

# *La mécanique Quantique et le modèle des sciences humaines*

**Michel Bitbol**

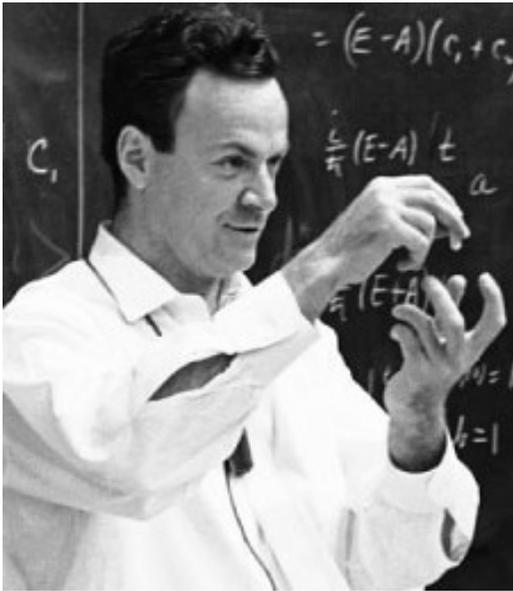
*CNRS, Archives Husserl, Paris, France*

# Le débat sur la mécanique quantique en bref

- **Réalisme:** La théorie quantique a pour mission de **représenter** (de manière plus ou moins **complète**) une **réalité *sous-jacente*** aux phénomènes, ***indépendante*** des moyens de les connaître.
- **Empirisme:** La théorie quantique est un **dispositif formel** permettant de **décrire économiquement** l'ordre (statistique) des **phénomènes**

## *Une troisième voie*

- **Transcendantalisme (Kant)**
- **Moins** qu'une représentation de la « réalité indépendante », mais **plus** qu'une recette descriptive [*condition formelle de possibilité d'un système intégré de phénomènes relatifs à un contexte*]
- Agnosticisme ontologique, mais **explication épistémologique** de la structure de la théorie



Richard Feynman  
1918-1988

## Redirection réflexive de l'attention pour « comprendre » la physique quantique

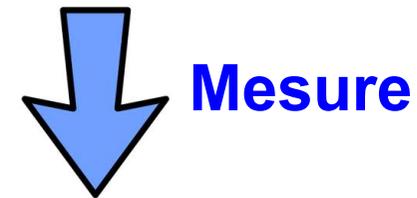
- “Je pense pouvoir dire sans me tromper que **personne ne comprend** la mécanique quantique” Feynman, 1965
- “Il se pourrait que nous ayons à apprendre ce que le mot ‘**comprendre**’ veut vraiment dire” Bohr, 1921
- **Compréhension «réaliste», ou bien réflexive?**
- La MQ ne fournit **nulle représentation unanimement acceptée** d’une réalité «extérieure». **Pas de compréhension «réaliste».**
- Elle fournit un système de **prévision probabiliste** de phénomènes techno-expérimentaux (**Empirisme**)
  - Savoir **Pourquoi** il en va ainsi débouche sur une **compréhension réflexive** de la mécanique quantique (**Transcendantalisme**)

# Qu'est-ce que la mécanique CLASSIQUE?

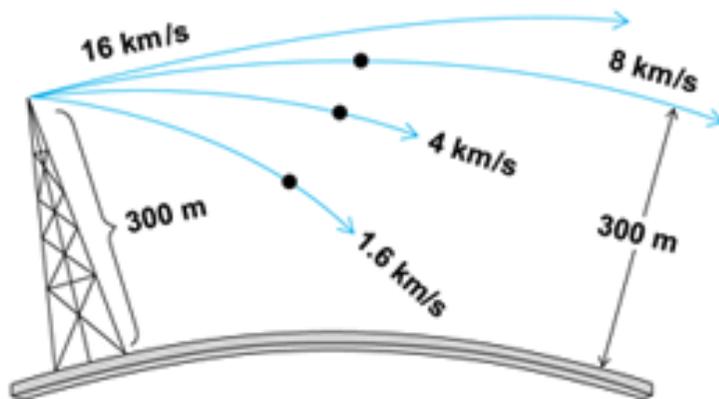
(sur un plan empirique)

