

65

MUSEE  
LA 2, Rue de Valenciennes

# THÉORIE ATOMIQUE

par

**Sir J.-J. THOMSON**

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES  
PROFESSEUR DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE  
A L'UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE

TRADUIT DE L'ANGLAIS

par

**M. Charles MOUREU**

MEMBRE DE L'INSTITUT  
PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE



PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

LIBRAIRES DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
55, Quai des Grands-Augustins, 55

—  
1919

100



LA

# THÉORIE ATOMIQUE.



N° Bib 3880 77/- 103853

LA

Postale 45

# THÉORIE ATOMIQUE

PAR

**Sir J.-J. THOMSON,**

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES,  
PROFESSEUR DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE  
A L'UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE.

---

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR

**M. Charles MOUREU,**

MEMBRE DE L'INSTITUT,  
PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE.

---

NOUVEAU TIRAGE



PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

LIBRAIRES DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Quai des Grands-Augustins, 55.

---

1919

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.

NOTE DU TRADUCTEUR.

---

Dans cette magistrale étude (*Romanes Lecture*, 10 juin 1914), Sir J.-J. Thomson a résumé nos connaissances essentielles et nos vues actuelles sur la constitution de la matière, et plus spécialement sur la structure des atomes, qu'il a tant éclairée par de brillantes recherches personnelles.

L'intérêt en est passionnant. Jeter un simple coup d'œil sur ces pages, c'est être assuré, pour tout esprit curieux des mystères de la Nature, qu'elles seront lues avec avidité et sans arrêt jusqu'à la fin. Je ne résistai pas, quant à moi, au besoin immédiat que j'éprouvai d'en présenter une traduction à mes compatriotes Physiciens ou Chimistes.

Déjà le fléau de la Grande Guerre était déchaîné sur le Monde. J'exprimai à l'illustre professeur de Cambridge le désir de traduire son remarquable exposé, et, après entente avec l'éditeur Gauthier-Villars, de verser

les bénéfices éventuels de la publication à la Croix-Rouge anglaise. Ce double vœu ne fut qu'en partie satisfait. Sir J.-J. Thomson s'empessa de donner son consentement, mais sous la condition que les bénéfices iraient à la Croix-Rouge française.

La victoire venue, chaque partenaire s'est retrouvé sur ses positions, mais non sans avoir aperçu un terrain d'entente; c'est à la Croix-Rouge belge que nous offrirons les modestes profits de l'opération. Ils seront minimes, certes, en face de la dette immense; mais nos héroïques alliés voudront bien y voir, surtout, une manifestation nouvelle, entre mille, des sentiments d'éternelle reconnaissance contractée par les peuples civilisés envers cette terre sainte de l'honneur et du sacrifice qu'est la Belgique martyre.

CH. M.

Février 1919.

---

LA

## THÉORIE ATOMIQUE.

---

^ L'hypothèse d'après laquelle la matière, en dépit de son apparente continuité, est en réalité constituée par un grand nombre de particules très petites, est aussi vieille que la Science Physique elle-même, et elle fut formulée presque aussitôt que les hommes commencèrent à raisonner sur les phénomènes physiques. Ce serait pourtant une erreur de supposer qu'il y ait quelque étroite relation entre la Théorie Atomique moderne et les vues de Démocrite et de Lucrèce. L'ancienne théorie était, intentionnellement et en fait, plutôt métaphysique que physique, plutôt théologique que scientifique.

La Physique, il y a vingt siècles, était une science beaucoup trop restreinte et précaire pour apporter un soutien ou un critérium quelconque à une telle théorie ; et, en vérité, si j'avais à vous prouver que Démocrite eut raison de tenir la matière pour discontinue et qu'Aristote eut tort d'enseigner le contraire, il me faudrait invoquer des faits qui étaient tous ignorés de Démocrite

comme d'Aristote. Le grand et inappréciable service que les atomistes Grecs ont rendu à la Science est dans ce fait qu'ils furent les premiers à tenter, en s'appuyant sur des principes mécaniques, de représenter des phénomènes physiques compliqués comme étant le résultat de combinaisons de phénomènes plus simples; ils indiquèrent ainsi le but que la Science s'efforce toujours d'atteindre. Pendant deux mille ans la Théorie Atomique elle-même ne fit aucun progrès, parce que, quoique sous la forme de théorie physique, elle était en réalité sans lien aucun avec les phénomènes matériels; pas de faits connus qui pussent être pour elle une pierre de touche, et elle était d'ailleurs trop vague pour suggérer elle-même l'idée de résultats qu'on pût soumettre à l'épreuve de l'expérimentation. Elle était stérile parce que sans contact avec l'expérience. C'est là une preuve frappante que toute théorie ne peut se développer que par la coopération des idées et des faits, et que tout ce qui a quelque valeur dans une théorie physique est non seulement contrôlé, mais dans la plupart des cas inspiré par l'étude des phénomènes physiques.

Il me semble que les rôles joués, dans la découverte scientifique, par l'esprit et la matière réagissant l'un sur l'autre, sont fort différents de ceux qu'a l'habitude de leur assigner le jugement

populaire. C'est une opinion largement répandue que l'esprit est par lui-même spéculatif au delà de toute limite, et qu'il n'est préservé des conceptions extravagantes que par le contrôle de son stupide et prosaïque partenaire, le fait matériel. La vérité, à mon sens, est plutôt que l'esprit agit, dans cette association, comme un frein, que le partenaire impulsif est le fait physique, et que celui-ci excite l'esprit à faire des bonds dont il frémirait s'il n'était sous l'influence d'un tel aiguillon. La Nature est beaucoup plus merveilleuse et étrange que tout ce que nous pouvons tirer du plus profond de notre connaissance. Les plus vastes généralisations qui soient également susceptibles d'influencer la Philosophie et de révolutionner la Physique peuvent être inspirées, voire même imposées à l'esprit par la découverte de quelque phénomène banal. Pour prendre un exemple, un perfectionnement apporté à la méthode d'aspiration de l'air enfermé dans des récipients permit aux expérimentateurs de faire passer une décharge électrique à travers des gaz à un plus haut degré de raréfaction qu'on ne l'avait antérieurement cru possible; ce faisant ils remarquèrent que le verre du vase s'éclairait d'une lumière phosphorescente particulière; l'étude de cette lumière amena la découverte des rayons cathodiques, les rayons cathodiques conduisirent aux rayons

de Röntgen, et de l'étude de ces derniers naquirent des idées qui ont entièrement changé nos conceptions sur la matière.

Puisque les faits sont à ce point capables de stimuler notre imagination et de nous suggérer de nouvelles idées, tout perfectionnement mécanique de notre outillage, toute méthode nouvelle rendant plus aisée l'investigation physique, n'intéresse pas simplement la technique de la Science, mais peut aussi engendrer des idées qui finalement révolutionneront notre Philosophie de l'Univers. Je tiens pour certain, par exemple, que, parmi les idées que nous possédons aujourd'hui concernant les atomes et leur structure, beaucoup sont issues de l'étude de phénomènes qui n'auraient pas été découverts sans l'invention de Sir James Dewar qui rendit possible, au moyen de charbon refroidi avec de l'air liquide, l'obtention de très hauts vides.

Ce n'est pas aux seuls théoriciens que les idées scientifiques doivent leur origine; l'inventeur d'une pièce nouvelle dans un appareil, le mécanicien qui, grâce à son habileté, est à même de construire des instruments d'exquise sensibilité, permettant de percevoir de si faibles résultats qu'ils échapperaient à une mesure plus grossière, tous jouent leur rôle dans le progrès des idées scientifiques.

On prétend souvent que les arts mécaniques

ne servent à rien en dehors de la satisfaction de nos besoins matériels, que le téléphone et le télégraphe, que l'automobile et l'aéroplane nous font simplement l'existence plus luxueuse et plus vivante; cela est possible, mais l'habileté et l'activité de l'ingénieur, dont ils sont le symbole, produisent aussi des résultats d'ordre plus intellectuel, et, par l'aide qu'ils nous apportent dans l'étude des phénomènes matériels, ils peuvent agir profondément sur la science la plus philosophique et la plus abstraite.

2 Mais revenons à la Théorie Atomique. Nous ne sachions pas qu'avant le xvii<sup>e</sup> siècle un usage sérieux quelconque en ait été fait pour l'explication des phénomènes physiques, et c'est au grand philosophe Robert Boyle, dont les relations avec Oxford furent si étroites, que revient l'honneur d'avoir été le premier à utiliser cette théorie dans un esprit en tout comparable à celui des méthodes de la Physique actuelle. Le point de vue de Boyle est en effet étonnamment moderne. Newton donna à la théorie son puissant soutien, et il professa que la cohésion et l'affinité chimique étaient des manifestations de forces entre les atomes. On sent, toutefois, que ces grands hommes considèrent l'idée des atomes comme trop vague et trop spéculative pour qu'on y puisse avoir recours sans une absolue nécessité; et quoique Voltaire, à la fin du xviii<sup>e</sup> siècle, pût

résumer l'état de l'opinion en disant : « les corps les plus durs sont considérés comme pleins de trous à la manière de tamis, et, en fait, c'est bien ce qu'ils sont. On admet que les atomes sont indivisibles et invariables », il faut arriver à l'année 1801, date à laquelle Dalton formula sa *Théorie Atomique* de Dalton, pour voir la conception de l'atome prendre quelque part importante dans la découverte scientifique. La théorie de Dalton était basée sur les proportions en poids des différents éléments dans divers composés chimiques; il montra que ces proportions sont exactement celles qui existeraient si chaque élément était formé d'un grand nombre de particules, toutes les particules d'un élément quelconque étant rigoureusement identiques, mais chaque élément ayant son espèce propre de particule. Il détermina les poids relatifs des atomes d'un certain nombre d'éléments chimiques, et il supposa que les corps composés sont constitués par l'union d'une ou plusieurs particules d'un élément avec une ou plusieurs particules d'autres éléments.

Cette théorie donnait une représentation si claire et si tangible de la combinaison chimique, qu'elle fut très généralement, sinon universellement adoptée, et qu'elle rendit la conception de l'atome familière à tous les chimistes.

Dalton, grâce à la connaissance de leurs poids,

suivait les atomes des différents éléments dans leurs migrations d'un composé à un autre; le poids était un attribut qu'ils ne pouvaient ni changer ni dissimuler; et pourtant, jusqu'à ces tout derniers temps, cette qualité de l'atome était presque la seule dont on pût parler ainsi.

