de la chimie et de la mécanique ont été péniblement bâtis.

A cette notion première, il avait fallu cependant en ajouter une seconde. La matière paraissant incapable par elle-même de sortir du repos, on avait recours pour l'animer à des causes diverses, d'essence inconnue, désignées sous le nom de forces. La physique en comptait plusieurs qu'elle séparait jadis nettement, mais une science plus avancée avait fini par les fusionner dans une grande entité, l'énergie, à laquelle le privilège de l'immortalité avait été également conféré.

Et c'est ainsi que, sur les débris des anciennes doctrines et après un siècle de persévérants efforts, s'étaient élevées deux puissances souveraines qui semblaient éternelles : la matière comme trame fondamentale des choses et l'énergie pour l'animer. Avec les équations qui les reliaient, la science moderne croyait pouvoir expliquer les phénomènes. Dans ses formules savantes, tous les secrets de l'Univers étaient enfermés. Les divinités des vieux âges étaient remplacées par des systèmes ingénieux d'équations différentielles.

Ce sont ces dogmes fondamentaux, bases de la

*lijada a' energia*

*isto e' aerobio*

*Energia Transformada nos mitos - Forças*

*San Lema*

*certo*

*la mode  
ficar*  
science moderne que les recherches exposées dans cet ouvrage tendent à détruire. Si le principe de la conservation de l'énergie — qui n'est d'ailleurs qu'une généralisation hardie d'expériences faites sur des cas très simples — vient également à périr sous les coups qui déjà l'atteignent, il en faudra conclure que rien dans le monde n'est éternel. Les grandes divinités de la science seraient condamnées elles aussi à subir ce cycle invariable qui régit les choses : naître, grandir, décliner et mourir. *(certo p. a relativitate)*

*concordo*  
Mais si les recherches actuelles ébranlent les fondements même de l'édifice de nos connaissances et, par voie de conséquence, toute notre conception de l'Univers, il s'en faut de beaucoup qu'elles nous révèlent les secrets de cet Univers. Elles nous montrent que le monde physique, qui semblait quelque chose de très simple, régi par un petit nombre de lois élémentaires, est au contraire d'une effrayante complexité. Malgré leur infinie petitesse, les atomes de tous les corps, ceux par exemple dont se composent les éléments du papier sur lequel sont écrites ces lignes, apparaissent maintenant comme de véritables systèmes planétaires, guidés dans leur vertigineuse vitesse par des puissances formidables dont nous ignorons totalement les lois.

Les voies nouvelles que les recherches récentes ouvrent aux investigations des chercheurs commencent à se dessiner à peine. C'est déjà beaucoup de savoir qu'elles existent et que la science a devant elle un monde merveilleux à explorer. *E, de facto,*

*quasi necessario recommencar.*



## CHAPITRE II

### Historique de la découverte de la dissociation de la matière et de l'énergie intra-atomique.

---

Comment ont été mis en évidence les faits et les principes résumés dans le chapitre précédent et qui seront développés dans cet ouvrage? C'est ce que nous allons indiquer maintenant.

La genèse d'une découverte est rarement spontanée. Elle ne semble l'être que parce qu'on ignore généralement les difficultés et les hésitations qui enveloppèrent le plus souvent ses débuts.

Le public se préoccupe fort peu de la façon dont se font les inventions, mais les psychologues s'intéresseront sûrement à certains côtés de l'exposé qui va suivre<sup>1</sup>. Ils y trouveront, en effet, de précieux documents sur la naissance des croyances, sur le rôle exercé, jusque dans les laboratoires, par les suggestions et les illusions, et enfin sur l'influence prépondérante du prestige considéré comme un élément principal de démonstration.

Mes recherches ont précédé, à leur origine, toutes celles exécutées dans la même voie.

C'est en effet, en 1896, que je fis insérer dans les

---

1. Pour ne pas trop allonger cet historique je ne donne ici aucun des textes sur lesquels il s'appuie. Le lecteur les trouvera à la fin de notre ouvrage.

*Comptes rendus de l'Académie des sciences* et simplement pour prendre date, une courte note résumant les recherches que je poursuivais depuis deux ans et dont il résultait que la lumière tombant sur les corps produit des radiations capables de traverser les substances matérielles. N'ayant pu identifier ces radiations avec rien de connu, j'indiquais, toujours dans cette première note, qu'elles devaient probablement constituer une force inconnue — assertion sur laquelle je suis revenu bien des fois — et pour lui donner un nom, je choisis celui de *lumière noire*. *era melior: invisibil*

Au début de mes expériences, j'ai confondu forcément des choses dissemblables qu'il a fallu successivement séparer. Dans l'action de la lumière tombant sur la surface d'un corps, on observe en effet deux ordres de phénomènes très distincts :

1° Des radiations de la famille des rayons cathodiques. Elles ne se réfractent pas, ne se polarisent pas et n'ont aucune parenté avec la lumière. Ce sont ces radiations que les corps dits radio-actifs, tels que l'uranium, émettent abondamment et les corps ordinaires faiblement.

2° Des radiations infra-rouges de grande longueur d'onde qui, contrairement à tout ce qu'on enseignait autrefois, traversent le papier noir, l'ébonite, le bois, la pierre, en un mot la plupart des corps non conducteurs. Elles sont naturellement susceptibles de réfraction et de polarisation.

Il n'était pas très facile de dissocier ces divers éléments à une époque où personne ne supposait qu'un grand nombre de corps, considérés comme absolument opaques, sont au contraire fort transparents pour la lumière infra-rouge invisible, et où l'énoncé de l'expérience consistant à photographier en deux minutes à la chambre noire une maison à travers un corps opaque, eût semblé absurde.

Tout en ne perdant pas de vue l'étude des radiations métalliques je consacrai quelque temps à l'examen

des propriétés de l'infra-rouge<sup>1</sup>. Cet examen me conduisit à découvrir la luminescence invisible, phénomène qui n'avait jamais été soupçonné et qui me permit de photographier des objets restés dans l'obscurité dix-huit mois après qu'ils avaient vu la lumière.

Ces recherches terminées, je pus continuer l'étude des radiations métalliques.

Ce fut au commencement de l'année 1897 que j'énonçai dans une note publiée par les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, que tous les corps frappés par la lumière émettent des radiations capables de rendre l'air conducteur de l'électricité<sup>2</sup>.

Quelques semaines plus tard je donnais, dans les mêmes *Comptes rendus*, le détail des expériences de mesure destinées à confirmer ce qui précède et j'indiquais l'analogie de ces radiations émises par tous les corps sous l'action de la lumière avec les radiations de la famille des rayons cathodiques, analogie que personne ne soupçonnait alors.

C'est à la même époque que M. Becquerel publiait ses premières recherches. Reprenant les expériences oubliées de Niepce de Saint-Victor et se servant comme lui de sels d'urane, il fit voir, comme l'avait déjà montré ce dernier, que ces sels émettaient dans l'obscurité des radiations capables d'impressionner les plaques photographiques. Poursuivant plus longtemps que son prédécesseur l'expérience, il constata que l'émission semblait persister indéfiniment.

---

1. Pour ne pas confondre des choses différentes, j'ai réservé le terme de *lumière noire* pour ces radiations. Elles seront examinées dans un autre volume consacré à l'étude de l'énergie. Leurs propriétés diffèrent considérablement de celles de la lumière ordinaire, non pas seulement par leur invisibilité, caractère sans importance qui ne tient qu'à la structure de notre œil, mais par des propriétés absolument spéciales, celle, par exemple, de traverser un grand nombre de corps opaques et d'agir en sens exactement inverse des autres radiations du spectre.

2. Cette propriété est toujours restée le caractère le plus fondamental des corps radio-actifs. C'est en se basant uniquement sur elle que le radium et le polonium, ont pu être isolés.

*ce n'est  
à faire  
devenir  
ce*

En quoi consistaient ces radiations ? Toujours sous l'influence des idées de Niepce de Saint-Victor, M. Becquerel crut d'abord qu'il s'agissait de ce que Niepce appelait de la « lumière emmagasinée », c'est-à-dire d'une sorte de phosphorescence invisible, et, pour le prouver, il institua des expériences longuement développées dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* et qui lui firent croire que les radiations émises par l'uranium se réfractent, se réfléchissent et se polarisent. (o que não se dá)

Ce point était fondamental. Si les émissions de l'uranium pouvaient se réfracter et se polariser, il s'agissait évidemment de radiations identiques à la lumière et constituant simplement une sorte de phosphorescence invisible. Si la réfraction et la polarisation n'existaient pas, il s'agissait de quelque chose d'absolument différent et tout à fait inconnu. (o q se dá)

Ne pouvant faire cadrer les expériences de M. Becquerel avec les miennes, je les répétai avec des appareils divers et j'arrivai à cette conclusion que les radiations de l'uranium ne se polarisent nullement. Il s'agissait donc bien, non pas d'une forme quelconque de la lumière, mais d'une chose entièrement inconnue, constituant, comme je l'avais assuré dès le début de mes recherches, une force nouvelle : « les propriétés de l'uranium n'étaient donc qu'un cas particulier d'une loi très générale ». C'est sur cette dernière conclusion que je terminai une de mes notes insérées dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* de 1897. ))

Pendant près de trois ans je fus absolument seul à soutenir que les radiations uraniques ne se polarisaient pas. Ce fut seulement à la suite des expériences du physicien américain Rutherford, que M. Becquerel finit par reconnaître qu'il s'était trompé.

On considérera, je pense, comme très curieux et constituant un des chapitres les plus instructifs de

l'histoire des sciences, que, pendant trois ans, il ne se soit pas rencontré dans l'univers un seul physicien qui ait songé à répéter, répétition extraordinairement facile cependant, les expériences de M. Becquerel sur la réfraction, la réflexion et la polarisation des rayons uraniques. Bien au contraire, les plus éminents publièrent d'ingénieuses théories pour expliquer cette réflexion, cette réfraction et cette polarisation.

*sabios de obra feita*

Ce fut une réédition de l'histoire de l'enfant à la dent d'or sur lequel les savants de l'époque écrivi-

*Appareils employés en 1897 par Gustave Le Bon pour démontrer, par l'absence de polarisation, que les radiations émises par les sels d'urane n'étaient pas de la lumière invisible comme on le soutenait alors.*

Un de ces deux appareils est le système classique de tourmalines à axes croisés, trop connu pour qu'il soit nécessaire de le décrire. Il ne diffère de celui avec lequel M. Becquerel croyait avoir démontré la polarisation des rayons uraniques que parce que les tourmalines ont été incrustées dans une lame épaisse de métal, de façon à empêcher l'émanation de l'uranium de tourner autour d'elles. Le second appareil fut imaginé par nous pour vérifier les résultats négatifs obtenus avec les tourmalines. Il se compose d'une lame métallique dans laquelle on a découpé des raies très fines recouvertes d'une lame de spath d'Islande. Si l'on interpose ce système entre une source de lumière visible ou invisible et une plaque photographique on obtient, par suite de la double réfraction, un dédoublement des lignes qui indique la polarisation des rayons émergents. Ce dédoublement se voit très nettement sur la photographie de l'appareil reproduit ici et qui a été obtenu avec de la lumière ordinaire.