Évolution:  
Équations de Newton / Hamilton

$X(0), V(0)$   $\longrightarrow$   $X(T), V(T)$  Prédiction



Résultat:  
 $X(T), V(T)$



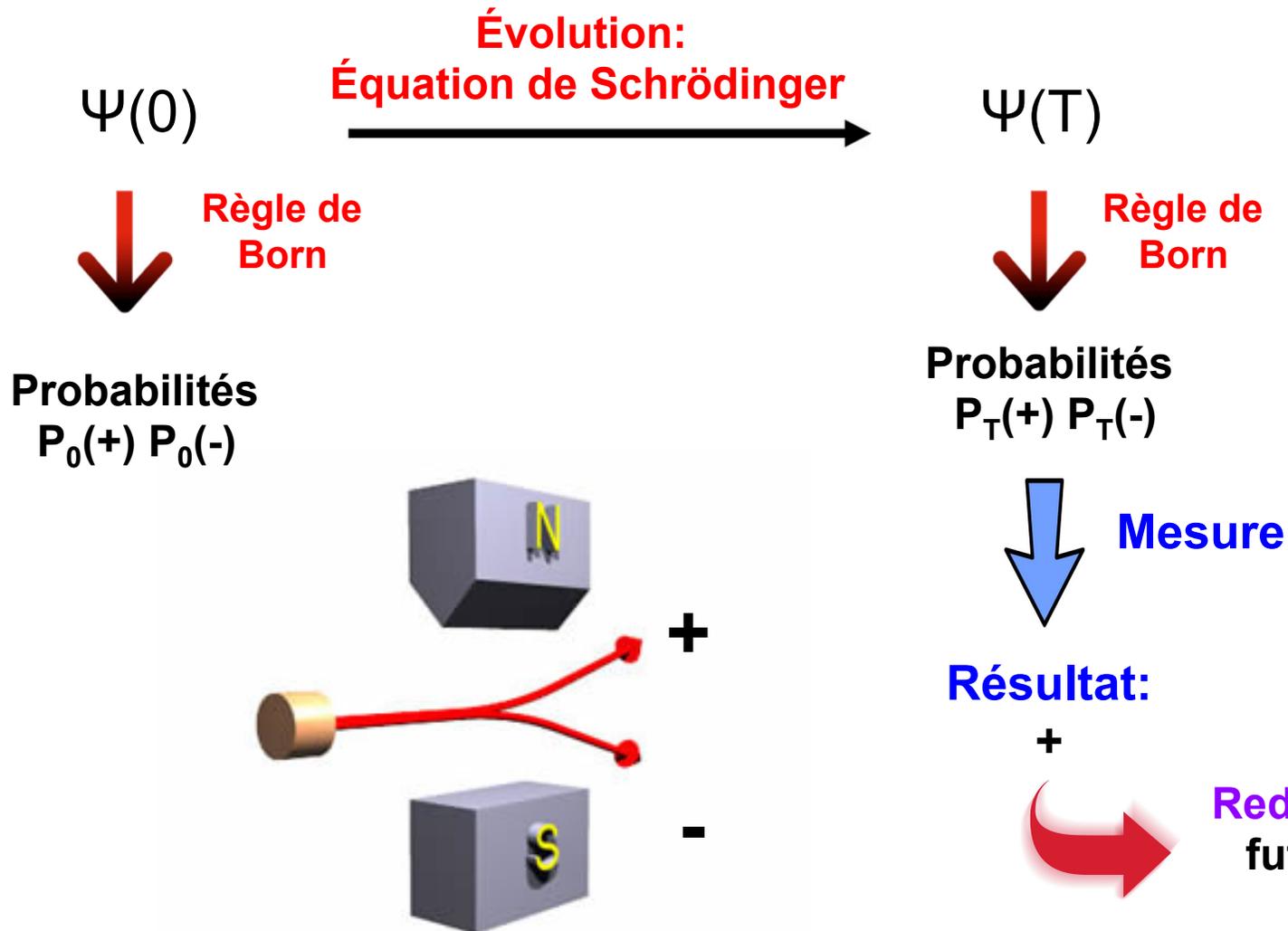
- **HABILLER LE SQUELETTE MATHÉMATIQUE**  
*(RÉALISME):*
  1. “La réalité est faite de **CORPS MATÉRIELS** localisés qui s’attirent” (Newton)
  2. “La réalité est pure **ÉNERGIE**. Les corps matériels: concentrations locales d’énergie” (Ostwald, Duhem)

