

# La genèse de l'interprétation causale de la mécanique quantique dans les années 1950 : d'un conflit de priorité à une collaboration de circonstance

Virgile Besson

14 décembre 2024

# Sommaire

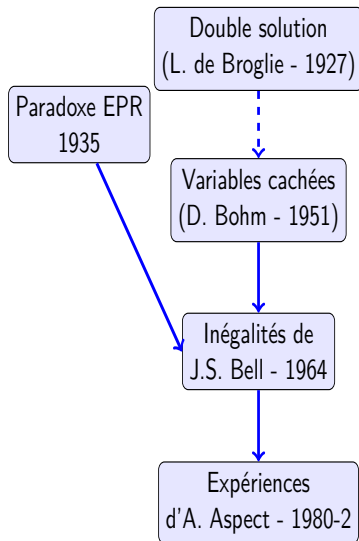
- 1 La construction d'un objet historique
- 2 Les principales sources
- 3 Les acteurs
- 4 La création d'un groupe de recherche
- 5 Conclusion

# Contexte de l'interprétation causale de la mécanique quantique (ICMQ) :

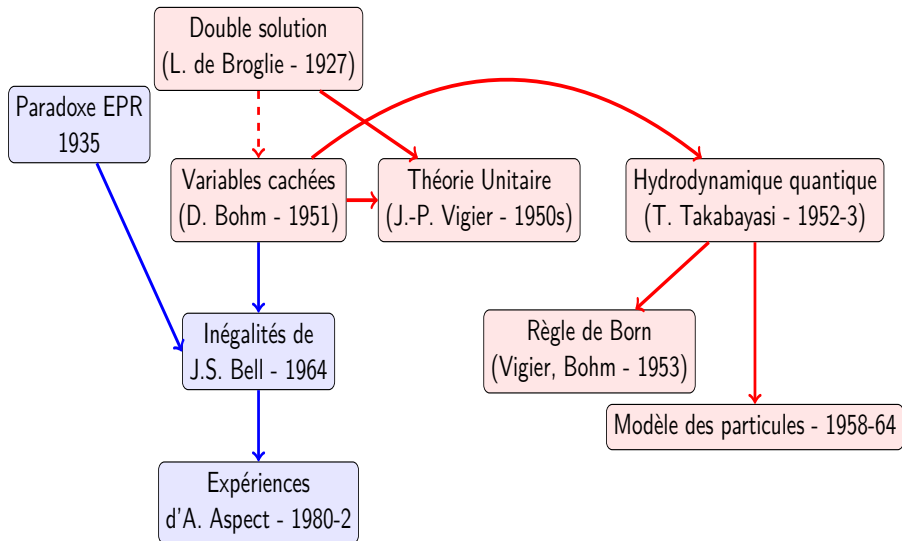
- L'ICMQ, une alternative déterministe à l'interprétation standard de la mécanique quantique.
- Motivée initialement par le réalisme scientifique de ses partisans, conséquence de l'adhésion au marxisme pour une majorité d'entre eux.
- Interprétation minoritaire.

$$\Delta\chi\Delta\rho \geq \frac{\hbar}{2}$$

# Définition d'un objet historique :



# Définition d'un objet historique :



## Parti pris méthodologique et problématisation :

- Une histoire essentiellement centrée sur les contenus scientifiques et mise en perspective par le contexte scientifique, culturel et idéologique.

## Parti pris méthodologique et problématisation :

- Une histoire essentiellement centrée sur les contenus scientifiques et mise en perspective par le contexte scientifique, culturel et idéologique.
- Une approche qui se place du point de vue des acteurs, de leurs motivations originelles, sans verser dans le relativisme.

## Parti pris méthodologique et problématisation :

- Une histoire essentiellement centrée sur les contenus scientifiques et mise en perspective par le contexte scientifique, culturel et idéologique.
- Une approche qui se place du point de vue des acteurs, de leurs motivations originelles, sans verser dans le relativisme.
- Comment se met en équation le réalisme scientifique ?



