

Marian Smoluchowski Fin de la traversée du désert pour un grand thermodynamicien ?

Jean Dayantis, *chargé de recherche CNRS*

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 19^e 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) et Ernst Mach (1838-1916) en Allemagne, 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.

Dans ces conditions, il est plutôt surprenant de constater que dans les grandes encyclopédies que nous avons pu consulter et, à

une exception près, le nom de Smoluchowski en est absent. En particulier, il en est ainsi de l'illustre *Encyclopaedia Britannica*. D'autres grands thermodynamiciens qui sont ses contemporains, tels Duhem déjà cité et Paul Ehrenfest (1880-1933), n'ont pas eu à subir un tel sort. Or, aujourd'hui, les contributions de Ehrenfest et de Duhem* à la physique ne paraissent pas plus considérables que celles de Smoluchowski. C'est cette constatation qui motive la présente note d'histoire des sciences, dont le but avoué est de contribuer si peu soit-il à une meilleure connaissance de ce savant.

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 fut 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 pro-

Institut Charles Sadron, 6, rue Boussingault, 67083 Strasbourg Cedex. Tél. : 88.41.40.00 (télécopie : 88.41.40.99).

* *L'œuvre purement scientifique de Duhem est certes importante, 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. Duhem, en grand admirateur de la science médiévale qu'il a puissamment contribué à ressusciter dans son œuvre d'historien, a généralement peu apprécié les progrès faits en science par ses contemporains ou prédécesseurs immédiats. Il s'est ainsi opposé à Boltzmann, à Maxwell et à Einstein. De toute façon, cela eut été contraire à ses conceptions scientifiques et philosophiques, faites souvent d'idées préconçues, remontant en partie à Platon et à l'Antiquité, que de s'accorder avec des théories qui professaient l'atomisme. Si donc on veut se limiter à l'apport purement scientifique de Duhem, 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 fini de paraître qu'en 1959), n'ont pas cessé depuis d'alimenter les polémiques...*

fesseur 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 publia sa 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), 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 interne, 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". 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 de 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 sui-

* Sur les différentes approches du problème de l'irréversibilité en physique, on peut consulter J. Dayantis, *irréversibilité et temps de récurrence en physique*, Annales de la Fondation Louis de Broglie, 1988, 13, 449.

vent cette approche ou une approche analogue, auquel cas Smoluchowski aura été un précurseur dans ce domaine.

Smoluchowski jouait du piano, pratiquait l'alpinisme et aimait peindre. 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, les souffrances occasionnées par la première guerre mondiale. Ainsi, la fin de son existence a-t-elle été teintée de pessimisme.

■ 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, 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 et d'apport de connaissances nouvelles (théorie du mouvement brownien, théorie des fluctuations, opalescence critique, bleu du ciel, physico-chimie des colloïdes) que dans son aspect d'interprétation des fondements de la science (limites de validité du deuxième principe, irréversibilité). Malgré cela et comme indiqué en introduction, son nom est absent de la plupart des grandes encyclopédies et notamment de l'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). Ehrenfest est traité de la même manière 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, comme ceux que nous avons cité en début de cette note, peut se discuter.

Mais revenons à Smoluchowski. Nous voudrions essayer de comprendre pourquoi ce savant de valeur est passé 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 "célé-

brités". La postérité confirme ou relativise, selon les cas, (quelquefois 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, au départ de nature scientifique, avec Berthelot. Dans le cas de Smoluchowski, il n'y a pas de phénomène de ce genre. Comme nous venons de le dire, Smoluchowski n'avait pas un caractère à se faire des ennemis ; il s'agirait plutôt, dans son cas, d'une question d'origine ethnique. 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 (notons cependant que, d'après Stanislas Ulam, l'université de Cracovie se serait alors dépêchée de le nommer recteur de l'Académie afin de le retenir).

Par ailleurs, Smoluchowski étant mort en 1917 et l'atomisme étant désormais universellement admis, l'élite des jeunes physiciens s'oriente désormais vers d'autres préoccupations que la mécanique statistique (mécanique quantique et ondulatoire, constitution du noyau, particules élémentaires, etc.). De plus, l'avènement du national-socialisme, en Allemagne, ne pouvait guère être favorable à un auteur qui avait écrit une partie 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 dont l'œuvre n'était pas suffisamment connue. Ainsi, s'agissant du mouvement brownien, on cite plus volontiers Einstein que Smoluchowski.

Enfin, le fait que Smoluchowski ait accompli son œuvre à l'écart des grands centres scientifiques de l'époque ne peut pas non plus être étranger à cette situation. 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 meilleurs esprits travaillant sur les processus stochastiques n'ont jamais cessé de faire référence à Smoluchowski et tout particulièrement Chandrasekhar, autre grand champion, comme nous l'avons dit, 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] A. Teske, Marian Smoluchowski, Vie et œuvre, Varsovie, 1955 (en polonais).
- [2] Notices biographiques sur M. Smoluchowski, P. Ehrenfest et P. Duhem dans le Dictionary of Scientific Biography, c.c. Gillispie Ed., Scribner's Sons New York.
- [3] A. Einstein, Marian von Smoluchowski, *Naturwissenschaften*, 1917, 5, 737-38.
- [4] A. Sommerfeld, Zum Andenken an Marian von Smoluchowski, *Physikalische Zeitschrift*, 1917, 18, 353-39.
- [5] S. Ulam, Marian Smoluchowski and the Theory of Probabilities in Physics, *American Journal of Physics*, 1957, 25, 475-81.
- [6] S. Chandrasekhar, Stochastic processes in physics and astronomy, *Reviews of Modern Physics*, 1943, 15, 1-89.