3 Pour beaucoup de ses attributs, en effet, la manière dont l'atome cache son individualité est excessivement remarquable, et les sceptiques sont peut-être quelque peu excusables quand ils ne savent pas reconnaître l'atome à travers toutes ses migrations. Ainsi, dans un repas fait de pain et d'eau, on ingère exactement les mêmes espèces d'atomes qu'en buvant une solution d'acide prussique; par le simple mélange de deux liquides incolores nous pouvons en produire un troisième possédant la plus vive couleur; le fer est fortement magnétique, et beaucoup de ses sels jouissent de la même propriété, mais il en est d'autres, comme l'a montré le professeur Townsend, qui sont non-magnétiques, tandis que, parmi les si intéressants composés du fer et de l'oxyde de carbone, il en est qui sont réellement diamagnétiques. Le poids est-il donc l'unique attribut que l'atome garde intact lorsqu'il passe d'un composé à un autre? Nous savons aujourd'hui qu'il n'en est rien, et nous pouvons donner une preuve convaincante de l'individualité de l'atome à travers toutes les migrations. La lumière visible

qu'émet l'atome varie avec le composé, mais, comme l'a établi le professeur Barkla, un atome, outre cette lumière visible, peut émettre aussi cette sorte particulière de lumière invisible appelée rayons de Röntgen, qui ne présente vis-à-vis de la lumière ordinaire qu'une différence de même nature que celle qui existe entre la lumière bleue et la lumière rouge. Barkla a montré que chaque espèce d'atome émet un type spécial de rayons de Röntgen, qui demeure toujours inaltéré, à quelque partenaire que l'atome puisse être associé. Nous pouvons ainsi déceler la présence du fer, dans un composé quelconque, en étudiant les rayons de Röntgen émis par ce composé; s'il contient du fer, nous trouverons la radiation de Röntgen caractéristique de la présence de cet élément, si complexe que puisse être le composé examiné. Avec des rayons (à notre disposition) aussi pénétrants que les rayons de Röntgen et les rayons cathodiques, d'autres propriétés, que l'atome conserve inaltérées, ont pu être mises à jour: telle, par exemple, l'absorption de ces rayons lors de leur passage à travers les atomes; l'absorption, par un atome donné, est complètement indépendante de tout autre atome avec lequel il peut lui arriver d'être associé, et elle ne dépend que de la nature de l'atome lui-même.

4 Les propriétés de l'atome peuvent ainsi se diviser en deux catégories: dans l'une nous avons

les propriétés qui, comme son poids atomique et sa radiation Röntgen, sont intrinsèques à l'atome, et qu'il transporte avec lui, sans qu'elles subissent la moindre variation, dans tout composé dont il puisse être un constituant; la seconde classe comprend les propriétés, telles les propriétés chimiques de l'atome, qui dépendent du milieu ambiant et des conditions physiques, comme la température, auxquelles il est soumis. Du point de vue de la structure de l'atome, les propriétés de la seconde catégorie dépendent des conditions de sa surface; il y a, tout près de la surface de l'atome, de petites particules électrisées négativement, qui peuvent en être détachées par des agents à notre disposition, avec modification simultanée des propriétés de l'atome. Les propriétés de la première classe dépendent de la structure de la partie profonde de l'atome, où se trouvent aussi des particules électrisées négativement, mais qui, cette fois, sont si énergiquement retenues, qu'elles n'en sont dégagées par aucun des traitements chimiques qu'il soit en notre pouvoir d'appliquer à l'atome.

5 Il s'écoula quelque temps, après que Dalton eût formulé sa théorie, sans que de très importants progrès s'accomplissent dans nos connaissances sur les atomes. Mais, dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, la Théorie Atomique reçut une vive impulsion des travaux de Clausius,

Clerk-Maxwell, Boltzmann, Joule, Kelvin et Villard-Gibbs sur la Théorie cinétique des gaz. Ces philosophes montrèrent que beaucoup de propriétés des gaz peuvent être expliquées selon des principes mécaniques, si l'on considère le gaz comme étant la réunion d'un très grand nombre de petites particules en mouvement rapide. Bien qu'on ait obtenu dans cette voie certains résultats importants quant aux dimensions atomiques, la majeure partie des travaux avaient trait aux propriétés d'assemblages d'atomes, et ils ne jetaient qu'une faible lumière sur la constitution de l'atome individuel. *lui-même*

En fait, ce n'est que tout à fait à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle que l'attention fut attirée vers l'étude d'atomes électrisés au lieu d'atomes non électrisés, en vue de parvenir à connaître l'atome dans toute son intimité. Les progrès accomplis en considérant l'atome électrisé ont été remarquables; ils sont dus à ce fait qu'un atome non électrisé se joue si bien de nous que, tant que le nombre des atomes ne dépasse pas un million de millions, nous n'avons aucun moyen assez sensible pour constater leur présence; en d'autres termes, si nous n'avons pas, pour reconnaître l'homme, de meilleur réactif que pour reconnaître la molécule non électrisée, nous ne pourrions pas ne pas trouver que la Terre est inhabitée. L'atome ou la molécule électrisée, par contre, est beaucoup *l'atome*

moins discrète, à telle enseigne qu'il a été possible, dans quelques cas, de déceler la présence d'un seul atome électrisé; un billion d'atomes non électrisés peut échapper à notre observation, tandis qu'une douzaine d'atomes électrisés se perçoivent sans difficulté.

Une raison pour laquelle les atomes et les molécules électrisés sont si faciles à étudier réside dans le fait que nous pouvons leur appliquer des forces beaucoup plus intenses que toutes celles qu'il est possible de faire agir sur les atomes et molécules non électrisés; nous pouvons les soumettre à un contrôle beaucoup plus efficace, et les amener de force dans des situations où leurs faits et gestes puissent être observés. Par exemple, si un mélange de différentes espèces d'atomes électrisés est animé d'un mouvement de translation en forme de courant, et si l'on fait agir sur le courant, simultanément, des forces électriques et des forces magnétiques, les diverses espèces d'atomes sont triées, et le courant initial se divise en un certain nombre de courants plus petits, nettement distincts. Les particules, dans chacun des courants partiels, sont toutes de la même espèce.

Ainsi, si le courant primitif contenait un mélange d'hydrogène et d'oxygène, il se partagera, sous l'action des forces électriques et magnétiques, en deux courants séparés, constitués

exclusivement l'un par l'oxygène et l'autre par l'hydrogène; nous appellerons les courants résultant de la division du courant initial le *spectre électrique des atomes*, et nous pourrons, au moyen de ce spectre, analyser un courant d'atomes absolument comme nous analysons un rayon lumineux en le dirigeant dans un spectroscopé et observant les différents rayons dont il était composé.

Il est possible, grâce au spectre électrique, de prouver très directement et d'une manière frappante l'exactitude de quelques-unes des vérités fondamentales de la Théorie Atomique. Par exemple, lorsque nous formons le spectre électrique d'un mélange gazeux, comme l'air, nous obtenons un nombre restreint de courants partiels bien tranchés, qui ne manifestent aucune tendance à se fondre les uns dans les autres. Ceci montre que le gaz ne contient qu'un petit nombre d'espèces de particules, et que toutes les particules d'une espèce déterminée ont exactement la même masse, car s'il y avait eu quelque différence dans les masses, les courants se seraient subdivisés. Cela montre encore que les atomes d'un élément donné sont identiques; le fait a été parfois révoqué en doute, et l'on a émis l'opinion qu'il pourrait y avoir des différences considérables entre les masses des atomes d'un même élément; l'analyse chimique ordinaire

serait incapable de trancher cette question, parce qu'elle ne donne que la masse moyenne de billions d'atomes.

Le spectre électrique peut être utilisé pour prouver l'existence de molécules aussi bien que d'atomes; si nous prenons le spectre électrique de l'hydrogène pur, par exemple, nous constatons qu'il y a deux courants et que la masse des particules de l'un d'eux est le double de celle des particules de l'autre; les plus lourdes sont donc formées de deux des plus légères, et il y a nécessairement, dans l'hydrogène, quelques systèmes à deux atomes et d'autres à un seul atome. Dans la plupart des gaz, le spectre comprend deux courants; il en est cependant quelques-uns, tels l'hélium et la vapeur de mercure, où il n'y a qu'un seul courant au lieu de deux, preuve que dans ces gaz nous avons des atomes et pas de molécules.

7 D'un autre côté, lorsque nous analysons suivant cette méthode un gaz à travers lequel passe une décharge électrique, nous trouvons, en même temps que des atomes et des molécules, des particules d'un type entièrement différent; ces particules sont toujours chargées d'électricité négative, et leur masse est une fraction excessivement faible ( $\frac{1}{1700}$ ) de celle du plus petit atome connu, l'atome d'hydrogène. Elles sont si minimes que le rapport de leur volume à celui de

L'atome est tout à fait comparable au rapport du volume d'une petite boule à celui de cette salle. Ces particules ont reçu le nom *d'électrons* ou *corpuscules*, et, quelle que soit la nature matérielle du gaz, que ce soit de l'hydrogène, de l'hélium ou de la vapeur de mercure, toujours la qualité des électrons ou corpuscules reste invariable; en fait, il n'y a qu'une seule espèce d'électron, et nous pouvons l'extraire de chaque sorte de matière. La conclusion s'impose que l'électron ou corpuscule est un constituant de tout atome, et que nous pouvons l'en détacher en mettant en œuvre des forces que dès maintenant nous avons à notre disposition.

Bien que les électrons aient été découverts dans des conditions un peu artificielles et très spéciales, celles d'un gaz raréfié traversé par un courant électrique, néanmoins, comme il arrive souvent en pareil cas, quand une fois ils furent mis au jour, on s'aperçut que les circonstances où l'on pouvait les rencontrer sont courantes, et on les a trouvés, en fait, dans une foule de phénomènes qui nous sont familiers. On les a mis en évidence, par exemple, autour d'un morceau de métal chauffé au rouge; il s'en échappe en abondance du filament d'une lampe électrique; ils se dégagent des métaux, chauds ou froids, sur lesquels se réfléchit la lumière ultraviolette; ils sont émis spontanément par les substances radio-

actives; et Haber a décrit des expériences qui indiquent qu'ils sont mis en liberté au cours de certaines réactions chimiques. Il y a cependant beaucoup de réactions chimiques qui ne sont accompagnées d'aucune émission d'électrons.

