

## Que pensait vraiment Langevin de la thèse de Louis de Broglie ?

CHIEKO KOJIMA

Nihon University, Tokyo Japon

En 1992, la Fondation Louis de Broglie a réédité la célèbre thèse de Louis de Broglie acceptée le 25 novembre 1924[1], et nous pouvons trouver également le rapport de thèse de Paul Langevin dans cette réimpression[2]. B. Wheaton[3] et B. Bensaude-Vincent[4] avaient déjà publié une partie de ce rapport dans leurs livres, mais la Fondation était la première à présenter entièrement reproduit photographiquement le rapport original.

Il est bien connu que Langevin envoya la thèse de Louis de Broglie à Albert Einstein et qu'Einstein, l'appréciant beaucoup, la cita dans son article[5]. C'est cet article qui provoqua l'intérêt de Schrödinger pour la thèse de Louis de Broglie[6] ; et, dans sa biographie de Louis de Broglie, G. Lochak explique clairement le processus de transmission par Langevin de la thèse à Einstein, ainsi que la raison pour laquelle Einstein s'intéressa à l'idée de Louis de Broglie à ce moment-là[7].

Dans le présent article, nous verrons comment la thèse de Louis de Broglie influença les idées de Langevin sur la théorie des quanta. Nous examinerons un rôle de la thèse de Louis de Broglie dans le contexte de l'acceptation des quanta de lumière par Langevin et nous reconsidérerons l'estimation de la thèse de Louis de Broglie par Langevin.

### L'opinion de Langevin sur les quanta de lumière

Nous savons bien que les quanta de lumière qu'Einstein utilisait dans sa théorie du rayonnement[8] n'étaient pas acceptés par la plupart de ses contemporains. Lors de son interview en 1962, Léon Brillouin dit qu'en France, Langevin, Jean Perrin et Marie Curie avaient accepté les quanta

de lumière tout de suite[9]. Pourtant O. Darrigol dit qu'il semblerait plutôt, qu'à Paris comme ailleurs, les physiciens avaient en général une opinion négative des quanta de lumière[10].

Quant à Langevin, j'ai déjà examiné son acceptation des quanta de lumière en me fondant sur les notes prises par Louis de Broglie lors des cours de Langevin au Collège de France[11], et voici ce que j'ai résumé. Pendant le cours de 1919, Langevin n'a pas abordé la théorie du rayonnement d'Einstein et, dans le cours de 1924-1925, il doutait encore de la théorie corpusculaire du rayonnement. Par contre l'essentiel du cours de 1927 était la théorie de la structure de la lumière, y compris la théorie corpusculaire du rayonnement.

Grâce à cela, nous pouvons connaître le changement d'opinion de Langevin au sujet des quanta de lumière. En 1919, il niait l'hypothèse ; de 1924 à 1925, il ne pouvait plus l'ignorer ; en 1927, il l'admettait entièrement. En France, les premiers physiciens qui acceptèrent, dès 1922, la théorie corpusculaire de la lumière furent Maurice et Louis de Broglie[12], mais on voit que Langevin, pendant longtemps, ne voulut pas l'accepter. En outre, quand Louis de Broglie arriva à la formule de Wien en 1922[13], de manière statistique avec un "atome de lumière" de masse infiniment petite, Langevin dénia cet atome[14]. Alors, ce n'est qu'après 1922 que Langevin changea son opinion sur les quanta de lumière, passant d'un point de vue négatif à un point de vue légèrement affirmatif. Il est donc très probable que la thèse de Louis de Broglie de 1924, qui adoptait les quanta de lumière, donna l'occasion à Langevin de changer son opinion sur cette question, et nous allons le voir dans le chapitre suivant.

### L'estimation de Langevin

Louis de Broglie écrit que grâce au soutien d'Einstein, sa thèse a pu être soutenue en Sorbonne[15]. Selon Louis de Broglie, Einstein était au courant de sa thèse depuis le printemps 1924 ; et si Langevin avait appris l'avis d'Einstein sur la thèse avant le jury le 25 novembre 1924, ce que dit Louis de Broglie devrait être exact. Pourtant, la lettre d'Einstein dans laquelle le félicite pour sa thèse avec la fameuse phrase : "Le travail de Louis de Broglie a fait une grande impression sur moi ; il a levé un coin du grand voile", est datée du 16 décembre 1924, bien après le jury[16]. Comme G. Lochak l'a déjà indiqué[17], le ton de cette lettre est celui de quelqu'un qui vient de prendre connaissance du texte. Avant cela, on ne trouve pas trace de la thèse dans la correspondance entre

Einstein et Langevin. Dans ce qui suit, nous examinerons l'estimation de Langevin sur la thèse de Louis de Broglie sans nous occuper de l'influence d'Einstein.