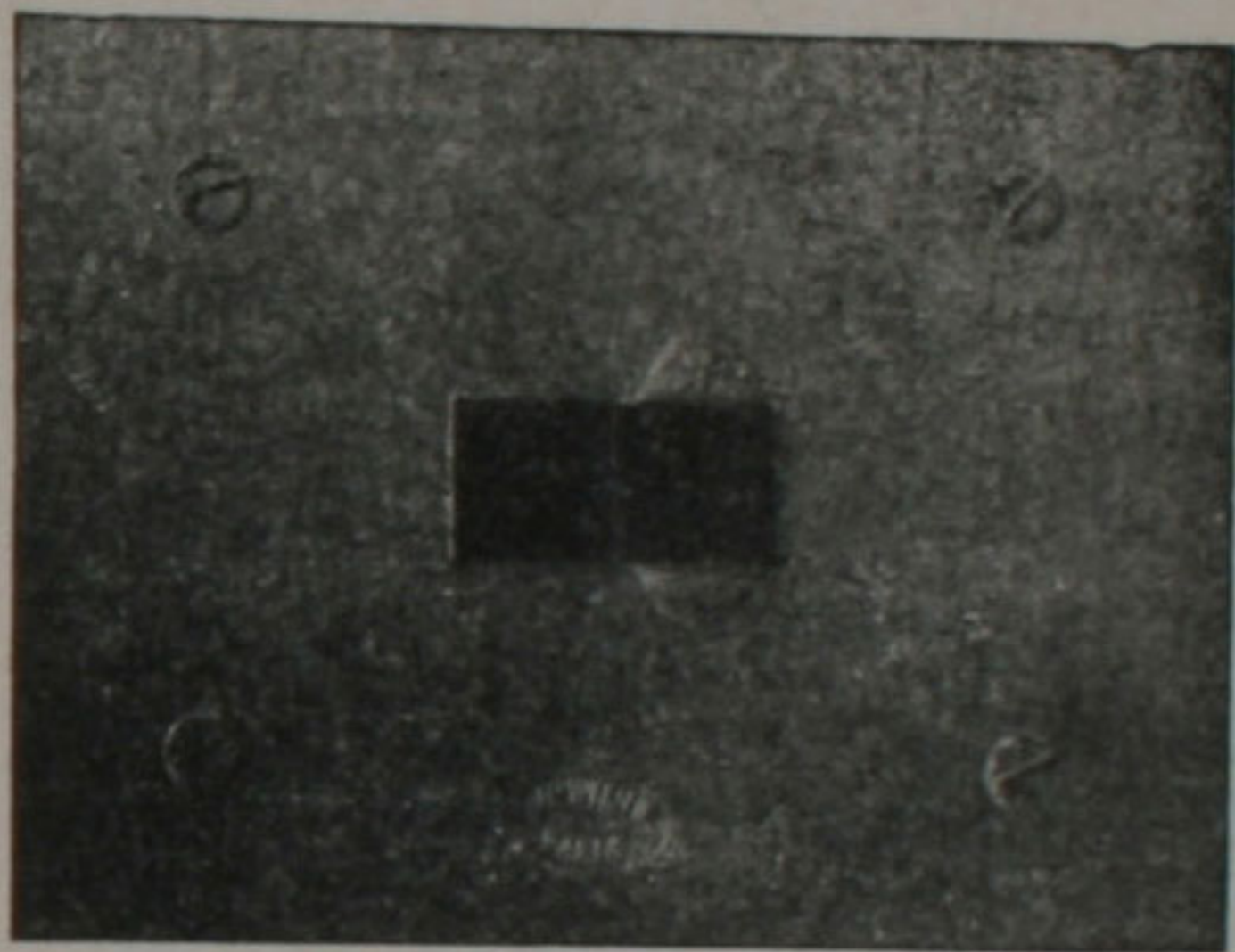


FIG. 1.

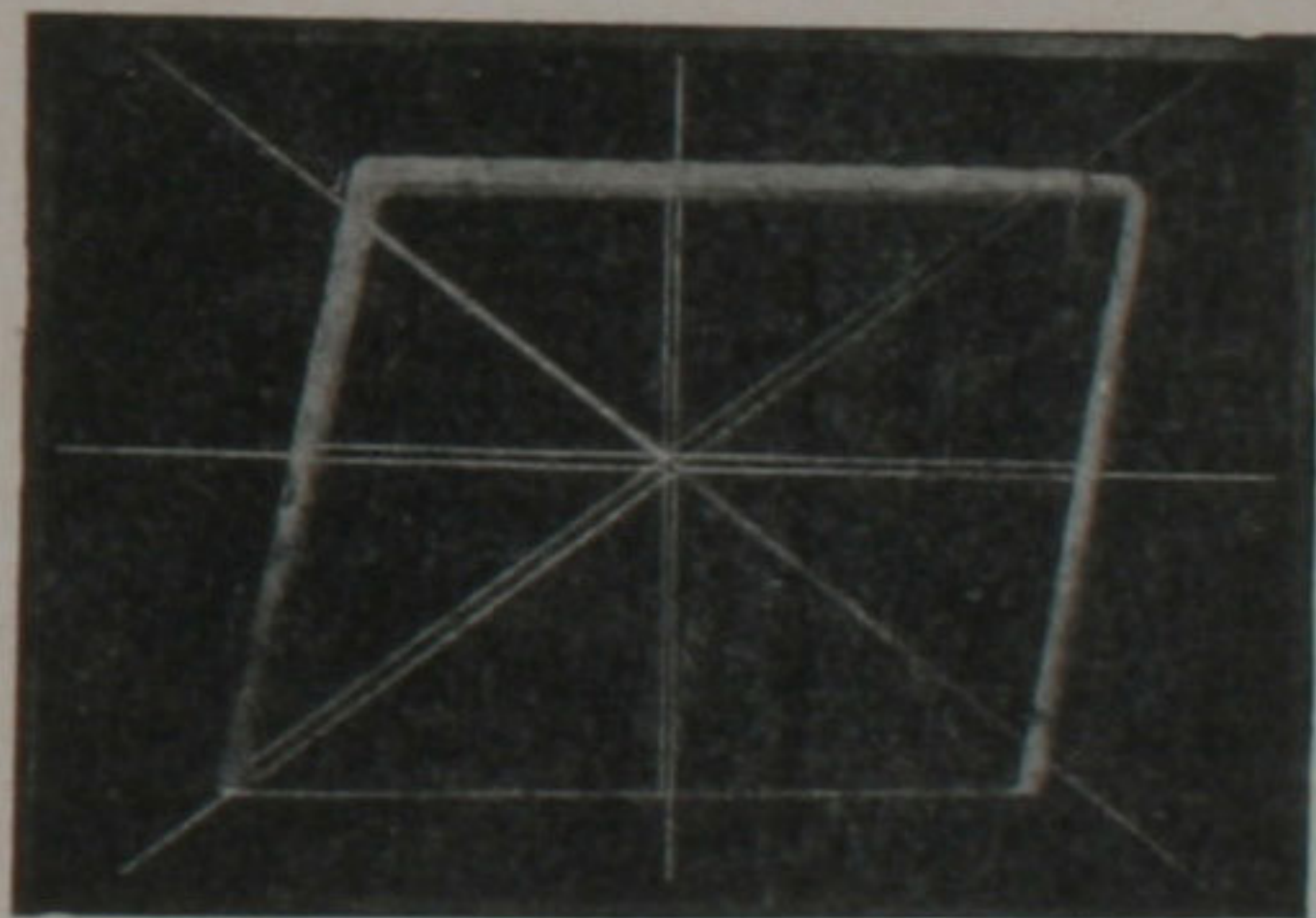


FIG. 2.

rent d'importants mémoires, jusqu'au jour où un sceptique eut l'idée d'aller voir si l'enfant en question était réellement né avec une dent d'or.

Il sera difficile, après un tel exemple, de nier qu'en matière scientifique, le prestige constitue l'élément essentiel des convictions. Il ne faut donc pas trop railler les hommes du moyen âge qui ne connaissaient d'autres sources de démonstration que les dires d'Aristote.

Laissant aller à sa destinée la doctrine que pendant plusieurs années je fus seul à défendre, je continuai mes recherches, étendis le cercle de mes investigations, et montrai que les mêmes radiations se produisent non seulement sous l'action de la lumière, mais encore sous des influences fort diverses, les réactions chimiques, notamment. Il devenait donc de plus en plus évident que les radiations de l'uranium n'étaient, comme je l'avais soutenu tout d'abord, qu'un cas particulier d'une loi très générale.

Cette loi générale, dont je n'ai cessé de poursuivre l'étude, est la suivante. Sous des influences diverses : lumière, réactions chimiques, actions électriques, et souvent même spontanément, les atomes des corps se dissocient et émettent des effluves de la famille des rayons cathodiques.

Cette généralisation est à peu près universellement admise aujourd'hui, mais l'exposé qui précède montre qu'il y avait quelque hardiesse à la formuler la première fois. Comment aurait-on pu supposer la parenté des rayons uraniques avec des effluves quelconques, cathodiques ou autres, puisque tous les physiciens admettaient alors, sur la foi de M. Becquerel, la polarisation et la réfraction de ces rayons?

Lorsque la question de la polarisation fut définitivement tranchée, il fallut peu de temps pour reconnaître l'exactitude des faits que j'avais exprimés.

*Ben  
Comparado*

*e não só  
em Secunda*

Mais ce fut seulement quand les physiciens allemands, Giesel, Meyer et Schweider découvrirent, en 1899, que les émissions des corps radio-actifs étaient, comme les rayons cathodiques, déviables par un aimant, que l'idée d'une analogie probable entre tous ces phénomènes commença à se répandre.

Plusieurs physiciens s'attachèrent alors à cette étude dont l'importance grandit chaque jour. Les faits nouveaux surgirent de toutes parts et la découverte du radium par Curie imprima une vive impulsion à ces recherches.

M. de Heen, professeur de physique à l'Université de Liège et directeur du célèbre Institut de Physique de la même ville, fut le premier qui accepta entièrement la généralisation que j'avais essayé d'établir. Après avoir repris et développé mes expériences il déclara dans un de ses mémoires qu'il les assimilait pour l'importance à la découverte des rayons X. Elles furent, pour lui, l'origine de nombreuses recherches qui le conduisirent à des résultats remarquables. Le mouvement étant donné, il fallut bien le suivre. On se mit de tous côtés à rechercher la radio-activité, c'est-à-dire les produits de la dissociation de la matière et on en trouva partout. L'émission spontanée est le plus souvent très faible, mais devient considérable si on soumet les corps à l'influence de divers excitants : lumière, chaleur, etc.

Tous les physiciens sont maintenant d'accord pour classer dans la même famille les rayons cathodiques, les émissions de l'uranium et du radium, et celles des corps dissociés par la lumière ou par la chaleur, etc.