Quelle que soit la provenance des électrons, ils sont toujours les mêmes; il peut arriver que certains se meuvent plus vite que d'autres, mais c'est la seule différence. En observant comment se comporte l'électron sous l'influence des forces électriques et magnétiques, on a pu mesurer les valeurs de sa masse et de sa charge électrique, grandeurs qui déterminent la manière dont il se comporte dans des conditions spéciales; et, en vérité, quoique l'électron ne soit venu que récemment à notre connaissance, nous en savons beaucoup plus sur lui que sur beaucoup de choses découvertes depuis des siècles. Un résultat important de ces mesures est que l'électron ou corpuscule présente les mêmes caractères lorsqu'il est expulsé avec d'énormes vitesses des substances radioactives ou lorsqu'il s'écoule d'un corps chaud; il est de toute évidence qu'il ne saurait être brisé par aucune des forces que nous pourrions lui appliquer, attendu que celles-ci seraient insignifiantes en comparaison de celles qui entrent en jeu lorsqu'il est expulsé du radium. Puisque l'électron peut être fourni par tous les éléments chimiques, nous pouvons en conclure que les

électrons entrent dans la constitution de tous les atomes. Nous avons ainsi fait le premier pas vers la connaissance de la structure de l'atome et vers le but où, depuis Prout, ont tendu les efforts de nombreux chimistes : prouver que les atomes des éléments chimiques sont tous construits avec des atomes plus simples, atomes primordiaux, comme on les a appelés. •

8 Après avoir démontré que les atomes contiennent ces électrons, le problème qui se pose immédiatement est de déterminer combien il y en a dans chaque espèce particulière d'atome. On l'a tout d'abord résolu par la méthode suivante. Lorsque les rayons de Röntgen tombent sur un électron, ils sont dispersés comme l'est la lumière par les petites parcelles de charbon dans la fumée d'un feu de tourbe, ou par les molécules d'air dans les régions supérieures de l'atmosphère produisant le bleu du ciel (ce dernier phénomène, soit dit en passant, a été utilisé pour mesurer le nombre de molécules d'air dans le ciel). Or, connaissant la masse et la charge d'un électron, nous pouvons calculer la quantité de rayons durs de Röntgen dispersée par un seul électron. Si nous mesurons alors la dispersion due aux électrons dans un atome, ou dans un million d'atomes, nous pourrions en déduire le nombre d'électrons dans l'atome. Des mesures de dispersion des rayons de Röntgen ont d'abord été exécutées

par Barkla, et il découle de ses résultats que le nombre d'électrons dans un atome est grossièrement proportionnel au poids atomique, et que le nombre réel n'est pas très éloigné de la moitié du poids atomique; il y aurait ainsi, dans l'atome de carbone, six électrons; il y en aurait huit dans l'atome d'oxygène, et ainsi de suite, tandis que dans l'atome le plus léger, l'atome d'hydrogène, il n'y a probablement qu'un seul électron. Ce résultat est fort intéressant si nous nous souvenons qu'il y a place pour 1700 de ces corpuscules dans un atome d'hydrogène, et que l'un des spectres de l'hydrogène est d'une exceptionnelle complexité.

Sir Ernest Rutherford, par une méthode entièrement différente, trouva que la quantité d'électricité positive d'un atome de poids atomique  $A$  est équivalente à la quantité d'électricité négative de  $\frac{A}{2}$  électrons. Ceci prouve encore que le nombre d'électrons dans un atome est la moitié du poids atomique.

Les poids atomiques d'un grand nombre d'éléments ne sont pas divisibles par 2, en sorte que le nombre d'électrons dans un atome ne peut pas être exactement égal à la moitié du poids atomique. Comme la différence moyenne entre les poids atomiques des éléments successifs est environ 2, le demi-poids atomique d'un élément

M.

*à tenir compte +  
électrons +  
neutralisation*



ne le place pas très loin de son rang dans la liste des éléments, disposés suivant l'ordre des poids atomiques; ce rang s'appelle le *nombre atomique* de l'élément. M. Van Brœk a émis l'idée que le nombre d'électrons dans un élément est égal à son nombre atomique, et cette supposition est fortement appuyée par quelques expériences remarquablement intéressantes de M. Moseley. Si nous pouvions être certains que nous possédons une liste complète des éléments, qu'un petit nombre seulement, le cas échéant, ont échappé à la vigilance des chimistes, et que tous les éléments sont des membres d'une seule famille, le nombre atomique serait la grandeur à laquelle nous rattacherions naturellement le nombre d'électrons dans l'atome; car nous pouvons considérer chaque élément comme dérivé du précédent par l'addition d'un atome primordial contenant un électron. Mais on conçoit qu'il puisse y avoir plus d'une famille d'éléments, les membres successifs dans chaque famille s'accroissant par addition d'une unité commune, quoique les membres d'une famille ne puissent pas se convertir en ceux d'une autre par addition ou soustraction de cette unité. A mon avis, il y a des raisons de croire qu'il existe deux familles d'éléments; car s'il n'y avait qu'une seule famille, nous devrions nous attendre à voir le poids atomique des éléments les plus légers s'accroître d'une différence com-

mune. Or cela n'est pas. Mais, si nous divisons les éléments les plus légers en deux familles, avec des poids atomiques les uns pairs et les autres impairs, nous trouvons que dans chacune de ces familles les poids atomiques croissent, à très peu d'exceptions près, par addition de la différence commune 4, et qu'en fait nous avons beaucoup plus de simplicité et d'ordre quand nous les rangeons en deux séries que quand nous les envisageons comme des membres successifs d'une famille unique. C'est ce qu'illustre la Table suivante, comprenant les éléments dont le poids atomique ne dépasse pas 40 :

He.....	4	) 5	Li.....	7
Be.....	9		B.....	11
C.....	12	) 3	N.....	14
O.....	16		F.....	19
Ne.....	20		Na.....	23
Mg.....	24		Al.....	27
Si.....	28		P.....	31
S.....	32	) 8	Cl.....	35
Ar.....	40		K.....	39

Les différences dans les poids atomiques sont les mêmes dans les deux séries, de telle sorte que l'on peut supposer que chaque série croît par addition de la même espèce d'atome primordial, l'une des séries ayant pour point de départ une espèce d'atome, et la seconde série une autre espèce. La question est de savoir si nous devons compter que le nombre d'électrons, dans l'atome

d'un élément, sera lié au nombre qui représente le rang de l'élément dans la série à laquelle il appartient lorsque les éléments sont divisés en deux séries, plutôt qu'à son rang dans une série qui comprend la totalité des éléments sans aucun classement nouveau. Le fait est que la différence entre les nombres donnés par ces considérations, pour les électrons contenus dans un atome d'un élément lourd, serait trop faible pour pouvoir être décelée par une expérience quelconque qu'il fût actuellement en notre pouvoir de réaliser. Avec les éléments légers, par contre, on doit pouvoir trouver une différence, et des expériences ayant cet objectif se poursuivent en ce moment dans le laboratoire Cavendish.

Le nombre d'électrons contenus dans un atome est une donnée tellement fondamentale, que sa détermination jette une vive lumière sur quelques-uns des problèmes de la Physique et de la Chimie qui sont l'objet des plus ardentes discussions, telles la transmutation des éléments et la relation entre la masse et le poids. Considérons d'abord ses rapports avec la première de ces questions.

#### Transmutation des éléments.

1. La différence constante qui existe entre le nombre d'électrons dans l'atome d'un élément et le nombre d'électrons dans l'atome de l'élément

voisin dans la série, constitue un excellent argument en faveur de cette conception que les atomes des éléments consécutifs diffèrent entre eux par l'addition d'un atome primordial, qui est apparemment l'atome d'hélium. Mais bien que le nombre d'électrons dans l'atome semble croître avec une parfaite régularité, en fait, il n'en est pas de même pour la masse de l'atome, dans le cas des éléments lourds. Ainsi l'addition d'un même atome primordial ne produit pas un même accroissement de la masse; il faut donc qu'il y ait un changement de masse lorsque les atomes primordiaux s'agrègent pour former l'atome d'un élément chimique; et nous pouvons, des valeurs des poids atomiques des éléments, tirer une indication sur le changement de masse qui s'est produit. La considération de ce point de vue conduit à quelques résultats fort intéressants.

C'est une supposition en parfait accord avec les principes électriques qu'un changement de masse doit se produire lorsque les atomes primordiaux s'unissent: nous savons, par exemple, que quand nous poussons l'un vers l'autre deux corps semblablement électrisés en surmontant leur répulsion mutuelle, la masse de chacun d'eux croît d'une quantité proportionnelle au travail qu'a produit notre effort. Si nous connaissons le travail dépensé ou rendu disponible lors d'un changement quelconque dans les conditions, nous

bas de la page 19

pouvons calculer l'augmentation ou la diminution de masse qui en résulte. Dans la combinaison chimique, de la chaleur est mise en liberté, et il y a, par conséquent, changement de masse; mais le calcul montre que, même dans les cas où il se dégage le plus de chaleur, comme, par exemple, dans la combustion du charbon, le changement de masse est trop faible pour être perçu par nos balances les plus sensibles; et, bien que quelques chimistes aient consacré toute une vie à l'étude de ce problème, aucun changement de masse, du fait de la combinaison chimique, n'a jamais pu être démontré. Puisque les poids atomiques des éléments montrent qu'un changement mesurable de la masse s'est produit dans leur formation, les modifications d'énergie qu'entraîne cette formation doivent être énormes en comparaison de l'énergie libérée dans l'une quelconque des transformations chimiques auxquelles nous sommes habitués. Prenons un exemple : le poids atomique du chlore est 35,5; ce n'est pas un nombre entier, il diffère du nombre entier le plus proche d'une demi-unité; il s'ensuit donc que, dans la formation de 35<sup>g</sup>,5 de chlore, il a dû se produire un changement de masse d'au moins un demi-gramme. Ceci implique la libération ou l'absorption d'une quantité d'énergie égale à celle que possède un demi-gramme se déplaçant avec la vitesse de la

chaleur  
par 1/2

lumière, soit  $2,25 \times 10^{20}$  ergs. C'est à peu près la somme de travail nécessaire pour maintenir le *Mauretania* en pleine vitesse pendant une semaine, et cette somme a été emmagasinée dans 35<sup>g</sup>,5 (soit environ une once) de chlore, ou bien en a été libérée. Nous voyons que des changements dans l'atome assez considérables pour modifier son caractère chimique, par exemple, pour diviser l'atome en différentes sortes d'autres atomes, entraînent des transformations d'énergie énormes ; en fait, l'explosion atomique de quelques livres de matière pourrait suffire pour faire voler en éclats un continent. Nous vivons au milieu de volcans en repos, bien plus, notre substance en est faite ; mais fort heureusement leur sommeil est très profond.