# Sommaire

- 1 La construction d'un objet historique
- 2 Les principales sources**
- 3 Les acteurs
- 4 La création d'un groupe de recherche
- 5 Conclusion

# Les sources scientifiques

- Selon les données du Web of Science : plus de 200 articles scientifiques recensés entre 1951 et 1964.
- Comment opérer une sélection pertinente dans le cadre de travaux qui n'ont pas connu de grande postérité ?

# Les sources archivistiques

- Divers fonds consultés : Évry Schatzman (Observatoire de Paris), Louis de Broglie (Académie des sciences), Frédéric Joliot-Curie (Musée Curie), Archives nationales, archives du PCF (archives départementales de la Seine-Saint-Denis).



## Les sources archivistiques

- Divers fonds consultés : Évy Schatzman (Observatoire de Paris), Louis de Broglie (Académie des sciences), Frédéric Joliot-Curie (Musée Curie), Archives nationales, archives du PCF (archives départementales de la Seine-Saint-Denis).



## Les sources archivistiques

- Divers fonds consultés : Évry Schatzman (Observatoire de Paris), Louis de Broglie (Académie des sciences), Frédéric Joliot-Curie (Musée Curie), Archives nationales, archives du PCF (archives départementales de la Seine-Saint-Denis).



# Les sources archivistiques

- Divers fonds consultés : Évry Schatzman (Observatoire de Paris), Louis de Broglie (Académie des sciences), Frédéric Joliot-Curie (Musée Curie), Archives nationales, archives du PCF (archives départementales de la Seine-Saint-Denis).



# Les sources archivistiques

- Divers fonds consultés : Évry Schatzman (Observatoire de Paris), Louis de Broglie (Académie des sciences), Frédéric Joliot-Curie (Musée Curie), Archives nationales, archives du PCF (archives départementales de la Seine-Saint-Denis).



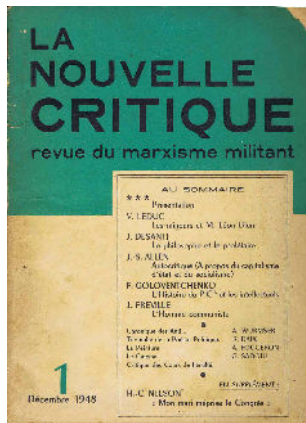
# Les sources archivistiques

Quelques regrets : archives de l'IHP, archives personnelles de Vigier.





# Les publications militantes



# Sommaire

- 1 La construction d'un objet historique
- 2 Les principales sources
- 3 Les acteurs**
- 4 La création d'un groupe de recherche
- 5 Conclusion

## Louis de Broglie (1892–1987)

- Doctorat en 1924. Connexion entre la mécanique hamiltonienne (principe de Maupertuis) et l'optique géométrique (principe de Fermat) :  $p = \hbar k$ .
- Prix Nobel en 1929.
- Théories déterministes de la double solution et de l'onde pilote en 1927. Ancêtres de l'ICMQ.
- Se range derrière l'interprétation standard de 1927 à 1952.



# David Bohm (1917–1992)

- Doctorat à Berkeley en 1943, élève d'Oppenheimer (bohrien).
- Professeur assistant à Princeton jusqu'en 1950. Travaux sur la physique des plasma.
- Victime du maccarthysme - Exil au Brésil en octobre 1951.
- Théorie des variables cachées (1951–1952).



## Évry Schatzman (1920–2010)

- Astrophysicien à l'observatoire de Paris. Entre au CNRS en 1945.
- Premier détenteur de la chaire d'astrophysique française. Père de l'école française d'astrophysique.
- Séjours de recherche à Copenhague (1948) et à Princeton (1949) .
- Rejoint le PCF pendant la Seconde guerre mondiale, le quitte en 1959.



# Jean-Pierre Vigier (1920–2004)

- Rejoint le PCF en 1942.  
Résistant pendant la guerre.
- Doctorat en mathématiques à l'université de Genève en 1946.
- Embauché au CEA en 1948, devient l'assistant de L. de Broglie à l'IHP en 1950.
- Doctorat en physique en 1954 sur l'ICMQ.