Si, malgré mes affirmations et mes expériences, ces analogies n'ont pas été admises immédiatement, c'est que la généralisation des phénomènes est parfois bien plus difficile à découvrir que les faits d'où cette généralisation découle. C'est cependant de ces généralisations que les progrès scientifiques

dérivent. « Tout grand progrès dans les sciences, dit le philosophe Jevons, consiste en une grande généralisation révélant des ressemblances profondes et cachées. »

La généralité des phénomènes de dissociation de la matière aurait été bien plus tôt aperçue si on avait regardé d'un peu près une foule de faits connus, mais on ne les regardait pas. Ils étaient disséminés d'ailleurs dans des chapitres fort différents de la physique.

Il y a longtemps, par exemple, que la déperdition de l'électricité par la lumière ultra-violette était connue, mais on ne songeait guère à la rattacher aux rayons cathodiques. Il y a plus de cinquante ans que Niepce de Saint-Victor avait vu que, dans l'obscurité, les sels d'urane provoquent des impressions photographiques pendant plusieurs mois, mais, comme le phénomène ne se rattachait en apparence à rien de connu, on le laissait de côté. La décharge des corps électrisés par les gaz des flammes était observée depuis cent ans, sans que personne se fût préoccupé d'approfondir la cause de ce phénomène. La déperdition électrique sous l'influence de la lumière ordinaire avait été signalée depuis plusieurs années, mais on l'envisageait comme un fait particulier à quelques métaux, sans soupçonner à quel point il était général et important.

L'interprétation de ces faits anciens que jamais personne n'avait songé à rattacher aux phénomènes radio-actifs fut laborieuse. Le difficile n'est pas toujours de faire des expériences, mais bien « de deviner les analogies insoupçonnées permettant de s'orienter à travers un dédale de complexes apparences ». C'est l'esprit qui devine les conséquences qu'un fait comporte et c'est l'expérience qui permet de vérifier les idées puis d'en suggérer d'autres. Lorsque Oersted constata qu'une boussole était déviée par un courant, Ampère devina immédiatement toutes les conséquences de ce fait capital et en quelques mois il avait créé tout un chapitre nouveau de la physique : l'électro-

x décharge  
de électroscop  
par la lumière  
ultra-violette



dynamique. Ayant réussi à faire des aimants avec des courants au moyen de son solénoïde il pensa que l'opération inverse, faire des courants avec des aimants, était possible, mais il n'y réussit pas parce qu'il n'eut pas l'idée de déplacer ses aimants au lieu de les laisser au repos. Faraday eut cette idée et de sa réalisation l'industrie électrique moderne est sortie.

Tous les faits énumérés plus haut et bien d'autres encore, tels que l'origine de l'électricité et de la chaleur solaire, sont très dissemblables en apparence. Ce sont pourtant comme je l'ai montré des conséquences d'un même fait : la dissociation de la matière.

La constatation de la dissociation de la matière a permis de pénétrer dans un monde ignoré régi par des forces nouvelles où la matière, perdant ses propriétés de matière, devient impondérable pour la balance du chimiste, traverse sans difficulté les obstacles, et possède toute une série de propriétés imprévues.

J'ai eu la satisfaction de voir reconnaître de mon vivant l'exactitude des faits sur lesquels j'ai basé les théories qui seront exposées bientôt. Pendant longtemps j'avais renoncé à pareille espérance et songé plus d'une fois à abandonner mes recherches. Elles avaient été, en effet, assez mal accueillies en France. Plusieurs des notes que j'envoyais à l'Académie des Sciences provoquaient de véritables tempêtes. La plupart des membres de la section de physique, protestaient avec énergie et les journaux scientifiques faisaient chorus. Nous sommes tellement hiérarchisés, tellement hypnotisés et domestiqués par notre enseignement officiel, que l'expression d'idées indépendantes semble intolérable.

Aujourd'hui que mes idées se sont lentement infiltrées dans l'esprit des physiciens j'aurais mauvaise grâce à me plaindre des critiques ou du silence de la plupart d'entre eux à mon égard. Il me suffit de constater qu'ils ont su profiter de mes recherches. Le livre de la nature est un roman d'une si passionnante lecture que le

plaisir d'en déchiffrer quelques pages suffit à récompenser de la peine que bien souvent ce déchiffrement demande. Je n'aurais certes pas consacré plus de huit années à ces très coûteuses expériences si je n'avais compris de suite leur intérêt philosophique immense et la perturbation profonde qu'elles finiraient par apporter dans des théories scientifiques fondamentales.

La découverte de la dissociation universelle de la matière se rattache celle de l'énergie intra-atomique, par laquelle j'ai réussi à expliquer les phénomènes radioactifs. La seconde a été la conséquence de la première.

La découverte de l'énergie intra-atomique n'est pas tout à fait assimilable cependant à celle de l'universalité de la dissociation de la matière. Cette dissociation universelle est un fait, l'existence de l'énergie intra-atomique constitue seulement une interprétation. L'interprétation était d'ailleurs nécessaire puisqu'après avoir essayé diverses hypothèses pour expliquer les phénomènes radio-actifs, presque tous les physiciens ont fini par se ranger à l'explication que j'avais proposée lorsque j'énonçais que la science se trouvait en présence d'une force nouvelle entièrement inconnue. (*d'uma energia libertada*)

Il peut être intéressant pour le lecteur de savoir comment les recherches, dont le résumé vient d'être brièvement tracé, furent accueillies dans divers pays. C'est à l'étranger surtout qu'elles provoquèrent une vive impression. En France, elles furent accueillies avec une hostilité qui ne fut pas cependant unanime, comme le prouve cet extrait d'une étude publiée par M. Dastre, professeur à la Sorbonne et membre de l'Institut.

« Dans l'espace de cinq années on a parcouru un assez long chemin dans la voie de la généralisation du fait de la radio-activité. On est parti de l'idée d'une propriété spécifique de l'uranium et l'on arrive à la supposition d'un phénomène naturel presque uni-

*laqui ha  
hypothese*

versel. Il est juste de rappeler que ce résultat avait été prédit avec une perspicacité prophétique par Gustave Le Bon. Depuis le début, ce savant s'est efforcé de démontrer que l'action de la lumière, certaines réactions chimiques, enfin les actions électriques provoquent la manifestation de ce mode particulier d'énergie... Loin d'être rare, la production de ces rayons est incessante. Il ne tombe pas un rayon de soleil sur une surface métallique, il n'éclate pas une étincelle électrique, il ne se produit pas une décharge, pas un corps ne devient incandescent sans qu'apparaisse le rayon cathodique pur ou transformé. C'est à Gustave Le Bon que revient le mérite d'avoir perçu, dès l'abord, la grande généralité de ce phénomène. Encore bien qu'il se soit servi du terme impropre de *lumière noire* il n'en a pas moins saisi l'universalité et les principaux caractères de cette production. Il a surtout remis le phénomène à sa vraie place en le transportant du cabinet du physicien dans le grand laboratoire de la nature. » *Rev. des Deux Mondes*, 1901.

Dans une des Revues des travaux de physique, qu'il publie annuellement, M. le professeur Lucien Poincaré a très clairement résumé mes recherches dans les lignes suivantes.

« M. Gustave Le Bon, à qui l'on doit de nombreuses publications relatives aux phénomènes d'émission de divers rayonnements par la matière et qui fut certainement l'un des premiers à penser que la radio-activité est un phénomène général de la nature, admet que, sous des influences très diverses, lumière, actions chimiques, actions électriques, et souvent même spontanément, les atomes des corps simples peuvent se dissocier et émettre des effluves qui sont de la famille des rayons cathodiques et des rayons X ; mais toutes ces manifestations seraient des aspects particuliers d'une forme d'énergie entièrement nouvelle, entièrement distincte de l'énergie électrique et aussi répandue dans la nature que la chaleur. M. de Heen adopte des idées analogues. » *Rev. des Sciences*, janvier 1903.

Je n'ai qu'un fragment de phrase à rectifier dans les lignes qui précèdent. C'est celui où l'éminent savant dit que je fus « un des premiers » à montrer que la radio-activité est un phénomène universel. C'est le « premier » qu'il faut lire. Il suffit de se reporter aux textes et à leurs dates de publication pour en être convaincu<sup>1</sup>.

Il est assez naturel qu'on ne soit pas prophète dans son propre pays. Il suffit qu'on le soit un peu

1. Mon premier mémoire sur la dissociation de tous les corps sous l'action de la lumière a paru dans la *Revue Scientifique* de mai 1897. Celui sur la radio-activité par les actions chimiques a été publié en avril 1900. Celui montrant la

ailleurs. L'importance des résultats mis en lumière par mes recherches a été très vite comprise à l'étranger. Des nombreuses études qu'elles ont provoquées, je me bornerai à reproduire quelques fragments.

Le premier est une partie du préambule dont M. le professeur Pio a fait précéder les quatre articles qu'il a consacrés, à mes expériences dans la revue anglaise *Englisch mechanic and World of science*<sup>2</sup>:

« Depuis six ans, Gustave Le Bon poursuit ses recherches sur certaines radiations qu'il appela d'abord Lumière noire. Il scandalisa les physiciens orthodoxes par son audacieuse assertion qu'il existe quelque chose qui avait été entièrement ignoré. Cependant ses expériences décidèrent d'autres expérimentateurs à vérifier ses assertions et beaucoup de faits imprévus ont été découverts. Rutherford en Amérique, Nodon en France, de Heen en Belgique, Lenard en Autriche, Elster et Geitel en Suisse, sont entrés avec succès dans le sillage de Gustave Le Bon. Résumant aujourd'hui les expériences faites par lui depuis six ans, Gustave Le Bon montre qu'il a découvert une force nouvelle de la nature se manifestant dans tous les corps. Ses expériences jettent une vive lumière sur des sujets aussi mystérieux que les rayons X, la radio-activité, la dispersion électrique, l'action de la lumière ultra-violette, etc. Les livres classiques sont muets sur toutes ces choses et les plus éminents électriciens ne savent comment expliquer tous ces phénomènes. »

Le second des articles, auxquels je viens de faire allusion est celui publié par M. Legge dans la revue *The Academy* du 6 décembre 1902 sous ce titre : *A New form of Energy*:

« Rien n'est plus remarquable que la révolution profonde effectuée depuis dix ans dans les idées des savants en ce qui concerne la force et la matière... La théorie atomique d'après laquelle chaque portion de matière se composait d'atomes indivisibles ne pouvant se combiner qu'en proportions définies, était un article de foi scientifique. Il conduisait à des déclarations comme celle d'un des der-

---

radio-activité spontanée des corps ordinaires a paru — toujours dans la même revue — en novembre 1902. Les premières expériences par lesquelles les physiciens aient cherché à prouver que la radio-activité pouvait s'observer avec des corps autres que l'uranium, le thorium et le radium n'ont été publiées par Strutt, Lennan, Burton, etc., que de juin à août 1903. On trouvera d'ailleurs la reproduction de quelques-uns de mes textes à la fin de cet ouvrage (*Ch. XIV documents relatifs à l'histoire de la dissociation de la matière.*)

