



**JEAN PERRIN**  
(1870-1942)

## La réalité des molécules et des atomes

*« Jean Perrin n'a ni inventé ni découvert les atomes. Mais il a apporté la preuve la plus décisive de leur réalité, et son nom reste attaché à cette grande conquête de la Science qu'a été, au début de ce siècle, l'extension de notre connaissance objective à des êtres et des structures non directement perçus. L'importance de son œuvre est accrue par la vaste compréhension qu'il eut de la Science et de sa signification humaine. Prophète d'un nouvel âge, il voyait dans la science moderne la forme devenue consciente de la conquête progressive de la matière par la vie. Il avait foi dans l'homme, et comptait sur la Science pour le libérer des contraintes matérielles et des superstitions cruelles. »*

Francis Perrin

## Philippe Guéret

L'un de ses biographes, Fernand Lot, dresse de lui le portrait suivant :

« Jean Perrin est apparu, dans la suite de ses âges, comme un de ces rares hommes — il en allait ainsi pour Einstein — dont l'apparence correspond idéalement à l'image que chacun aime à se former du savant. Tout, dans son beau visage, désignait la souveraineté d'un exceptionnel esprit : la noblesse des traits, l'ampleur magnifique du front, le regard clair — un iris couleur de la plus naïve fleur de lin —, capable de passer en un instant, comme par déclic, de la douceur du songe à l'acuité d'une pensée « accommodée » soudain sur quelque objet invisible. Barbe sage mais chevelure envolée, sans doute était-il distrait, autant qu'Ampère, peut-être ; et certainement il devait pouvoir, mieux que quiconque, interroger le Sphinx. Eût-on ignoré ses titres et ses travaux, et sa gloire universelle, sa présence s'imposait immédiatement à tous. Il subjuguait. »

### Ses premiers travaux

Jean Perrin est né à Lille le 20 septembre 1870. Sa famille était originaire de Lorraine et du Boulonnais. Sa mère était apparentée à Frédéric Sauvage, l'inventeur de l'hélice marine à un seul pas. Son père, capitaine d'artillerie sorti du rang, venait d'être blessé à la bataille de Saint-Privat dans la guerre franco-prussienne.

Il fit ses premières études au Lycée Saint-Rambert, à Lyon, où son père tenait garnison. Après le décès prématuré de ce dernier, sa famille se fixa dans cette ville, où il fut élevé avec ses deux sœurs aînées. Bien que la vie d'interne à Saint-Rambert ne lui convint guère, le jeune Jean Perrin manifesta autant d'aptitude pour les lettres que pour les sciences. Finalement, il opta pour les études scientifiques qu'il vint terminer à Paris, au lycée Janson de Sailly. Là, Jean Perrin eut pour condisciple Henri Duportal dont il épousera plus tard la sœur Henriette qui fut une des premières

jeunes filles titulaires d'un baccalauréat. La famille Duportal était originaire de Toulouse et le grand-père Duportal, opposant au Second Empire, connut de nombreuses années de prison et d'exil.

Perrin fut reçu à l'École Normale Supérieure en 1890 et y entra en 1891, après une année de service militaire. Bientôt agrégé préparateur, il se lia d'amitié avec Noël Bernard et Paul Langevin et partagea avec eux son intérêt pour la Science tout en s'intéressant aux grands débats politiques et sociaux de l'époque. Il commença sa carrière de chercheur en étudiant les rayons cathodiques.

En 1869, le savant allemand Johann Wilhelm Hittorf avait montré que lorsque l'on produit une décharge électrique dans une ampoule de verre vidé d'air — le tube de Crookes — la cathode émet un rayonnement provoquant la fluorescence de la paroi opposée. Hittorf montra également que ce rayonnement se propage en ligne droite en interposant sur le trajet des rayons une croix métallique dont l'ombre se projetait en sombre sur la paroi. La situation résultant de ces expériences a été décrite par Louis de Broglie de la manière suivante :