3 Est-il possible de briser les atomes par des moyens physiques ?

La quantité d'énergie que nécessite la rupture d'un atome a une très grande importance pour le problème de la désagrégation de l'atome, en d'autres termes, pour le problème de la transmutation des éléments par les moyens physiques. Nous savons que les atomes des éléments radioactifs se brisent spontanément, en donnant naissance à des atomes d'une autre espèce. Ainsi l'émanation du radium se divise en hélium et radium A, et le radium A se divise à son tour. Personne, cependant, n'a encore été capable, par

quelque traitement physique que ce soit, de modifier la vitesse de ces transformations. Les hautes températures et les hautes pressions, et, constatation beaucoup plus remarquable, le bombardement par les rayons  $\alpha$  issus des corps radioactifs eux-mêmes, semblent sans influence aucune sur la désintégration des éléments radioactifs. Le bombardement par les rayons  $\alpha$  paraît être, pour la réalisation des transformations atomiques, la méthode la plus riche d'espérances, car, dans ce cas, l'énergie des rayons vient de ces transformations mêmes : « C'est avec son propre bras qu'il se poignarde ». Il ne semble cependant pas qu'ils produisent le moindre effet appréciable, car la vie d'une substance radioactive en solution diluée, où elle n'est exposée qu'à un rayonnement  $\alpha$  peu intense, ne paraît pas plus longue qu'en solution concentrée, où elle subit le bombardement d'un fort rayonnement.

4 J'ai exécuté nombre d'expériences pour tâcher de diviser les atomes d'une espèce en ceux d'une autre : en les exposant à des décharges électriques, au bombardement par des rayons cathodiques ou par des rayons positifs, et encore à d'autres agents; j'utilisais, pour mettre en évidence la formation de produits de désintégration, la méthode très sensible d'analyse par les rayons positifs, méthode qui peut déceler moins de un millionième de centimètre cube d'un gaz à la

pression atmosphérique. Par la mise en œuvre de ces moyens, j'ai réussi à désintégrer les atomes jusqu'au point d'en faire sortir quelques-uns des électrons qu'ils contenaient : de l'atome de mercure, par exemple, j'ai réussi à détacher huit électrons, et de l'hydrogène un électron, le seul qu'il possède. Il ne m'a cependant jamais été possible d'obtenir une preuve, concluante à mes yeux, que l'atome d'un élément pourrait, par de tels moyens, être converti en un atome d'une espèce différente, en d'autres termes, que ces moyens nous permettraient de réaliser la transmutation des éléments.

#### Rapport de la masse au poids.

1. Nous avons vu que la conception, si fortement appuyée par de récentes expériences, d'après laquelle les atomes des éléments sont des agrégats de systèmes plus simples, oblige à admettre que des pertes ou des gains de masse ou de poids se produisent forcément dans la formation des atomes lourds. Mais nous savons que le rapport de la masse au poids est le même pour tous les corps, depuis l'hydrogène, le plus léger, jusqu'à l'uranium, le plus lourd, et même, ainsi que l'ont montré les expériences de Southern sur l'uranium et les miennes sur le radium, pour les substances radioactives. Or il y a eu nécessairement des

page 22

changements de masse dans la formation des atomes lourds, et néanmoins le rapport du poids à la masse n'a pas été altéré. Étant donné que d'énormes modifications dans l'énergie accompagnent les changements de masse de l'importance dont il s'agit (modifications beaucoup plus grandes que toutes celles que nous pourrions produire par les moyens en notre pouvoir dans le laboratoire), ce fait constitue sans doute l'épreuve imaginable la plus rigoureuse à laquelle nous puissions soumettre la constance du rapport de la masse au poids; qu'une telle constance puisse se maintenir, c'est un résultat d'une importance fondamentale pour la théorie de la gravitation.

2. Nous pouvons nous demander si cette remarquable constance du rapport de la masse au poids, qui persiste dans le cas de tous les atomes connus, se retrouve dans celui de ces particules incomparablement plus petites que sont les électrons. Ces minuscules corps électrisés négativement ont-ils un poids quelconque, ou bien, comme le ferait prévoir une des théories électriques de la gravitation, leur poids serait-il anormal et trop grand par rapport à leur masse? Il est peut-être hors de notre pouvoir de peser ces particules, mais tout espoir ne nous est pas absolument interdit que, grâce aux progrès de la technique, qu'il est raisonnablement permis d'attendre comme résultat de l'expérience, nous

ne puissions garder celui d'être capables de faire une semblable opération avant qu'il se soit écoulé de trop longues années.

Dans le cas des éléments les plus légers, où l'on est en droit de penser que les changements de masse accompagnant la formation de l'atome sont faibles, nous pouvons prendre le nombre entier le plus voisin pour représenter ce qu'aurait été la masse si l'agrégation s'était faite sans amener aucun changement. Si l'on prend l'hydrogène comme unité, les poids atomiques de presque tous les éléments jusqu'au potassium tombent un peu au-dessous des nombres entiers; cela indique qu'il y a eu une diminution de masse dans l'évolution de ces éléments. Une diminution de masse signifie une libération d'énergie qui lui est proportionnelle, de sorte que la quantité d'énergie libérée dans la formation de ces éléments légers sera proportionnelle à l'écart entre le poids atomique et le nombre entier le plus rapproché.

Parmi les éléments légers dont les poids atomiques ont été déterminés avec une grande précision, le magnésium et le silicium semblent être les seuls pour lesquels il y ait des indices d'un accroissement de la masse, mais l'accroissement est si léger qu'une très petite erreur dans la détermination du poids atomique expliquerait ces exceptions apparentes.

*Ex. du ll  
page 23*

On a des raisons de penser qu'il se produit quelque changement radical, dans la manière dont l'atome se forme à partir de l'atome primordial, lorsque nous arrivons aux poids atomiques d'environ 40. Jusqu'au voisinage de ce chiffre, les poids atomiques sont exprimés par des relations numériques très simples, qui font défaut pour les éléments plus lourds; c'est au même endroit que, dans le système de Mendéléeff, il est nécessaire de renoncer à la courte période de huit éléments, qui suffisait à représenter le cycle des propriétés des éléments légers, et d'adopter celle, plus étendue, de seize unités, pour représenter les propriétés des éléments plus lourds.

Un des plus intéressants résultats de la détermination du nombre d'électrons dans les atomes, c'est la simplicité qu'on rencontre dans le cas de l'atome d'hydrogène, où il n'y a qu'un seul électron négatif. Ainsi, cet atome est formé d'un électron et de la charge positive équivalente. Considéré à ce point de vue, l'atome d'hydrogène a une structure très simple, la plus simple, en fait, qui puisse être édiflée avec des électrons et de l'électricité positive; en sorte que, si les atomes des éléments sont tous bâtis avec les mêmes constituants, il n'y a pas de place pour l'existence d'un atome plus léger que l'hydrogène, tel que celui dont on a parfois soupçonné l'existence dans la couronne solaire. Les propriétés de

l'hydrogène, qui sont bien connues, ne montrent aucune simplicité bien exceptionnelle : ainsi, par exemple, un de ses spectres (le second spectre) est tellement compliqué, que plusieurs milliers de raies différentes y ont été découvertes, et il ne semble pas qu'il y ait, entre leurs fréquences, de relation simple susceptible d'indiquer qu'elles sont, comme les lignes du premier spectre, les membres d'une série unique. Est-il admissible, la question se pose immédiatement, qu'à une structure aussi simple que celle d'un électron associé à une charge positive puisse correspondre une aussi grande complication ? Mais le système est-il, après tout, réellement aussi simple ? Il faut distinguer entre la simplicité arithmétique et la simplicité physique. L'électron et la charge positive produisent un champ électrique autour d'eux, et un champ électrique est probablement une pièce de mécanisme très compliquée. Nous pouvons le représenter, dans l'espèce, comme constitué par un grand nombre de lignes de force, fixées sur l'électron à une extrémité et sur la charge positive à l'autre, et se dispersant dans l'espace autour de l'atome ; et nous pouvons aussi supposer que ces lignes de force sont susceptibles de se mouvoir, quoique leurs extrémités soient au repos, et vibrer ainsi indépendamment des électrons. Nous concevons sans difficulté qu'un pareil faisceau de lignes de

forces puisse vibrer d'un très grand nombre de manières, beaucoup plus grand qu'il ne serait nécessaire pour rendre compte des spectres les plus compliqués qui aient encore été observés.

Avant de pouvoir aller bien loin dans l'explication de la structure de l'atome, nous devons nous occuper, j'en suis convaincu, de la question de la structure du champ électrique.

Il est possible, me semble-t-il, qu'un atome soit susceptible de donner des vibrations de presque toutes les périodes si l'excitation est faite d'une manière appropriée, par exemple, par le choc de rayons cathodiques possédant une quantité d'énergie convenable, et que les lignes qu'on observe réellement dans le spectre d'un élément soient déterminées par l'énergie qui peut être donnée aux électrons, ceux-ci étant aspirés dans l'atome en vertu de l'attraction qu'il exerce sur eux, plutôt que de l'impuissance de l'atome à vibrer suivant d'autres périodes. Nous pouvons comparer un atome à un orchestre avec un jeu complet d'instruments : les notes produites dépendront des musiciens aussi bien que des instruments, et l'absence de certaines notes pourra être due à l'absence des musiciens appropriés, et non à celle de l'instrument approprié.

D'après cette manière de voir, on pourrait produire presque toutes les vibrations en bombardant l'atome par des rayons cathodiques d'une

énergie convenable, et l'on doit considérer toutes les vibrations du spectre visible comme étant dues au choc de rayons cathodiques, suivant un mode très analogue à celui de la production des rayons de Röntgen dans un tube à décharge, la différence consistant simplement dans ce fait que les particules cathodiques qui donnent naissance aux rayons de Röntgen possèdent beaucoup plus d'énergie que celles qui sont nécessaires pour produire les rayons du spectre visible (c'est-à-dire que la lumière visible, par son mode de production aussi bien que par sa nature physique, est en réalité un type spécial de rayons de Röntgen).