### Le dualisme des ondes et des corpuscules

Le rapport de Langevin commence par cette phrase suivante : *Le travail de M. Louis de Broglie représente un effort important vers la solution du problème fondamental de la Physique actuelle, celui de la synthèse des deux théories optiques des ondulations et des quanta, contradictoires jusqu'ici, au moins en apparence, et dont chacune s'appuie sur tout un ensemble de faits et de confirmations expérimentales remarquables*[18].

Nous comprenons que Langevin apprécie l'essai de Louis de Broglie pour bien résoudre le dualisme de la lumière, celui des ondes et des corpuscules. Dans l'histoire de la physique quantique, on tient Louis de Broglie pour le pionnier de la mécanique ondulatoire ainsi que pour l'auteur de l'onde matérielle. Sa grande contribution est la découverte des ondulations de la "matière". Mais le fond de sa découverte était sa recherche de la nature de la "lumière". Louis de Broglie considéra d'abord le dualisme de la lumière comme les quanta de lumière associés aux ondes. Puis ce dualisme s'appliqua à la matière.

La première phrase de Langevin montre qu'il le comprenait très bien. En même temps, bien que Langevin n'ait les quanta de lumière, il s'intéressa à la méthode de Louis de Broglie qui adoptait les quanta de lumière sans avoir abandonné la nature ondulatoire de la lumière. Enfin, Langevin n'accueillait pas les quanta de lumière positivement, mais il inclinait à la théorie corpusculaire de la lumière à condition qu'elle incluait la nature ondulatoire. En bref, la tentative de la synthèse des deux théories optiques des ondulations et des quanta par Louis de Broglie devait attirer l'attention de Langevin vers l'acceptation des quanta de lumière.

On devrait tenir compte de l'expérience sur l'effet Compton qui fut l'une des raisons qui ont fait accepter la théorie des quanta de lumière par Langevin, mais H. Konno indique qu'en 1924, l'effet Compton n'était pas encore l'expérience décisive qui prouvait l'existence des quanta de lumière[19]. D'ailleurs, l'expérience de Bothe-Geiger en 1924[20], obtint le résultat négatif contre la théorie de BKS[21] qui s'opposait aux quanta de lumière ; c'était pourtant après le jury de la thèse de Louis de Broglie que Langevin lut l'article de Bothe-Geiger. On trouve à la fin de la lettre

d'Einstein à Langevin datée du 16 décembre 1924 (dans laquelle Einstein félicita Louis de Broglie pour sa thèse), mention de l'expérience de Bothe-Geiger qui vient d'avoir un résultat négatif contre la théorie de BKS[22]. Langevin lui répondit par une lettre du 13 janvier 1925 en disant que l'expérience de Bothe-Geiger lui semblait très importante et qu'il lirait leur article pour en parler dans son cours[23]. Finalement, l'expérience de Bothe-Geiger prouva la prédominance des quanta de lumière le 25 avril 1925[24]. Au moins, Langevin subit l'influence de l'expérience de Bothe-Geiger, une des expériences décisives qui ont montré l'existence des quanta de lumière, après le jury de la thèse de Louis de Broglie.

