

## Marian Smoluchowski, rappels sur la vie et l'œuvre d'un grand physicien

J. DAYANTIS

C.N.R.S, Institut Charles Sadron,  
6, rue Boussingault, 67083 Strasbourg cedex.

### A. Introduction.

Dans le firmament des grands savants, Marian (von) Smoluchowski (1872-1917) n'est certes pas une étoile de toute première grandeur, tels Maxwell, Einstein ou Henri Poincaré. Son œuvre, accomplie au début de ce siècle, est cependant très significative et inaugure en quelque sorte une approche nouvelle de la physique: celle de l'étude approfondie des phénomènes stochastiques. Certes, des considérations probabilistes concernant le mouvement des molécules dans les gaz ou ailleurs avaient été introduites avant Smoluchowski par Clausius, Maxwell et surtout Boltzmann; mais il revient à Smoluchowski d'avoir exploité la filière à fond, assis la théorie sur des bases solides et éclairci en particulier le problème des fluctuations.

Il faut savoir qu'à l'époque (fin du XIX<sup>e</sup> siècle), la consistance atomique et moléculaire de la matière était loin d'être admise par tout le monde: de nombreux savants contestaient la réalité des atomes. Ainsi, en France, Pierre Duhem (1861-1916), dont l'œuvre scientifique et surtout d'historien et de philosophe des sciences est immense, n'écrit pas une seule fois le mot "atome" dans son *Traité d'énergétique*, paru en 1911. D'autres "énergétistes", tels Wilhelm Ostwald (1853-1932) en Allemagne et Ernst Mach (1838-1916) en Autriche, professaient des points de vue analogues. Or l'approche stochastique des phénomènes physiques implique une constitution de la matière faite d'atomes et de molécules. En termes actuels et de manière passablement approximative, le débat entre ceux qui favorisaient l'approche stochastique et ceux qui au contraire favorisaient la mécanique du continu peut se résumer en partisans de la mécanique statistique (modèle discontinu de la matière) et

ceux de la thermodynamique phénoménologique (modèle continu de la matière). L'œuvre de Smoluchowski est dans cette perspective très importante, non pas tant pour la victoire finale de l'approche stochastique sur la mécanique du continu (car en fait les deux approches sont complémentaires), mais pour la reconnaissance de la première comme étant une approche valable et féconde.

Peut-être n'est-il pas inutile de préciser quelque peu les remarques qui précèdent. On admet, à la suite de Maxwell et de Boltzmann, que dans un corps dilué comme un gaz, les atomes ou molécules se meuvent dans toutes les directions possibles, selon une distribution des vitesses qui est celle donnée justement par Maxwell. Cette distribution de Maxwell est une conséquence de l'hypothèse du "chaos moléculaire", autrement dit, compte tenu du nombre immense de molécules contenues dans un volume fini, il est possible de considérer que les chocs entre molécules procèdent du hasard le plus pur et sont en conséquence justiciables du calcul des probabilités. Ceci, alors même que ce gaz forme un système hamiltonien qui est parfaitement déterministe et suit dans l'espace des phases une trajectoire bien définie. Mais la complexité du système est telle que la détermination de cette trajectoire est inaccessible au calcul, d'où la nécessité de recourir aux procédés du calcul des probabilités. Boltzmann démontre d'ailleurs, dans ses *Leçons sur la théorie des gaz* [1], que pour un gaz à l'équilibre, seule la distribution maxwellienne des vitesses est stable, ce qui veut dire que si à un moment donné le gaz s'est écarté de la dite distribution, il tendra toujours à y revenir. Ceci constitue du reste l'aspect essentiel de son célèbre théorème *H*.

Les considérations qui précèdent, bien connues au début de ce siècle des physiciens qui professaient l'atomisme, étaient par contre dénuées d'intérêt pour un physicien tel Pierre Duhem, qui en tant que scientifique était loin d'être le premier venu. L'origine du conflit est lié aux positions épistémologiques de ce dernier. Pour Duhem, le but de la science n'est pas d'expliquer la nature dans son fonctionnement ultime, mais seulement de fournir des relations entre observables expérimentales, qui doivent être dénuées de contradictions logiques et qui doivent être interprétées comme des "représentations" et non pas comme des "explications" de la nature. La consistance dernière de la nature, l'ultime réalité si l'on veut, nous est à jamais inconnue. C'est là une position Platonicienne qui illustre bien l'admirateur de l'Antiquité qu'était Duhem. Comme atomes et molécules ne sont pas des observables, il est inutile pour ce dernier de spéculer sur leur réalité et mieux vaut éliminer dans les

traités de physique toute référence à leur sujet. C'est pourquoi comme nous venons de le dire, que dans son *Traité d'énergétique*, le mot "atome" n'y apparaît pas une seule fois.

