

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 Faraday, 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.

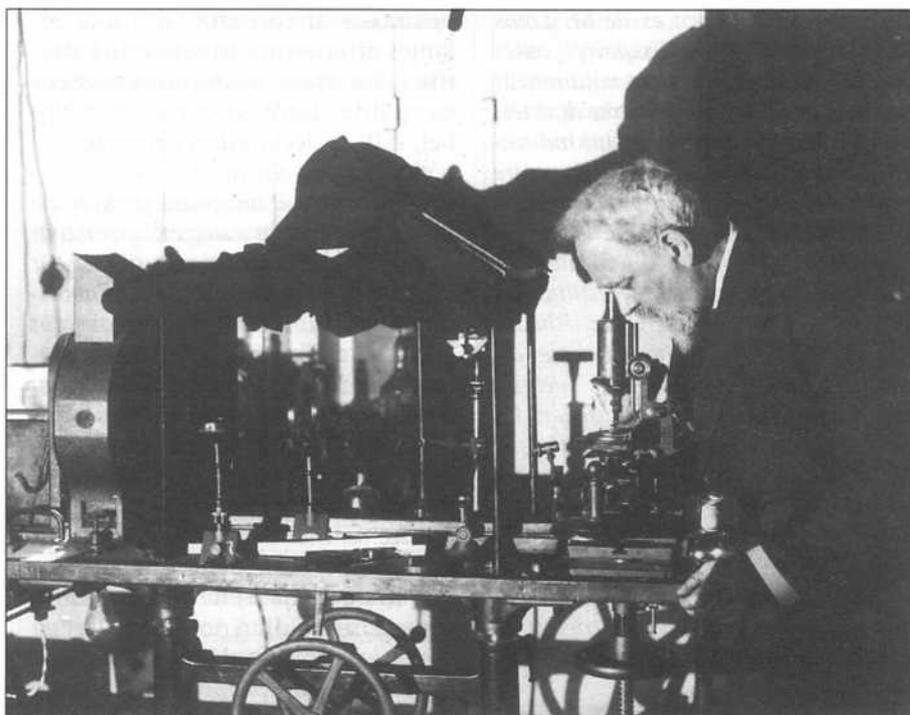
Le premier consista à étudier la répartition des granules d'une émulsion placée dans le champ de la pesanteur. Voici comment, dans son éloge académique, Louis de Broglie décrit l'idée de Jean Perrin :

« *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 considérions une émulsion*

sion où des granules assez gros pour être visibles au microscope sont en suspension dans un liquide. Soumis aux chocs incessants et désordonnés des molécules du liquide, ces granules seront dans la même situation que les molécules d'un corps dissous dans une solution et devront se répartir en altitude suivant la loi de Laplace. Comme l'exposant de la loi de Laplace contient la masse des molécules au numérateur et qu'ici la masse des granules est infiniment plus grande que celle des molécules proprement dites, la variation du nombre des granules par unité de volume avec l'altitude sera infiniment plus rapide que celle des molécules d'un gaz. La répartition moyenne des granules étant directement observable au microscope, on pourra aisément évaluer le coefficient de l'altitude dans l'exposant de la loi de Laplace : or dans l'expression mathématique de ce coefficient, si l'on a pu mesurer la masse des granules employés, tous les facteurs sont connus sauf le nombre d'Avogadro : l'observation de la distribution des granules en altitude permettra donc de calculer le nombre d'Avogadro. Tel est le principe des mémorables expériences de Jean Perrin sur les émulsions. »

Pour réaliser un tel programme il fallut à Jean Perrin un trésor d'ingéniosité, de minutie et de patience ! Tout d'abord, il était nécessaire de préparer une émulsion dont les grains fussent aussi semblables que possible, ce qu'il réalisa avec de la gomme-gutte et du mastic, de sélectionner la grosseur des granules par centrifugation fractionnée, d'évaluer avec précision la masse de ces granules et la variation de leur nombre moyen à différentes altitudes, ce qui n'était nullement évident étant donné leur incessante agitation aléatoire, c'est-à-dire leur mouvement brownien. Cette nécessaire minutie dans la conduite des expériences attira immédiatement la remarque suivante de Louis de Broglie :