- **EXPLIQUER RÉFLEXIVEMENT LE SQUELETTE MATHÉMATIQUE**  
*(TRANSCENDANTALISME):*
  - Les trois “analogies de l’expérience” de Kant et les trois lois de Newton

# Qu'est-ce que la mécanique QUANTIQUE? (sur un plan empirique)

- **Histoire:** Sauts quantiques, onde-corpuscule, indéterminisme...

Un schéma pour prédire des résultats expérimentaux (probabilités)



*Pas d'interprétation réaliste, mais une "déduction transcendantale"*



## Pourquoi s'en tenir à ce minimum interprétatif? L'acteur, le spectateur, et l'être-en-rapport-avec-le-monde

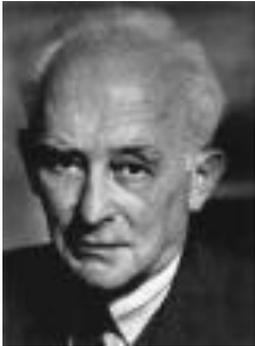
- **N. Bohr (1930):** «La situation nouvelle qui se présente en physique nous rappelle instamment cette ancienne vérité que nous sommes aussi bien acteurs que spectateurs dans le grand drame de l'existence»
- **W. Heisenberg (1942):**
  - La physique quantique délimite une région de connaissance dans laquelle «les états de choses ne peuvent pas être complètement séparés du processus de connaissance à travers lequel nous en venons à les poser»
- **W. Heisenberg (1955):**
  - «Le sujet de la recherche n'est plus la nature en soi mais **la nature livrée à l'interrogation humaine**»
  - «S'il est permis de parler de l'image de la nature selon les sciences exactes de notre temps, il faut entendre par là, plutôt que l'image de la nature, **l'image de nos rapports avec la nature**»

# Physique quantique et renouveau des sciences cognitives



- **Paradigme standard:** Le monde est **donné d'avance**. L'organisme en reçoit des inputs, et agit sur lui (outputs). Entre les deux, un calcul symbolique conforme à **une représentation fidèle du monde**.
  - **Paradigme éenactif (F. Varela):** L'organisme est soumis à des perturbations chaotiques. Il s'y adapte pour maintenir son «**équilibre homéostatique**». Ses comportements adaptatifs définissent des **éléments signifiants** dans le milieu, traités comme **objets**.
  - **Un réseau neuronal «(...) ne représente pas le monde extérieur mais représente le processus d'interaction entre l'environnement et l'organisme».** J. Schopman & A. Shawky, 1996
- Rappel sur Heisenberg: la physique quantique n'offre pas une image de la nature, mais «**une image de nos rapports avec la nature**»

## Exemple de compréhension réflexive: Quel est le sens de l'Indéterminisme quantique?



- **Born 1926:** « On n'obtient aucune réponse à la question 'quel est l'état après la collision', mais seulement 'quelle est la probabilité d'un résultat donné de la collision?' (...) Ici, toute la question du déterminisme est posée »



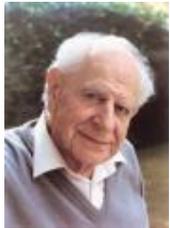
- **Heisenberg 1927:** « (...) La mécanique quantique établit l'échec final de la causalité ».

## Doutes précoces sur l'indéterminisme

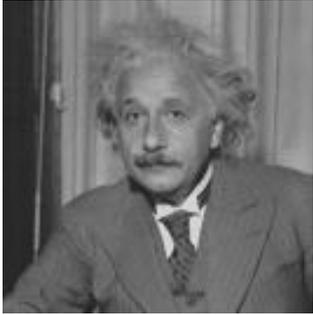
- Born 1926: “Devrions-nous espérer découvrir plus tard de telles propriétés et les déterminer dans des cas individuels? (...) J'incline moi-même à abandonner le déterminisme dans le domaine atomique. Mais c'est une question philosophique pour laquelle les arguments physiques sont insuffisants”
  - L'indétermination quantique est-elle *subjective ou objective*? Existe-t-il un domaine caché de processus déterministes? Ou n'en existe-t-il pas? Ces questions ont-elles même un sens??

