

SUR LES INTERFÉRENCES LUMINEUSES OBTENUES ENTRE
DES FAISCEAUX ÉMIS PAR DEUX LASERS INDÉPENDANTS.

par M. Louis de BROGLIE

94, rue Perronet - 92200 - NEUILLY

Résumé. L'auteur analyse, à partir de sa conception du dualisme onde-corpuscule, le problème des interférences par quanta isolés, obtenues à l'aide de deux sources lumineuses cohérentes indépendantes.

Dans une expérience bien connue, Pfleegor et Mandel ont montré qu'il était possible de détecter l'existence de franges d'interférences dues à la superposition d'ondes émises par deux lasers indépendants dans des conditions telles qu'il n'y ait pratiquement jamais deux photons arrivant en même temps sur un appareil d'interférence. L'interprétation de ce résultat au moyen des idées acceptées présentement en Physique Quantique est difficile comme on peut le voir en lisant la conclusion de l'article de Pfleegor et Mandel. Au contraire, elle semble très simple et très claire si on la base sur ma conception de la coexistence des ondes et des particules. Cette interprétation me paraît très importante et n'a jamais été, à ma connaissance, réfutée. C'est pourquoi je voudrais la réexposer ici bien qu'elle ait été publiée à l'époque où l'expérience de Pfleegor et Mandel a été réalisée.

Je commencerai par un très bref résumé de mes idées générales sur la question.

Pour moi, en accord avec les conceptions classiques, une particule est un très petit objet qui est constamment localisé dans l'espace et une onde est un processus physique qui se propage dans l'espace au cours des temps suivant une certaine équation de propagation. Cette onde, que j'appelle onde v , doit évidemment être bien distinguée de l'onde statistique ψ qui, en Mécanique quantique usuelle, est normée et qui est liée à l'onde v d'une manière que j'ai précisée dans des précédentes publications. Cette onde v a une très petite amplitude et ne transporte pas d'énergie, du moins d'une façon appréciable. La particule est une très petite région de haute concentration d'énergie incorporée dans l'onde dans laquelle elle constitue une sorte de singularité en général mobile. En raison de cette incorporation de la particule dans l'onde, la particule possède une vibration interne qui, quand elle se déplace, reste constamment en phase avec la vibration de l'onde. Dans des exposés antérieurs, j'ai montré que la trajectoire "moyenne" de la particule est déterminée d'après la forme de l'onde par une certaine "loi du guidage", mais à ce mouvement se superposent de continuelles fluctuations correspondant à des propriétés thermodynamiques cachées de ces particules. De ceci, on peut déduire l'expression de la probabilité pour que la particule se trouve dans un élément de volume $d\tau$ de l'espace à l'instant t . Si l'équation de Schrödinger peut être appliquée à l'onde v , on trouve pour cette expression la forme bien connue $|\psi|^2 d\tau$.

Si l'on applique les idées générales précédentes au cas spécial des ondes électromagnétiques et des photons, on est conduit à considérer l'onde v des photons comme une très faible onde électromagnétique obéissant très sensiblement aux équations de Maxwell. C'est cette cir-

constance qui explique, à mon avis, le fait au premier abord paradoxal que les équations de Maxwell suffisent à interpréter un très grand nombre de phénomènes bien qu'elles ne traduisent pas l'existence, cependant certaine, des photons. En fait, en tenant compte de la loi du guidage, la distribution des photons dans l'espace et la phase de leur vibration interne se trouvent en complet accord avec les prévisions de la théorie électromagnétique. Dans un champ d'interférences, la probabilité pour un photon d'être présent en un point donné est donc proportionnelle au carré de l'amplitude (intensité) de l'onde en ce point de sorte que la distribution statistique dans la zone d'interférences d'un très grand nombre de photons est celle qui est prévue par la théorie des ondes électromagnétiques.