Toute différente est bien entendu l'approche de Smoluchowski, "l'esprit réincarné" de Boltzmann, selon la formule de Sommerfeld,<sup>1</sup> pour qui les atomes, s'ils ne sont pas en effet directement observables, n'en sont pas moins réels et manifestent leur existence à travers diverses propriétés de la matière. Ainsi en est-il du mouvement brownien, où l'adéquation des calculs conduits en introduisant les chocs aléatoires des atomes ou des molécules avec les particules browniennes, beaucoup plus grosses mais toujours microscopiques et des résultats expérimentaux, confirme indirectement l'existence des atomes et "explique" ce qu'est le mouvement brownien. Ce point de vu, tenu semble-t-il aujourd'hui par une majorité de physiciens, assure la prédominance de l'imagination et de l'intuition sur la logique dans le processus de recherche des lois de la nature. Toutefois, il faut se garder de taxer Duhem d'obscurantisme et à y regarder de plus près, la science a souvent oscillé entre les deux pôles que sont la "représentation" et "l'explication". Pour nous limiter à l'époque moderne, alors que pour Heisenberg il s'agit avant tout d'établir des relations entre observables, pour Louis de Broglie il faut essayer d'expliquer le comportement des électrons et autres particules élémentaires à partir d'une "thermodynamique cachée". L'on ne va pas trancher pareille question ici, ce par contre qu'il convient de faire observer, c'est que probablement les deux approches sont nécessaires et contribuent à tour de rôle au progrès de la science, selon le moment de son histoire et la tournure particulière de l'esprit de ceux qui à ce moment en assurent le progrès.

Quoi qu'il en soit, c'est bien l'approche stochastique de Boltzmann et Smoluchowski, en ce début de vingtième siècle, qui assure l'essentiel des progrès en physique mathématique et conduit finalement à l'acceptation par l'ensemble de la communauté scientifique de la structure discontinue de la matière. (Pour utiliser la terminologie de Thomas Kuhn, la science arrive à un nouveau paradigme). L'atomisme triomphe

---

<sup>1</sup> Textuellement, l'appréciation de Sommerfeld au début de sa notice nécrologique [2] est comme suit: "Wer seine glänzende wissenschaftliche Tätigkeit verfolgt hat, sah in ihm den eigentlichen Erben des Boltzmannschen Geistes der Naturbetrachtung", soit "Qui a suivi sa brillante activité scientifique, a vu en lui l'héritier propre de l'esprit Boltzmannien de contemplation de la Nature" que nous rendons par le raccourci ci-dessus.

donc, au moment même où Boltzmann, sujet à des accès de dépression, se suicide. Et dans ce triomphe, insiste Einstein dans sa notice nécrologique de Smoluchowski, ce dernier y est pour quelque chose.

Ce triomphe de l'atomisme ne doit pas au demeurant occulter le fait que l'approche stochastique de la matière, l'approche de la "matière-discontinu" de Boltzmann et de Smoluchowski et l'approche énergétiste, celle de Duhem, Mach et Ostwald, où la matière est avantagement définie comme un continuum auquel on se refuse par principe d'y associer une structure, sont d'un point de vue pratique complémentaires. Selon le problème abordé, l'une ou l'autre de ces approches peut être préférable, sans qu'il puisse y avoir contradiction entre les deux. Pour illustrer ce fait, considérons le cas particulier de la thermodynamique. A partir des travaux du grand précurseur qu'aura été Sadi Carnot (1796-1832), elle a été développée, dans un premier stade, en particulier par Rudolf Clausius (1822-1888), sans prendre en considération ce que pourrait être la structure intime de la matière. Dans cette approche "phénoménologique", comme on dirait aujourd'hui, on peut considérer sans inconvénient que la matière forme une sorte de continuum sans structure. Si  $dQ$  est la quantité de chaleur infinitésimale transmise entre deux corps à la même température absolue  $T$  (comme lors de la compression isotherme et réversible d'un gaz), ou encore à deux températures très voisines  $T$  et  $T + dT$ ,  $T^{-1}$  est le facteur intégrant qui rend  $dQ$  une différentielle totale exacte. Cette remarque de Clausius permet d'introduire l'entropie  $S$  en tant que potentiel défini par la relation

