LE DUALISME CORPUSCULE-ONDE
ET LA
SYNTHÈSE DES CORPUSCULES ET DES ONDES
DANS LA
MÉCANIQUE ONDULATOIRE
DE LOUIS DE BROGLIE

PAR A. GLODEN

A. — *Corpuscules.*

L'idée d'une structure granulaire de la matière a été émise successivement par plusieurs philosophes dès le 6° siècle av. J.-Chr. et leurs idées nous furent transmises par LUCRECE (1er siècle av. J.-Chr.) Mais nous ignorons les faits qui ont dû engendrer leur géniale intuition. C'est le grand mérite de DALTON d'avoir donné à l'hypothèse atomique un fondement expérimental en l'appliquant à l'interprétation des lois fondamentales des combinaisons chimiques.

L'immense variété des composés chimiques dérive d'un certain nombre de corps appelés éléments qui sont indécomposables. Ces derniers sont au nombre de 90. Les éléments sont constitués d'atomes identiques entre eux, de même les corps composés sont formés de molécules identiques entre elles.

Un progrès important a été réalisé par l'hypothèse moléculaire d'AVOGADRO (1811). Défendue par AMPERE, elle donne une manière de déterminer les masses relatives de deux atomes et les proportions dans lesquelles ils s'unissent. D'où la notation atomique de GERHARDT qui écrit p. ex. H_2O au lieu de HO.

A chacun des 90 éléments correspondait un atome déterminé, et ces atomes étaient considérés pendant longtemps comme très différents et intransformables l'un dans l'autre. Pour-

tant PROUT avait déjà émis en 1815 l'idée que tous les atomes seraient engendrés par des protoatomes peut-être identiques à l'atome d'hydrogène. On sait aujourd'hui que les 90 atomes peuvent être construits à partir de trois corpuscules fondamentaux que nous définirons dans la suite de cet article.

Auparavant nous parlerons de découvertes importantes dans le domaine de l'électricité par lesquelles les progrès réalisables dans la théorie atomique étaient conditionnés. Il résulte des lois de FARADAY (1813) et de la structure granulaire de la matière que l'électricité doit avoir de même une structure atomique. Les grains d'électricité ont une charge

$$e = 1{,}59 \cdot 10^{-19} \text{ coulombs.}$$

La valeur obtenue dans les phénomènes électrolytiques a été vérifiée par d'autres méthodes.

Un atome ou un groupe d'atomes manifestant une charge électrique s'appelle un ion. Outre le comportement des ions dans les électrolytes il était plus facile d'étudier celui des ions dans les gaz raréfiés. HITTORF a découvert en 1869 les rayons cathodiques et GOLDSTEIN en 1886 les rayons-canaux ou rayons positifs. Les rayons cathodiques sont constitués d'atomes d'électricité négative, les rayons-canaux sont constitués par des ions positifs. La masse des particules constituant les rayons cathodiques est 1840 fois plus petite que celle d'un atome de H, ces particules sont des *électrons négatifs*. Le terme d'électron a été introduit par Johnston STONEY.

Les expériences de GEIGER et MARSDEN sur la diffraction des particules α par des films métalliques de plusieurs centièmes de mm d'épaisseur ont donné des renseignements précieux sur la structure de l'atome. Il en résulte que ces particules sont capables de traverser les atomes, phénomène qui serait inconcevable si l'atome était massif. Il faut donc admettre que l'atome est lacunaire; au centre un noyau porte la charge positive, la masse et l'individualité de l'atome, à la périphérie il y a des électrons négatifs. Les expériences de GEIGER et MARSDEN ont montré que le nombre total des charges positives du noyau est égal au numéro d'ordre de l'atome considéré dans le

tableau de MENDELEEF; on l'appelle le *nombre atomique*. Le nombre des électrons périphériques est égal au nombre atomique, puisqu'en général l'atome est électriquement neutre. Pour l'atome de H il n'existe dans l'état ordinaire qu'un seul électron périphérique. Le noyau de H a une charge positive égale à 1 et s'appelle *proton*.