Nous pouvons créer un système qui est encore plus simple que l'atome d'hydrogène ordinaire, puisque nous pouvons extraire l'électron de l'atome et obtenir simplement la charge positive restante; ces atomes d'hydrogène chargés positivement existent en grand nombre dans les rayons positifs. L'atome d'hydrogène sans son électron est l'atome le plus simple que nous puissions concevoir; beaucoup plus simple que l'atome d'hydrogène normal avec son électron intact, il en est essentiellement différent. L'étude de ses propriétés est un sujet d'un haut intérêt. La comparaison du spectre d'un atome d'hydrogène ayant perdu son électron avec celui d'un atome d'hydrogène ordinaire présente un très

haut intérêt; malheureusement, il est extrêmement difficile de faire cette comparaison d'une manière qui n'offre aucune ambiguïté. Étant donné ce qui précède, les spectres doivent être tout différents; et c'est à peine, en vérité, si l'on peut s'attendre à voir l'atome, quand il est privé de son électron, être capable de donner des raies dans la partie visible du spectre. J'ai pu montrer récemment que, lorsque ces atomes chargés positivement heurtent d'autres atomes, ils donnent naissance à des rayons de Röntgen; il sera intéressant de comparer la qualité de ces rayons avec celle de rayons engendrés par le choc de rayons cathodiques animés de la même vitesse ou porteurs de la même énergie.

#### La structure de l'atome.

1. Nous avons vu que chaque atome contient un nombre défini d'électrons, allant de un pour l'atome d'hydrogène à plus de cent pour l'atome de thorium. Déduire de considérations mathématiques la manière dont peuvent se ranger un nombre donné d'électrons en équilibre stable est un problème d'une importance fondamentale. Dans nos recherches théoriques sur la structure de l'atome, il est utile d'avoir constamment présent à l'esprit la question de la validité, pour leur application au problème de l'atome individuel, de

principes qui ont été établis par l'étude des propriétés d'agrégats formés de très grand nombre d'atomes. Dans l'atome nous avons affaire à l'électron et à la charge correspondante d'électricité positive; ce sont les unités dont sont faites toutes les charges électriques. Les lois des actions électriques et magnétiques, dont nous nous servons dans nos investigations théoriques, sont basées sur les résultats d'expériences faites, non avec une seule unité d'électricité, mais avec une infinité de millions de ces mêmes unités; elles représentent, en réalité, les effets moyens de millions d'individus. Lorsque, cependant, nous arrivons à l'atome, il s'agit des effets produits par l'électron individuel ou la charge positive, et non des effets moyens produits par d'innombrables charges unitaires. Or il peut se faire, comme il peut ne pas se faire, que l'effet moyen soit identique à celui que chaque unité donne individuellement, et il peut se faire, comme il peut ne pas se faire, que la connaissance de la moyenne soit suffisante pour résoudre le problème de l'individu. Il suffit au statisticien de savoir que la taille moyenne des adultes mâles est de 5 pieds 3 pouces et que leur tour de taille mesure 3 pieds, mais il est évident que ce renseignement serait très insuffisant pour le tailleur qui devrait habiller l'un d'eux. Or les lois de l'électricité et du magnétisme, telles que nous

*nucleus*

les trouvons dans nos manuels, sont des lois statistiques, et lorsque nous voulons les appliquer à l'atome, nous sommes en quelque sorte dans la position d'un tailleur qui se propose d'habiller un individu, sans autre indication que les mesures moyennes de toute une population. Nous devons, en conséquence, prendre les vêtements un peu à l'essai, et rechercher si nos connaissances statistiques, tout ce que, pour l'instant, nous possédons, ne pourront pas habiller convenablement l'atome; toutefois, nous ne serons pas nécessairement très surpris, si la coupe n'est pas parfaite, et nous devons, par les moyens qui heureusement sont aujourd'hui à notre disposition pour l'étude des propriétés de l'électron et de la charge positive, nous efforcer d'ajouter à nos connaissances statistiques celles qui concernent les effets produits par chaque individu. Je considère que le besoin le plus urgent, au stade où en est la Théorie Atomique, est d'explorer par voie expérimentale la distribution des électrons dans l'atome; lorsque nous connaîtrons cette distribution, nous pourrons être à même de voir quelles modifications il faut faire subir aux lois classiques des actions électriques pour les rendre applicables à ces petites charges.

M'est avis que nous pouvons nous instruire utilement en considérant un instant, à ce point de vue, une théorie de l'atome qui, quoique

n'étant pas en contact très intime avec les phénomènes physiques, a cependant l'avantage d'être définie d'une manière si précise que les propriétés de ses atomes peuvent en être déduites par des principes purement mathématiques. La théorie à laquelle je fais allusion est connue sous le nom « Théorie de la Matière Atome-Tourbillon ». Elle admet que l'Univers est constitué par une substance idéale considérée par les mathématiciens comme un fluide parfait. Certaines parties, à l'exclusion du reste, sont supposées animées d'un mouvement de rotation; les parties du fluide qui tournent, dans cette théorie, sont les atomes. On peut montrer qu'une partie quelconque, quand une fois elle est animée d'un mouvement de rotation, ne perdra jamais ce mouvement, tandis que si à un instant quelconque elle ne le possède pas, elle ne pourra jamais l'acquérir; les atomes, dans cette théorie, présentent, en tout cas, quelques-unes des caractéristiques des atomes réels, puisque, par exemple, ils ne peuvent ici ni être créés, ni être détruits. Les atomes d'une substance, dans cette théorie, se différencient de ceux d'une autre substance, non seulement par la quantité de fluide qui tourne, mais aussi par la vitesse de rotation. Le produit de la vitesse angulaire de rotation par la surface de la section transversale du fluide en rotation s'appelle « la force »

de l'atome; il ne change pas, quelques vicissitudes que l'atome puisse éprouver, et, avec le volume de fluide en rotation, il détermine l'individualité de l'atome.

2 Considérons maintenant quelques-unes des propriétés des atomes individuels dans cette théorie, en nous souvenant que si nous avons affaire à un assemblage d'un grand nombre de ces atomes, les propriétés de l'agrégat seront celles de la matière ordinaire. La masse effective d'un de ces atomes changera, s'il entre en collision avec un autre atome, pour cette raison que la portion de l'atome en rotation doit entraîner avec elle un volume considérable de fluide ne tournant pas, de sorte que la masse effective de l'atome est la masse de la portion en rotation, augmentée de la masse de fluide ainsi entraînée avec lui, et comme un peu de ce fluide peut être détaché de l'atome ou s'y ajouter lorsqu'il heurte un autre atome, la masse effective de l'atome variera du fait de la collision. Pour la même raison, la masse effective de l'atome varie avec sa vitesse : plus celle-ci est grande, plus la masse est petite, à telle enseigne que nous avons ce résultat paradoxal, que la quantité de mouvement de l'atome décroît quand sa vitesse croît, et que plus lent est le mouvement de l'atome plus grande est son énergie cinétique. Si, de plus, tous les atomes étaient faits de tourbillons de même « force », nous

$mv$

$mv^2$

$vS = C \cdot t$   
*grandeur dynam. =  $C \times N$*   
*= circulation*

trouverions que certaines grandeurs mécaniques seraient exactement des multiples entiers d'une unité définie, c'est-à-dire que ces grandeurs dynamiques, quoique n'étant pas de la matière, ressembleraient cependant à de la matière en tant qu'elles auraient une structure atomique, qu'elles seraient constituées par des unités distinctes indivisibles. La grandeur désignée sous le nom de « circulation » aurait cette propriété; elle serait toujours un multiple entier d'une unité définie, et elle varierait ainsi par sauts brusques, et non d'une manière continue. Lorsqu'une particule décrit un orbite circulaire, la « circulation » est proportionnelle au moment de sa quantité de mouvement, et nous voyons que, dans une théorie de cette nature, le moment de la quantité de mouvement des particules décrivant des orbites circulaires serait toujours un multiple entier d'une unité définie. On comprend par cet exemple que, lorsqu'on a une structure aussi subtile que celle des atomes, on puisse trouver des grandeurs dynamiques, tel le moment de la quantité de mouvement ou encore l'énergie cinétique, présentant la qualité atomique et croissant ou décroissant d'une manière discontinue par bonds délimités.

Dans une théorie particulière qui a rendu de grands services à la science physique (je veux parler de la théorie des « quanta » de Planck),

on suppose que les transformations de l'énergie radiante en énergie cinétique se font non d'une manière continue mais par sauts brusques, comme il arriverait inévitablement si l'énergie avait une structure atomique. J'ai appliqué cette hypothèse à la théorie de la matière atome-tourbillon, dans le but de montrer que, quand nous avons une structure aussi délicate qu'une structure atomique, nous pouvons, sans la moindre perturbation dans les lois de la dynamique, avoir des discontinuités dans diverses grandeurs dynamiques, qui leur donneront le caractère atomique. Il peut se faire, dans quelques cas, que l'effet le plus important de la subtilité de la structure atomique soit la production de cette qualité atomique dans quelques grandeurs dynamiques comme l'énergie cinétique. Si alors nous supposons à l'énergie cette propriété, elle peut être utilisée, comme l'équivalent d'une considération détaillée de cette structure elle-même. De la sorte, dans maints problèmes (par exemple, pour expliquer les remarquables résultats obtenus par le professeur Nernst et ses élèves sur les chaleurs spécifiques aux basses températures, ou pour interpréter les recherches de M. Bohr sur la distribution des raies dans les différents spectres), la théorie des quanta de Planck rend les mêmes services qu'un renseignement positif sur la structure de l'atome.

3. Si nous supposons que les lois classiques des actions électriques sont applicables aux petites charges que portent les constituants électrisés de l'atome (les électrons et les charges positives correspondantes), il nous est possible, avec le secours de l'analyse mathématique, de nous faire une idée de la manière dont pourront se disposer un certain nombre d'électrons en équilibre stable. Nous trouvons que, dans un atome symétrique, il n'y a qu'un nombre limité de ces électrons qui puissent être en équilibre lorsqu'ils sont rangés sur une même surface sphérique concentrique avec l'atome; le nombre réel d'électrons, pouvant être ainsi disposés, dépend de la distribution de l'électricité positive à l'intérieur de l'atome. Quand le nombre d'électrons dépasse ce nombre critique, les électrons se séparent en deux ou plusieurs groupes, rangés en une série de surfaces concentriques. Nous sommes ainsi amenés à cette conception que les électrons contenus dans un atome, s'ils dépassent un certain nombre, sont divisés en groupes, en une série de couches sphériques, comme les enveloppes d'un oignon, séparées les unes des autres par des distances finies, le nombre de ces couches dépendant du nombre d'électrons dans l'atome et, partant, de son poids atomique.