« A l'heure où Jean Perrin se lançait avec toute la fougue d'une jeunesse ardente dans la recherche expérimentale, la controverse sur la nature des rayons cathodiques battait son plein. Tandis que les uns voyaient dans ces rayons des électrons émis par la cathode, d'autres les considéraient comme des ondes analogues aux ondes lumineuses ou électromagnétiques. Lénard, partisan de cette seconde manière de voir, était parvenu à faire sortir les rayons cathodiques du tube où ils étaient produits en leur faisant traverser une mince feuille métallique : l'aptitude des rayons cathodiques à traverser ainsi un écran mince lui paraissait une preuve de la nature ondulatoire. Jean Perrin penchait en faveur de l'hypothèse corpusculaire et estimait que les électrons étaient des corpuscules assez subtils pour traverser sans trop de difficulté une lame métallique peu épaisse. Il eut l'idée de monter une expérience où un faisceau de rayons cathodiques était recueilli par un cylindre de Fara-

day, ce qui permettait de mettre en évidence la charge électrique portée par le faisceau. Il put ainsi montrer que les rayons cathodiques sont chargés négativement, puis soumettant le faisceau cathodique à un champ magnétique transversal, il constata que ce faisceau était dévié latéralement et ne parvenait plus au cylindre de Faraday qui cessait de se charger. Ainsi, il parut bien établi que les rayons cathodiques sont des électrons émis par la cathode dont la trajectoire est déviée par l'action d'un champ magnétique suivant la loi de Laplace (qui donne l'action d'un champ magnétique sur un élément de courant, élément de courant ici constitué par la charge en mouvement).

« Cette remarquable expérience, publiée dans nos Comptes rendus en décembre 1895, mettait en vedette le talent expérimental d'un jeune physicien de vingt-quatre ans. En démontrant que les rayons cathodiques sont des trajectoires de charges négatives en mouvement, il apportait la première preuve directe de l'existence des électrons et écrivait le premier chapitre de la science de l'électronique. »

Cette longue citation paraît d'autant plus intéressante qu'un quart de siècle plus tard, de Broglie montrera, avec sa mécanique ondulatoire, que le rayonnement cathodique possède également les propriétés d'une onde, jetant ainsi les bases du dualisme onde-corpuscule dont la problématique n'est toujours pas résolue.

Ces beaux résultats valurent à Jean Perrin la charge d'un enseignement de Chimie physique à la Sorbonne en 1898. Il devait l'assurer jusqu'en 1939, d'abord comme chargé de cours, puis comme professeur titulaire. La nouvelle science unissait alors deux disciplines demeurées jusque là indépendantes, mais qui se trouvaient désormais impliquées simultanément dans l'étude des phénomènes se déroulant à l'échelle de l'atome et des particules élémentaires. Ces leçons faisaient naturellement une large place aux considérations atomistiques, aux théories cinétiques, ainsi qu'aux méthodes de la thermodynamique. Il leur consacra plus tard un livre malheureusement resté inachevé : *Les Principes*.

## Les Atomes

Parlant de l'introduction du livre de Jean Perrin, *Les Atomes*, Fernand Lot rapporte l'anecdote suivante :

« *Naguère, lors d'un déjeuner qui semblait plusieurs personnalités scientifiques appartenant à des disciplines fort diverses, il fut question, à un moment donné, d'énergie nucléaire et on entendit l'un des convives, le vulcanologue Haroun Tazieff se mettre à réciter, avec un lyrisme contenu : « Il y a vingt-cinq siècles peut-être, sur les bords de la mer divine, où le chant des aèdes venait à peine de s'éteindre, quelques philosophes enseignaient déjà que la matière changeante est faite de grains indestructibles en mouvement incessant... »*

« *Le diseur eut à peine le temps de marquer ici la pause d'une virgule, car son vis-à-vis, l'embryologiste Etienne Wolff enchaînait aussitôt : « ... atomes que le hasard ou le destin auraient groupés au cours des âges selon les formes ou les corps qui nous sont familiers »...*

« *On a reconnu ici la « phrase harmonieuse » qui, dit Louis de Broglie, « enchantait nos vingt ans ». Cet Introït des Atomes qui demeure ainsi, bien que daté de 1912, toujours vivant en bien des esprits, comme une autre Prière sur l'Acropole. »*

Les philosophes grecs si poétiquement évoqués par Jean Perrin furent tout d'abord Anaxagore de Clazomène qui, au Vème siècle avant notre ère, méditant sur la divisibilité de la matière, déduisit qu'elle obéissait à deux principes :

1- La matière est indéfiniment divisible : *Dans ce qui est petit, il n'y a pas un dernier degré de petitesse, mais il y a toujours un plus petit.*

2- La matière est indestructible : *Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau.*