En 1930 BOTHE et BECKER ont signalé que le bombardement du glucinium par un faisceau de rayons α provenant d'un fragment de polonium donne naissance à un rayonnement très pénétrant. CHADWICK a proposé d'admettre qu'il était composé de particules de même masse que le proton mais électriquement neutres; ce sont les *neutrons*.

Les électrons négatifs, les protons et les neutrons sont les constituants universels de la matière. Les noyaux des atomes sont constitués uniquement par des protons et des neutrons. Le nombre de protons, égal au numéro d'ordre de l'atome dans la classification périodique, fixe les propriétés chimiques de l'atome, celles-ci sont indépendantes du nombre de neutrons. Des atomes renfermant dans leur noyau un même nombre de protons et des nombres différents de neutrons sont dits appartenir à des isotopes. Ainsi p. ex. l'hydrogène a trois isotopes:

l'hydrogène léger	noyau = 1 proton
l'hydrogène lourd = deutérium	noyau = 1 proton + 1 neutron
le tritium	noyau = 1 proton + 2 neutrons

Le Cl a deux isotopes: l'isotope léger a dans son noyau 17 protons et 18 neutrons; l'isotope lourd comporte dans son noyau 17 protons et 20 neutrons.

L'existence des isotopes a permis d'expliquer la non-entièreté des masses atomiques. Le nombre des éléments simples s'élève ainsi à plus de 230 (en considérant seulement les isotopes stables) au lieu de 90.

B. — *Rayonnement (Ondes).*

La structure des atomes a pu être étudiée expérimentalement grâce au rayonnement qu'ils émettent.

Dans l'antiquité on attribuait au rayonnement une structure corpusculaire. DESCARTES qui a énoncé rigoureusement les lois de la réflexion et de la réfraction les démontre en partant d'une structure granulaire de la lumière. NEWTON réalise une synthèse des phénomènes lumineux, mais sa théorie dite de l'émission ne parvint pas à expliquer d'une manière assez simple certains phénomènes comme p. ex. les anneaux colorés découverts par Newton lui-même.

Une autre conception due à HUYGHENS consistait à assimiler la propagation de la lumière à celle d'une onde à la surface d'un liquide. Cependant cette théorie exige la présence d'un milieu élastique hypothétique appelé éther capable d'être mis en vibration. Cet éther qui imprègne tous les corps est infiniment rigide et n'offre pas de résistance au mouvement des corps célestes. Les remarquables recherches de FRESNEL firent adopter la théorie ondulatoire par tous les physiciens du 19e siècle. — Dans la théorie électromagnétique de la lumière due à MAXWELL les propriétés du vide se trouvent définies en chaque point et à chaque instant par deux vecteurs perpendiculaires constituant le champ électromagnétique lumineux. Les expériences de WIENER montrent que c'est le vecteur électrique qui impressionne la plaque photographique et qu'il faut l'identifier avec le vecteur élastique de Fresnel.

Des difficultés très sérieuses surgirent quand il s'agissait d'expliquer la courbe d'énergie rayonnée par le corps noir établie d'après de nombreuses expériences effectuées entre 1893 et 1900. La théorie électromagnétique de la lumière n'était pas susceptible d'expliquer les lois du rayonnement du corps noir. Pour lever la difficulté PLANCK admet (1900) que les éléments matériels ne peuvent émettre de l'énergie que par quantités finies $h\nu$, h étant le quantum d'action ($= 6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg-sec) et ν la fréquence du rayonnement. Cette modification importante consti-

tue le passage du continu au discontinu, et ainsi la théorie de la lumière devait suivre désormais une voie parallèle à celle de la matière.

EINSTEIN a montré tout le profit qu'on pouvait tirer de cette nouvelle conception pour l'effet photoélectrique qui se caractérise par une émission d'électrons par la matière au point d'impact de la lumière. Dans ce phénomène l'énergie lumineuse semble ne plus être étalée sur une surface d'onde mais groupée en petits grains appelés photons. Ils cèdent leur énergie à la matière et disparaissent complètement.