$$S = \int \frac{dQ}{T} + C$$

où  $C$  est une constante d'intégration à ce stade non précisée. Définition fort abstraite, comme le reconnaît Henri Poincaré, d'une quantité incontournable en thermodynamique. Une génération plus tard, Boltzmann, considérant que la matière est faite d'atomes et molécules, arrive à sa célèbre relation

$$S = k \ln X$$

où  $k$  est la constante de Boltzmann et  $X$  le nombre de complexions distinctes que peut prendre le système<sup>2</sup>. Cette relation jette sans conteste

---

<sup>2</sup> Selon certains auteurs, la relation ci-dessus, inscrite sur la tombe de Boltzmann à Vienne, n'aurait jamais été écrite par Boltzmann, mais déduite des travaux de ce dernier par Max Planck. Ceci n'est pas exact, comme nous l'avons montré ailleurs [15], bien qu'en effet la façon "tortueuse" dont cette relation essentielle est introduite dans le texte de Boltzmann a de quoi surprendre.

une vive lumière sur la signification profonde de la notion d'entropie et quoi qu'en puissent dire les adeptes modernes du positivisme en physique, il est difficile de ne pas y voir là une "explication" de ce qu'est l'entropie. Ceci dit, de nos jours, il peut être préférable en pratique de résoudre un problème spécifique par l'une ou l'autre des deux méthodes, soit la thermodynamique phénoménologique de Carnot, Lord Kelvin et Clausius (aspect continuum de la matière), soit la thermodynamique (mécanique) statistique de Maxwell, Boltzmann et Gibbs (aspect discontinu de la matière), ce qui justifie la complémentarité des deux méthodes.

Cette remarque clos notre introduction, dont la longueur est justifiée par le fait qu'il est peut être aussi important de situer le cadre dans lequel a oeuvré Smoluchowski que de décrire sa vie et son œuvre.

## B. Vie et œuvre de Smoluchowski.

Smoluchowski est né près de Vienne en 1872, d'une famille polonaise noble au service de l'Empereur François-Joseph. De 1880 à 1885 il fréquente le Collegium Theresianum, où il est un brillant sujet. Ce collège préparait les futurs fonctionnaires de l'empire Austro-Hongrois. (Rappelons que l'empire Austro-Hongrois de l'époque était constitué d'une multitude de nationalités où les Autrichiens de souche étaient minoritaires). De 1890 à 1895 il étudie à l'Université de Vienne, sous la direction de Joseph Stefan (qui a donné la loi portant son nom) et Felix Exner. Il y soutient sa thèse de doctorat, sur l'étude acoustique de l'élasticité des corps. De novembre 1895 à août 1897 Smoluchowski est successivement à Paris (avec Lippmann), à Glasgow (avec Lord Kelvin) et à Berlin (avec Warburg). A Berlin, Warburg lui suggère d'étudier la distribution de températures dans un gaz dont la température est différente de celle des parois qui le contiennent. D'après la théorie cinétique des gaz, il devrait y avoir un saut de température entre le gaz et les parois. Smoluchowski peut apporter la preuve expérimentale de l'existence de l'effet, ce qui est en faveur de la théorie atomique de la matière. Du même coup, il peut prendre parti dans le débat qui oppose atomistes et énergétistes. De 1899 à 1913 il est professeur de physique mathématique à l'université de Lvov. Il y travaille sur des sujets variés, comprenant entre autres l'aérodynamique, l'hydrodynamique et l'élasticité. En 1900 il épouse Zofia Baraniecka, fille du professeur de mathématiques à l'université de Cracovie. Ils auront deux enfants. C'est vers la même époque qu'il commence à s'intéresser au mouvement brownien. Quelques années plus tard, alors qu'il attendait la vérification expérimentale de ses calculs, Einstein