4. Les électrons de la couche extérieure se maintiendront moins solidement à leur place que

*nucleus*

*structure de l'atome*

*extérieure p. 43*

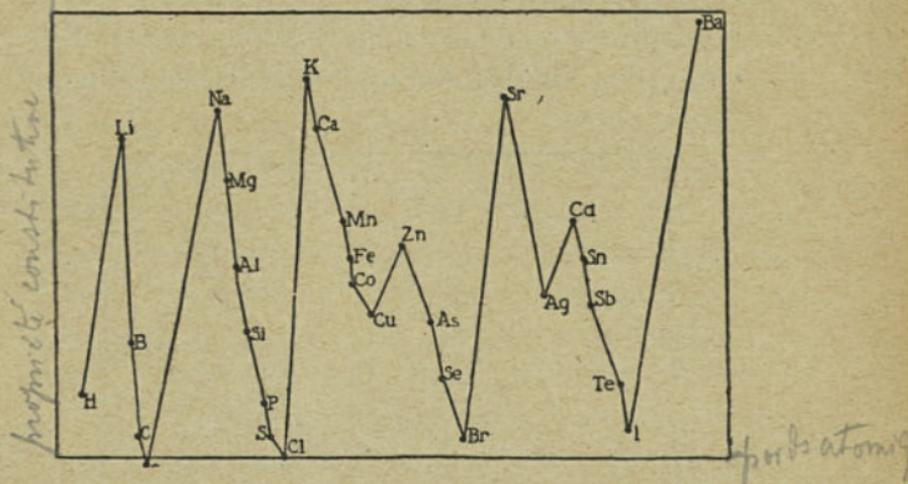
*système planétaire*

*page 17*

ceux des couches intérieures; ils sont plus mobiles, et ils se réarrangeront plus aisément sous l'action des forces exercées sur eux par d'autres atomes. Comme les forces qu'un atome exerce sur un autre dépendent des positions prises par les électrons dans l'atome, les forces qu'un atome neutre exerce sur d'autres atomes (ce que nous pouvons appeler les *grandeurs sociales de l'atome*) dépendront principalement de la ceinture d'électrons extérieure. Or ces forces sont l'origine de l'affinité chimique et de maints phénomènes physiques, tels que la tension superficielle, la cohésion, la pression interne, la viscosité, le pouvoir ionisant, soit, en fait, des propriétés atomiques de beaucoup les plus importantes; et la partie la plus intéressante de l'atome est la ceinture externe d'électrons. Comme cette ceinture sera tirillée et distordue par la proximité d'autres atomes, nous devons prévoir que les propriétés inhérentes à cette couche extérieure d'électrons ne seront pas intégralement conservées par l'atome à travers toutes ses combinaisons avec d'autres éléments; elles dépendront de la nature de l'atome avec lequel cet atome est associé dans ces composés; elles seront ce que les chimistes appellent des *propriétés constitutives*, et non intrinsèques. Par contre, les électrons des couches plus proches du centre de l'atome s'y maintiendront beaucoup plus

solidement; leur expulsion de l'atome nécessitera une dépense de travail bien plus grande, et ils ne seront que peu affectés par la présence d'autres atomes, de telle sorte que les propriétés qui dépendent de ces électrons intérieurs seront transportées intactes par l'atome dans ses composés chimiques. Les propriétés de l'atome réel

Graph. 1.

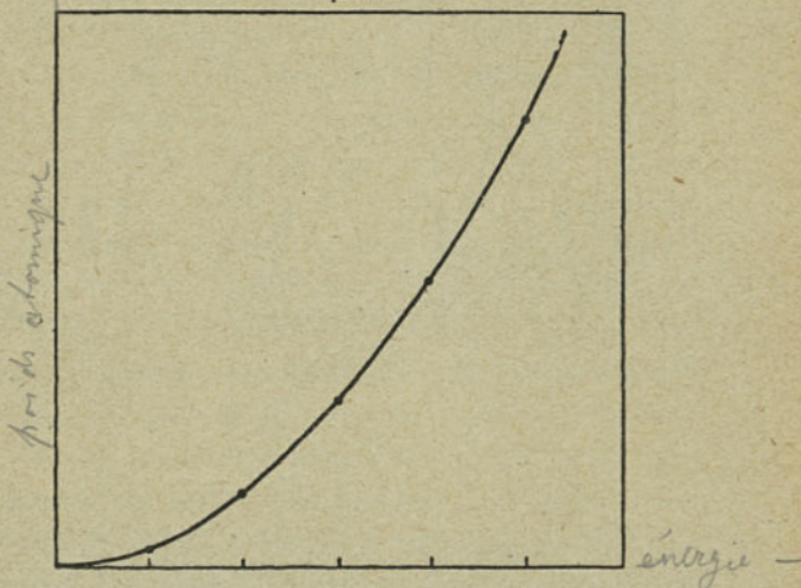


concordent avec ces conceptions. Les plus nombreuses, et de beaucoup, parmi les propriétés de l'atome, sont du type constitutif, que nous avons rattaché à la ceinture externe d'électrons. Il y a cependant, comme nous l'avons vu, d'autres propriétés de l'atome qui lui sont intrinsèques; celles-là, nous les faisons dépendre de la couche d'électrons interne.

Ces deux types de propriétés sont en relation

très différente avec les poids atomiques. Une propriété du premier type, celui qui dépend de la couche d'électrons externe, croît et décroît lorsqu'on avance dans la série des éléments rangés suivant l'ordre de leurs poids atomiques; c'est ce qu'illustre la courbe du graphique 1, qui représente la variation, avec le poids atomique, de la chaleur de combinaison des éléments avec le chlore. La relation entre une propriété intrinsèque de l'atome et son poids atomique est beaucoup plus simple; elle est du genre de celle que

Graph. 2.



montre la courbe du graphique 2, qui représente, conformément aux expériences de M. Whiddington, la relation entre l'énergie requise par

les rayons cathodiques pour produire la radiation Röntgen, caractéristique d'un atome et son poids atomique; la même courbe, d'après les résultats des expériences de M. Moseley et de M. Darwin, représentera la relation entre la fréquence de la radiation caractéristique et le poids atomique. Les propriétés constitutives varient d'une manière quasi périodique et oscillatoire avec le poids atomique, tandis que les propriétés intrinsèques croissent ou décroissent régulièrement lorsque le poids atomique croît. C'est ce que nous aurions pu prévoir d'après nos considérations sur les propriétés de groupes d'électrons en équilibre stable. Nous avons vu qu'il ne peut y avoir, dans une couche quelconque, plus d'un certain nombre d'électrons. Recherchons comment variera l'atome à mesure qu'augmentera sa population d'électrons; le nombre d'électrons, dans la couche externe, croîtra d'abord, mais une fois le nombre critique atteint, aucun autre électron ne pourra plus y être ajouté: tout nouvel électron ajouté à l'atome commencera maintenant à former une nouvelle couche externe, l'ancienne devenant interne. Avec l'addition de nouveaux électrons le même processus se répétera; la nouvelle couche externe absorbera des électrons jusqu'à ce qu'elle devienne trop encombrée, alors une nouvelle couche externe se formera et ainsi de suite.

graph. 1  
graph. 2

p. 39

telle  
l'expérience  
de Rutherford  
sur la formation  
d'un système plané

5. La théorie de la manière dont se rangent un nombre donné d'électrons fait supposer que les électrons dans l'atome sont divisés en une série d'anneaux extérieurs les uns aux autres. Ceci a été confirmé expérimentalement, car la découverte, par le professeur Barkla, de la radiation Röntgen caractéristique, nous a déjà permis de déceler deux de ces anneaux dans les atomes des éléments lourds et un dans ceux des éléments légers. Cet auteur a montré que tout atome, quand on le soumet à un traitement approprié, émet une espèce particulière de rayons de Röntgen; c'est ainsi que l'atome de platine donne une sorte de rayons, et l'atome d'argent une autre sorte, d'une longueur d'onde plus grande que celle de l'atome de platine. Or les propriétés des radiations les plus dures émises par les différents éléments se rattachent d'une manière très simple au poids atomique; ainsi M. Whiddington a montré que la vitesse des particules cathodiques les plus lentes qui puissent provoquer ces radiations est proportionnelle au poids atomique, et M. Moseley a établi que la fréquence de la vibration est proportionnelle au carré du nombre atomique; comme ce nombre est grossièrement proportionnel au poids atomique, l'une des relations doit, d'après la loi de Planck, découler de l'autre. Cette relation simple avec le poids atomique prouve que ces rayons sont issus de régions de

l'atome similaires, et il est extrêmement probable que le lieu d'origine est l'anneau d'électrons le plus profond.

Barkla a montré, en outre, que les éléments les plus lourds donnent un second type caractéristique de radiation beaucoup plus mou que le premier, et qui se rattache encore d'une manière simple au poids atomique de l'élément. Cette radiation, pour des éléments de faibles poids atomiques, est excessivement molle, tellement molle, en vérité, qu'elle n'a encore pu être mise en évidence pour aucun élément de poids atomique inférieur à 90. Ce type mou de radiation a probablement son origine dans la seconde couche d'électrons comptée à partir de l'intérieur de l'atome.

6. Par l'étude de ces radiations, l'existence de deux groupes d'électrons, dans le cas des éléments lourds, nous apparaît ainsi comme évidente. La radiation du groupe extérieur est tellement plus molle que celle du groupe intérieur, que si cette mollesse continuait à croître suivant la même loi, on ne pourrait avoir l'espoir, excepté peut-être pour les éléments plus lourds que le plomb, d'obtenir des radiations d'un troisième anneau décelables par les méthodes qui ont été appliquées jusqu'ici aux rayons de Röntgen. Ainsi la méthode nous trahit quand nous approchons de la partie la plus intéressante de l'atome.