# Probabilités objectives

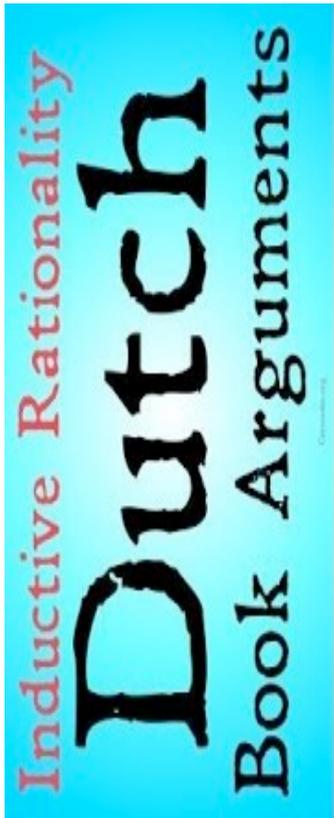
- **Heisenberg 1958:** “On peut remplacer le terme ‘état’ par le terme ‘potentialité’. Les particules élémentaires (...) forment un monde de potentialités ou de possibilités plutôt que de choses ou de faits”
  - **Popper 1990:** “Le futur est ouvert, objectivement ouvert”. Probabilités=Propensions. Les propensions sont comme des forces qui existent objectivement.
  - **Theorèmes d’indécidabilité:** un processus *apparemment* déterministe peut émerger d’une nature stochastique sous-jacente (loi des grands nombres); et un processus *apparemment* indéterministe peut émerger d’une nature déterministe sous-jacente (chaos déterministe).



# Probabilités subjectives



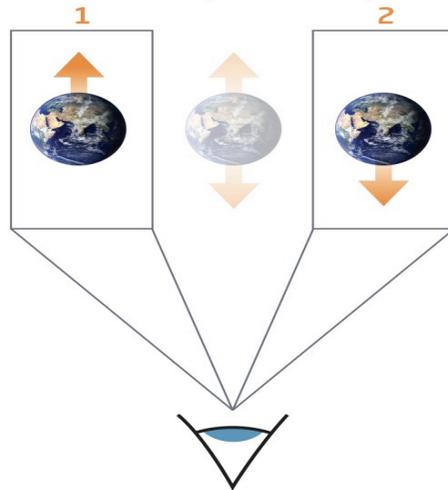
- **Einstein 1927:** La fonction d'onde est un outil statistique. Elle contient de l'information à propos d'un *ensemble* de particules. Par conséquent, la Mécanique Quantique est *incomplète*.
- **Born 1926-1935:** Forge l'expression "interprétation statistique de la fonction d'onde". Accepte que cela comporte une connotation d'*ignorance* sur le comportement des particules. Mais Born déclare que cette ignorance est *irréductible en principe*.
  - Ignorance **contingente** ou **nécessaire**?



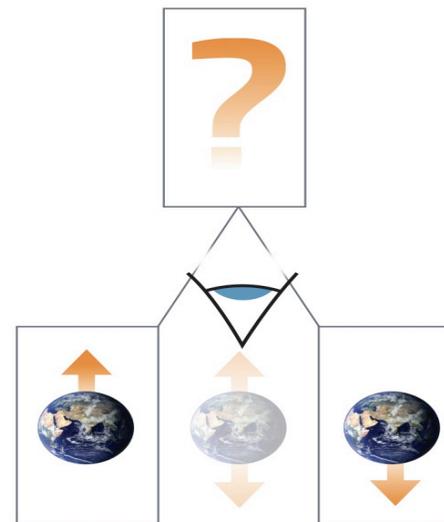
## QBism (Fuchs, Schack, Mermin)

- *Un état quantique ne représente pas la réalité, mais les évaluations probabilistes d'un agent, reflétant son degré de croyance à propos du futur.* Fuchs & Schack 2015
- La mécanique quantique **explique** pourquoi, afin d'être **cohérent** (**Dutch-Book theorem**), l'expérimentateur doit **assigner** une probabilité **p** (Elle n'explique **pas** pourquoi le résultat **EST TEL**)
- Ce genre d'**explication** vaut pour un monde où les mesures sont des actes de création (« ignorance » *nécessaire*).