publie sa propre théorie du mouvement brownien (1905). Il décide alors de publier son travail, basé sur une approche différente, mettant en jeu le mouvement et les chocs quasi-aléatoires des molécules (1906). Poursuivant toujours la même approche stochastique, il étudie les fluctuations (1904, 1908, 1910), explique l'opalescence critique (1907) et complète les travaux de Lord Rayleigh sur le bleu du ciel. Ses travaux sur les fluctuations l'amènent à donner une formule précise pour le "temps de récurrence" des fluctuations, selon leur importance, et de poser ainsi de manière rigoureuse les limites de validité du deuxième principe de la thermodynamique. En effet, les fluctuations importantes dans un système macroscopique sont si rares qu'elles ne s'observent jamais. Leur temps de récurrence dépasse toute possibilité d'observation à l'échelle humaine et même à l'échelle de l'âge de l'univers. Lorsque les dimensions du corps diminuent jusqu'à devenir microscopiques, les fluctuations importantes deviennent de plus en plus fréquentes et le deuxième principe de la thermodynamique est de plus en plus souvent mis à défaut. Dans un système microcanonique (=isolé) à l'équilibre interne, ceci signifie que le système passe relativement souvent par des états qui ne correspondraient à la norme que si l'entropie du système était différente. (Il ne faut pas dire, comme on lit parfois dans la littérature, que dans un tel système, l'entropie peut diminuer; dans un système isolé à l'équilibre, l'entropie est nécessairement constante, par contre des déviations importantes de la fonction  $H$  de Boltzmann de son minimum peuvent se produire). Pour un système approchant les dimensions moléculaires et ne contenant qu'un très petit nombre de molécules, le deuxième principe de la thermodynamique n'a plus aucune signification. C'est là une formulation précise de ce qu'avait entrevu Boltzmann en qualifiant son théorème  $H$  de vérité statistique (le minimum de la fonction  $H$  est proportionnel à l'entropie changée de signe). Ce qui précède explique comment à partir d'équations du mouvement qui sont réversibles, on obtient des comportements macroscopiques qui nous paraissent parfaitement irréversibles. D'après les termes même de Smoluchowski "un phénomène paraît réversible (irréversible) selon que le temps de récurrence est court (long) par rapport à la durée des observations " [17]. Cette approche constitue la principale approche classique du problème de l'irréversibilité. Car il y en a d'autres. Elle trouve son origine dans des arguments de Boltzmann et outre Smoluchowski, elle a été également développée par les Ehrenfest (Paul et Tatiana) et par Chandrasekhar, qui fut comme on le sait un autre grand utilisateur des méthodes stochastiques.

En 1913 Smoluchowski devient professeur de physique expérimentale à l'université de Cracovie. Vers cette même époque il s'intéresse à des problèmes d'agrégation des colloïdes et introduit à cette occasion les notions de barrière "absorbante" et de barrière "réfléchissante". Ces notions ont refait surface de nos jours et sont importantes en théorie des agrégats, des polymères et des colloïdes. En 1917 il est élu recteur de l'Université de Cracovie, mais décède cette même année, à 45 ans, de dysenterie.