« La chose est assez curieuse à noter du point de vue psychologique. Car tous ceux qui ont connu notre illustre confrère savent qu'il était assez distrait et de caractère plutôt primesautier, de sorte qu'on aurait pu le croire assez peu fait pour mener à bien une tâche qui demandait tant d'attention et de persévérance. Mais il aimait tant la Science et il était



Jean Perrin dans son laboratoire, vers 1922.

soulevé par un tel désir enthousiaste de la servir qu'il savait pour elle maîtriser sa nature et s'astreindre à de minutieuses besognes. »

Toujours est-il qu'il parvint à mesurer le nombre d'Avogadro et il trouva qu'il était égal à $6,2 \cdot 10^{23}$, ce qui était l'ordre de grandeur prédit par la théorie.

La seconde étape de ses travaux consista en l'étude du mouvement brownien lui-même dont Albert Einstein venait d'établir la théorie. Selon les calculs d'Einstein, la valeur moyenne du carré du déplacement d'un granule doit croître proportionnellement au temps, le facteur de proportionnalité dépendant de la viscosité du milieu fluide dans lequel ils baignent ainsi que du nombre d'Avogadro. Jean Perrin procéda à une nouvelle série de mesures tout aussi délicates, en faisant varier la température, la taille des granules et la viscosité du liquide. Nouveau succès : il retrouva pour le nombre d'Avogadro une valeur très voisine de la première : $6,85 \cdot 10^{23}$. Mais ce ne fut pas tout, il se livra à une troisième vérification portant cette fois sur le mouvement brownien de rotation dont la théorie avait également été établie par Einstein et selon laquelle le carré moyen

de l'angle dont tourne le granule en un temps donné est proportionnel à la température, la constante de proportionnalité dépendant de la température, de la viscosité du milieu et du nombre d'Avogadro. Pour ce faire, Jean Perrin élaborait une technique permettant de produire des granules contenant des inclusions pouvant mettre en évidence et rendre possible une mesure de l'angle de rotation. Nouvelle expérience, nouveau succès. Il trouve que la valeur $6,5 \cdot 10^{23}$ pour le nombre d'Avogadro, en excellent accord avec les deux mesures précédentes.

« Ainsi, conclut Louis de Broglie, la démonstration était complète : toutes les méthodes convergeaient pour donner, aux erreurs d'expériences près, la même valeur pour une grande constante fondamentale des théories atomiques. Et de la valeur numérique de la constante d'Avogadro, on pouvait déduire les masses des diverses sortes d'atomes, et aussi, en faisant appel aux lois de Faraday, la charge de l'électron et même sa masse m si l'on supposait connue par ailleurs la valeur du rapport e/m . D'ailleurs, tandis que les persévérants efforts de Jean Perrin étaient ainsi couronnés d'un magnifique succès, l'exactitude des conceptions moléculaires recevait de toutes parts de nouvelles confir-

mations : les expériences de M. Louis Donoyer sur les jets moléculaires, celles de M. Knudsen apportaient notamment en leur faveur des preuves très directes. D'autre part, des méthodes plus indirectes que celles dont avait fait usage notre grand confrère, mais toutes concordantes, permettaient d'atteindre la valeur numérique du nombre d'Avogadro, et confirmaient pleinement le résultat des mesures de Jean Perrin. Ces méthodes font intervenir des phénomènes très divers : répartition spectrale des énergies dans le rayonnement noir, effusion des gaz à travers les ouvertures, fluctuations de densités dans les fluides notamment au voisinage du point critique, coloration bleue du ciel diurne, etc. Enfin, la mesure directe de la charge de l'électron par M. Millikan et divers autres physiciens à l'aide de méthodes variées permettait aussi de calculer le nombre d'Avogadro. »

Jean Perrin utilisa ensuite une autre voie pour mettre en évidence la réalité des molécules et des atomes : l'étude des *lames minces*. En 1913, il eût l'idée d'étudier l'amincissement progressif des lames liquides (comme celles constituant la paroi des bulles de savon) quand le liquide s'évapore ou se rassemble dans la partie inférieure de la lame sous l'action de la

pesanteur. Il constata ainsi que ces lames minces ont une structure stratifiée, les strates ayant une épaisseur constante. Dans sa conférence Nobel, il fit la déclaration suivante :

« L'examen d'un grand nombre de lames stratifiées m'a suggéré, avant toute mesure que la différence d'épaisseur de deux plages contiguës ne peut s'abaisser au-dessous d'une certaine valeur et que cette différence minimum élémentaire, sorte de marche d'escalier, est contenue un nombre entier de fois dans chaque plage. »

Cette remarque est tout à fait dans l'ordre naturel des choses si l'on admet l'hypothèse moléculaire : chaque strate doit, en effet, résulter de la superposition d'un nombre entier de couches monomoléculaires ayant chacune pour épaisseur le diamètre même d'une molécule.