Je vais exposer maintenant mon interprétation du résultat de l'expérience de Pfleeger et Mandel en employant les idées que je viens de résumer. Je pense que dans la cavité d'un laser, il s'établit une onde électromagnétique stationnaire v dans laquelle des photons sont émis par certains atomes par un processus d'émission quantique stimulée. L'onde v intérieure s'écoule donc vers l'extérieur pendant la durée de l'émission laser.

Dans le cas de deux lasers indépendants disposés de telle façon que les ondes v qu'ils émettent viennent se superposer dans un appareil d'interférences, comme c'est le cas dans l'expérience en question, *il existe des franges d'interférences dans l'appareil même si aucun photon ne permet de les détecter*. Il est, de plus, physiquement évident que chaque photon arrivant dans la région d'interférences vient du laser dans lequel ce photon a été émis par une transition stimulée.

Si les lasers émettent très peu de photons, un photon sortira de temps en temps de l'un des lasers et arrivera individuellement dans la région d'interférences. S'il

manifeste sa présence par une localisation observable, ce sera principalement dans la zone de haute amplitude où les ondes ν émises par les deux lasers viennent se superposer. Le mouvement du photon dans cette zone d'interférences est certainement guidé par la superposition et non pas uniquement par l'onde ν qui le portait à la suite du laser où il est né.

Si, après un temps suffisamment long (à l'échelle de la durée très courte des impulsions laser), un nombre suffisant de photons parviennent dans la zone d'interférences provenant de l'un ou de l'autre laser, de façon que l'on puisse observer des franges d'interférences, ces photons seront statistiquement distribués dans cette zone proportionnellement aux intensités locales de l'onde électromagnétique. Bien que les photons arrivent isolément un par un, on peut finalement observer les franges d'interférences pour exactement les mêmes raisons qui permettent de les observer dans les expériences ordinaires à très faible intensité du type Taylor. Cette interprétation du résultat des expériences de Pfleeger et Mandel me semble très claire et très satisfaisante.

Je veux encore préciser certains points importants de cette interprétation. Un photon provenant de l'un ou de l'autre laser et arrivant dans la région d'interférences est guidé, cela semble physiquement certain, par la superposition des ondes émises par les deux lasers et c'est la raison pour laquelle il est impossible de savoir dans lequel des lasers il est né.

Mon interprétation de cette impossibilité ne fait aucunement intervenir ni les relations d'incertitude d'Heisenberg, ni l'indiscernabilité des bosons qui, à mon avis, est seulement apparente et due aux perturbations aléatoires subies par les photons et n'implique pas une perte d'identité.

L'erreur couramment commise aujourd'hui dans l'interprétation de ce genre de phénomènes provient, à mon avis, du fait que l'on parle d'interférences entre photons comme si les interférences étaient dues aux photons. Il est, en effet, bien connu depuis Fresnel que les interférences sont un phénomène d'origine ondulatoire. Je pense que les interférences des ondes électromagnétiques ν sont produites de façon classique, mais en raison de leur très faible intensité, elles ne peuvent pas être directement observées. De plus, en raison du guidage des photons par la superposition des ondes ν qui interfèrent, l'arrivée d'un photon en un point de la région d'interférences sera d'autant plus probable que l'amplitude de l'onde ν résultante en ce point sera plus grande. C'est donc dans les régions de grande intensité de l'onde ν que les photons auront le plus de chances de produire un phénomène local observable tel qu'un effet photoélectrique, un noircissement local d'une plaque photographique, etc... Bref, ce ne sont pas les photons, mais l'onde électromagnétique ν qui produisent l'interférence. Le rôle joué par les photons, rôle qui est très important, est seulement de permettre de détecter les interférences par la façon dont ils sont statistiquement distribués dans la région où les interférences existent.

BIBLIOGRAPHIE

- (¹) R.L. Pfleeger and L. Mandel, Phys. Rev. 159, p. 1084, 1967.
- (²) L. de Broglie and J. Andrade e Silva, Phys. Rev. 172, p. 1284 (1968).
- (³) L. de Broglie, Ondes électromagnétiques et photons, Gauthier-Villars, Paris (1968).