2. Numéros de janvier à avril 1903.

niers présidents de la *Chemical Society*, qui assurait à ses auditeurs, dans une allocution annuelle, que l'âge des découvertes en chimie était clos, et que, par conséquent, il fallait se consacrer exclusivement à une sérieuse classification des phénomènes chimiques connus. Mais cette prédiction était à peine formulée que sa fausseté devenait évidente. Crookes découvrait la matière radiante, Röntgen révélait les rayons qui portent son nom, et maintenant Gustave Le Bon, dans une série de mémoires, va plus loin encore. Il nous montre que ces nouvelles idées ne sont pas plusieurs choses, mais une seule chose, que les phénomènes observés sont la conséquence de la production d'une forme de matière toute spéciale ressemblant plus à la force qu'à la matière... Les conséquences des recherches de Gustave Le Bon seraient en réalité immenses. Tout l'édifice chimique serait démoli en bloc et on pourrait écrire un système entièrement nouveau dans lequel on verrait la matière passer à travers la matière et les éléments constituer des formes diverses de la même substance. Mais ceci ne serait rien encore, comparé aux résultats qui suivraient l'établissement d'un pont dans l'espace entre le pondérable et l'impondérable que Gustave Le Bon nous annonce déjà comme un des résultats de ses découvertes et que sir William Crookes semblait avoir pressenti dans un de ses discours à la *Royal Society*. »

J'ajouterai à ces citations un passage des divers articles que M. de Heen, professeur de physique à l'Université de Liège, a bien voulu consacrer à mes recherches :

« On connaît le retentissement que produisit dans le monde la découverte des rayons X, découverte qui fut immédiatement suivie d'une autre plus modeste en apparence, aussi importante peut-être en réalité, celle de la lumière noire, résultat des recherches de Gustave Le Bon. Ce dernier prouva que les corps frappés par la lumière, les métaux notamment, acquièrent la faculté de produire des rayons analogues aux rayons X et reconnut bientôt qu'il ne s'agissait pas là d'un phénomène exceptionnel, mais au contraire d'un ordre de phénomènes aussi répandu dans la nature que les manifestations calorifiques, électriques ou lumineuses; thèse que nous avons toujours défendue également depuis cette époque. »

Mais tout ce qui précède est déjà de l'histoire ancienne. Les colères que provoquèrent en France mes premières recherches se sont évanouies. Le personnel des laboratoires jadis si hostile a accueilli avec une sympathique curiosité les premières éditions de cet

ouvrage. J'en ai trouvé la preuve dans de nombreux articles et notamment dans l'étude publiée par un des jeunes savants les plus distingués de la Sorbonne et dont voici quelques extraits :

« Ce sera le titre de gloire de Gustave Le Bon de s'être attaqué le premier au dogme de l'indestructibilité de la matière et d'avoir détruit celui-ci dans l'espace de quelques années. En 1896 il publiait une courte note qui marquera une des dates importantes de l'histoire des sciences car elle a été le point de départ de la découverte de la dissociation de la matière.

... Aux formes déjà connues de l'énergie ; chaleur, lumière, etc., il faut en ajouter une autre : *l'énergie intra-atomique*. La réalité de cette forme d'énergie que nous a fait connaître Gustave Le Bon ne s'appuie nullement sur la théorie mais elle se déduit du fait d'expériences ; bien qu'ignorée jusqu'ici elle est la plus puissante des forces connues et même elle serait l'origine de la plupart des autres... Le début de l'ouvrage sur l'évolution de la matière produit sur le lecteur une impression profonde. On y sent le souffle d'une pensée géniale. On a comparé Gustave Le Bon à Darwin ; si l'on tient à faire une comparaison, j'aimerais mieux la faire avec Lamarck. Lamarck le premier a eu une idée nette de l'évolution des êtres vivants. Gustave Le Bon le premier a reconnu la possibilité d'une évolution de la matière et la généralité de la radio-activité par laquelle se manifeste son évanouissement<sup>1</sup>.

Le lecteur excusera, je l'espère, le petit plaidoyer qui précède. Les oublis répétés de certains physiciens m'ont obligé à le faire<sup>2</sup>. Les phénomènes

1. Georges Bohn, *Revue des idées*, 15 janvier 1905.

2. On considérera comme une preuve curieuse de la mentalité étroite et craintive de quelques-uns de nos universitaires français que deux d'entre eux MM. H. Abraham et Langevin ayant cru utile de réimprimer dans d'énormes volumes tout ce qui avait été écrit sur l'ionisation et la radio-activité n'aient pas osé, comme le leur a fait observer le professeur Lorent dans le travail publié par lui sur mes recherches dans le *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, y faire figurer le titre d'un seul de mes mémoires. Parmi ces derniers il en était cependant quelques-uns, tel notamment, celui où était décrite la radio-activité qu'acquerraient certains corps par des réactions chimiques aussi simples que l'hydratation, dont l'importance théorique fondamentale n'avait pas échappé à d'éminents physiciens étrangers puisqu'ils se sont donné la peine de répéter et développer longuement mes expériences sans oublier naturellement de citer leur auteur. Il est fort difficile comme on le voit d'être prophète dans son propre pays.

nouveaux que j'ai découverts le furent au prix de trop d'efforts, de dépenses et d'ennuis pour que je ne tienne pas à conserver un bien si difficilement acquis.

## LIVRE II

### L'ÉNERGIE INTRA-ATOMIQUE ET LES FORCES QUI EN DÉRIVENT

---

#### CHAPITRE PREMIER

#### L'Énergie intra-atomique. Sa grandeur.

---

##### § 1. — L'EXISTENCE DE L'ÉNERGIE INTRA-ATOMIQUE

Nous avons donné le nom d'*énergie intra-atomique* à la force nouvelle entièrement différente de celles observées jusqu'ici qui se manifeste pendant la dissociation de la matière. Au point de vue chronologique, nous aurions dû évidemment décrire d'abord cette dissociation. Mais, comme l'énergie intra-atomique domine tous les phénomènes examinés dans cet ouvrage, il nous a semblé préférable de débiter par son étude.

Nous supposerons donc déjà connus les faits concernant la dissociation de la matière que nous exposerons plus tard et nous nous bornerons à rappeler présentement un des plus fondamentaux d'entre eux : l'émission dans l'espace par les corps en voie de dissociation de particules immatérielles animées d'une



*x de ces particules ou à traverser le poudreraul d'a impulsion, de son*  
*avec ses sublimés*  
*matériaux.*

vitesse capable d'atteindre et souvent même de dépasser le tiers de celle de la lumière.

Une telle vitesse est immensément supérieure à celle que nous pourrions produire à l'aide des forces connues dont nous disposons. C'est un point qu'il importe de bien marquer tout d'abord. Quelques chiffres suffiront à le mettre en évidence.

Un calcul très simple montre, en effet, que pour donner à une petite balle de fusil la vitesse des particules émises par la matière qui se dissocie, il faudrait posséder une arme à feu capable de contenir treize cent quarante mille barils de poudre <sup>1</sup>.

Dès que l'immense vitesse des particules qu'émettent les corps radio-actifs eût été mesurée par les méthodes très simples que nous indiquerons ailleurs, il devint évident qu'une quantité énorme d'énergie était libérée pendant la dissociation atomique. Les

1. Voici, d'ailleurs, les éléments de ce calcul :

**Détermination de la dépense d'énergie nécessaire pour donner à une masse matérielle une vitesse égale à celle des particules de matières dissociées.** — Si on néglige la résistance de l'air qui entraînerait à des calculs compliqués, on peut déterminer facilement quelles dimensions devrait avoir une masse matérielle pour prendre sous l'influence d'une dépense d'énergie déterminée, — celle employée par exemple pour lancer une balle de fusil, — une vitesse de l'ordre de grandeur de celle des particules de matières dissociées. Ce calcul montrera immédiatement la puissance de l'énergie intra-atomique.

L'énergie développée par une balle de fusil ordinaire animée d'une vitesse de 640 mètres par seconde est donnée par la formule

$$T = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \frac{0.015}{9,81} \times 640^2 = 313 \text{ kgm.}$$

Recherchons le poids  $x$  qu'il faudrait donner à une balle pour que, avec la même quantité d'énergie, elle prenne une vitesse de 100.000 kilomètres par seconde dans le vide.

On a  $313 = \frac{1}{2} \frac{x}{9,81} \times 100.000.000^2$ . En effectuant le calcul on voit qu'il

faudrait donner à la balle un poids un peu supérieur à 6 dix-millionièmes de milligramme pour qu'elle prit la vitesse des particules de matière dissociée, avec la charge de poudre nécessaire pour lancer une balle de fusil.

Avec les données précédentes, et sachant qu'il faut 2 gr. 75 de poudre pour lancer une balle Lebel du poids de 15 grammes, on calcule aisément que pour donner à cette balle une vitesse de 100.000 kilomètres par seconde, il faudrait 67 millions de kilogrammes de poudre, soit 1.340.000 barils de poudre pesant 50 kilogs chacun.

physiciens cherchèrent alors vainement, et beaucoup continuent à chercher encore, la provenance extérieure de cette énergie. On admettait, en effet, comme un principe fondamental, que la matière est inerte et ne peut que restituer, sous une forme quelconque, l'énergie qui lui a d'abord été fournie. La source d'énergie manifestée ne pouvait donc être qu'extérieure. *para o materialismo puro, mas não é todos os motivos os materialistas.*

Lorsque je prouvai que la radio-activité est un phénomène universel et non particulier à un petit nombre de corps exceptionnels, la question devint plus embarrassante encore. Mais, comme cette radio-activité apparaissait surtout sous l'influence d'un agent extérieur : lumière, chaleur, forces chimiques, etc., il était compréhensible qu'on recherchât dans ces causes externes l'origine de l'énergie constatée, bien qu'il n'y eût aucun rapport entre la grandeur des effets produits et leur cause supposée. Pour les corps spontanément radio-actifs, aucune explication du même ordre n'était possible, c'est pourquoi la question posée plus haut restait sans réponse et semblait constituer un inexplicable mystère.

La solution du problème est cependant, en réalité, très simple. Pour découvrir l'origine des forces qui produisent les phénomènes de radio-activité, il suffit de laisser de côté quelques dogmes classiques.

Remarquons, avant tout, qu'il est prouvé par expérience que les particules émises pendant la dissociation possèdent des caractères identiques, quels que soient le corps employé et les méthodes usitées pour le dissocier. Qu'il s'agisse de l'émission spontanée du radium, de celle d'un métal sous l'action de la lumière ou encore de celle de l'ampoule de Crookes, les particules émises sont semblables. L'origine de l'énergie qui produit les effets observés semble donc toujours être la même. N'étant pas extérieure à la matière elle ne peut exister que dans cette dernière. *este é que*

*o materialismo racional e não exclusivista*

C'est cette énergie que nous avons désignée sous le nom d'*énergie intra-atomique*. Quels sont ses caractères fondamentaux ?