En collaboration avec René Marcellin, puis avec P. V. Wells, Jean Perrin en fit la démonstration expérimentale et déduisit que l'épaisseur d'une lame monomoléculaire, donc le diamètre d'une molécule, est de l'ordre du millimicron, ce qui conduit à admettre que la masse des atomes les plus lourds ne peut pas excéder 10^{-22}

gramme. Ce résultat est une fois de plus en complet accord avec les valeurs trouvées pour le nombre d'Avogadro.

Ces grandes découvertes aboutirent à la reddition sans condition de plus farouches adversaires de la théorie atomique dont les plus illustres furent Wilhelm Ostwald, disciple de Ernst Mach, en Allemagne, et Pierre Duhem, en France. Elles valurent à Jean Perrin d'être reçu à l'Académie des Sciences, le 11 juin 1923, et d'obtenir le prix Nobel de physique en novembre 1926 « pour ces travaux sur la structure discontinue de la matière » comme le mentionne la note officielle du Jury suédois.

Dans son livre *Les Atomes*, Jean Perrin a retracé l'épopée qui conduisit au triomphe final de la théorie. Dans la période actuelle, où nous assistons au retour en force des idées anti-réalistes et anti-rationnelles, il est instructif de relire quelques unes des conclusions de l'ouvrage.

« On est saisi d'admiration devant le miracle de ces concordances. Pourtant, si fortement que s'impose l'existence des atomes, on doit toujours pouvoir exprimer la réalité visible sans faire appel à des éléments invisibles. Et cela est en effet très facile. Il suffit d'éliminer N entre les n équations qui le contiennent pour obtenir $(n-1)$ équations où ne figurent plus que des réalités sensibles, et qui expriment des connexions entre des phénomènes de prime abord indépendants, mais en fait liés par la réalité atomique sous-jacente (...)

« Mais nous n'aurons pas la maladresse de masquer l'intervention de ces structures secrètes, dans l'énoncé des lois que nous n'aurions pas obtenues sans leur aide. Ce ne serait pas arracher un tuteur devenu inutile à une plante vigoureuse, ce serait couper les racines qui la nourrissent et la font croître. »

Le livre s'achève par une sorte de postface intitulée : « Une étape de la Physique », dont le premier paragraphe est le suivant :

« La théorie atomique a triomphé. Nombreux encore naguère, ses adversaires enfin conquis renoncent l'un après



Inauguration du Palais de la Découverte par le Président Albert Lebrun qui écoute les explications du Professeur Jean Perrin, devant l'appareil de démonstration de la force centrifuge.

l'autre aux défiances qui longtemps furent légitimes et sans doute utiles. C'est au sujet d'autres idées que se poursuivra désormais les conflits des instincts de prudence et d'audace dont l'équilibre est nécessaire au lent progrès de la science humaine. »

Le citoyen et l'éducateur

Durant la première guerre mondiale, Jean Perrin fut mobilisé comme officier du génie et fut attaché au service poursuivant des recherches utiles à la Défense Nationale sur la recommandation de Paul Painlevé. Il mit au point la technique de repérage par le son et plus précisément des appareils de détection acoustique qui permettaient de suivre le trajet nocturne des avions.

Libéré des obligations militaires, il reprit ses recherches de physique fondamentale, étudia la photochimie et les phénomènes de fluorescence. En collaboration avec son fils Francis, il établit que la fluorescence était due à des états excités des molécules et des atomes revenant après un temps plus ou moins bref à leur état normal. Pour cela, il montra qu'il fallait faire intervenir le concept de *niveaux quantiques d'énergie* introduit par Niels Bohr dans son modèle de l'atome d'hydrogène et celui d'état métastable.