### Les cours de Langevin sur la théorie des quanta

D'après l'opinion courante, les membres du jury de la thèse de Louis de Broglie étaient sceptiques sur l'existence physique des ondes que Louis de Broglie supposait[25]. Charles Mauguin était l'un d'eux et il avoua qu'il n'avait pas cru, lors de la soutenance de la thèse, à la réalité physique des ondes associées aux grains de matière[26]. Selon le rapport de Langevin, il admet que l'obscurité subsiste encore quant à la nature physique du phénomène périodique associé au grain d'électricité[27]. A la fin du rapport aussi, il indique les difficultés que soulève la conception de Louis de Broglie, comme : les quanta des grains d'énergie non électrisés se déplaçant moins vite que la lumière, tandis que l'onde associée se propage plus vite que la lumière[28]. Pourtant, Langevin dit que malgré les difficultés, il est remarquable que l'hypothèse de Louis de Broglie s'accorde avec tous les faits cinématiques et dynamiques concernant la propagation des ondes, effet Doppler, pression et fluctuations de radiation etc et il conclut le rapport par : *L'originalité et la profondeur des idées, la coordination remarquable qu'elles permettent, justifient largement l'acceptation de son travail comme thèse de Doctorat ès Sciences*[28]. Dans la lettre de Langevin à Einstein datée du 13 janvier 1925, Langevin écrivit sur la thèse de Louis de Broglie : *il subsiste bien des difficultés, mais j'ai l'impression qu'il faut voir jusqu'où on peut aller dans ce sens*[29] ; il espérait alors que le travail de Louis de Broglie ouvrait la porte pour résoudre les problèmes de la théorie des quanta.

Néanmoins, Langevin n'appréciait pas la thèse de Louis de Broglie au pied de la lettre. Par exemple, dans la lettre de Langevin à Einstein datée du 13 janvier 1925, Langevin disait qu'il souhaitait parler ses idées de Louis de Broglie dans son cours ; cependant lors des cours sur la théorie des quanta de 1924-1925, et aussi de 1925-1926, Langevin ne

traita pas de la théorie de Louis de Broglie[30]. C'était dans son cours de 1927 que Langevin mentionna la théorie de Louis de Broglie pour la première fois, mais il exposa une opinion négative sur elle.

En ce qui concerne les documents du cours de Langevin sur la théorie des quanta en 1919, on ne connaît actuellement que les notes prises par Louis de Broglie. Par contre, pour les cours de Langevin de 1924-1925, de 1925-1926 et en 1927, des notes prises par d'autres élèves de Langevin sont conservées au centre de ressources historiques de l'École Supérieure de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris[31]. Pour le cours de 1927, les rédactions des élèves sont dactylographiées[32]. Dans les notes de cours de 1927 de Louis de Broglie, la théorie de Louis de Broglie n'est pas expliquée, pourtant les notes conservées à l'ESPCI nous montrent ce que Langevin raconta des idées de Louis de Broglie pendant son cours sur la théorie des quanta en 1927. Au sujet de la théorie des quanta de lumière (Lichtquantum), il dit ce qui suit : *Il y a là une difficulté à se représenter le Lichtquantum et M. Louis de Broglie a cherché à lui conserver un peu de masse en admettant que le groupe d'ondes par lequel il se représente le quantum se déplace avec une vitesse légèrement inférieure à  $c$ . Néanmoins, il semble que de quelque manière que les choses doivent évoluer, on sera conduit à admettre que  $m_0 = 0$* [33]. Enfin, même si Langevin considérait le dualisme de la lumière de Louis de Broglie comme une nouvelle interprétation très importante, il n'admettait pas que des quanta de lumière eussent un peu de masse.

Certains témoignages, comme celui de P. Kapitza[34], par exemple, portaient à croire que Langevin avait fortement soutenu la théorie de Louis de Broglie. Mais d'après le rapport de Langevin et d'après ses notes de cours sur la théorie des quanta, il n'acceptait pas toute la théorie de Louis de Broglie. Il serait donc nécessaire de revoir l'influence d'Einstein lors de la soutenance de la thèse de Louis de Broglie. Ce problème sera examiné en une autre occasion, dans le contexte plus général de l'accueil fait aux idées de Louis de Broglie.

## Références

- [1] Louis de Broglie, *Recherches sur la théorie des quanta*, Ann. de Phys., (10) 3, (1925), 22-128.
- [2] Louis de Broglie *Recherches sur la théorie des quanta*, Fondation Louis de Broglie, (1992), 131-134
- [3] B. Wheaton, *The Tiger and the Shark*, Cambridge, (1983), 295-297.
- [4] B. Bensaude-Vincent, *Langevin*, Belin, (1987), 161-164.