Elle diffère de toutes les forces que nous connaissons par sa concentration très grande, par sa prodigieuse puissance et par la stabilité des équilibres qu'elle peut former. Nous verrons bientôt que, si au lieu de réussir à dissocier seulement des millièmes de milligramme de matière, comme on le fait maintenant, on pouvait en dissocier quelques kilogrammes, nous posséderions une source d'énergie auprès de laquelle toute la provision de houille que nos mines contiennent représenterait un insignifiant total. *e seria un pezzo*

C'est en raison de la grandeur de l'énergie intra-atomique que les phénomènes radio-actifs se manifestent avec l'intensité observée. C'est elle qui produit l'émission de particules douées d'une immense vitesse, la pénétration des corps matériels, l'apparition des rayons X, etc. ; phénomènes que nous étudierons en détail dans d'autres chapitres. Bornons-nous, pour l'instant, à remarquer que de tels effets ne peuvent être engendrés par aucune des forces anciennement connues.

L'universalité dans la nature de l'énergie *intra-atomique* est un de ses caractères le plus facile à constater. On reconnaît son existence partout, puisqu'on trouve maintenant de la radio-activité partout.

Les équilibres qu'elle forme sont très stables puisque la matière se dissocie si faiblement que pendant longtemps on a pu la croire indestructible. Ce sont, d'ailleurs, les effets produits sur nos sens par ces équilibres stables que nous appelons la matière. Les autres formes d'énergie, lumière, électricité, etc., sont caractérisées par des équilibres très instables.

L'origine de l'énergie intra-atomique n'est pas difficile à élucider, si on admet avec les astronomes que la condensation de notre nébuleuse suffisait à

elle seule pour expliquer la constitution de notre système solaire. On conçoit qu'une condensation analogue de l'éther ait pu engendrer les énergies que l'atome contient. On pourrait comparer grossièrement ce dernier à une sphère dans laquelle un gaz non liquéfiable aurait été comprimé à des milliards d'atmosphères à l'origine du monde.

Si cette force nouvelle — la plus répandue et la plus puissante de toutes celles de la nature — est restée entièrement ignorée jusqu'ici, c'est, d'abord, parce que les réactifs nous manquaient pour la constater et, ensuite, parce que l'édifice atomique constitué à l'origine des âges est si stable, si solidement agrégé, que sa dissociation — au moins par les moyens actuels — demeure extrêmement faible. S'il en était autrement, le monde se serait évanoui depuis longtemps.

Mais comment une constatation aussi simple que celle de l'existence de l'énergie intra-atomique n'a-t-elle pas été faite depuis la découverte de la radioactivité et surtout depuis que j'ai démontré la généralité de ce phénomène ? On ne peut l'expliquer qu'en se souvenant qu'il était contraire à tous les principes connus d'admettre que la matière peut produire de l'énergie par elle-même. Or, les dogmes scientifiques inspirent la même crainte superstitieuse que les dieux des vieux âges, bien qu'ils en aient parfois toute la fragilité.

## § 2. — ÉVALUATION DE LA QUANTITÉ D'ÉNERGIE INTRA-ATOMIQUE CONTENUE DANS LA MATIÈRE.

Nous avons dit quelques mots de la grandeur de l'énergie intra-atomique, essayons à présent de la mesurer.

Les chiffres qui vont suivre montreront que, quelle

*l'atmosphère est  
encore. A l'origine  
de l'univers on U  
mesure la quantité  
des idades*

que soit la méthode employée, on arrive dans la mesure de l'énergie libérée par un poids déterminé de matière dissociée, à des chiffres immensément supérieurs à tous ceux obtenus par les réactions chimiques antérieurement connues, la combustion de la houille par exemple. C'est parce qu'il en est ainsi que, malgré leur dissociation si faible, les corps peuvent produire pendant ce phénomène les effets intenses que nous aurons à énumérer.

Les diverses méthodes en usage pour mesurer la vitesse des particules de matière dissociée, qu'il s'agisse du radium ou d'un métal quelconque, ont toujours donné des chiffres voisins. Cette vitesse approche de celle de la lumière pour certaines émissions radio-actives. Elle est de un tiers de cette vitesse pour d'autres. Acceptons le moins élevé de ces chiffres, celui de 100.000 kilomètres par seconde, et essayons d'après cette base de calculer l'énergie que produirait la dissociation complète de 1 gramme d'une matière quelconque.

Prenons, par exemple, une pièce de cuivre de 1 centime, pesant, comme on le sait, 1 gramme, et supposons qu'en exagérant la rapidité de sa dissociation, nous puissions arriver à la dissocier entièrement.

L'énergie cinétique possédée par un corps en mouvement étant égale à la moitié du produit de sa masse par le carré de sa vitesse, un calcul élémentaire donne la puissance que représenteraient les particules de ce gramme de matière, animées de la vitesse que nous avons supposée. On a en effet

$$T = \frac{0^k.001}{9.81} \times \frac{1}{2} \times 100.000.000^2 = 510 \text{ milliards}$$

de kilogrammètres, chiffre qui correspond à environ 6 milliards 800 millions de chevaux-vapeur si ce gramme de matière était dépensé en une seconde. Cette

$\frac{mv^2}{2}$   
 $m = \frac{p}{g}$   
 $p = 1 \text{ gram}$   
 $g = 9.81$   
 $v = \frac{1}{3} \text{ de la vitesse de la lumière}$   
 $= 100000$   
 $75 \text{ kg} = 4 \text{ CV} \times 10^6$

quantité d'énergie répartie convenablement serait suffisante pour actionner un train de marchandises sur une route horizontale d'une longueur égale à un peu plus de quatre fois et un quart la circonférence de la terre<sup>1</sup>.

Pour faire effectuer à l'aide du charbon ce trajet au même train, il faudrait en employer 2.830.000 kilogrammes qui, au prix de 24 francs la tonne, nécessiteraient une dépense d'environ 68.000 francs. Ce chiffre de 68.000 francs représente donc la valeur marchande de l'énergie intra-atomique contenue dans une pièce de 1 centime.

Ce qui détermine la grandeur des chiffres précédents et les rend au premier abord invraisemblables, c'est l'énorme vitesse des masses mises en jeu, vitesse dont nous ne pouvons approcher par aucun des moyens mécaniques connus. Dans le facteur  $m V^2$ , la masse de 1 gramme est assurément fort petite, mais la vitesse étant immense, les effets produits deviennent également immenses. Une balle de fusil tombant de quelques centimètres de hauteur sur la peau ne produit aucun effet appréciable en raison de sa faible vitesse. Dès que cette vitesse grandit, les effets deviennent de plus en plus meurtriers et, avec les vitesses de 1.000 mètres par seconde données par les poudres actuelles, la balle traverse de très résistants obstacles. Réduire la masse d'un projectile est sans importance, si on réussit à augmenter suffisamment sa vitesse. Telle est justement la tendance de l'artillerie moderne qui réduit de plus

1. J'ai supposé dans ce calcul un train de marchandises normal, comprenant 40 voitures de 12 tonnes 1/2, soit un poids de 500 tonnes roulant à une vitesse de 36 kilomètres à l'heure en terrain horizontal et, nécessitant un effort de traction de 6 kilogrammes à la tonne par seconde, soit 3.000 kilogrammes pour les 500 tonnes. Le travail de la machine remorquant ce train à la vitesse de 36 kilomètres serait de 400 chevaux-vapeur. A raison de 1 kil. 1/2 de charbon par cheval et par heure, elle dépenserait pour 4.722 heures (durée du trajet)  $4.722 \times 400 \times 1,5 = 2.830.000$  kilogrammes

en plus le calibre des balles de fusil, mais tâche d'augmenter leur vitesse. X

Or, les vitesses que nous pouvons produire ne sont absolument rien auprès de celle des particules de matière dissociée. Nous ne pouvons guère dépasser un kilomètre à la seconde par les moyens dont nous disposons, alors que la vitesse des particules radio-actives est 100,000 fois plus forte. De là l'énormité des effets produits. On se rend compte de ces différences en sachant qu'un corps, animé d'une vitesse de 100,000 kilomètres par seconde, irait de la terre à la lune en moins de quatre secondes, alors qu'un boulet de canon emploierait environ cinq jours.

En ne tenant compte que d'une partie de l'énergie libérée dans la radio-activité, on arrive, par une méthode différente, à des chiffres inférieurs à ceux donnés plus haut, mais encore colossaux. Les mesures de Curie ont prouvé que 1 gramme de radium émet 100 calories-grammes par heure, ce qui ferait 876,000 calories par an. Si la durée de la vie d'un gramme de radium est de 1000 ans comme on le suppose, on voit facilement en transformant ces calories en kilogrammètres à raison de 425 kilogrammètres pour une grande calorie l'énormité des chiffres obtenus. Nécessairement, ces calories, malgré leur nombre élevé, ne représentent qu'une infime partie de l'énergie intra-atomique, puisque cette dernière est dépensée en divers rayonnements.

Le fait de l'existence d'une considérable condensation d'énergie dans l'atome ne semble choquant que parce qu'il est en dehors des choses qu'enseignait autrefois l'expérience. On peut faire remarquer cependant que, même en laissant de côté les faits révélés par la radio-activité, des concentrations analogues nous sont montrées par des observations journalières. N'est-il pas de toute évidence, en effet, que l'électricité se trouve nécessairement dans les composés chi-

425 eoe  
 quivalents  
 mecanica  
 grande ca  
 loria

X com limite, e'claro. Porqued a velocidade da maior penetraçao nãe da o choque (dependente da massa do projectil) pãe pãe, combatente fora de combate immediatamente

miques à un degré d'accumulation énorme, puisque, par l'électrolyse de l'eau, on constate que 1 gramme d'hydrogène possède une charge électrique de 96,000 coulombs. On a une idée du degré de condensation où l'électricité s'y trouvait avant sa libération, en constatant que la quantité qui vient d'être indiquée est immensément supérieure à celle qu'il est possible de maintenir sur les plus grandes surfaces dont nous disposons. Les traités élémentaires ont signalé, depuis longtemps, que le vingtième à peine de la quantité précédente suffirait à charger un globe grand comme la terre sous un potentiel de 6,000 volts. Les meilleures machines statiques de nos laboratoires ne débitent guère que 1/10,000 de coulomb par seconde. Elles devraient, par conséquent, fonctionner sans discontinuer pendant un peu plus de trente ans pour donner la quantité d'électricité contenue dans les atomes de 1 gramme d'hydrogène <sup>1</sup>.

L'électricité existant dans les composés chimiques à l'état de concentration considérable, il est évident que, depuis longtemps, l'atome aurait pu être considéré comme une véritable condensation d'énergie. Pour arriver ensuite à la notion que la quantité de cette énergie devait être tout à fait extraordinaire, il suffisait de tenir compte de la grandeur des attractions et répulsions qu'exercent des charges électriques en présence. Il est curieux de voir que plusieurs physiciens ont côtoyé cette question sans en pressentir les conséquences. C'est ainsi, par exemple, que Cornu fait observer que si on pouvait concentrer une charge de 1 coulomb sur une sphère très petite et à l'amener à 1 centimètre d'une autre sphère portant une charge égale de 1 coulomb, la force produite par leur répul-

---

1. Elles débiteraient, il est vrai, ces coulombs sous des tensions de 50.000 volts environ, ce qui fait que le travail produit (volts  $\times$  ampères) serait très supérieur, au bout de trente ans, au travail engendré par 96.600 coulombs sous une pression de 1 volt.



sion serait de  $9^{18}$  dynes ou environ 9 trillions de kilogrammes<sup>1</sup>.

