

SUR DEUX ARTICLES PUBLIÉS DANS NOTRE REVUE,  
CONCERNANT LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE

par Georges LOCHAK

Les deux articles au sujet desquels je voudrais présenter quelques réflexions sont celui de E. Panarella <sup>(1)</sup> et celui de G.N. Crawford <sup>(2)</sup>.

Ils ont en commun l'idée que le photon est une particule "véritable", susceptible d'infléchir son mouvement sous l'effet d'une force, mais ils diffèrent quant à l'origine qu'ils attribuent à cette dernière.

Je dois dire que les réactions des *referees*, à la lecture de ces articles, ont été défavorables, au point d'en déconseiller la publication. Mais si la Rédaction, tout en appréciant les critiques des *referees* et en les reprenant même à son compte a décidé quand même la publication, c'est pour une raison très simple. Les deux articles touchent à un problème fondamental, celui de la diffraction de la lumière, auquel (je suis sûr qu'on nous comprendra !) nous ne saurions rester indifférents ; l'un et l'autre proposent des solutions hétérodoxes et l'un d'eux (celui de Panarella) est même contraire à la théorie de Louis de Broglie dont notre Fondation porte le nom ;

or ils défendent des points de vue qui ont déjà, sous une forme ou sous une autre, été formulés dans la littérature mais qui tendent à être oubliés. Si donc ces articles ramenaient des débats oubliés ou suscitaient des réflexions, ils auraient déjà, même de ce simple fait, un caractère positif car rien n'est plus faux et rien n'est plus dangereux en science que de prétendre qu'un problème est, une fois pour toutes, résolu et que le dossier peut en être clos : une science qui oublierait que ses options fondamentales n'étaient jamais que l'une des options possibles tournerait à l'idéologie et à la scolastique.

Cela étant, je voudrais me permettre, au sujet des articles en question, quelques critiques auxquelles, bien entendu, les deux auteurs sont libres de répondre dans nos propres colonnes.

Prenons d'abord l'article de E. Panarella. Il pose la légitime question du *modèle* à partir duquel on essaye de décrire la diffraction et, depuis le 17<sup>e</sup> siècle, on sait qu'il y en a eu plusieurs. Le plus connu et le *plus efficace* a été le modèle purement ondulatoire proposé par Young et Fresnel, mais la véritable difficulté commence avec les corpuscules pour lesquels je connais deux modèles :

1°) Celui de Newton qui a imaginé que le bord d'un écran peut modifier les propriétés de l'*éther* de façon telle que les corpuscules soient soumis à une force qui dévie leurs trajectoires.

2°) Celui de de Broglie, qui considère le corpuscule (photon, électron, etc.) comme une *région singulière* de l'onde associée : l'onde, en se diffractant selon les lois habituelles, va exercer une force sur la région singulière et modifier sa trajectoire. Cette image a été proposée par de Broglie dès 1923 (3), puis cette dynamique des singularités a été formalisée par lui et développée dans la théorie de la *double solution* sous la forme d'une *dynamique à*

*masse propre variable* dans laquelle la masse apparaît comme une fonction de l'amplitude de l'onde et peut donc varier en fonction des obstacles (4).

Dans ce modèle, de Broglie est d'accord avec tous les autres théoriciens quantistes sur un point essentiel qui est que les photons (ou n'importe quels autres corpuscules) interfèrent *un par un* ou plutôt chacun pour soi-même et non pas les uns avec les autres.