Avant tout physicien théoricien, Smoluchowski s'est à l'occasion occupé de science appliquée. Il a ainsi étudié la propagation de la chaleur à travers des poudres ou des substances formées de petites billes, permettant l'isolation thermique des murs d'habitation. Méthode promise à un grand avenir! On lui doit aussi une théorie de la formation des montagnes, basée sur le plissement sous l'effet de contraintes d'une plaque à l'origine plane. Nous ignorons si les théories modernes de tectonique des plaques suivent cette approche ou une approche analogue, auquel cas Smoluchowski aura été un précurseur dans ce domaine. Pour compléter ce rapide survol de l'œuvre de Smoluchowski, signalons certains travaux de spécialité, travaux surtout de jeunesse, telle la théorie de l'électrophorèse et l'étude des gaz très dilués. Smoluchowski a eu une très importante activité d'enseignant et a écrit ce qui peut être considéré comme le premier traité de physique en langue polonaise (*Poradnik dla Samouk'ov*, Heflich et Michalski éditeurs, Varsovie 1917). L'œuvre complète de Smoluchowski a été publiée en Pologne (*Pisma Mariana Smoluchowskiego*, W. Natanson éditeur, Cracovie 1924-28, 3 vols). Elle contient ses œuvres en polonais, ainsi que dans les différentes autres langues qu'il pratiquait. La meilleure analyse des travaux de Smoluchowski, dans les langues autres que le polonais (surtout l'allemand, avec quelques articles en langue française ou anglaise) reste probablement celle que Sommerfeld a entreprise dans sa notice nécrologique [2]. Ces mêmes travaux, à l'exclusion de l'œuvre en polonais du savant, sont également énumérés dans les Annales de Poggendorff [3]. Pour ceux qui pratiquent le polonais, les travaux sur le mouvement brownien et les fluctuations ont été analysés par S. Loria [4], alors que les conceptions philosophiques ont été exposées par W. Kapu'sci'nski [5]. Pour ceux qui ne pratiquent ni le polonais ni l'allemand, mais seulement l'anglais, la meilleure approche de son œuvre reste probablement le grand article de S. Chandrasekhar sur les processus stochastiques en physique et en astronomie [6]. Des indications sur les travaux de Smoluchowski sur les gaz très raréfiés se trouvent dans le livre de E. Bloch, Théorie

Cinétique des Gaz [7]. Observons que dans ce petit ouvrage, excellent par ailleurs, nulle référence n'est faite, s'agissant du mouvement brownien, à Smoluchowski, bien que la théorie d'Einstein de ce phénomène y soit exposée. Les traités de physique ou de mécanique statistique qui traitent ou à tout le moins mentionnent les travaux de Smoluchowski semblent peu nombreux; un de ceux-ci est l'ouvrage de B. *Loeb*, *Kinetic Theory of Gases*, McGraw-Hill, 1927. Dans le classique de la littérature sur les fondements de la Mécanique Statistique, le livre de R.C. Tolman, *Statistical Mechanics* [8], Smoluchowski est cité une seule fois, en référence à l'opalescence critique. De même, d'autres ouvrages, qu'il n'est pas nécessaire d'énumérer ici, citent Smoluchowski en une seule circonstance, citations qui ne se recoupent pas en général. (Les citations les plus fréquentes concernent le mouvement brownien, les fluctuations, l'opalescence critique, l'équation dite de Smoluchowski, qui se réfère aux probabilités conditionnelles, enfin le problème de l'irréversibilité en physique). La biographie de Smoluchowski a été faite par A. Teske [9].

Smoluchowski jouait du piano, pratiquait l'alpinisme et peignait des aquarelles. Il parlait de nombreuses langues (anglais, français, danois et bien entendu allemand et polonais) et appréciait la vie de famille. Il semble ne s'être jamais sérieusement intéressé à la politique, mais il a vivement déploré, comme le rapporte Einstein [10], les souffrances occasionnées par la première guerre mondiale. Ainsi, la fin de son existence a-t-elle été teintée de pessimisme.

### C. Smoluchowski a-t-il connu Boltzmann?

“L'esprit réincarné” de Boltzmann, a-t-il connu son maître? Les avis divergent à ce propos. Smoluchowski avait trente quatre ans au moment du décès de Boltzmann et il a étudié comme nous l'avons dit à l'Université de Vienne de 1890 à 1895, sous la direction de Joseph Stephan, qui a aussi été le maître de Boltzmann, où ce dernier a également enseigné de 1894 à 1900. En 1904, il présente à la Boltzmann-Festschrift, du vivant de Boltzmann, un premier travail sur les fluctuations, celles de densité dans un gaz. Rien ne s'oppose donc à ce que Boltzmann et Smoluchowski se soient connus et même bien connus. D'après E. Broda, le biographe de Boltzmann [11], Smoluchowski aurait été l'élève de Stefan, de Exner, mais aussi de Boltzmann. Les dates indiquées ci-dessus montrent que cela n'est nullement impossible, mais le fait n'est confirmé ni par Sommerfeld [2], qui semble avoir bien connu Smoluchowski, ni par le biographe de ce dernier, Andrzej Teske [9]. Le

plus probable, en attendant que la question soit résolue, si jamais elle peut l'être, est que Smoluchowski a dû connaître Boltzmann, au moins de vue, mais que les deux hommes n'ont jamais eu de relations suivies et n'ont jamais échangé aucune correspondance. Pourquoi en a-t-il été ainsi, entre le maître et son meilleur élève, restera peut-être l'un des mystères de l'histoire des sciences, qui en a compté bien d'autres.