Or, nous avons vu plus haut que, par la dissociation de l'eau, nous pouvons retirer de 1 gramme d'hydrogène une charge électrique de 96,000 coulombs. Il suffirait, et c'est justement l'hypothèse énoncée récemment par J.-J. Thomson, de disposer les particules électriques à des distances convenables dans l'atome, pour obtenir, par leurs attractions, répulsions et rotations, des énergies extrêmement grandes, concentrées dans un espace extrêmement faible. Le difficile n'était donc pas de concevoir que beaucoup d'énergie pût exister dans l'atome. Il est même surprenant qu'une notion si évidente ne soit pas venue à l'idée depuis longtemps.

Notre calcul de l'énergie radio-active a été établi dans les limites de vitesse où l'expérience démontre que l'inertie de ces particules ne varie pas sensiblement, mais il est possible qu'on ne puisse — comme on le fait généralement cependant — assimiler leur inertie à celle des particules matérielles et, alors, les chiffres trouvés pourraient être différents.

Ils n'en seraient pas moins extrêmement élevés. Quels que soient les méthodes adoptées et les éléments de calculs employés : vitesse des particules, calories émises, attractions électriques, etc., on retombe sur des chiffres différents, sans doute, mais

1. Le chiffre de Cornu ne donne que la valeur de la force de répulsion entre les deux sphères. On peut déterminer le travail qu'une telle force accomplirait dans certaines conditions de temps et d'espace. Si l'on suppose que l'écart des deux sphères passe sous l'influence de la force considérée de 1 centimètre à 1 décimètre en 1 seconde, le travail produit sera représenté dans le système C. G. S. par la formule :

$$T = \int_1^{10} F ds = 9 \cdot 10^{18} \int_1^{10} \frac{ds}{s^2} = 8.1 \times 10^{18} \text{ ergs.}$$

Traduite en kilogrammètres, cette expression donne 82 milliards et demi de kilogrammètres, soit plus de 1 milliard de chevaux-vapeur pendant une seconde.

*isto e' extensao, massa, tempo*

$$\int_1^{10} \frac{ds}{s^2} = -\frac{1}{s} + C \quad \int_1^{10} \frac{ds}{s^2} = -\frac{1}{0.01} + \frac{1}{0.1}$$

*Cu G<sub>11</sub> I quer  
depois Coulomb, etc.,  
Rego, segunto,*

*certo*

extraordinairement élevés. C'est ainsi, par exemple, que Rutherford considère l'énergie des particules  $\alpha$  du thorium comme 600 millions de fois plus grande que celle d'une balle de fusil. D'autres physiciens qui, depuis la publication d'un de nos mémoires, se sont exercés sur ce sujet, sont arrivés à des chiffres parfois bien plus hauts. En assimilant la masse des électrons à celle des particules matérielles, Max Abraham arrive à cette conclusion que « le nombre d'électrons suffisants pour peser 1 gramme portent avec eux une énergie de  $6 \times 10^{13}$  joules ». En ramenant ce chiffre à notre unité ordinaire, on voit qu'il représente 80 milliards environ de chevaux-vapeur pendant une seconde, chiffre à peu près 12 fois supérieur à celui que j'ai trouvé pour l'énergie émise par 1 gramme de particules doué d'une vitesse de 100.000 kilomètres par seconde.

J.-J. Thomson s'est livré, lui aussi, à des évaluations sur la grandeur de l'énergie contenue dans l'atome, en partant de l'hypothèse que l'atome matériel serait uniquement composé de particules électriques. Ses chiffres, quoique également très élevés, sont inférieurs aux précédents. Il trouve que l'énergie accumulée dans un gramme de matière représente  $1,02 \times 10^{19}$  ergs, soit environ 100 milliards de kilogrammètres<sup>1</sup>. Ce chiffre ne représenterait, suivant lui, qu'une très petite fraction (*exceedingly small fraction*) de celle que les atomes possédaient à l'origine et qu'ils ont graduellement perdue par rayonnement.

---

1. *Electricity and Matter* 1904. J. J. Thomson arrive à ce chiffre en supposant l'atome composé d'électrons négatifs distribués dans une sphère chargée d'une quantité égale d'électricité positive et recherche le travail nécessaire pour les séparer. En appelant  $n$  le nombre d'électrons par atome (1000 pour l'hydrogène)  $a$  le rayon de l'atome ( $10^{-8}$  cm. d'après la théorie cinétique des gaz)  $e$  la

§ 3. — FORMES SOUS LESQUELLES L'ÉNERGIE PEUT ÊTRE  
CONDENSÉE DANS LA MATIÈRE

Sous quelles formes l'énergie intra-atomique peut-elle exister? Comment des forces si colossales peuvent-elles être concentrées dans des particules très petites?

L'idée d'une telle concentration semble, au premier abord, inexplicable, et comme nous le verrons plus loin, en discutant une objection, elle a paru incompréhensible à un ingénieur distingué.

Cette incapacité à comprendre une idée si simple tient à ce que l'expérience usuelle montre que la grandeur de la puissance mécanique est toujours associée à la dimension des appareils producteurs. Une machine d'une puissance de mille chevaux possède un volume considérable. Par association d'idées nous sommes conduits à croire que la grandeur de l'énergie mécanique implique la grandeur des appareils qui la produisent.

C'est là une illusion pure résultant de l'infériorité de nos systèmes mécaniques et facile à détruire par de très simples calculs. Une des plus élémentaires formules de la dynamique montre que l'on peut accroître à volonté l'énergie d'un corps de grandeur constante, en accroissant simplement sa vitesse. On peut donc concevoir une machine théorique formée d'une tête d'épingle tournant dans le chaton d'une bague et qui, malgré sa petitesse, posséderait, grâce à sa force giratoire, une puissance mécanique égale à celle de plusieurs milliers de locomotives.

Pour fixer les idées, supposons une petite sphère de bronze (densité 8,842) d'un rayon de trois milli-

---

charge en unités électro-statiques de chaque électron ( $3.4 \times 10^{-10}$ ) N le nombre d'atomes contenus dans 1 gramme ( $10,2 \times 10^7 \times \frac{n}{a}$ ) on arrive pour la quantité d'énergie contenue dans 1 gramme d'hydrogène à la formule

$$N \frac{(n e)^2}{a} = 1,02 \times 10^{19} \text{ ergs.}$$

*verdade  
theorica*

mètres, et, par conséquent, du poids de 1 gramme.

Admettons qu'elle tourne dans le vide autour d'un de ses diamètres avec une vitesse équatoriale égale à celle des particules de matière dissociée (100.000 kil. par seconde), et que, par un procédé quelconque, on ait rendu la rigidité du métal suffisante pour qu'il résiste à la rotation. En calculant la force vive de cette sphère en mouvement, on voit qu'elle correspond à 203.873 millions de kilogrammètres. C'est à peu près le travail que fourniraient en une heure 1510 locomotives d'une puissance moyenne de 500 chevaux-vapeur<sup>1</sup>.

Telle est la quantité d'énergie que pourrait contenir une toute petite sphère animée d'un mouvement de rotation dont la vitesse serait égale à celle des particules de matière dissociée.

Si la même petite boule tournait sur elle-même avec la vitesse de la lumière (300.000 kil. par seconde) qui représente à peu près la vitesse des particules  $\beta$  du radium, sa force vive serait neuf fois plus grande. Elle dépasserait 1.800 milliards de kilogrammètres et

1. Nous avons calculé ces chiffres de la façon suivante :

La force vive d'un solide invariable tournant autour d'un axe avec une vitesse angulaire  $\omega$  a pour expression :

$$T = \frac{1}{2} \Sigma mv^2 = \frac{\omega^2}{2} \Sigma mr^2 = \frac{\omega^2}{2} I$$

$I$  désignant le moment d'inertie du solide. Pour le calculer on rapporte le mouvement du solide à un système de coordonnées rectangulaires dans lequel on prend l'axe de rotation pour l'axe des  $z$ . Le moment d'inertie  $I$  est alors donné par la formule suivante :

$$I = \iiint m (x^2 + y^2) dx dy dz$$

Dans le cas spécial que nous considérons d'une sphère homogène de rayon  $R$  et de poids spécifique  $P$ , cette intégrale a pour valeur :

$$I = \frac{8}{15} \pi \frac{P}{g} R^5$$

ce qui donne pour expression de l'énergie

$$T = \frac{4}{15} \pi \frac{P}{g} R^5 \omega^2$$

velocity  
angular  
 $v = \omega r$   
moment  
d'inertie de  
une sphere  
est tel que  
de l'axe  
 $I = \Sigma mr^2$   
ou  $I = 0,7854 R^2$   
 $= \frac{\pi R^2}{4}$

représenterait le travail que fourniraient en une heure 13590 locomotives, nombre supérieur à toutes les locomotives du réseau français<sup>1</sup>.

Ce sont précisément ces mouvements de rotation excessivement rapides sur leur axe et autour d'un centre que paraissent posséder les éléments qui constituent les atomes, et c'est leur vitesse qui est l'origine de l'énergie qu'ils contiennent. On a été conduit à admettre l'existence de ces mouvements de rotation par des considérations mécaniques diverses bien antérieures aux découvertes actuelles. Ces dernières n'ont fait que confirmer des idées anciennes et reporter sur les éléments de l'atome les mouvements qu'on attribuait à l'atome lui-même quand on le considérait comme insécable. Ce n'est sans doute que parce qu'ils possèdent de telles vitesses de rotation que les éléments constitutifs des atomes peuvent, en quittant leurs orbites sous l'influence de causes diverses, être lancés tangentiellement à travers l'espace avec les vitesses observées dans les émissions de particules de la matière en dissociation.

La rotation des éléments de l'atome est d'ailleurs une condition même de leur stabilité, comme elle l'est pour une toupie ou un gyroscope. Quand, sous l'influence d'une cause quelconque, la vitesse de rotation tombe au-dessous d'un certain point critique,

1. Précédemment, nous avons simplement examiné l'énergie d'un gramme de matière dissociée, animé non plus du mouvement de rotation que nous venons de supposer, mais d'un mouvement de translation en ligne droite tel d'ailleurs qu'on l'observe dans les émissions de rayons cathodiques.

Dans ce dernier cas les chiffres étaient encore supérieurs à ceux que nous venons de donner pour une sphère du poids de 1 gramme tournant sur elle-même avec une vitesse de 100.000 kilomètres par seconde.

Le calcul montre, en effet, que l'énergie d'une sphère en rotation représente seulement les 2/5 de celle que posséderait la même sphère animée d'une vitesse de translation égale à la vitesse équatoriale V primitivement supposée :

$$\omega^2 \sum mr^2 = \frac{2}{5} \sum m V^2$$

Ce n'est qu'une conséquence de ce fait bien connu que le carré du rayon de giration d'une sphère est les 2/5 du carré du rayon de cette sphère.