## Les collaborateurs à l'IHP :

- Vigier se charge de recruter des jeunes physiciens pour travailler avec lui et de Broglie : Francis Halbwachs, Francis Fer, Pierre Hillion, Georges Lochak, Gérard Petiau. Tous sont membres du PCF !



## Takehiko Takabayasi (1919–1999)

- Coursus en physique à l'université de Tokyo avant la guerre.
- Poste de professeur assistant à Nagoya en 1942.
- Représentation hydrodynamique de la mécanique quantique (1952-3)
- Proche des milieux de la gauche marxiste japonaise (la "Minka").





# Sommaire

- 1 La construction d'un objet historique
- 2 Les principales sources
- 3 Les acteurs
- 4 La création d'un groupe de recherche**
- 5 Conclusion

# Une alliance contre nature ?

*Je ne suis pas surpris que les catholiques et les communistes s'entendent en France contre la complémentarité (qui signifie l'indéterminisme). Tous deux sont liés psychologiquement à une attente eschatologique, que celle-ci soit dans ce monde ou dans l'au-delà est relativement sans importance.*

Wolfgang Pauli à Markus Fierz (6 janvier 1952)



# Théorie de la double solution

De Broglie part de l'équation relativiste de Klein-Gordon :

$$\Delta u - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{4\pi i}{h} \frac{V(x, y, z)}{c} \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{4\pi^2}{h^2} \left[ m_0^2 c^2 - \frac{V^2}{c^2} \right] u = 0 \quad (1)$$

Avec  $u = f(x, y, z, t) \cos \frac{2\pi}{h} \varphi(x, y, z, t)$  une onde à singularité, qui s'ajoute à la solution régulière  $\psi((x, y, z, t) = a(x, y, z, t) \cos \frac{2\pi}{h} \varphi(x, y, z, t)$

Les équations fondamentales de la Double Solution sont :

$$\begin{cases} \vec{v} = -c^2 \frac{\vec{\nabla} \varphi}{\partial \varphi / \partial t - V} \approx \frac{\vec{\nabla} \varphi_1}{m_0} \text{ (équation de guidage)} \\ \rho(x, y, z, t) = Ka^2 \left[ \frac{\partial \varphi}{\partial t} - V \right] \text{ (équation de densité)} \end{cases} \quad (2)$$

# Théorie des variables cachées de Bohm

Bohm part quant à lui de l'équation de Schrödinger ( $\psi = R e^{i\frac{S}{\hbar}}$ ):

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(\vec{x}, t) = \left[ -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\vec{x}, t) \right] \psi(\vec{x}, t) \quad (3)$$

En séparant les parties réelles et imaginaires, il obtient (avec  $Q = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\Delta R}{R}$ ):

$$\begin{cases} m \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2} = -\nabla \{V + Q\} \\ \frac{\partial R^2}{\partial t} + \nabla \cdot (R^2 \cdot \vec{v}) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

# Des théories analogues mais pas similaires

- Importance de la relativité chez de Broglie
- Traditions cartésienne (de Broglie) vs. pragmatisme/instrumentalisme (Bohm)

## Bohm à la recherche de soutiens

*Dear Dr. Schatzman,*

*On the suggestion of Dr. Jules Charney, I am writing you about the theory of Vigier and Renier. I have sent you (also Renier) a copy of my manuscript on a "suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of Hidden Variables" which will be published in the Dec 15. issue of Physical Review. I have heard also that de Broglie has recently published an article on the subject, which I have not yet had time to read. I recently received a letter from de Broglie, in which he took great pains to claim credit for the ideas. My answer to him was to admit that he suggested the method in 1926, but to point out that because he did not carry it to its logical conclusion he came to the erroneous conclusion that the idea does not work.*

David Bohm à Évry Schatzman (1951 - n.d.)