#### D. Traversée du désert.

Smoluchowski était bien apprécié de ses contemporains. On a de nombreux indices de cela:

- Donnan écrivait en 1913 que les progrès principaux de la physique étaient dus à Smoluchowski, Einstein, Svedberg et Perrin. On remarquera que tous ces physiciens ont puissamment contribué à établir la théorie atomique de la matière, Einstein introduisant de surcroît les corpuscules de lumière que sont les photons.
- Dans un livre paru en 1914 dans les séries mathématiques de l'Université de Göttingen [12], Smoluchowski côtoie Max Planck, Peter Debye, Walter Nernst, Arnold Sommerfeld et H.A. Lorentz. En somme, le gratin de la science de l'Europe Centrale de l'époque, dont quatre prix Nobel.
- En 1916, à la mort de Hasenöhrl, tué à la guerre, Smoluchowski est considéré par l'Université de Vienne comme le meilleur candidat à sa succession au poste prestigieux de professeur de physique. Ce sont ses origines polonaises qui font semble-t-il obstacle à la confirmation de sa nomination par l'administration autrichienne, en cette période troublée de l'histoire mondiale.
- Au moment même de sa mort, il est élu membre correspondant de l'Université de Göttingen, l'une des plus prestigieuses du monde germanique.
- Enfin et ce n'est pas là le moindre indice, à sa mort Einstein et Sommerfeld écrivent des notices nécrologiques.

Ce qui précède suffit, nous l'espérons, pour montrer l'importance de l'œuvre de Smoluchowski, aussi bien dans son aspect conventionnel d'explication de phénomènes et d'apport de connaissances nouvelles (théorie du mouvement brownien et de l'électrophorèse, théorie des fluctuations, opalescence critique, bleu du ciel, physique des colloïdes et de leur agrégation) que dans son interprétation des fondements de la science (limites de validité du deuxième principe, irréversibilité). Malgré

cela il est curieux de constater que son nom est absent de la plupart des grandes encyclopédies et notamment de l'illustre *Encyclopaedia Britannica*. Dans l'*Encyclopedia Universalis* (de langue française), Smoluchowski est cité une seule fois dans le Corpus, en référence au mouvement brownien et toute notice biographique le concernant est absente du Corpus ou du Thésaurus de cet ouvrage en 20 volumes. (Du moins dans l'édition que nous possédons). Paul Ehrenfest (1880-1933), autre grand thermodynamicien sensiblement contemporain de Smoluchowski, est l'objet d'un traitement identique dans cette encyclopédie, mais par contre de nombreuses encyclopédies étrangères ont une entrée à son nom. Duhem, quant à lui, a droit à un article complet dans le Corpus. Ce traitement de faveur, auquel n'ont droit en principe que les très grands savants, tels ceux cités en début de cette note, peut se discuter. L'œuvre purement scientifique de Duhem est certes importante, en thermodynamique et en particulier en thermodynamique des mélanges, en hydrodynamique, en élasticité. Qui a eu l'occasion d'avoir en main et de parcourir même rapidement l'un quelconque de ses nombreux traités, ne peut qu'admirer les qualités bien françaises de clarté et de rigueur qui les caractérisent. D'autre part, Duhem, en grand admirateur de la science antique et médiévale qu'il était (il a en particulier puissamment contribué à ressusciter cette dernière dans son œuvre d'historien), a souvent peu apprécié les progrès faits en science par nombre de ses contemporains ou prédécesseurs immédiats. Il s'est ainsi violemment opposé à Boltzmann, à Maxwell et à Einstein. Cette opposition est d'ailleurs souvent liée à des positions épistémologiques, brièvement rappelées dans l'Introduction et exposées en détail dans "La Théorie Physique" [13]. Ainsi, s'agissant de Maxwell, c'est moins la théorie électromagnétique de ce dernier qui est critiquée, que la façon dont elle a été obtenue, qui ne satisferait pas, selon Duhem, aux normes de rigueur logique indispensables. L'on sait que d'autres que lui ont critiqué la façon dont Maxwell aurait obtenu nombre de ses résultats [14]. Du reste, il n'y a pas de doute que le dogmatisme de Duhem a parfois occulté sa clairvoyance. Si donc on veut se limiter à l'apport purement scientifique de Duhem, trois quarts de siècle de recul suggèrent qu'il conviendrait de le traiter au même titre qu'un Ehrenfest ou un Smoluchowski. Mais il est vrai que Duhem est important, peut-être, surtout en tant qu'historien, philosophe des sciences et épistémologiste. Ses idées, une fois connues et reconnues (le "Système du monde", en dix volumes, n'a finit de paraître qu'en 1959), n'ont pas cessé depuis d'alimenter commentaires et polémiques ...