*per se stato  
estavel de  
exqui libro*

*inseccio  
navel*

*per force  
d'atome  
de Newton  
systemas micro-nubulosos.*

*per apertu  
actima*

*certa*

l'équilibre des particules devient instable, leur énergie cinétique augmente, et elles peuvent être expulsées au dehors, phénomène qui constitue le commencement de la dissociation de l'atome.

*uma das causas das forças tangenciais.*

#### § 4. — L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE INTRA-ATOMIQUE.

Les dernières objections à la doctrine de l'énergie intra-atomique s'évanouissent chaque jour, et on ne conteste plus guère que la matière soit un réservoir prodigieux d'énergie.

La recherche des moyens de libérer facilement cette énergie constituera sûrement un des plus importants problèmes de l'avenir.

Il importe de remarquer, en effet, que si les nombres trouvés par des voies diverses indiquent dans la matière l'existence — si imprévue jadis — de forces immenses, ils ne signifient pas du tout que ces forces soient déjà disponibles. En fait, les corps qui se dissocient le plus rapidement, comme le radium, n'en dégagent que de très minimes quantités. Tous ces milliards de kilogrammètres qu'un simple gramme de matière contient, reviennent à très peu de chose si, pour les obtenir, il faut attendre des milliers d'années. Supposons qu'un coffre-fort contenant plusieurs milliards en poudre d'or, soit fermé par un mécanisme tel qu'on ne puisse extraire chaque jour qu'un milligramme du précieux métal. Malgré sa grande richesse, le possesseur d'un tel coffre sera en réalité très pauvre, et il le restera tant que ses efforts n'auront pas réussi à lui faire trouver le secret du mécanisme qui lui permettra de l'ouvrir.

Ainsi sommes-nous à l'égard des forces que la matière renferme. Mais, pour parvenir à les capter, il fallait d'abord connaître leur existence et c'est ce dont on n'avait pas la moindre idée, il y a quelques

*Se estro mesmo  
é claro que  
a instabilidade  
de equilíbrio  
tem nome em  
física da  
instabilidade  
atômica  
causas*

*sem m. de H. Mayer e Biecher*

*mas perigoso*

années. On se croyait même très certain qu'elles n'existaient pas. *Mela forma actual, sicut*  
*non fuerit, a nunc per nos delectat*

Arriverons-nous à libérer facilement la colossale puissance que les atomes recèlent en leur sein? Nul ne pourrait le prévoir. On n'eût pu dire non plus, au temps de Galvani, que l'énergie électrique qui réussissait péniblement à agiter des pattes de grenouille et à attirer de petits fragments de papier, véhiculerait un jour d'énormes trains de chemin de fer.

Dissocier complètement l'atome sera peut-être toujours au-dessus de nos forces, parce que la difficulté doit croître à mesure qu'avance la dissociation, mais il suffirait de pouvoir en dissocier facilement une faible partie. Que le gramme de matière dissociée supposé plus haut soit emprunté à une tonne de matière ou même à beaucoup plus, il n'importe. Le résultat serait toujours le même au point de vue de l'énergie produite.

Les recherches que j'ai tentées dans cette voie et qui seront exposées ici, montrent qu'il est possible d'activer considérablement la dissociation de diverses substances.

Les méthodes de dissociation sont, comme nous le verrons, nombreuses. La plus simple est l'action de la lumière. Elle a en plus l'avantage de ne rien coûter.

Sur un terrain aussineuf, devant le monde nouveau qui s'ouvre à nous, aucune de nos vieilles théories ne doit arrêter les chercheurs. « Le secret de tous ceux qui font des découvertes, dit Liébig, est qu'ils ne regardent rien comme impossible. »

Les résultats à obtenir dans cet ordre de recherches seraient en vérité immenses. Dissocier facilement la matière mettrait à notre disposition une source indéfinie d'énergie et rendrait inutile l'extraction de la houille dont la provision s'épuise rapidement. Le

savant qui trouvera le moyen de libérer économiquement les forces que contient la matière changera presque instantanément la face du monde. Une source illimitée d'énergie étant gratuitement à la disposition de l'homme, il n'aurait pas à se la procurer par un dur travail. Le pauvre serait alors l'égal du riche et aucune question sociale ne se poserait plus. *tenho*

*algumas duvidas.*



## CHAPITRE II

### Transformation de la matière en énergie

La science moderne avait établi entre la matière et l'énergie une séparation complète. Les idées classiques sur cette scission se trouvent très nettement exposées dans le passage suivant d'un ouvrage récent de M. le professeur Janet :

« Le monde où nous vivons est, en réalité, un monde double, ou plutôt il est composé de deux mondes distincts : l'un qui est le monde de la matière, l'autre le monde de l'énergie. Le cuivre, le fer, le charbon, voilà des formes de la matière. Le travail mécanique, la chaleur, voilà des formes de l'énergie. Ces deux mondes sont dominés chacun par une loi identique. On ne peut ni créer, ni détruire de la matière, en ne peut ni créer, ni détruire de l'énergie.

« Matière ou énergie peuvent revêtir un grand nombre de formes diverses, sans que jamais la matière puisse se transformer en énergie, ou l'énergie en matière.

« ..... Nous ne pouvons pas plus concevoir de l'énergie sans matière, que de la matière sans énergie<sup>1</sup>. » *Posto e certo*

Jamais, en effet, comme le dit M. Janet, on n'avait pu jusqu'ici transformer de la matière en énergie, ou, pour être plus précis, la matière n'avait jamais semblé manifester d'autre énergie, que celle qui lui avait d'abord été fournie. Incapable de la créer, elle ne pouvait que la restituer. Les principes fondamen-

1. JANET. *Leçons d'électricité*, 2<sup>e</sup> édition, p. 2 et 5.

taux de la thermodynamique enseignaient qu'un système matériel isolé de toute action extérieure ne peut engendrer spontanément de l'énergie. *cette, le fait, de voir*

Toutes les observations scientifiques antérieures paraissaient confirmer cette notion qu'aucune substance n'est capable de produire de l'énergie sans l'avoir d'abord empruntée au dehors. La matière peut servir de support à l'électricité comme dans le cas d'un condensateur; elle peut rayonner de la chaleur comme dans le cas d'une masse de métal d'abord chauffée; elle peut manifester des forces produites par de simples changements d'équilibres comme dans le cas des transformations chimiques; mais en toutes ces circonstances l'énergie dégagée n'est que la restitution en quantité exactement égale de celle d'abord communiquée à la matière ou employée pour produire une combinaison. *donne dynamisme*

Dans tous les cas précédemment énumérés et dans tous ceux du même ordre, la matière ne fait que restituer l'énergie qu'on lui a d'abord donnée sous une forme quelconque. Elle n'a rien créé, rien sorti d'elle-même. *par exemple calor et travail*

L'impossibilité de transformer de la matière en énergie paraissait donc évidente, et c'est avec raison que cette impossibilité était invoquée dans les ouvrages classiques pour établir une séparation très nette entre le monde de la matière et le monde de l'énergie. *l'été, le fait, de voir*

Pour que cette séparation pût disparaître, il fallait réussir à transformer de la matière en énergie sans rien lui fournir de l'extérieur. *car as seen hercobertan non mais en toute chose*

Or, c'est justement cette transformation spontanée de la matière en énergie qui résulte de toutes les expériences de dissociation de la matière exposées dans cet ouvrage. Nous y verrons que la matière peut s'évanouir sans retour, en ne laissant derrière elle que l'énergie provenant de sa dissociation. *ce se a energia se transformam em materia, em nos aspectos*

*em chemical, e melhor dizer.*

La production spontanée de l'énergie alors constatée, production si contraire aux idées scientifiques actuelles, parut d'abord entièrement inexplicable aux physiciens préoccupés de trouver au dehors l'origine de l'énergie manifestée et ne la trouvant pas. Nous avons fait voir que l'explication devient très simple dès que l'on consent à admettre que la matière contient un réservoir d'énergie qu'elle peut perdre partiellement, soit spontanément, soit sous des influences légères. *perdre, naître, donner, ainsi.*

Ces influences légères agissent un peu comme une étincelle sur une masse de poudre, c'est-à-dire en libérant des énergies très supérieures à celles de l'étincelle. Sans doute on peut dire à la rigueur que ce n'est pas alors de la matière qui se transforme en énergie, mais simplement une énergie intra-atomique qui se dépense. Mais, comme cette énergie ne peut être engendrée sans que de la matière s'évanouisse sans retour, nous sommes fondés à dire que *les choses se passent exactement comme si de la matière s'était transformée en énergie.* *ce qui est qui la précède le langage*

Une telle transformation devient d'ailleurs très compréhensible dès qu'on réussit à bien se pénétrer de cette idée que la matière est simplement cette forme d'énergie douée de stabilité que nous avons appelé l'énergie intra-atomique. Il en résulte que quand nous disons que de la matière s'est transformée en énergie, cela signifie simplement que l'énergie intra-atomique a changé d'aspect pour revêtir ces formes diverses auxquelles on donne les noms de lumière, d'électricité, etc. *claire*

Et si, comme nous l'avons précédemment montré, une très petite quantité de matière peut, en se dissociant, produire une grande quantité d'énergie, c'est parce qu'une des propriétés les plus caractéristiques des forces intra-atomiques est d'être condensées en quantité immense dans un espace extrême-  
*plus une*  
*ce qui est*

ment faible. C'est pour une raison analogue qu'un gaz comprimé sous une pression très grande, dans un réservoir très petit, peut donner un volume de gaz considérable si l'on vient à ouvrir le robinet qui l'empêchait de s'échapper.

Les conceptions qui précèdent étaient très neuves quand je les ai formulées pour la première fois. Par des voies diverses plusieurs physiciens y arrivent maintenant.

Ils n'y arrivent pas, d'ailleurs, sans des difficultés considérables, parce que quelques-unes de ces notions nouvelles sont fort difficilement conciliables avec certains principes tout à fait classiques. Beaucoup de savants éprouvent autant de peine à les admettre qu'ils en éprouvèrent, il y a cinquante ans, à considérer comme exact le principe de la conservation de l'énergie. Rien n'est plus difficile que de se débarrasser de l'héritage des idées qui dirigent inconsciemment nos pensées.

On peut se rendre compte de ces difficultés en lisant une communication récente, faite par le plus éminent des physiciens actuels, lord Kelvin, à une séance de la *British Association*, à propos de la chaleur émise spontanément par le radium pendant sa dissociation. Cette émission n'est pourtant pas plus surprenante que la projection continue de particules ayant une vitesse de l'ordre de celle de la lumière qu'on peut obtenir non seulement avec le radium, mais avec un corps quelconque.

« Il est complètement impossible (*utterly impossible*), écrit lord Kelvin, que la chaleur produite puisse provenir de la provision d'énergie du radium. Il me semble donc absolument certain que si l'émission de chaleur se continue au même taux, elle doit être fournie du dehors<sup>1</sup>. »

---

1. *Philosophical Magazine*, février 1904, p. 122.