*With regard to people like de Broglie who had the idea for a similar interpretation of quantum theory, my attitude is that if a man finds a diamond and not realizing its value throws it away, then the stone belongs to the first person who finds it again and does realize its value.*

David Bohm à Évry Schatzman (1951 - n.d.)

## Bohm à la recherche de soutiens..

*Your recent letter was an excellent one, and I showed it heartily to Vigier and Reignier. We completely agree with your philosophical point of view. Any physical theory should be completely deterministic, because an affirmation of the dialectical materialism is that there is an objective reality and that this reality is cognizable, that we can built an image of that reality in our mind. All the physical theories, but the quantum theory, are built on such implicit assumptions. We should be grateful to people like Vigier, like you, who have with tenacity devoted their efforts to the rebuilding of the quantum theory on its feet, just like the dialectic of Hegel, which had to be put back on its feet !*

Évry Schatzman to David Bohm (1951, 3d December)



## ...mais se méfie de de Broglie

*Dear Evry,*

*I am enclosing a copy of a manuscript to be published in the Phys Rev, on the question of probability in quantum theory. Please show it to Vigier & Regnier, and let me have your comments as soon as possible*

*Sincerely,*

*D. Bohm*

*PS : It might be better not to show the article to de Broglie for a few months, as he has the unpleasant habit of stealing other people ideas without giving them credit [...]"*

David Bohm to Évry Schatzman (16 juin 1953)

*There are recently appeared a book of Louis de Broglie "Optique Electronique et Corpusculaire" in which he says in the Preface that he used several books, amongst which is my own big German text book on Optics. We are at present preparing a new version of this book in English, and on this occasion, one of my collaborators discovered that de Broglie has not only used my book throughout, but translated whole sections, word by word, using the same formulae and figures with hardly any changes. [...] I finished it just as Hitler came to power, and I received only one-third of my royalties, as I have to leave Germany. [...] After the war the Americans confiscated this as the property of Springer, and it is now in the hands of the Custodian of Alien Property.*

Max Born, letter à Nature (14 mars 1951)

## Les physiciens français ont toutefois besoin de son appui institutionnel...

*De Broglie is very powerful. Getting subsidies or financial helps depends essentially of its good will. Unfortunately he is very sensitive, without practical sense, and we need its help for publications of papers on theoretical physics. On the other hand, we cannot trust him very much. One of its paper is made partly of ideas of Vigier expressed to him privately.*

*His absence of practical sense has a very heavy consequences. He has been very influenced by Destouches. He never tried to built a school of theoreticians. [...] But how naive he may be, he is very class conscious. His attitude toward materialism and idealism is very much influenced by its class consciousness.*

Évry Schatzman à David Bohm (15 mai 1952)

## ...malgré qu'il ne soit pas fiable

*The most remarkable was the speech of de Broglie. It can be summarized in the following way : if Bohm's theory is right, I said it before him, if Bohm's theory is wrong, I also said it.*

Évry Schatzman à David Bohm (15 mai 1952)

## Un conflit de priorité ?

*M. Louis de Broglie, dans sa Note au Comptes Rendus de Septembre dernier (C.R.P.641) a d'abord réagi vigoureusement contre M. Bohm qui ne citait pas assez ses travaux anciens et a indiqué toutes les difficultés que comporte la théorie de l'onde pilote. Bohm ayant répondu qu'il le citerait dans la publication de son travail et sous l'influence de M. Vigier et de Mme Tonnelat, M. Louis de Broglie a pris une attitude beaucoup moins catégorique dans son commentaire à la Note de M. Vigier.*

Jean-Louis Destouches à Léon Rosenfeld (19 décembre 1951)

## De Broglie explique son retour à la Double Solution

*Dans l'été 1951, j'ai eu connaissance, par une aimable communication personnelle de l'auteur, d'un mémoire d'un jeune physicien américain M. David Bohm. [...]*