Standard quantum picture

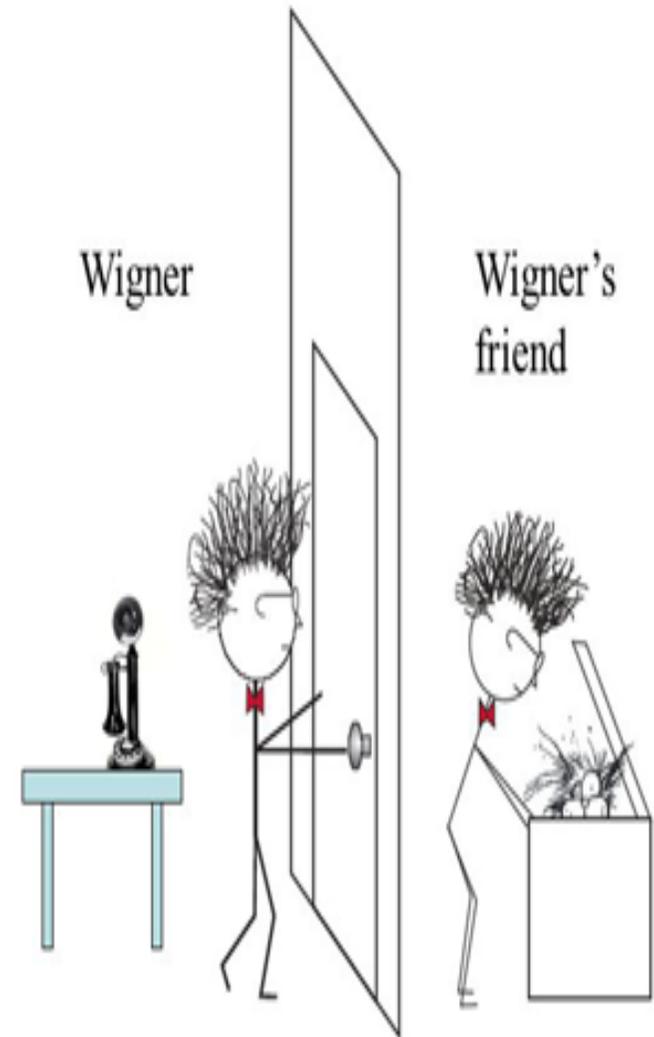


Quantum bayesianism



## La disparition des “paradoxes”

- **Problème de la mesure, paradoxe de l’ami de Wigner**
- Dans le QBism, **L’ami de Wigner** passe **de paradoxe à parabole fondatrice**. Jusqu’au moment où Wigner partage l’expérience de son ami, il lui **assigne** un état intriqué. Son ami s’assigne à lui-même un état précis. **Les assignations d’“état” dépendent de la SITUATION**
- **Paradoxe d’Einstein, Podolsky, Rosen**
- Une probabilité 1 mesure l’intensité d’une croyance: une **suprême confiance**. Elle n’implique **pas** l’existence d’un “élément de réalité”. Mermin 2014



