

**Y a-t-il un rapport entre
la synchronisation des réseaux électriques,
le potentiel d'action d'une membrane cellulaire
et la mécanique quantique ? ***

G. LOCHAK

Fondation Louis de Broglie, 23, quai de Conti, 75006 Paris

Nous voyons donc bien pourquoi certaines orbites sont stables, mais nous ignorons encore comment a lieu le passage d'une orbite stable à une autre.

Louis de Broglie [1]

The view that a physical process consists of continual jumplike transfers of energy between microsystems cannot, when given a serious thought, pass for anything but a sometimes convenient metaphor.

Erwin Schrödinger [2]

Nous ne pouvions publier sans explication des articles sur les réseaux électriques et les potentiels d'action. Les deux sujets surprennent, dans cette revue, mais ils sont liés l'un à l'autre et peuvent avoir un sens en mécanique quantique, notamment pour la question soulevée par les citations mises en épigraphe.

Le point de départ de la mécanique ondulatoire fut la volonté de comprendre l'apparition, dans le monde atomique, d'états privilégiés associés à des nombres entiers. Parmi les faits qui guidèrent de Broglie, figurait l'analogie avec les phénomènes de résonance. Mais s'il fut heureux de trouver les fréquences de Bohr en associant les états quantiques aux modes de résonance d'une onde, il ne s'en contenta pas car, contrairement à Bohr, il n'admettait pas les transitions quantiques instantanées et voulait les décrire comme des processus rapides mais continus. D'où la question citée plus haut, qui figurait dans sa thèse.

* À propos des articles de D. Petrocokino et de M. Karatchentzeff, J. Vassalo Pereira et R. Distel, publiés dans ce numéro.

La position de Schrödinger fut encore plus radicale, puisqu'il n'admettait pas qu'un système occupe réellement les états quantiques et que son évolution puisse consister en des sauts entre ces états. Il mettait en avant les états de superposition : c'est le sens de sa citation.

Les deux fondateurs de la théorie ondulatoire refusaient donc la notion de sauts quantiques soudains et incontrôlables, sans toutefois être parvenus à modifier la théorie d'une façon qui les satisfasse. Et ils avaient encore un autre problème en commun, celui de la représentation de la particule par une onde. Mais là aussi, ils divergeaient. De Broglie pensait que la particule est une singularité de l'onde et trouva des solutions singulières dans l'équation d'onde. La même idée fut proposée par Einstein et Grommer en relativité générale, mais eux aussi visaient la mécanique quantique (ils l'ont écrit). En outre, grâce à la non linéarité des équations de la relativité, ils établirent le fameux théorème du guidage des singularités le long des géodésiques. Malheureusement, la linéarité des équations de la mécanique quantique ne permet pas de théorème aussi convaincant. De Broglie le savait.

Quant à Schrödinger, il tenta de représenter la particule par un paquet d'ondes, mais lui aussi fut trahi par la linéarité de l'équation : un tel paquet se dilue rapidement et ne rend pas compte de la permanence des particules.

De Broglie et ses élèves consacrèrent de nombreux travaux à ces deux problèmes : les transitions quantiques et la conservation d'une bosse sur une onde. Pour ce qui est des transitions, on s'orienta, sur ma proposition, vers un modèle auto-oscillant, c'est à dire un système vibratoire dissipatif entretenu par une source modulée par un feed-back : de tels systèmes présentent une quantification en fréquences et des états transitoires. Ce modèle semble exiger une source d'énergie sous-jacente, un éther, mais on peut concevoir un effet collectif, comme celui qu'on verra plus loin. Le problème des transitions fut étudié par F. Fer, J. Andrade e Silva et moi-même, et relié avec de Broglie à ses idées thermodynamiques : on peut lire à ce sujet l'exposé général [3], qui comporte une bibliographie.

C'est dans ce cadre que l'article de D. Petrocokino présente de l'intérêt, en illustrant la propriété remarquable de synchronisation mutuelle des systèmes auto-oscillants, appelée aussi effet Huygens car ce fut lui qui l'observa le premier sur des horloges suspendues à un mur. La théorie, assez récente, est due à J. Vassalo-Pereira (co-auteur de l'un des

deux articles suivants). C'est donc un phénomène collectif de quantification dont un exemple remarquable est la synchronisation des centrales qui fournissent de l'électricité à un même réseau de distribution, ce qui assure une fréquence stable du courant délivré. L'article de D. Petrocokino montre le mécanisme grâce auquel s'établit et se maintient cette synchronisation. Il éclaire par là tout le phénomène.

C'est sur le même effet que repose l'article de M. Karatchentzeff, J. Vassalo Pereira et R. Distel, mais il traite non d'un problème vibratoire, mais d'une propagation d'onde. Rappelons que, pendant longtemps, les tentatives de représenter une particule par la propagation d'une onde à bosse, furent fondées sur les solutions indéformables de systèmes hamiltoniens, des solitons. Les solitons reçurent des applications intéressantes, mais ils ne semblent pas donner de réponse satisfaisante au problème quantique des "ondes à bosses". On peut même se demander si le modèle convient, car tous les solitons connus sont unidimensionnels et certains doutent qu'on puisse faire mieux ; en outre leur propriété de se traverser en retrouvant leur état initial après le choc est certes curieuse, mais elle les rend inaptes à décrire un choc inélastique entre particules. Il peut donc être utile de rechercher d'autres modèles. D'où l'intérêt de l'article en question, car la propagation d'un potentiel d'action est celle d'une bosse, mais d'une autre nature. Il n'y a pas conservation, mais régénération grâce à un mécanisme d'auto-oscillation qui fait intervenir l'effet Huygens, qui pourrait donc avoir un rôle à la fois dans la stabilité des états quantiques et dans celle d'une onde représentant la particule.

Comme on le voit, la raison pour laquelle nous appelons l'attention sur ces deux articles est hypothétique et même aventureuse. Si le lecteur la trouve fantasmagorique, qu'il nous pardonne, mais il aura, dans le pire des cas, découvert deux beaux effets physiques, l'un fourni par l'industrie et l'autre par la physiologie.

Références

- [1] L. de Broglie, *Recherches sur la théorie des quanta (Thèse de 1924)*, Annales de la Fondation Louis de Broglie, **17**, 1 (1992).
- [2] E. Schrödinger, *Statistical thermodynamics*, Cambridge University Press, Repr. Second Edition, London, 1960.
- [3] G. Lochak, *Foundations of Physics*, **11**, 593, (1981). Avec des compléments : G. Lochak, *L'irréversibilité en physique*, Annales de la Fondation Louis de Broglie, **13**, 409 (1988).