Le point de vue de E. Panarella est tout à fait contraire à celui-ci puisqu'il suppose que les figures d'interférences ou de diffraction ne peuvent apparaître qu'au delà d'une certaine intensité lumineuse. La diffraction serait due, selon lui, à une interaction entre corpuscules. Il se fonde, pour cela, sur une expérience connue de Baz et Dontsov qui avaient cru voir disparaître les interférences en dessous d'une certaine intensité lumineuse. Mais cette expérience a été refaite en France (5) (à Orsay), peu après, et les interférences y ont été observées au dessous du seuil annoncé par Baz et Dontsov. La différence entre les deux dispositifs semblait résider uniquement dans les cellules photo électriques utilisées par les physiciens russes, tandis que les physiciens d'Orsay utilisaient une caméra électronique beaucoup plus sensible. L'hypothèse a été avancée, à l'époque, que Baz et Dontsov devaient avoir été victimes d'un artefact causé par le seuil de sensibilité de la cellule de détection. Pour autant que je sache, il ne semble donc pas y avoir de preuve en faveur de l'hypothèse qu'avance Panarella.

D'autre part, Panarella émet des doutes au sujet de l'émission d'une lumière, si faible soit-elle, par *quanta isolés*. Ces doutes me paraissent légitimes lorsque l'on se contente d'obtenir une lumière faible en réduisant l'intensité d'émission d'une source ordinaire, mais si l'on utilisait la lumière émise par un jet atomique de faible intensité, les doutes ne me paraîtraient

plus permis car dans un jet atomique ou moléculaire, il n'y a certainement pas de "bunching effect" entre les corpuscules du jet et donc plus de groupements possibles entre photons.

Mais il faut dire plus : les figures d'interférence ou de diffraction doivent s'expliquer aussi pour les électrons ou les neutrons, par exemple. Or dans de tels faisceaux corpusculaires, il ne fait aucun doute que les corpuscules sont non seulement séparés, mais même très éloignés les uns des autres. N'oublions pas que ce sont des fermions et que, pour ce qui est des électrons, ils se repoussent électriquement les uns les autres.

Venons en maintenant à d'autres critiques :

Panarella affirme que la théorie ondulatoire assimile le photon à un paquet d'ondes. Il n'en est rien ! Si le photon est bien une particule, il doit être regardé comme une *très petite région dans* le paquet d'ondes. La longueur  $\Delta x$  du paquet n'est pas la dimension présumée du photon mais l'*incertitude sur sa présence* dans le paquet.

Ce qui est peut-être le plus étonnant, est l'idée de vouloir déduire les lois de la diffraction (propriétés réputées ondulatoires) à partir des relations d'Heisenberg (écrites sous la forme (7) dans le mémoire cité), alors que celles-ci sont ordinairement *déduites* des propriétés ondulatoires. Or cette inversion des termes, par Panarella, l'amène à des a priori inexplicables : - Pourquoi, par exemple, y aurait-il, au passage d'une fente, une incertitude  $\Delta x = \lambda / \sin \theta$  sur la position du photon ? Il faut quand même se souvenir que la théorie des ondes le démontre, mais au nom de quoi le postule-t-on s'il n'y a plus d'ondes ? - Et qu'est-ce que  $\lambda$  ? Pour la théorie des ondes, c'est l'un des paramètres d'un modèle bien défini, mais ici ? - Pourquoi survient tout à coup la formule de

de Broglie  $p = h/\lambda$  ? En mécanique ondulatoire elle se déduit d'hypothèses claires, mais comment la découvre-t-on ici ? - Enfin, la formule de Kirchhoff : en fait, le saut que fait Panarella me paraît se trouver au passage de la formule (7) à la formule (8), c'est-à-dire de  $p_x = h/x$  à  $p(r) = h/r$ . Mais l'impulsion est un vecteur et non un scalaire ! Or la principale vertu de la fonction  $1/r$  me paraît être ici de vérifier  $\Delta(1/r) = 0$  dans la formule de Green, ce qui ne suffit pas à justifier le saut entre les deux formules.

Mais de toute manière, quelle que soit la validité de la démonstration, qu'est-ce que cette fonction U, qui vérifie l'équation

$$\nabla^2 U = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2},$$

mais qui n'est pas une onde ? (1)

Cela étant, l'article de Panarella ne me paraît aucunement sans intérêt. Si je l'attaque un peu vivement, c'est parce que je lui trouve des faiblesses et que je suis partisan de la théorie des ondes mais je pense que le problème méritait d'être posé.