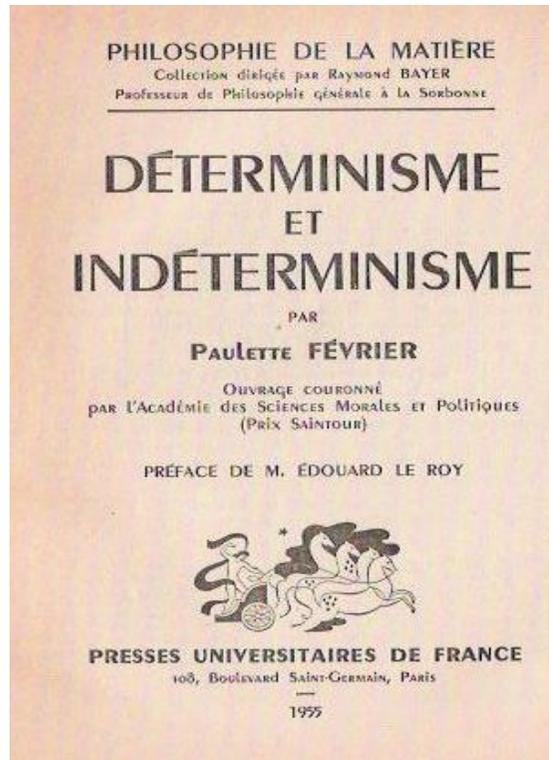
## PROBABILITÉS OBJECTIVES ET SUBJECTIVES: UNE CONFLUENCE

- Côté probabilités ‘**Objectives**’ : Le déterminisme des lois ultimes de la nature pourrait être **en principe** *inconnaisable* (Popper)
  - Côté probabilités ‘**Subjectives**’ : *l’ignorance* pourrait être **nécessaire** (Born)



- **Des deux côtés :**
  - Une affirmation des limites de la connaissance
  - Une suspension du jugement sur la “chose en soi”
    - **Définition kantienne de l’objectivité**
  - Pas de transgression des limites de la connaissance (rien à dire sur la “chose en soi”)
  - Objectif = aspect *invariant* des phénomènes ; phénomènes connectés par des lois universelles.

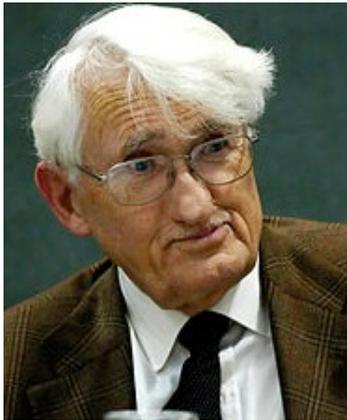
# Limites de la connaissance et Contextualité



- Popper: le déterminisme hypothétique des lois « ultimes » est inconnaissable parce que NOUS sommes impliqués dans le processus. Impossibilité d'auto-prédire en faisant abstraction de notre influence.
- **Imagerie populaire: 'perturbation'** de l'objet par l'agent de mesure.
- **Theorème sur l'indéterminisme et la contextualité:** "s'il existe une paire de variables qui ne peuvent être mesurées simultanément, (une théorie prédictive) est essentiellement indéterministe" P. Destouches-Février, 1951-1955

# DISTINCTION entre sciences de la nature et sciences humaines selon Habermas

(*Logique des Sciences Sociales*, P.U.F., 1987)



Jürgen Habermas

- « Les théories des sciences naturelles se présentent comme des systèmes d'énoncés sur les états de choses, tandis que, dans les sciences humaines, **la relation complexe entre énoncés et états de choses est déjà présente dans les états de choses analysés** »
- (cit. J. v. Kempfski) « Les études que les sciences sociales réalisent (...) sont fondamentalement des études relatives à l'action **possible**, alors que la physique théorique se réfère toujours à la nature **réelle** »
- **Question:** *cette distinction reste-t-elle crédible au vu de la mécanique quantique?*

# RAPPROCHEMENT sciences humaines - mécanique quantique

(K.-O. Apel, *L'a priori du corps dans le problème de la connaissance*)

- « Dans les deux cas, il faut renoncer à la représentation d'un continuum objectif du monde extérieur dont la multiplication des **perspectives** tombe, par principe, sous contrôle (...) théorique.  
À la place de cela, se manifestent des **aspects du monde incompatibles, complémentaires**, [parce que indissolublement liés à chaque modalité d'intervention] »
- Les aspects de la nature constitués par l'expérience microphysique « (...) sont objectivement incompatibles et, pour cette raison, **comparables aux conceptions du monde mutuellement exclusives du monde des sciences humaines** (*Geisteswissenschaften*) »