radiation  
molle: c  
qui a pa  
pouvoir  
trahit

Je pense, cependant, que nous pouvons espérer qu'avant longtemps nous aurons à notre disposition des méthodes nous permettant d'obtenir et d'étudier des rayons de Röntgen d'un type plus mou que ceux que nous avons jusqu'ici utilisés. On produit d'ordinaire des rayons de Röntgen en lançant des électrons en vitesse contre un obstacle solide; les rayons engendrés sont d'autant plus durs que la vitesse est plus grande. La radiation caractéristique la plus molle qu'on ait jusqu'ici mise en évidence est celle de l'aluminium; ce type de radiation est produit par des électrons animés d'une vitesse correspondant à environ 3000 volts, et elle est si aisément absorbée qu'il est difficile de la mettre en œuvre à l'air libre. En opérant dans un très bon vide, et en employant un type spécial de plaque photographique, j'ai pu néanmoins photographier des radiations produites par des électrons dont la vitesse ne correspondait qu'à 20 volts, et obtenir, en augmentant la vitesse des électrons, des radiations de plus en plus dures, pour arriver finalement à la dureté de l'espèce déjà connue. Les plus molles des radiations produites de cette manière ne pouvaient pas traverser une membrane de collodion, bien que celle-ci ne fût pas plus épaisse qu'une bulle de savon; elles sont probablement identiques à ces formes de rayons ultraviolets qu'on appelle, du nom de l'auteur qui les

a découverts, *rayons de Schumann*; avec ces rayons mous nous pouvons espérer que nous comblerons l'intervalle qui sépare la lumière visible des rayons de Röntgen les plus durs. Ces rayons de Röntgen mous sont vraisemblablement appelés, j'en ai la conviction, à rendre de grands services dans l'étude de la question de la structure de l'atome; il est probable qu'ils nous mettront en mesure de déterminer le nombre de groupes différents ou d'anneaux présents dans l'atome, et de déterminer le nombre d'électrons dans chacun d'eux. Ainsi, par exemple, si nous réussissons à mesurer l'absorption d'un élément pour toute la gamme des rayons de Röntgen, en partant de ceux qui caractérisent un élément lourd pour arriver aux rayons de Schumann, il y aura alors, toutes les fois que les rayons passeront par un type correspondant à une radiation donnée par l'élément, saut brusque dans l'absorption; en comptant le nombre de ces sauts, nous pourrions obtenir le nombre d'anneaux d'électrons présents dans l'atome. Ou encore, si nous mesurons l'émission de rayons de Röntgen produite par le choc de rayons cathodiques de différentes vitesses contre l'élément, il y aurait des sauts analogues toutes les fois que la vitesse des rayons cathodiques atteindrait la valeur qui serait capable de faire naître les rayons de Röntgen caractéristiques de l'élément.

7. Nous pourrions déterminer le nombre d'électrons dans chaque anneau par une extension de la méthode utilisée pour déterminer le nombre total d'électrons dans l'atome. Lorsque des rayons de Röntgen plus durs que les plus dures radiations caractéristiques d'un atome sont dispersés par l'atome, chaque électron accomplit sa pleine part du travail, de sorte que la dispersion mesure le nombre total d'électrons dans l'atome; si maintenant nous prenons des rayons de Röntgen qui, tout en étant plus mous que les rayons caractéristiques les plus durs, sont plus durs qu'aucun des autres types de radiation fournis par l'atome, ils ne seront pas dispersés d'une manière appréciable par les électrons de l'anneau interne, mais ils le seront par tous les autres électrons; la dispersion de ces rayons nous donnera ainsi le nombre d'électrons, sauf ceux de l'anneau interne. Nous connaissons déjà le nombre d'électrons dans l'atome; la différence de ces nombres sera le nombre d'électrons de l'anneau interne. Si alors nous mesurons la dispersion des rayons de Röntgen plus mous que les rayons caractéristiques immédiatement les plus durs, mais plus durs qu'aucun des autres, nous pouvons déterminer le nombre d'électrons situés en dehors des deux anneaux internes; ceci, étant donné que nous connaissons le nombre total d'électrons et le nombre d'électrons

dans le premier anneau, nous donnera le nombre d'électrons dans le second anneau. C'est ainsi qu'en mesurant la dispersion de rayons de Röntgen de plus en plus mous, nous pouvons déterminer successivement les nombres d'électrons dans les différents anneaux.

L'anneau le plus extérieur est le seul qui donne des vibrations assez lentes pour qu'elles viennent se ranger dans le spectre visible; il est donc permis de penser que, si nous mesurons la dispersion de la lumière très loin dans l'ultraviolet, nous pourrions être en mesure de déterminer le nombre d'électrons de l'anneau externe, qui, dans maintes circonstances, est de beaucoup le plus important de tous. La dispersion de la lumière est en relation très étroite avec l'indice de réfraction, en sorte que, connaissant les indices de réfraction jusque dans l'ultraviolet, nous pourrions en déduire aussi le nombre d'électrons de cet anneau. Il y a quelque temps, Drude, et, plus récemment, Ersle et M. et M<sup>me</sup> Cuthbertson, ont calculé le nombre d'électrons de ce même anneau en supposant qu'il était le seul qui influençât la réfraction de la lumière ordinaire; les résultats auxquels ils sont arrivés indiquent qu'il y a une étroite connexion entre le nombre de ces électrons et la valence chimique de l'atome. En fait, ils font penser que ce nombre est peut-être égal à la valence électropositive de

l'élément. A mon avis, on ne saurait soutenir que les expériences de Drude et des autres auteurs sur les indices de réfraction fassent autre chose que suggérer l'idée de cette identité. Nombre de résultats diffèrent considérablement de ceux qui devraient en découler. Il ne faut cependant pas, me semble-t-il, attacher une très grande importance à ces écarts, attendu qu'au cours de ce travail on fit, dans un but de simplification, maintes suppositions qui pourraient bien finalement n'avoir pas été heureuses; on admet, par exemple, qu'il n'y a qu'une période, dans la partie visible et ultraviolette du spectre, qui entre dans l'expression de l'indice de réfraction, et cette période fut choisie non parce qu'elle avait été observée dans le spectre, mais afin qu'il y eût accord avec les mesures de l'indice de réfraction. Nous devons nous rappeler aussi qu'un ou plusieurs de ces électrons mobiles de l'anneau externe peuvent quitter l'atome lorsqu'il entre en combinaison chimique, et que la manière dont ils sont rangés est modifiée par la proximité d'autres atomes; comme beaucoup des substances employées par Drude étaient des composés, le nombre d'électrons de l'anneau pouvait n'être pas le même que lorsque l'atome est à l'état libre.

La plus forte preuve en faveur de l'étroite relation qui existe entre le nombre d'élec-

trons dans l'anneau externe et la valence des éléments nous vient des propriétés chimiques des éléments, et tout spécialement des différents types de composés chimiques qu'ils peuvent former. Un grand nombre de ces propriétés se conçoivent simplement si l'on suppose qu'il y a à la surface externe de l'atome des électrons mobiles en nombre égal à la valence électropositive de l'élément. La valence électropositive est celle que possède l'élément lorsqu'il joue le rôle de constituant électropositif d'un composé, et, comme l'a montré Abegg, elle se rattache dans beaucoup de cas à la valence électronégative par la règle que la somme des deux valences est égale à 8. Un atome avec  $n$  électrons mobiles dans l'anneau externe, ou, plus généralement, un atome avec un anneau externe d'électrons constitué de telle sorte que quand  $n$  de ces électrons sont immobiles les autres aussi perdent leur mobilité, manifesterait dans ses relations avec d'autres atomes les propriétés que les chimistes décrivent en disant que la valence électropositive de l'atome est  $n$ .

Comp.  
page 17  
A  
e

8 - J'ai fait allusion à différents modes d'investigation de la structure atomique; chacun d'eux exige un labeur considérable, et quiconque en a fait usage a nécessairement et souvent senti quelle bonne fortune serait la nôtre si nous avions

un œil qui nous mît à même de bien voir un atome et d'avoir réellement affaire à lui. Je ne peux pas dire qu'un œil semblable ait été inventé, mais M. C.-T.-R. Wilson s'en est quelque peu rapproché, grâce à une belle méthode qui nous permet de voir non pas, à la vérité, l'atome individuel lui-même, mais bien le trajet parcouru par cet atome, et, dans quelques cas, ce qui se passe dans l'atome. La méthode est basée sûr ce principe que, lorsque des atomes électrisés ou des électrons se produisent dans de l'air suffisamment sursaturé de vapeur d'eau, l'eau se condense exclusivement sur eux. Ainsi chaque atome ou électron est enveloppé par une petite goutte d'eau, et les endroits où ils prennent naissance sont sillonnés de filaments de gouttelettes d'eau ressemblant à des semis de perles, qu'on peut photographier et étudier à loisir. Or un atome électrisé ou un électron, cheminant au travers d'un gaz, lorsqu'il choque les atomes, en fait sortir quelques électrons, et ainsi il laisse derrière lui une traînée de débris électrisés. M. Wilson dépose des gouttes d'eau sur ces débris, et de la sorte le chemin parcouru par l'atome électrisé ou par l'électron est indiqué par une traînée de gouttes d'eau, qu'on peut voir et photographier. Nous pouvons même marquer de cette façon la piste d'un seul atome.

J'imagine que tous ceux qui s'occupent de la

Théorie Atomique ont dû forcément, en regardant ces photographies, éprouver une impression semblable à celle d'Adams et de Le Verrier lorsqu'ils virent pour la première fois Neptune. Quelque confiance que l'on puisse avoir dans l'exactitude d'une théorie, il est peu de personnes dont la foi soit assez robuste pour qu'elles ne se sentent pas soulagées, en voyant les conclusions, auxquelles les a conduites la théorie, vérifiée par l'expérience. Voir, c'est croire. Permettez-moi de rappeler à ce propos une réflexion du grand homme qui remplit aujourd'hui nos pensées : « Un argument, dit Roger Bacon, peut clore une discussion, mais il ne saurait nous donner la sensation de la certitude, à moins que la vérité n'ait été établie comme telle par l'expérience. »

Pour montrer tout le parti qu'on peut tirer de cette méthode, prenons deux exemples. Dès la découverte des rayons de Röntgen, on reconnut que, lorsque ces rayons traversent un gaz, ils produisent des atomes électrisés et des électrons ; si nous prenons, par la méthode de Wilson, une photographie de l'air durant le passage des rayons, nous trouvons que les gouttes d'eau ne sont pas uniformément distribuées sur la photographie, mais sont enfilées les unes à la suite des autres sous forme de chapelets fins, donnant l'apparence d'une toile d'araignée en désordre. Ceci prouve que, quand les atomes sont frappés



par les rayons de Röntgen, quelques-uns émettent des électrons animés de grande vitesse; les traînées des électrons sont indiquées par les lignes fines le long desquelles sont rangées les gouttes d'eau. Ainsi les électrons libérés par les rayons de Röntgen s'élancent à une vitesse qui les porte à une distance considérable à travers l'air. Prenons maintenant un autre cas de production d'atomes et d'électrons dans un gaz, le cas où le gaz est traversé par des électrons en mouvement rapide ou par des atomes chargés positivement; les photographies montrent que, dans ce cas, les électrons libérés des atomes en sortent pour la plupart à une si faible vitesse, qu'ils sont incapables de parvenir à une distance appréciable de leur point de départ. Car, si les électrons expulsés des atomes par ces particules en mouvement avaient une fraction appréciable de l'énergie des particules, ils produiraient eux-mêmes des ions, et une photographie de Wilson montrerait des branches partant du tronc formé par les gouttes dues à la particule elle-même. De telles branches ne sont pas complètement absentes, mais elles sont largement espacées, montrant ainsi que la grande majorité des électrons libérés ne l'ont pas été par le choc direct entre l'électron et la particule en mouvement, conception qu'appuie fortement ce très intéressant résultat obtenu par Lénard et Becker, que la vitesse avec

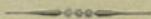
laquelle l'électron est expulsé de l'atome ne dépend pas, dans une mesure appréciable, de la vitesse de la particule qui l'expulse. Les lois de l'ionisation par ces particules en mouvement sont très différentes des lois de l'ionisation par les rayons de Röntgen; il n'est pas invraisemblable que les électrons expulsés proviennent de la couche extérieure de l'atome dans le premier cas et d'une couche interne dans le second.