Nous remercions M. le professeur Przemyslaw 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.

Bernadette Bensaude-Vincent et Isabelle Stengers Histoire de la chimie - Editions La Découverte (Paris), 1993.

Quoique d'allure traditionnelle, cet ouvrage présente une approche originale de l'histoire de la chimie. En effet, on a longtemps considéré comme une évidence qu'il y a une histoire de la chimie, une histoire de la physique..., une histoire pour chaque science. Ainsi les histoires traditionnelles semblent-elles présupposer qu'il existe, de toute éternité, quelque part dans la nature, un territoire chimique aux frontières bien définies, qui aurait d'abord été occupé par des alchimistes aux pratiques occultes, ainsi que par une foule d'obscur artisans aux recettes empiriques, avant d'être enfin délivré des ténèbres par la grâce de quelque savant éclairé. Sur la date de l'événement qui fit rupture, les opinions varient suivant les pays - tantôt Robert Boyle, tantôt Ernest Georg Stahl, tantôt Lavoisier - mais partout on s'accorde à désigner un moment fondateur et on s'acharne à identifier le "Galilée" ou le "Newton" de la chimie. D'où la découpe classique du passé de la chimie en deux périodes bien tranchées, que l'on trouve, par exemple, dans le célèbre histoire de Ferdinand Hofer : un âge préscientifique décrit par des récits pleins d'exotisme et de fantaisie, puis un âge scientifique "sérieux", décrit en termes triomphalistes avec une avalanche de lois et de découvertes expérimentales, dont l'accumulation semble engendrer tout naturellement une foule d'applications industrielles ou agricoles pour le grand profit de l'humanité.

Ce genre d'épopée, hérité d'un siècle où la chimie était une science de pointe triomphante, le

symbole même du progrès, paraît bien vieillir aujourd'hui. Non seulement l'image sociale des chimistes est moins prestigieuse qu'au 19e siècle, mais encore les études menées par les historiens professionnels des sciences ont conduit à réviser les clichés qui alimentaient la vision positiviste des progrès de la chimie.

Comment écrire alors une histoire de la chimie ? Faut-il renoncer à "raconter une histoire" et se contenter d'énumérer, en un long catalogue, des doctrines, des faits et découvertes, depuis des pratiques lointaines de l'alchimie jusqu'à la chimie contemporaine qui invente des molécules, déchiffre les protéines et produit des matériaux "à la carte" ?

Cet ouvrage tente l'aventure d'une mise en récit. Au lieu de présupposer que la chimie a une histoire, il admet qu'elle est une histoire, toujours en marche, jalonnée de spectaculaires conquêtes et de dures batailles pour la dignité et la reconnaissance. Il ne s'agit donc pas de dégager le passé enfoui d'une science prédéfinie, dont l'identité ne ferait pas problème, ni de décrire la marche triomphale d'une science sûre d'elle-même. Alliant l'érudition acquise par des années de recherche à une passion partagée pour la chimie, les auteurs présentent la chimie comme une science en quête d'identité, hantée par la question de sa nature et de son rang dans la classification des sciences.

Au fil des chapitres, on découvre des profils hautement contrastés de la chimie. D'abord, le savoir polymorphe de l'alchimie, répandu dans

le monde, traversant plusieurs civilisations. Puis une science conquérante, occupant un territoire vaillamment défendu, une "niche" dans la philosophie naturelle du 18e siècle. Ensuite, au 19e siècle, la chimie arbore le profil haut d'une science modèle : modèle de positivité, elle illustre la prudence expérimentale et la fécondité de la recherche des lois ; modèle d'utilité, elle devient la base de secteurs agricoles et industriels si prospères que ce sont les chimistes qui ont consacré la distinction classique entre science pure et science appliquée. Enfin, au 20e siècle, bien qu'elle continue d'inonder la société de produits nouveaux, la chimie présente néanmoins un territoire démembré, entièrement remodelé au contact des sciences voisines : asservie à la physique par ses fondements théoriques ; au service de la biologie depuis le développement de la biologie moléculaire et subordonnée aux impératifs de la production industrielle. Tout en décrivant la chimie moderne comme une science de service, les auteurs, considérant quelques orientations récentes de la recherche comme de l'industrie et les mettant en perspective historique dans la longue durée, tentent de restaurer une identité propre à la chimie. Ainsi l'ouvrage est-il destiné, non seulement aux historiens des sciences et aux chimistes qui veulent comprendre l'émergence de la discipline, mais aussi à tous ceux qui, aveuglés par quelques stéréotypes récents, dénigrent la chimie sans bien saisir l'originalité de cette science façonnée par des siècles d'aventure avec la matière.