**Karl-Otto Apel**  
1922-2017

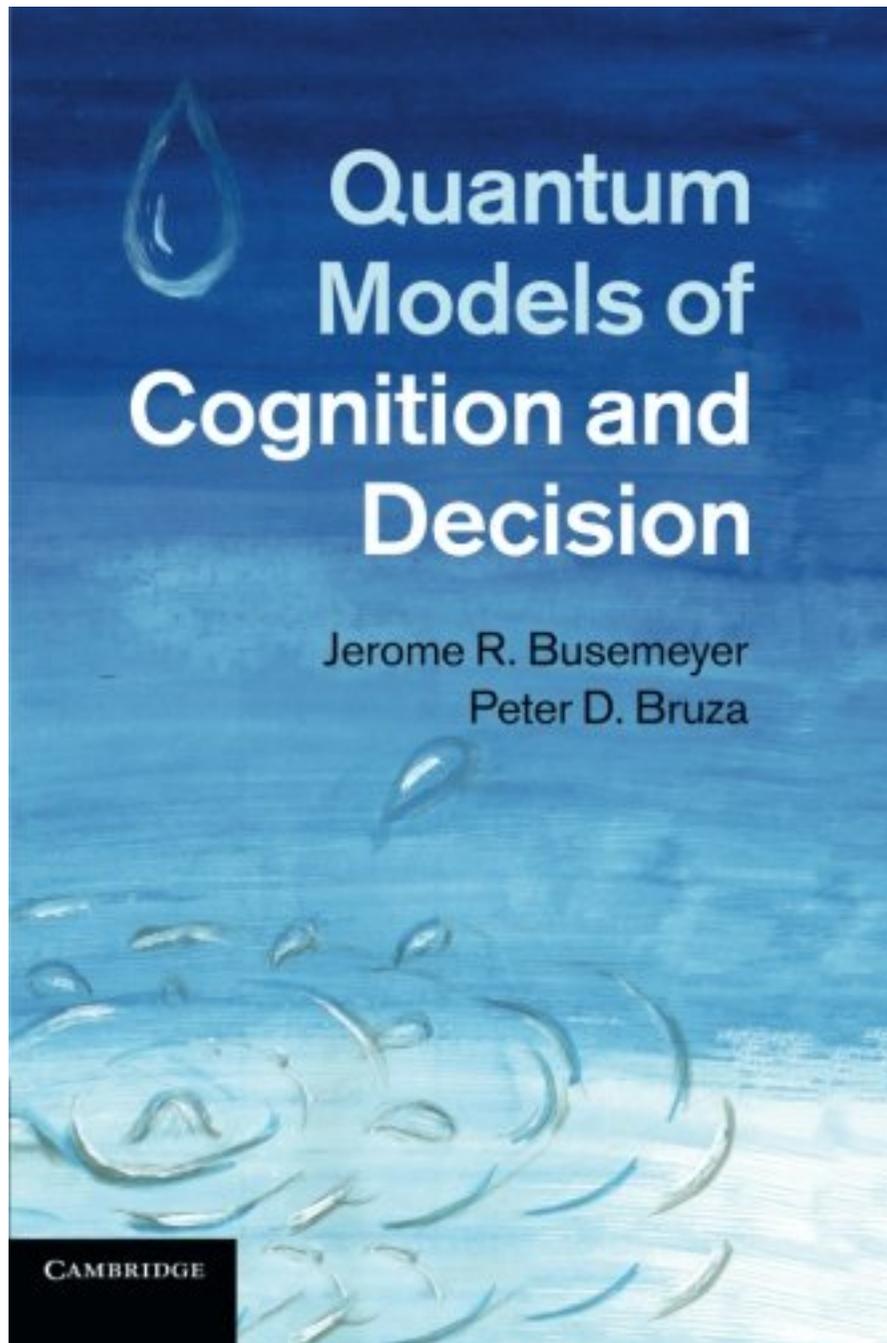
## Reste-t-il une différence entre mécanique quantique et sciences humaines (selon Apel)?