Mais revenons pour conclure à Smoluchowski. Nous voudrions essayer de comprendre pourquoi ce savant de valeur est passé (et passe encore) par une si longue période d'effacement relatif. Il appartiendra sans doute aux historiens de la science de trouver des réponses certaines à la question posée. Nous ne pouvons ici qu'avancer des hypothèses. D'abord et contrairement à Duhem, Smoluchowski n'avait pas un caractère à se faire des ennemis. La science étant une activité "sociale" comme toute autre activité humaine, on est en grande partie jugé, de son vivant, d'après les relations que l'on entretient avec son entourage scientifique et en particulier les "célébrités" les plus influentes existant en toute époque. La postérité confirme ou relativise, selon les cas, (parfois même infirme) les honneurs attribués à quelqu'un de son vivant. Duhem, par exemple, qui ne fut jamais nommé professeur à Paris, a terriblement souffert de son conflit, de nature scientifique au départ, avec Berthelot, conflit du reste où, du point de vue strictement scientifique, c'est bien Berthelot qui était dans l'erreur. Dans le cas de Smoluchowski, il ne peut y avoir de phénomène de ce genre, Smoluchowski comme nous l'avons dit n'ayant pas eu un caractère à se faire des ennemis. Par contre, ses origines ethniques ont pu jouer en sa défaveur. Nous avons vu qu'en pleine première guerre mondiale, l'administration autrichienne refuse de valider sa nomination au poste de professeur de physique à Vienne à cause de ses origines polonaises. (Signalons cependant que d'après Stanislas Ulam [16], l'Université de Cracovie se serait alors dépêchée de le nommer Doyen afin de pouvoir le conserver). Par ailleurs, Smoluchowski étant mort en 1917 et l'atomisme étant désormais universellement admis, l'élite des jeunes physiciens se tourne désormais vers d'autres préoccupations que la Mécanique Statistique. (Mécanique quantique et ondulatoire, constitution du noyau, particules élémentaires, etc). En outre, l'avènement du National-Socialisme en Allemagne, ne pouvait guère être favorable à un savant qui avait écrit une partie importante de son œuvre en polonais, langue barbare et incompréhensible, pratiquée par une race "inférieure". Quant au monde Anglo-Saxon, si puissant dans tous les domaines et en particulier en sciences, il a peut-être eu tendance, consciemment ou inconsciemment, à négliger un scientifique qui n'était pas de tout premier plan, ou en tout cas dont l'œuvre n'était pas suffisamment connue (s'agissant par exemple du mouvement brownien, Einstein, qui de surcroît écrivait toujours en allemand, est plus volontiers cité que Smoluchowski). Enfin, le fait que Smoluchowski ait accompli son œuvre loin des centres scientifiques les plus réputés de son époque, peut aussi avoir joué en sa défaveur. En somme, pour employer une image, Smoluchowski

aurait manqué de parrains. Copernic est bien loin et Madame Curie a réalisé son œuvre dans un pays “civilisé”, la France et non pas en Pologne! Encore que, dans la mesure où elle pourrait être exacte, il conviendrait de relativiser cette constatation. En effet, les meilleures esprits travaillant sur les processus stochastiques n’ont jamais cessé de faire référence à Smoluchowski et tout particulièrement Chandrasekhar, autre grand champion des méthodes stochastiques. Reste qu’il ne serait que justice que cet auteur tout-à-fait important trouve enfin sa place dans les grandes encyclopédies, qui sont le vecteur privilégié de la diffusion des connaissances, afin d’être mieux connu des scientifiques en particulier et du grand public cultivé en général.