Le photon est caractérisé par sa fréquence υ, il est porteur d'un quantum d'énergie $h\upsilon$. Si le photon incident est détruit, son énergie sert à arracher un électron négatif d'un atome et à lui communiquer une certaine énergie cinétique.

Ainsi la lumière avait été atomisée, les grains de lumière étant les photons.

Quantification de l'atome.

En 1913 N. BOHR a appliqué les lois de l'électrodynamique classique à l'atome en y ajoutant deux principes nouveaux dont nous donnons les énoncés:

1° Tout système atomique peut seulement avoir une suite discrète d'états quantiques;

2° Tout passage d'un état m à un état n est accompagné d'une émission ou d'une absorption d'énergie sous forme électromagnétique suivant la loi

$$h\nu = E_m - E_n,$$

E_m et E_n désignant les énergies qui correspondent aux états m et n.

La théorie de Bohr a été perfectionnée par SOMMERFELD, WILSON, SCHWARTZSCHILD, EPSTEIN. Un progrès important fut l'introduction du spin électronique ou de l'électron tournant (UHLENBECK, GOUDSMIT), nécessaire pour définir la

structure fine. Mais la théorie de Bohr même perfectionnée ne suffit qu'à expliquer le spectre de l'atome d'H; déjà pour l'atome d'He on trouve des difficultés. Pour les lever HEISENBERG établit en 1925 la Mécanique des matrices qui fut encore développée par DIRAC; il y propose sous une forme modifiée la théorie des quanta en maintenant la quantification des nivaux.

C. — *Mécanique Ondulatoire de Louis de BROGLIE.*

Jusqu'en 1927 il subsistait en physique un dualisme très prononcé, le dualisme corpuscule-onde. La lumière peut se manifester sous deux aspects: lumière-onde et lumière-corpuscule. C'est alors que L. de Broglie réalisa sa synthèse géniale: De la même manière que l'onde lumineuse est liée au photon, à chaque corpuscule matériel est associé un phénomène ondulatoire. Pas d'onde sans propriétés corpusculaires, pas de corpuscule sans propriétés ondulatoires. Cette théorie reçut peu après une confirmation éclatante dans les expériences de DAVISSON et GERMER: des faisceaux d'électrons traversant des feuilles métalliques très minces donnaient lieu à des anneaux de diffraction, ainsi il était prouvé que les électrons donnaient lieu aux mêmes phénomènes d'interférence que les rayons X.

Dans la théorie de de Broglie les deux conceptions ondulatoires de la matière et du rayonnement se trouvent reliées. Un perfectionnement important a été apporté dans la théorie de DIRAC complétant des travaux de SCHROEDINGER; le spin de l'électron dont l'introduction est si laborieuse dans la théorie de Bohr-Sounnerfeld, y apparaît automatiquement.

La théorie de Dirac conduit encore à prévoir l'existence d'états d'énergie négative correspondant à des états physiquement déterminés par un électron qui aurait une charge opposée à celle de l'électron négatif, autrement dit par un *positon*, corpuscule effectivement découvert en 1932 par ANDERSON; depuis JOLIOT a obtenu des positons dans des transmutations diverses.

Enfin la théorie des forces nucléaires du physicien japonais YUKAWA (1935) conduisit à admettre l'existence de *mésotons* (1) ou d'électrons lourds; ces corpuscules sont présents dans le rayonnements cosmique, ils ont la même charge qu'un électron négatif mais une masse environ 200 fois plus élevée.

Les exemples qui précèdent montrent que les théories physiques qui semblent les mieux établies doivent sans cesse être modifiées pour rester en accord avec les faits. Cette réadaptation durera probablement aussi longtemps que la science elle-même, car la connaissance suprême semble inaccessible à l'homme.

(1) On les désigne actuellement sous le nom de *mésons*.