*Dans ce mémoire, M. Bohm reprend intégralement, tout au moins sous l'une des formes que je leur avais données, mes conceptions de 1927, en les complétant d'une façon intéressante sur certains points. Ensuite M. J.-P. Vigier a signalé à mon attention la ressemblance qui existe entre une démonstration donnée par Einstein sur le mouvement des particules en relativité générale et une démonstration que j'avais donnée tout à fait indépendamment en 1927 dans la tentative que j'avais appelée "théorie de la double solution".*

Louis de Broglie, *La Physique quantique restera-t-elle indéterministe ?*, 1952

## D'un physicien "bourgeois"...

*À tout instant les physiciens "indéterministes" transposent à la société humaines leurs considérations sur les lois statistiques de la physique. Louis de Broglie ne propose-t-il pas d'étendre la doctrine du hasard pur aux "sciences dont l'objet est l'étude de la vie, de l'homme et des sociétés humaines" [...]*

*En réalité, les "indéterministes" ne tirent de la physique que leur propre croyance bourgeoise à la contingence de l'histoire, à l'indépendance absolue de l'individu par rapport à ses lois, croyance qu'ils y avaient préalablement introduite consciemment ou non*

Gérard Vassails, "La dialectique du hasard", *La Pensée*, n°36, 1951.

## ... à un marxiste malgé lui

*Notre désaccord ici avec Louis de Broglie est accessoire. L'essentiel, c'est notre accord, accord plus large et plus profond encore lorsque, sans nous arrêter aux opinions philosophiques de ce physicien ou à leur forme d'expression, nous considérons la marche réelle de sa pensée, sa méthode véritable [...] On connaît l'attitude récente de Louis de Broglie condamnant les thèses qu'il avait enseignées pendant vingt-cinq ans. Il est fort significatif de voir à quel point ses raisonnements actuels, reprenant sous une forme améliorée certains de ses travaux antérieurs, sont proches des raisonnements des physiciens soviétiques, et à quel point les savants se rapprochent parfois spontanément du matérialiste dialectique.*

Gérard Vassails, "Louis de Broglie et l'indéterminisme physique", *La Nouvelle Critique* n°43, 1953



## La recherche de soutiens marxistes à l'étranger

*j'ai pu discuter avec Fok [Fock] (Léningrad) sur les problèmes de mécanique quantique et de relativité, je lui ai raconté ce que nous faisons dans notre petit cercle de physiciens communistes, et cela l'a beaucoup intéressé. Je l'ai ainsi mis au courant de l'état d'avancement de nos discussions sur les fondements de la mécanique quantique et de la relativité ; en retour, j'ai reçu l'impression encourageante que nous étions sur la bonne voie et que notre organisation et nos méthodes de travail étaient bonnes.*

Évry Schatzman à Georges Cogniot (nd)

## La recherche de soutiens marxistes à l'étranger

*Je crois de mon devoir de vous signaler une situation que je considère très sérieuse et qui vous touche de près. Il s'agit de vos jeunes « poulains » Vigier, Schatzman, Vassails e tutti quanti, tous jeunes gens intelligents et pleins du désir de bien faire. Malheureusement pour le moment ils sont bien malades. Ils se sont mis en tête qu'il fallait mordicus abattre la complémentarité et sauver le déterminisme. [...]*

*Il conviendrait tout de même que les physiiciens français se montrent capables de distinguer l'ivraie du bon grain. Pour le moment, ces jeunes fanatiques sont la risée des théoriciens et ils discréditent le marxisme et le parti à la grande joie des réactionnaires comme Destouches et de Broglie.*

Léon Rosenfeld à Frédéric Joliot-Curie (6 avril 1952)

# Sommaire

- 1 La construction d'un objet historique
- 2 Les principales sources
- 3 Les acteurs
- 4 La création d'un groupe de recherche
- 5 Conclusion**

# Conclusion

- Une alliance initiale de circonstance, où chacun des acteurs y trouve son compte
- Vigier héritier du style scientifique de de Broglie, Bohm d'une approche anglo-saxonne pragmatique. Deux approches connectées par le matérialisme dialectique.