

Remarques sur l'article précédent d'Olivier Costa de Beauregard, avec une proposition allant dans le même sens

GEORGES LOCHAK

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

RÉSUMÉ. L'auteur exprime son accord avec l'article de Costa de Beauregard en ajoutant certains arguments. Après quoi il résume un projet d'expérience allant dans même sens, sur un déplacement d'interférences électroniques par un potentiel sans champ dont la source est extérieure au périmètre des trajectoires.

ABSTRACT. *The author agrees with the paper of Costa de Beauregard and adds some arguments. Then, an experiment is suggested, which could make evident the shifting of electronic interferences by a fieldless potential, the source of which is outside the trajectories.*

1 Introduction

Je voudrais exprimer mon accord de fond avec le point de vue exprimé par Costa de Beauregard [1], et qui était, comme il le souligne, une conséquence des idées de base de Louis de Broglie [2]. La formule (1) que donne Costa de Beauregard pour le déphasage entre les deux faisceaux d'un champ d'interférences est parfaitement exacte car la *formule générale* du vecteur d'onde de de Broglie est :

$$\mathbf{k} = \frac{\mathbf{n}}{\lambda} = h^{-1} \{ m_0 c \mathbf{u} - e \mathbf{A} \} \left(\mathbf{u} = \frac{\mathbf{v}}{c \sqrt{1 - \beta^2}} \right) \quad (1)$$

et non pas :

$$\mathbf{k} = \frac{\mathbf{n}}{\lambda} = h^{-1} m_0 c \mathbf{u} \quad \text{ou} \quad \lambda = \frac{h}{mv} \quad (2)$$

comme on l'écrit le plus souvent. La raison en est que la longueur d'onde de de Broglie découle de l'identification des principes de Fermat et de moindre action. Or le principe de moindre action, sous sa forme relativiste, s'écrit [2]

$$\delta \int \sum_{\mu=1}^{\mu=4} \{ m_0 c \mathbf{u}_\mu - e \mathbf{A}_\mu \} dx^\mu = 0 \quad (3)$$

On voit que le potentiel vecteur y intervient, d'où sa présence imposée dans la formule (1) et la formule écrite par Costa de Beauregard. Cette formule n'est pas invariante de jauge, ce que de Broglie commentait en disant : **« Si la longueur d'onde était invariante de jauge, elle n'aurait pas de valeur déterminée et il n'y aurait pas de diffraction des électrons. »**

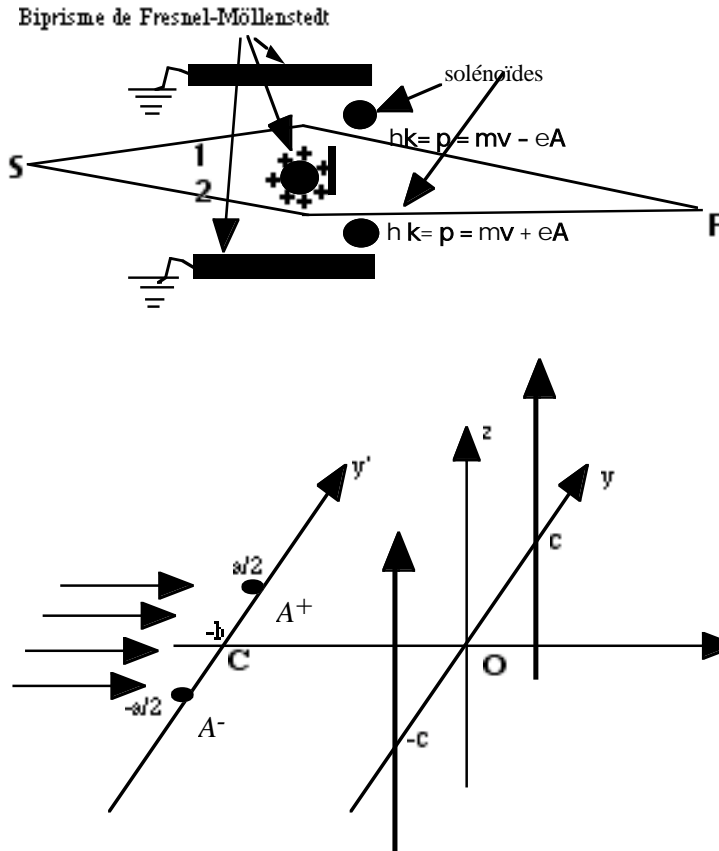
En réalité, l'invariance de jauge n'est vérifiée que pour les phénomènes qui ne font intervenir que les champs. Dans les phénomènes qui font intervenir les potentiels, la jauge est déterminée par les conditions expérimentales.