## Références

- [1] Ludwig Boltzmann, *Vorlesungen über Gastheorie*, trad. française, Leçons sur la théorie des gaz, Gauthier-Villars, Paris 1902; réimpression, Editions Jacques Gabay, Sceaux 1987.
- [2] A. Sommerfeld, *Zum Andenken an Marian von Smoluchowski*, *Physikalische Zeitschrift*, **18**, 533-39, (1917).
- [3] J.C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch, Band V: 1904 bis 1922, Verlag Chemie Leipzig/Berlin, 1926.
- [4] Stanislaw Loria, *Marian Smoluchowski i jego dzieło* (Marian Smoluchowski et son œuvre) *Postepy fizyki*, **4**, 5, (1953).
- [5] Wladyslaw Kapu’sci’nski, *Poglady filozoficzne Mariana Smoluchowskiego* (Vues philosophiques de Marian Smoluchowski), *Fizyka i chemie*, **6**, 200, (1953).
- [6] S. Chandrasekhar, *Stochastic Problems in Physics and Astronomy*, *Reviews of Modern Physics*, **15**, 1, (1943).
- [7] Eugène Bloch, *Théorie cinétique des gaz*, Coll. Armand Collin (Section de Physique), Librairie Armand Collin, Paris, 1951.
- [8] R.C. Tolman, *Statistical Mechanics*, Oxford University Press, Oxford, 1938.
- [9] Andrzej Teske, *Marian Smoluchowski-zycie i tw’orczo’s’c* (Marian Smoluchowski, vie et œuvre), Varsovie, 1955.
- [10] Albert Einstein, *Marian von Smoluchowski*, *Naturwissenschaften* **5**, 737, (1917).
- [11] Engelbert Broda, *Ludwig Boltzmann, Man-Physicist-Philosopher*, Ox Bow Press, Woodbridge, Connecticut (U.S.A.), 1983.
- [12] M. Smoluchowski, *Gültigkeitgrenzen des zweiten Hauptsatzes der Wärme-theorie*, dans *Vorträge über Kinetische Theorie der Materie und der Elektrizität*, pp.86-126, Leipzig, Teubner, 1914.
- [13] Pierre Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure*, Paris 1906. Réédition, Librairie Philosophique J. Vrin, Paris, 1989.
- [14] Malgré sa répugnance manifeste à suivre le fil des raisonnements de Maxwell, au moins en une circonstance, Duhem ne manque pas de qualifier ce dernier dans la référence ci-dessus de “grand savant”. Ceci suffit

à montrer qu'en définitive et malgré ses objections, Duhem éprouvait de l'admiration pour le savant écossais.

- [15] Jean Dayantis, *Irréversibilité et temps de récurrence en physique*, Annales de la Fondation Louis de Broglie, **13**, 449, (1988).
- [16] Stanislas Ulam, *Marian Smoluchowski and the Theory of Probabilities in Physics*, American Journal of Physics, **25**, 475-481, (1957).
- [17] M. Smoluchowski, *Moleculartheoretische Studien über Umkehr thermodynamisch irreversibler Vorgänge und über Wiederkehr abnormaler Zustände*, Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Abb. IIa, **124**, 263, (1915).

La présente Note sur Smoluchowski a été réalisée à partir des références ci-dessus. Ont en outre servi les notices biographiques sur Smoluchowski, Boltzmann et Duhem dans le Dictionary of Scientific Biography, C.C. Gillispie éditeur, Charles Scribener's Sons, N.Y. 1980.

Nous remercions M. le professeur Przemyslav Kubisa, de l'Académie Polonaise des Sciences à Lvov, de nous avoir résumé l'essentiel du livre de Teske sur Smoluchowski. Il en existerait une édition allemande que nous n'avons pas pu nous procurer.

Les calculs de Smoluchowski sur le temps de récurrence des fluctuations et les limites de validité du deuxième principe se trouvent dans les références [12] et [17].

Sur différentes approches du problème de l'irréversibilité en physique, on peut consulter, du présent auteur, la référence [15].

*(Manuscrit reçu le 20 mai 1992)*