Et lord Kelvin revient à la médiocre hypothèse formée d'abord sur l'origine de l'énergie des corps radio-actifs, attribuable, croyait-on, à l'absorption de certaines forces mystérieuses du milieu ambiant. Cette supposition n'avait d'ailleurs aucune expérience pour soutien. Elle était simplement la conséquence théorique de l'idée que la matière, étant tout à fait incapable de créer de l'énergie, ne pouvait que restituer celle qui lui avait été fournie. Les principes fondamentaux de la thermodynamique, que lord Kelvin a tant contribué à fonder, nous disent, en effet, qu'un système matériel isolé de toute action extérieure ne peut engendrer spontanément de l'énergie. Mais l'expérience a toujours été supérieure aux principes, et, quand elle a parlé, les lois scientifiques, qui semblaient les plus stables, sont condamnées à rejoindre dans l'oubli les dogmes usés et les doctrines qui ne servent plus.

D'autres physiciens plus hardis, comme Rutherford, après avoir admis le principe de l'énergie intra-atomique restent hésitants. Voici comment s'exprime ce dernier dans un travail postérieur à son livre sur la radio-activité.

« Il serait désirable de voir apparaître une sorte de théorie chimique pour expliquer les faits et pour savoir s'il faut considérer que l'énergie est empruntée à l'atome lui-même ou à des sources extérieures<sup>1</sup> ».

Beaucoup de physiciens s'en tiennent donc encore, comme lord Kelvin, aux anciens principes ; c'est pourquoi les phénomènes de radio-activité, notamment l'émission spontanée de particules animées d'une grande vitesse et l'élévation de la température pendant la radio-activité, leur semblent totalement inexplicables et constituent une énigme scientifique, comme l'écrivait récemment M. Mascart. L'énigme

---

1. *Archives des Sciences physiques de Genève*, 1905, p. 55.

est bien simple pourtant avec l'explication que nous avons donnée.

On ne saurait espérer d'ailleurs que des idées aussi contraires aux dogmes classiques que celles de l'énergie intra-atomique et de la transformation de la matière en énergie puissent se répandre très vite. Il est même contraire à l'évolution habituelle des idées scientifiques qu'elles se soient déjà répandues et aient provoqué toutes les discussions dont on trouvera le résumé dans le chapitre consacré à l'examen des objections. On ne peut s'expliquer ce succès relatif qu'en se souvenant que la foi dans certains principes scientifiques avait été déjà fortement ébranlée par des découvertes aussi imprévues que celles des rayons X et du radium.

C'est qu'en effet, les idées scientifiques qui régissent l'âme des savants de chaque époque ont toute la solidité des dogmes religieux. Fort lentes à s'établir, elles sont très lentes aussi à disparaître. Les vérités scientifiques nouvelles ont assurément l'expérience et le raisonnement pour base, mais elles ne se propagent que par le prestige, c'est-à-dire quand elles sont énoncées par des savants auxquels leur situation officielle donne du prestige aux yeux du public scientifique. Or, c'est justement cette catégorie de savants qui, non seulement ne les énonce pas, mais use de son autorité pour les combattre.

Des vérités d'une importance aussi capitale que la loi de Ohm, qui domine toute l'électricité, et la loi de la conservation de l'énergie, qui domine toute la physique, furent accueillies, à leurs débuts, avec indifférence ou mépris et restèrent sans action, jusqu'au jour où elles furent énoncées de nouveau par des savants doués d'influence.

C'est en étudiant l'histoire des sciences, si peu cultivée aujourd'hui, qu'on arrive à comprendre la genèse des croyances et les lois de leur propagation. Je

*prestige  
necessaire  
suo & tunc  
E. J. Fermi  
non de  
personne  
editer*

*En outre,  
même*

viens de faire allusion à deux découvertes qui furent parmi les plus importantes du dernier siècle et se résument en deux lois dont on peut dire qu'elles auraient dû frapper tous les esprits par leur merveilleuse simplicité et leur imposante grandeur. Non seulement, elles ne frappèrent personne, mais les savants les plus éminents de l'époque ne s'en occupèrent pas, sinon pour tâcher de les couvrir de ridicule<sup>1</sup>.

Que le simple énoncé de pareilles doctrines n'ait alors frappé personne montre avec quelles difficultés une idée nouvelle est acceptée quand elle ne cadre pas avec des dogmes antérieurs.

*Verbal*  
Le prestige seul, je le répète, et fort peu l'expérience, est l'élément habituel de nos convictions, scientifiques et autres. Les expériences, en apparence les plus convaincantes, n'ont jamais constitué un élément immédiat de démonstration quand elles heurtaient des idées depuis longtemps admises. Galilée l'apprit à ses dépens lorsque ayant réuni tous les professeurs de la célèbre université de Pise, il s'imagina leur prouver par l'expérience que, contrairement

---

1. Quand Ohm eut découvert la loi qui immortalisera son nom et sur laquelle toute la science de l'électricité repose, il la publia dans un livre rempli d'expériences tellement simples, tellement concluantes, qu'elles pouvaient être comprises par un élève des écoles primaires. Non seulement, il ne convainquit personne, mais les savants les plus influents de l'époque le traitèrent de telle façon qu'il perdit la place dont il vivait et, pour ne pas mourir de faim, fut fort heureux de trouver une situation de 1,200 francs par an dans un collège, situation qu'il occupa six ans. On ne lui rendit justice qu'à la fin de sa vie. Robert Mayer, moins heureux, n'obtint même pas cette tardive satisfaction. Quand il découvrit la plus importante des grandes lois scientifiques modernes, celle de la conservation de l'énergie, il rencontra très difficilement une revue consentant à insérer son mémoire, mais aucun savant n'y apporta la moindre attention; pas plus d'ailleurs qu'à ses publications successives, y compris celle sur l'équivalent mécanique de la chaleur, publiée en 1850. Après avoir tenté de se suicider, Mayer perdit la raison et resta pendant longtemps ignoré au point que, lorsque Helmholtz refit de son côté la même découverte, il ne savait pas avoir eu un prédécesseur. Helmholtz ne se vit pas, d'ailleurs, encouragé davantage à ses débuts, et le plus important des journaux scientifiques de l'époque, les *Annales de Poggendorff*, refusa l'insertion de son célèbre mémoire : *la Conservation de la force* le considérant comme une spéculation fantaisiste indigne de lecteurs sérieux.

*notandum*

aux idées alors reçues, les corps de poids différents tombent avec la même vitesse. La démonstration de Galilée était assurément très concluante, puisque faisant tomber en même temps du haut d'une tour une petite balle de plomb et un boulet de même métal, il montra que les deux corps arrivaient ensemble sur le sol. Les professeurs se bornèrent à invoquer l'autorité d'Aristote et ne modifièrent nullement leur opinion. Bien des années se sont écoulées depuis cette époque, mais le degré de réceptivité des esprits pour les choses nouvelles ne s'est pas sensiblement accru.



## CHAPITRE III

### Les forces dérivées de l'énergie intra-atomique : Forces moléculaires, Electricité, chaleur solaire, etc.

---

#### § 1. — ORIGINE DES FORCES MOLÉCULAIRES.

Bien que la matière fût jadis considérée comme inerte, capable seulement de conserver et de restituer l'énergie à elle d'abord communiquée, on avait cependant dû constater dans son sein l'existence de forces parfois considérables : la cohésion, l'affinité, les attractions et répulsions osmotiques, etc., paraissant indépendantes de tous les agents extérieurs. Les autres forces comme la chaleur rayonnante et l'électricité qui sortaient, elles aussi, de la matière, pouvaient être considérées comme de simples restitutions d'une énergie empruntée au dehors.

Mais, si la cohésion qui fait un bloc rigide de la poussière d'atomes dont les corps sont formés, si l'affinité qui sépare ou précipite les uns sur les autres certains éléments et crée les combinaisons chimiques, si les attractions et répulsions osmotiques qui tiennent sous leur dépendance les plus importants phénomènes de la vie, sont visiblement des forces inhérentes à la matière même, il était tout à fait impossible, avec les idées anciennes, d'en déterminer la source.

L'origine de ces forces cesse d'être mystérieuse quand on sait que la matière est un réservoir colossal d'énergie. L'observation ayant démontré, depuis longtemps, qu'une forme d'énergie quelconque se prête à un grand nombre de transformations, nous concevons facilement comment de l'énergie intra-atomique peuvent dériver toutes les forces moléculaires : cohésion, affinité, etc., jadis si inexplicables. Nous sommes loin de les connaître, mais nous voyons au moins la source d'où elles dérivent.

En dehors des forces visiblement inhérentes à la matière que nous venons de citer, il en est deux, l'électricité et la chaleur solaire, dont l'origine est toujours restée inconnue et qui trouvent également, ainsi que nous allons le voir, une explication facile par la théorie de l'énergie intra-atomique.

## § 2. — ORIGINE DE L'ÉLECTRICITÉ.

Quand nous aborderons l'étude détaillée des faits sur lesquels reposent les théories exposées dans cet ouvrage, nous verrons que l'électricité est une des plus constantes manifestations de la dissociation de la matière. La matière n'étant autre chose que l'énergie intra-atomique elle-même, on peut dire que dissocier de la matière c'est simplement libérer un peu de son énergie intra-atomique et l'obliger à prendre une autre forme. L'électricité est précisément une de ces formes.

Depuis un certain nombre d'années le rôle de l'électricité a constamment grandi. Elle est à la base de toutes les réactions chimiques considérées de plus en plus comme des réactions électriques. Elle apparaît maintenant une force universelle et on tend à lui rattacher toutes les autres. Il est établi que la lumière est l'une de ses formes.

Qu'une force, dont les manifestations ont cette importance et cette universalité, ait pu être ignorée des milliers d'années constitue un des faits les plus frappants de l'histoire des sciences, un de ceux qu'il faut toujours avoir présents à l'esprit pour comprendre que nous pouvons être entourés de forces très puissantes sans les apercevoir.

Tout ce qu'on a su de l'électricité pendant des siècles se réduisait à ceci, que certaines substances résineuses attirent les corps légers après avoir été frottées. D'autres corps ne jouiraient-ils pas de la même propriété ? En faisant porter le frottement sur des surfaces plus étendues n'obtiendrait-on pas des effets plus intenses ? Nul ne songeait à se le demander.

Les âges se sont succédé avant que naquît un esprit assez pénétrant pour se poser de telles questions, puis assez curieux pour rechercher par l'expérience si un corps frotté sur une large surface n'exercerait pas des actions d'une énergie supérieure à celles produites par un petit fragment du même corps. De cette vérification, qui paraît actuellement si facile, mais qui demanda tant de siècles pour s'accomplir, devait bientôt sortir la machine électrique à frottement de nos laboratoires avec les phénomènes qu'elle produit. Les plus saisissants furent cette apparition d'étincelles et ces décharges violentes qui révélèrent au monde étonné l'existence d'une force nouvelle mettant dans les mains de l'homme une puissance dont il croyait que les dieux seuls possédaient le secret.

L'électricité n'était produite alors que bien péniblement, et on la considérait comme un phénomène très exceptionnel. Aujourd'hui, nous la retrouvons partout et nous savons que le simple contact de corps hétérogènes suffit à l'engendrer. Le difficile maintenant n'est plus de dire comment produire de l'électricité, mais comment ne pas en faire naître

*Bon cas  
curioso*