En particulier, la diffraction et les interférences découvertes par de Broglie pour les particules matérielles ne dépendent pas de l'impulsion des particules mais des *moments de Lagrange*. Contrairement à des idées répandues, **non seulement les potentiels sont des grandeurs physiques, mais, par là même, les moments de Lagrange également.** L'expérience d'Aharonov-Bohm en est une preuve expérimentale.

2 Une autre expérience

L'idée est de reprendre l'expérience d'Aharonov-Bohm en remplaçant le solénoïde orthogonal aux trajectoires électroniques et passant l'intérieur de leur périmètre, par *deux solénoïdes passant à l'extérieur avec des moments magnétiques de même sens.*

Les deux schémas suivant expliquent le dispositif :



Dans le premier schéma, il est inutile d'expliquer ici ce qu'est un biprisme de Fresnel-Moelenstedt (voir [3]). Disons seulement que c'est la version électronique des trous d'Young A^- et A^+ symbolisées sur le second schéma. Ajoutons encore que :

- O : est le centre du dispositif.
- a : est l'écartement des trous, donc des sources virtuelles.
- b : la distance de leur centre à celui du dispositif.
- c : la distance de chaque solénoïde au centre O .
- Les électrons arrivent de : $x = -\infty$.

Le calcul donne le déphasage suivant entre les ondes issues de A^- et A^+ :

$$\Delta\varphi = \frac{a\theta_0}{\lambda} + 2e(\zeta - \eta) \quad (4)$$

Le premier terme (sans le détailler) est simplement celui des franges d'Young. Le second terme est le déplacement spectral, où e est la charge de l'électron et l'on a :

$$\eta = \text{Arctg} \frac{c - \frac{a}{2}}{b}; \quad \zeta = \text{Arctg} \frac{c + \frac{a}{2}}{b} \quad (5)$$

Pour comprendre ce résultat, il faut le rapporter au résultat du même calcul pour l'effet Aharonov-Bohm (avec un seul solénoïde passant au point C sur la figure). On trouve :

$$\Delta\varphi = \frac{a\theta_0}{\lambda} + 2e\xi \quad (6)$$

$$\xi = \text{Arctg} \frac{a}{2b} \quad (7)$$

On voit que la seule différence entre (4) et (6) est que $(\zeta - \eta)$ est remplacé par ξ , d'où un déplacement dans le même sens qu'Aharonov-Bohm car :

$$\zeta > \eta > 0 \rightarrow (\zeta - \eta) > 0 \quad (8)$$

Or, dans les expériences connues sur l'effet Aharonov-Bohm, on rapproche autant que possible le solénoïde central des deux trous d'Young, ce qui donne, en tenant compte de (7) :

$$\xi \sim \frac{\pi}{4} \approx 0,78 \rightarrow \text{tg} \xi \sim 1 \rightarrow b \sim \frac{a}{2} \quad (9)$$

et d'après (9), il vient :

$$tg(\zeta - \eta) \sim \frac{a^2}{2c^2} < \frac{1}{2} \quad (10)$$

alors que l'on vient de voir que : $tg\xi \sim 1$. Le résultat est donc moins bon que celui d'Aharonov-Bohm, comme nous l'avons annoncé, et nous savons que la cause en est dans la « concurrence » entre les deus solénoïdes. **Mais le résultat est du même ordre qu'Aharonov-Bohm, et avec des solénoïdes extérieurs qui excluent l'intervention d'un flux.**

En outre le résultat est « **jauge-dépendant** » (si l'on me permet cet anglicisme). Il serait un peu long de le montrer ici (voir [3]). C'est le type même d'une « **jauge adhérente à la source** », au sens d'Olivier Costa de Beauregard.

Références

- [1] O. Costa de Beauregard, *Prédiction d'un nouvel « effet A.B.C. »*, Annales de la Fondation Louis de Broglie, (article précédent dans ce même numéro).
- [2] L. de Broglie, *Recherches sur la théorie des quanta* (Thèse de 1924), Masson, Annales de physique, 10^e série, t. III, janvier-février 1925 ; 2^{ième} édition, Masson, Paris, 1962 ; 3^{ième} édition, Fondation Louis de Broglie, Paris 1992.
- [3] [G. Lochak, *A new theory of the Aharonov-Bohm effect with a variant where the source of the potential is outside the electronic trajectories*, A.F.L.B., **27**, p. 529, 2002.
- [4] S. Olariu & I. Iovitsu Popescu, *Reviews of Modern Physics*, **57**, N^o 2, p. 339-436, 1985.

(Manuscrit reçu le 25 avril 2006)