Les Atomistes rejetèrent le premier principe en postulant l'indivisibilité des éléments ultimes : les atomes. Leur

porte-parole fut Démocrite d'Abdère, né en Thrace en 460 avant notre ère, et qui vécut environ quatre-vingt dix ans. Ses thèses furent reprises plus tard, en vers latins, par Lucrèce dans son *De Natura Rerum*. Selon Démocrite, la vision d'Empédocle d'Agrigente, réduisant le monde à quatre éléments doit encore être simplifiée et réduite à deux entités : les atomes et le vide. Tous les atomes sont substantiellement identiques et parfaitement homogènes, ils sont en nombre incalculable et existent de toute éternité. Ils ne peuvent différer que par la forme, leurs dimensions, leur position et leur ordre lorsqu'ils se trouvent groupés dans ce que nous appelons aujourd'hui les molécules. Dans les corps solides, les atomes ne peuvent que vibrer, alors que dans les fluides, ils peuvent rebondir à de grandes distances : ces propriétés préfigurent ce que nous nommons la *théorie cinétique*. Un autre attribut des atomes est leur mouvement « *dans le vide où il n'existe ni haut ni bas, ni milieu ni extrémité* ». De leurs assemblages particuliers, naissent les qualités sensibles : *Nous disons chaud, nous disons amer, nous disons couleur. En réalité il n'y a que les atomes et le vide.*

Ecartée par Platon, rejetée par Aristote, la théorie atomique demeura en sommeil durant des siècles, stoppant ainsi le progrès des connaissances dans ce domaine.

Avec Gille de Rome (1247-1316), la pensée médiévale renoua momentanément avec la théorie atomique. Mais elle fut de nouveau combattue par Roger Bacon qui, prétextant du fait que le côté du carré et sa diagonale n'ont aucune partie aliquote commune, affirmait qu'il est possible de les diviser autant que l'on veut sans jamais parvenir à un minimum insécable !

Il fallut attendre le XIXème siècle et la révolution que Lavoisier fit subir à la Chimie, pour que l'hypothèse atomique connaisse un renouveau d'intérêt. Deux lois décisives furent alors établies par Proust et Dalton, celle des *proportions définies* et celle des *proportions multiples*. Conformément à ces lois, deux corps simples ne peuvent s'unir qu'en certaines pro-

portions définies et invariables, ce qui se comprend aisément si l'on admet que les corps simples sont constitués précisément d'atomes.

En 1808, Gay-Lussac établit la loi qui porte son nom sur le volume des gaz entrant en réaction. En 1811, le chimiste italien Amedeo Avogadro, puis indépendamment Ampère trois années plus tard montrèrent que, dans des conditions identiques de température et de pression, tous les gaz contiennent, à volumes égaux, le même nombre de molécules : c'est le fameux *nombre d'Avogadro*.

L'hypothèse d'Avogadro : « *les masses gazeuses qui, à la même température et sous la même pression, emplissent des volumes égaux, contiennent toutes le même nombre de molécules* » servit de point de départ à une série de travaux absolument remarquables réalisés par Jean Perrin pour établir la preuve directe de la réalité atomique et moléculaire.

Le premier consista à étudier la répartition des granules d'une émulsion placée dans le champ de la pesanteur. Voici comment, dans son éloge académique, Louis de Broglie décrit l'idée de Jean Perrin :

« *Avec une perspicacité géniale, il l'aperçoit dans l'équilibre des émulsions. Nous savons depuis Laplace qu'un gaz en équilibre dans le champ de la pesanteur n'est pas homogène : sa densité décroît avec l'altitude suivant une loi exponentielle dont l'exposant proportionnel à la hauteur contient la température en dénominateur. En réalité, l'équilibre du gaz n'est, au moins si l'on adopte la conception moléculaire, qu'une apparence statistique. Les molécules montent, descendent, s'agitent sans cesse et ce n'est qu'en moyenne que le nombre de molécules par unité de volume reste constant à une altitude donnée. L'étude des solutions et les théories de Van't Hoff nous ont appris que, dans une solution, les molécules du corps dissous se comportent comme un gaz : elles doivent donc dans le champ de la pesanteur se répartir en altitude suivant la loi exponentielle de Laplace. Mais imaginons (ce fut là l'idée remarquable de Jean Perrin) qu'au lieu d'un corps dissous, nous considérons une émulsion*