- [5] A. Einstein, *Quantentheorie des einatomigen idealen Gases*, Sitzb. preuss. Akad. Wiss., (1925), 3-14.
- [6] Le 23 avril 1926, Schrödinger écrit une lettre à Einstein dans laquelle il le remercia d'avoir attiré son attention sur la thèse de de Broglie, grâce à la référence [5]. K. Przibram, *Schrödinger, Planck, Einstein, Lorentz, Briefe zur Wellenmechanik*, Springer Verlag, (1963).
- [7] G. Lochak, *Louis de Broglie*, Flammarion, (1992), 108-113.
- [8] A. Einstein, *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*, Ann.d.Phys., (4), 17 (1905) 132-148, *Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems*, Phys.Zeits., 10, (1909), 185-193, *Quantentheorie der Strahlung*, Phys.Zeits., 18, (1917), 121-128.
- [9] J. Mehra, *The Historical Development of Quantum Theory*, Springer-Verlag, vol.1, part 2, (1982) p.580.
- [10] O. Darrigol, *Strangeness and soundness in Louis de Broglie's early works*, Physis, XXX, (1993), 320-321.
- [11] C. Kojima, *Notes prises par Louis de Broglie lors des cours de Paul Langevin au Collège de France sur la théorie des quanta*, (1ère partie), Ann. de F.Louis de Broglie, vol.21, n° 1, (1996), 81-89; *Notes prises par Louis de Broglie lors des cours de Paul Langevin au Collège de France sur la théorie des quanta*, (2ème partie)", Ann.de F.Louis de Broglie, vol. 21, n° 3, (1996), 335-343.
- [12] voir la référence [3] p.263-283.
- [13] Louis de Broglie, *Rayonnement noir et quanta de lumière*, J. de Phys. VI. t.III, (1922), 422-428.
- [14] Louis de Broglie, *Savants et découvertes*, Albin Michel, (1951), p.262-263. Langevin a dit à Louis de Broglie : *Vos idées sont intéressantes, mais votre gaz de photons, cela n'a rien à voir avec la lumière véritable.*
- [15] A. Pais, *Subtle is the Lord*, Oxford Press, (1982), p.435-439 ; "De Broglie, Einstein and the birth of the matter wave concept", dans *Louis de Broglie que nous avons connu*, Fond. Louis de Broglie, Paris, ( 1988), 151-160.
- [16] L. Langevin, *Paul Langevin et Albert Einstein d'après une correspondance et des documents inédits*, Extrait de La Pensée , n° 161, février (1972), p22-23.
- [17] voir la référence [7] p.109.
- [18] voir la référence [2] p.131.
- [19] H. Konno, *Bohr et des quanta de lumière*, LIBER, N° .10, BeppuUniv., (1989), 1-16.
- [20] W. Bothe und H. Geiger, *Ein Weg zur experimentellen Nachprüfung der Theorie von Bohr, Kramers und Slater* , Z.Phys., 26, (1924), p.44.
- [21] N. Bohr, H.A. Kramers and J. C. Slater, *The Quantum Theory of Radiation*, Phil. Mag. 47, (1924), 785-802.
- [22] voir la référence [16] pp. 22-23.
- [23] *ibid.*, p. 23 Mais en fait, Langevin ne parla pas de l'expérience de Bothe-Geiger dans son cours en 1925.

- [24] W. Bothe und H. Geiger, *Über das Wesen des Comptoneffects; ein experimenteller Beitrag zur Theorie der Strahlung*, Z.Phys., 32, (1925), 639-663.
- [25] M. Jammer, *Conceptual Development of Quantum Mechanics*, A.I.P, (1989), p.250 ; référence [9] pp. 602-603.
- [26] C. Mauguin, *La thèse de doctorat de Louis de Broglie*, dans *Physicien et penseur*, (1953), p.434.
- [27] voir la référence [2] p.133.
- [28] *ibid.*, p.134.
- [29] voir la référence [16] pp. 23-24.
- [30] voir la référence [11] 2ème partie, p.341.
- [31] Les documentations de Langevin sont à la garde de l'ESPCI *Inventaire du fonds Paul Langevin*, Centre de ressources historiques, Ecole Supérieure de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris, (1983). Pour les cours de 1924-1925 : *Notes de Bauer : Radiation et Atomes (1924-25)*, manuscrit de 21cm, sans date ; Pour les cours de 1925-1926 : *Cours professé au Collège de France : Le magnétisme et les quanta*, dactylographié, 32cm, 249p, (1925-26).
- [32] Pour les cours en 1927 : *Cours professé au Collège de France : Structure de la lumière*, Rédaction des élèves, dactylographié, 178p.
- [33] *ibid.*, p. 5-6.
- [34] *Collected papers of P.Kapitza*, Pergamon Press, Vol. III., (1967), 210-211.

(Manuscrit reçu le 26 octobre 2000)