

Addendum au précédent mémoire sur la fréquence propre de de Broglie

GEORGES LOCHAK

Fondation Louis de Broglie,
23, rue Marsoulan, F-75012 Paris

Je me permets d'attirer l'attention sur ce mémoire car il a une importance fondamentale.

En effet, lorsqu'il a commencé ses travaux sur ce qui devait devenir la mécanique ondulatoire, de Broglie n'a pas eu tout de suite l'idée de l'onde. Il est parti des idées de l'atome de Bohr et de la *théorie des accès* de Newton. Il pensait qu'on pourrait rendre compte de la quantification de l'atome en attachant une fréquence interne à l'électron, qui serait en résonance sur sa trajectoire. C'est la *fréquence propre de de Broglie* qu'il a définie en identifiant, dans le système propre de la particule la loi de l'énergie de Planck à celle d'Einstein. Ce qui donne :

$$m_0 c^2 = h\nu_0 \quad (1)$$

Et c'est de là que la mécanique ondulatoire est née. En effet, de Broglie a d'abord été troublé par le fait que, dans un autre référentiel, la masse augmenterait, puisque :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad (2)$$

Tandis que, la fréquence ν_0 étant une fréquence interne, elle doit subir le retard des horloges, d'où

$$\nu = \nu_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad (3)$$

Autrement dit, dans un autre repère, nous n'aurons pas la relation attendue :

$$mc^2 = h\nu \quad (4)$$

La relation n'est donc pas covariante. Après quelques mois de réflexion, de Broglie eut l'idée géniale que, si l'on considère la fréquence ν_0 comme la valeur, dans le système propre, de la **fréquence d'une onde, alors la relation $mc^2 = h\nu$ devient covariante** car il montra que, contrairement à la fréquence d'horloge, la fréquence d'une onde se transforme comme une masse.

Mais alors, que faire de la fréquence propre initiale ν_0 ? « Rien » ont dit la plupart des physiciens, qui l'ont même oubliée et qui présentent la théorie autrement. Mais de Broglie était persuadé que cette fréquence existe. Et un jour, il a entrepris d'essayer **d'unir dans un seul système les trois grands principes d'extremum de la physique** : les principes de Maupertuis, de Fermat et de Carnot, comme il avait fait pour les deux premiers dans la mécanique ondulatoire.

Ce qui concerne la thermodynamique est resté inachevé, mais est exposé dans deux livres :

Louis de Broglie, *La thermodynamique de la particule isolée*, Gauthier-Villars, Paris, 1964.

Louis de Broglie, *Diverses questions de mécanique et de thermodynamique, classiques et relativistes*, Springer-Verlag, Berlin, 1995.

C'est dans cette nouvelle théorie que Louis de Broglie a écrit encore une fois l'une de ses formules étranges dont il avait le secret et dont l'une a donné la mécanique ondulatoire. Il a, une fois de plus, identifié deux lois de l'énergie. Cette fois, c'était :

$$kT = h\nu_H \quad (5)$$

On voit que la première loi vient de la théorie de Boltzmann, où k est la fameuse constante et T la température de Kelvin ; la seconde provient encore une fois de la Loi de Planck mais cette fois, ν_H est la **fréquence d'horloge**, la fréquence interne de la particule. Or on démontre que la température de Kelvin T a la même variance que la fréquence d'horloge, ce qui fait que l'égalité précédente est covariante relativiste.

La variance de la température a fait l'objet d'un débat qu'on trouvera dans les ouvrages cités. Contentons nous de rappeler que Planck, Laue, Eins-

tein et de Broglie étaient d'accord sur ce que je viens de dire et l'ont démontré de plusieurs manières. On leur a opposé que les énergies de la formule précédente (5) doivent se transformer selon la formule (2), comme une masse.

Mais ce qu'il faut avant tout comprendre c'est que, seule une **énergie totale se transforme selon la formule (2)**. Or les énergies qui figurent dans (5) ne sont que les **énergies partielles** d'un système et ont parfaitement le droit de se transformer selon d'autres lois : on remarquera par exemple qu'une énergie cinétique ou une énergie potentielle ne se transforment nullement suivant la loi (2).

On voit donc que la fréquence propre étudiée dans l'article précédent entre dans un débat sur les fondements mêmes de la physique. Avoir observé cette fréquence n'est donc pas un petit détail de la mécanique quantique, mais soulève des problèmes d'une grande importance. Il est donc souhaitable qu'un résultat aussi important soit soumis aux vérifications d'autres laboratoires. Savoir si cette fréquence existe réellement - autrement que sur le papier - sera une importante découverte.