(1) Qu'on me pardonne cette petite méchanceté, mais je ne résiste pas à l'envie de citer ce mot d'esprit de George Bernard Shaw qui écrivit un jour dans un journal littéraire que le mystère de la personnalité de Shakespeare était enfin éclairci : "Il est prouvé, dit-il, que Shakespeare était un homme assez vulgaire et sans culture, incapable de produire l'oeuvre géniale qu'on lui a indûment prêtée. Mais la confusion a été causée par la curieuse circonstance que le véritable auteur de cette oeuvre était né le même jour que lui à Stratford-on-Avon et portait le même nom".

Je serai plus bref au sujet de l'article de Crawford. L'auteur suppose, cette fois, l'existence d'une onde à laquelle il attribue même un sens physique et il se propose de retrouver les images de diffraction par la description d'une dynamique des photons considérés comme des particules soumises à une force de la part de l'onde. Je dirai, tout d'abord, que ni l'explicitation des hypothèses ni les calculs ne sont toujours clairs, malgré la simplicité des mathématiques. En particulier, il nous a semblé que le passage non explicité de la formule (8) à la formule (9) n'était possible que sous l'hypothèse  $\lambda \ll L$  : or, si tel était le cas, cela signifierait qu'ici aussi, on confond le photon avec son paquet d'ondes associé.

Mais ma principale critique est d'ordre bibliographique : le problème de décrire la dynamique du photon dans son onde est du plus grand intérêt, mais il faut savoir, comme je l'ai dit plus haut, qu'il n'a pas été, comme le dit l'auteur, "suggéré" par de Broglie "de façon moins explicite". En réalité, il s'agit là de toute une théorie, incomparablement plus élaborée que le simple modèle que propose Crawford et que, pourtant, nous considérons comme inachevée. Signalons également qu'en poussant plus loin la théorie de de Broglie, F. Fer a pu décrire le mouvement des singularités dans une expérience d'interférences par quanta isolés (voir par exemple (6)).

Il est donc excellent de venir à nouveau poser ces problèmes mais il ne faut pas oublier que beaucoup a été fait, déjà, dans ce sens. En particulier, il est difficile de partir, pour cela, du modèle de Bohm de 1952 qui n'est autre que la vieille théorie de l'onde-pilote de de Broglie : en effet, si on utilise uniquement l'onde continue habituelle de Schrödinger, on ne voit pas comment on pourrait d'une part lui attribuer des propriétés physiques concrètes et, d'autre part, lui conserver son

interprétation statistique dont l'exactitude ne fait aucun doute mais qui suppose des manipulations informationnelles comme la *réduction du paquet d'ondes*. Il faut donc, semble-t-il, introduire deux ondes : l'une physique et l'autre statistique, comme le fait de Broglie dans la théorie de la double solution ; or on sait que ce modèle, lui aussi, soulève de graves difficultés, mais pour l'instant, nous n'en possédons pas d'autre.

## RÉFÉRENCES

- (1) E. Panarella, Light intensity dependence of photon energy, Ann. Fond. L. de Broglie, 6, n° 3, p. 197, 1981
- (2) G.N. Crawford, Causal aspects of diffraction, dans ce même numéro
- (3) L. de Broglie, C.R.A.S. 177, p. 548, 1923)
- (4) L. de Broglie, J. Phys. Rad. Série VI, t. 8, n° 5, p. 225, 1927 ; Une tentative d'interprétation causale et non linéaire de la mécanique ondulatoire, Gauthier-Villars, Paris, 1957
- (5) P. Bozec, M. Cagnet, G. Royer, CRAS 269, 1969  
P. Bozec, M. Cagnet, M. Duchesne, J.M. Lecontel, J.P. Vigier, CRAS 270, 1970
- (6) Louis de Broglie, sa conception du monde physique, (ouvrage collectif), Gauthier-Villars, Paris, 1973.