L'étude des effets de collision entre des électrons ou atomes chargés positivement et d'autres atomes, sur lesquels le professeur Townsend et ses élèves ont exécuté de si remarquables travaux, soulève des questions fort intéressantes et très pénétrantes quant à la dynamique des collisions entre ces corps minuscules. A la vérité, aussitôt que nous commençons à étudier les propriétés de l'atome, des questions comme celles-ci surgissent, qui nous portent à la véritable source de la dynamique et nous forcent à examiner les conceptions fondamentales sur lesquelles repose la Science. Il est parfaitement [concevable que l'étude de l'atome aboutisse à une modification considérable dans la manière de traiter les problèmes dynamiques.

9. Quoique nos connaissances sur l'atome ne soient qu'une minime partie de ce qui reste à apprendre, quelques conclusions essentielles concernant les atomes ont été établies sur ce qui

paraît être l'évidence même, au cours des toutes dernières années. Nous savons, notamment, que les atomes *existent* réellement, que les atomes d'un élément déterminé sont tous de même nature, que les atomes des différents éléments contiennent un constituant commun, le corpuscule ou électron, sur lequel nous savons beaucoup de choses; nous connaissons également le nombre d'électrons contenus dans un atome. Nous avons de fortes preuves que les électrons dans l'atome sont divisés en groupes, et que quelques propriétés de l'atome, celles que nous rattachons au groupe le plus profond, sont en relation très simple avec le nombre total d'électrons dans l'atome; qu'il y a d'autres propriétés, tout particulièrement les propriétés chimiques, qui varient périodiquement avec le poids atomique de l'élément, et qui dépendent des électrons situés à la surface de l'atome. Nous avons également la preuve que les atomes des différents éléments sont formés de systèmes plus simples, et que des modifications considérables dans la masse ont accompagné l'agrégation de ces systèmes. Nous savons, enfin, qu'il y a dans l'atome des régions, probablement les plus intéressantes de toutes, sur lesquelles nos connaissances sont minimales ou nulles, dont l'étude réserve une tâche hautement captivante à de nombreuses générations de Physiciens, qui n'auront assurément pas à

« déplorer qu'il n'y ait plus rien de merveilleux à attendre ». Aucun fait nouveau relatif à l'atome ne saurait être banal, et il ne peut manquer d'accélérer les progrès de la Science Physique, car la Philosophie Naturelle n'est, en majeure partie, que la conséquence de la structure et du mécanisme de l'atome.



---

60251 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>,  
Quai des Grands-Augustins, 55.

---

MUSEE COMMERCIAL  
Bibliographie

2, Rue du Lombard, 2

Livres recommandés par le

Journal des Débats 1<sup>er</sup> Mars 23

Berthoud } - Les nouvelles conceptions  
de la matière et de l'atome  
(G. Doin, éd.)  
- La constitution des atomes  
(Payot)

Antaric } La vie des atomes  
(Flammation)

Loumerfield (traduction Belletot)

La constitution de l'atome et les  
raies spectrales (A. Blanchard, éd.)

MUSÉE COMMERCIAL  
et COLONIAL  
2, Rue du Lombard, 2  
LILLE

# Les poids atomiques (1922)

## Praktische Atomgewichte 1922.

In dem „Dritten Bericht der Deutschen Atomgewichts-Kommission für die in der Zeit von 1921 bis Juli 1922 veröffentlichten Abhandlungen“<sup>1)</sup> wurde für Argon der Wert 39,9 in 39,88 geändert, für Krypton die Zahl auf 82,9 abgerundet, für Cer auf 140,2 abgekürzt. Ferner wurden folgende Änderungen auf Grund von Neubestimmungen vorgenommen: Beryllium 9,02 statt 9,1, Bor 10,82 statt 10,90, Thallium 204,4 statt 204,0, Antimon 121,8 statt 120,2. Die von der Kommission, der die Prof. M. Bodenstein, O. Hahn, O. Höning Schmid (Vors.) und R. J. Meyer angehören, aufgestellte Tabelle lautet:

### Praktische Atomgewichte 1922.

Ag Silber . . . 107,88	H Wasserstoff . . . 1,008	Ra Radium . . . 226,0
Al Aluminium . . . 27,1	He Helium . . . 4,00	Rb Rubidium . . . 85,5
Ar Argon . . . 39,88	Hg Quecksilber . . . 200,6	Rh Rhodium . . . 102,9
As Arsen . . . 74,96	Ho Holmium . . . 163,5	Ru Ruthenium . . . 101,7
Au Gold . . . 197,2	In Indium . . . 114,8	S Schwefel . . . 32,07
B Bor . . . 10,82	Ir Iridium . . . 193,1	Sb Antimon . . . 121,8
Ba Barium . . . 137,4	J Jod . . . 126,92	Sc Scandium . . . 45,10
Be Beryllium . . . 9,02	K Kalium . . . 39,10	Se Selen . . . 79,2
Bi Wismut . . . 209,0	Kr Krypton . . . 82,9	Si Silicium . . . 28,3
Br Brom . . . 79,92	La Lanthan . . . 139,0	Sm Samarium . . . 150,4
C Kohlenstoff . . . 12,00	Li Lithium . . . 6,94	Sn Zinn . . . 118,7
Ca Calcium . . . 40,07	Lu Lutetium . . . 175,0	Sr Strontium . . . 87,6
Cd Cadmium . . . 112,4	Mg Magnesium . . . 24,32	Ta Tantal . . . 181,5
Ce Cerium . . . 140,2	Mn Mangan . . . 54,93	Tb Terbiem . . . 159,2
Cl Chlor . . . 35,46	Mo Molybdän . . . 96,0	Te Tellur . . . 127,5
Co Kobalt . . . 58,97	N Stickstoff . . . 14,008	Th Thorium . . . 232,1
Cr Chrom . . . 52,0	Na Natrium . . . 23,00	Ti Titan . . . 48,1
Cs Cäsium . . . 132,8	Nb Niobium . . . 93,5	Tl Thallium . . . 204,4
Cu Kupfer . . . 63,57	Nd Neodym . . . 144,3	Tu Thulium . . . 169,4
Dy Dysprosium . . . 162,5	Ne Neon . . . 20,2	U Uran . . . 238,2
Em Emanation . . . 222	Ni Nickel . . . 58,68	V Vanadium . . . 51,0
Er Erbium . . . 167,7	O Sauerstoff . . . 16,00	W Wolfram . . . 184,0
Eu Europium . . . 152,0	Os Osmium . . . 190,9	X Xenon . . . 130,2
F Fluor . . . 19,00	P Phosphor . . . 31,04	Y Yttrium . . . 88,7
Fe Eisen . . . 55,84	Pb Blei . . . 207,2	Yb Ytterbium . . . 173,5
Ga Gallium . . . 69,9	Pd Palladium . . . 106,7	Zn Zink . . . 65,37
Gd Gadolinium . . . 157,3	Pr Praseodym . . . 140,9	Zr Zirkonium . . . 90,6
Ge Germanium . . . 72,5	Pt Platin . . . 195,2	

<sup>20)</sup> Über Versuche hierzu vergl. F. Feigl und R. Stern, Ztschr. analyt. Chem. 1920, Bd. 60, S. 1.

<sup>1)</sup> Ber. d. chem. Ges. 1923, Heft 4, vom 11. April 1923. *Chemischer Zeitung*

# LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLAR

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, PARIS (6<sup>e</sup>)

Majoration temporaire : 50 0/0

- AUERBACH (Félix)**, Professeur à l'Université d'Iéna. — **La Terre et son ombre**. Conférence sur l'Energie et l'Ether française publiée avec l'assentiment de l'auteur par le Tisseur, avec **Préface** de CH.-ED. GUILLAUME, Directeur ad international des Poids et Mesures. Volume in-16 ( 86 pages; 1905.....
- LANGEVIN (P.)**, et de **BROGLIE (M.)**. — **La Théorie du et les Quanta**. *Rapports et discussions de la Réunion ten du 30 octobre au 3 novembre 1911*, sous les auspices in-8 (25-16) de vi-462 pages, avec 21 figures; 1912 . . .
- MARX (A.)**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées **L'Ether, principe universel des forces**. Mémoires C. BENOIT, licencié ès Sciences ancien Elève de l'École in-8 (23-14) de 217 pages avec figures; 1905.....
- THOMSON (Sir William) [Lord Kelvin]**, L.L.D., F.R.S. Professeur de Philosophie naturelle à l'Université de Membre du Collège Saint-Pierre à Cambridge. — **Cons matière**. *Conférences scientifiques et allocutions*. Ouvr annoté sur la 2<sup>e</sup> édition, par P. LUCOL, Agrégé des Scien Professeur au Lycée de Pau; avec des *Extraits de Mé de Sir W. Thomson et quelques Notes* par M. BRILLOI Conférences à l'École Normale. In-8 (28-11), avec figures;
- THOMSON (J.-J.)**, D<sup>r</sup> Sc. F. R. S. — **Les décharges éle les gaz**. Ouvrage traduit de l'anglais avec des *No BARBILLION*, Docteur ès Sciences, et une *Introduction GUILLAUME*. In-8 (23-14) xiv-172 pages, avec 41 figures;
- THOMSON (J.-J.)**, D. Sc. LL.D. PH.D. FRS. Professeur expérimentale à l'Université de Cambridge, Professeur de Naturelle à la Royal Institution, Londres. — **Passage de à travers les gaz**. Ouvrage traduit d'après la 2<sup>e</sup> éditio R. FRIC, Ingénieur, Ancien Elève de l'École supérieure et A. FAURE, Ingénieur, Ancien Elève de l'École Polyte (25-16) de x-694 pages, avec 209 figures; 1912.....

---

60790-20 Paris. — Imp. Gauthier-Villars et C<sup>ie</sup>, 55, quai des Grands