Bien avant la découverte du cycle de Bethe, Jean Perrin fit observer en 1920 que la perte de masse subie par la matière, lorsque l'hydrogène se transforme en hélium par fusion thermonucléaire, suffit pour rendre compte d'environ cent milliards d'années du rayonnement solaire, contrairement à l'ancienne théorie d'Helmholtz-Kelvin qui ne rendait compte que d'une cinquantaine de millions d'années d'activité seulement.

Il se tenait parfaitement au courant des plus récentes découvertes des physiciens dans le domaine atomique et nucléaire et écrivit divers ouvrages afin de vulgariser et de diffuser les nouvelles idées. Parmi ces livres, citons *Grains de matière et grains de lumière*, *Eléments de la Physique* et *A*

la surface des choses comprenant huit fascicules que les spécialistes eux-mêmes peuvent encore consulter avec profit.

Sans être homme de parti, Jean Perrin était un socialiste convaincu. Il participa au gouvernement du Front Populaire, en succédant à Irène Joliot-Curie comme sous-secrétaire d'Etat à la Recherche scientifique, poste qu'il occupa de septembre 1936 à juin 1937, il contribua à la fondation de la Caisse National des Sciences, embryon du futur C.N.R.S. et il organisa, à l'occasion de l'exposition de 1937, le Palais de la Découverte qui demeure l'une de ses plus belles réalisations. Antifasciste de la première heure, comme Romain Rolland et son ami Paul Langevin, Jean Perrin condamna sans appel les accords de Munich. Il n'accepta pas davantage l'armistice de 1940, se retira en zone libre, puis rejoignit son fils Francis à New-York pour prendre place parmi ceux qui rallièrent le général de Gaulle. Déjà malade, il épuisa ses dernières forces au service de la France Libre et mourut le 17 avril 1942. Le grand historien d'art, Henri Focillon, qui lui-même, peu après devait également mourir en exil, écrivit dans la revue de l'Ecole libre des Hautes Etudes :

« Certains hommes portent en eux plus que la magnificence de l'esprit. Il n'est pas permis de parler sans un profond respect d'un ordre humain qui donne à la patrie et à la liberté des maîtres

aussi complets, d'une étoffe aussi belle. Jean Perrin, jailli du XIXème siècle, était le témoignage et l'exemple inépuisable de la générosité d'une époque que nous ferons revivre dans la cité régénérée et selon de justes lois. »

Bibliographie

de Jean Perrin

- Les Principes*, Gauthier-Villars, 1903
- Les Atomes*, Alcan, 1913, Flammarion, collection « champs », 1990
- Les Eléments de la Physique*, Albin Michel, 1930 et 1947
- Grains de Matière et de Lumière*, Hermann, 1935 et 1948
- L'Organisation de la Recherche Scientifique en France*, Hermann, 1938
- A la Surface des Choses*, Hermann, 1940-1941
- La Science et l'Espérance*, Presses Universitaires de France, 1948
- Ceuvres Scientifiques*, Publications du C.N.R.S.

sur Jean Perrin

- Louis de Broglie, *La Réalité des molécules et l'œuvre de Jean Perrin*, in *Savants et Découvertes*, Albin Michel, 1951
- Francis Perrin, *Jean Perrin*, in *Les Inventeurs Célèbres*, ouvrage collectif publié sous la direction de Louis Leprince-Ringuet, Lucien Mazenod, 1950
- Albert Ranc, *Jean Perrin*, préface de Léon Blum, Editions de la Liberté, 1945
- Fernand Lot, *Jean Perrin et les Atomes*, Seghers, collection « Savants du Monde entier », 1963.

ECOUTEZ CHAQUE MOIS

La science, passionnément !

Retrouvez les émissions scientifiques
mensuelles de
FUSION

Pour connaître leur programmation, appelez les radios suivantes :

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Bordeaux : Radio Campus (88.1) | Nancy : Radio Fajet (94.2) |
| Dijon : Radio Campus (92.2) | Nantes : Radio-Fidélité (103.8) |
| Grenoble : RECI (103.7) | Paris : Média Tropical (92.6) |
| Lille : Radio Campus (91.4) | Rennes : Radio Alpha (96.3) |
| Lyon : Radio Fourvière (88.4) | Strasbourg : RBF (91.9) |
| Marseille : Provence culture (97.6) | Toulouse : Radio Campus (94.0) |
| Montpellier : FM + (91.0) | Tours : Saint-Martin (100.4) |