- « (La mécanique quantique) réussit seulement à mettre en valeur la séparation du sujet et de l'objet au niveau de l'explication *statistique* du **comportement d'ensembles de particules**, mais elle y échoue au niveau des **particules individuelles** »
- La conception interventionniste de la connaissance « se révèle encore plus importante pour les (sciences humaines) qu'elle ne l'est pour la microphysique. Cette dernière est tout de même en mesure de soumettre, grâce à sa fonction de probabilité, le caractère non-anticipable par principe des résultats de l'observation (à des **lois**). Les (sciences humaines), en revanche, ont affaire à des constitutions du monde **uniques et irréversibles** »

## J. Piaget (*Logique et Découverte scientifique*) conteste la différence « Naturwissenschaften -Geisteswissenschaften »



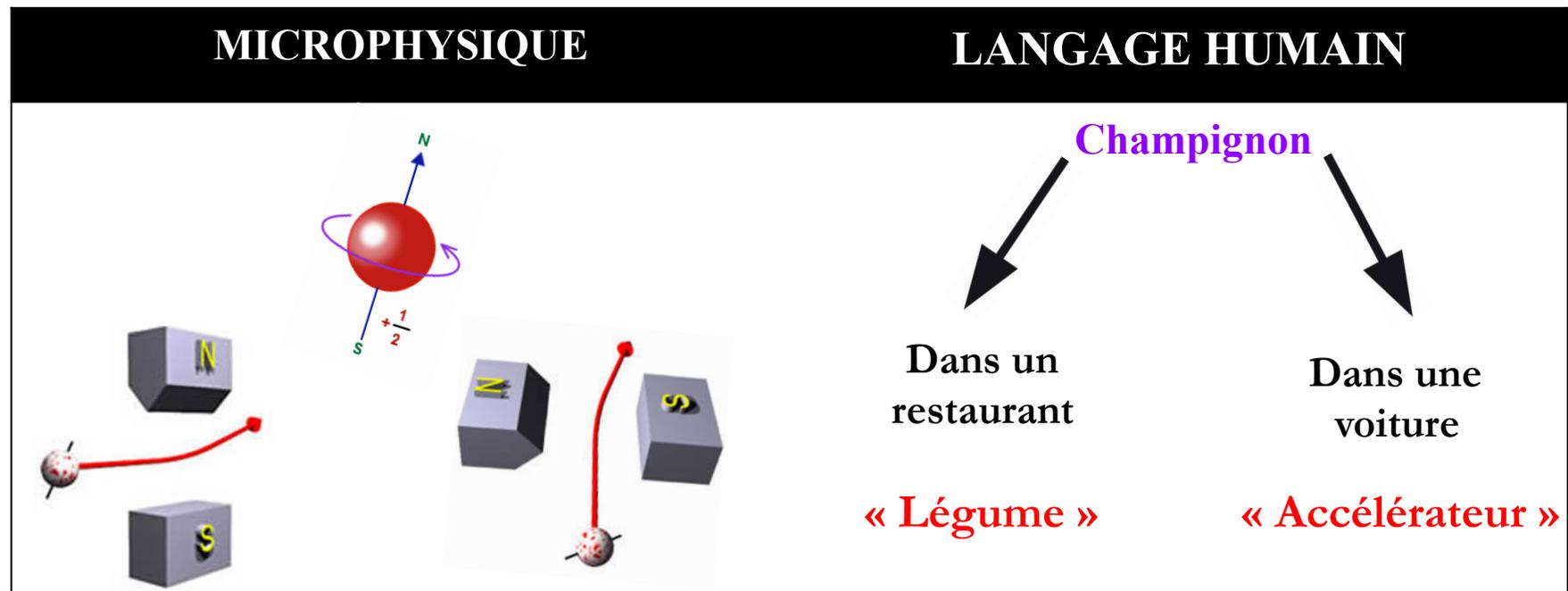
- « Les notions fondamentales auxquelles se réduisent les structures sociales sont celles de *règles* (ou *normes*, du point de vue du sujet), de *valeurs* et de *signes*; et elles paraissent **irréductibles aux concepts utilisés dans les sciences naturelles** » (Intention /mécanisme; raisons / causes)
- Mais: une science naturelle fait intervenir des *causes* du point de vue de ses objets, et des *raisons* du point de vue du sujet.
  - « La distinction entre l’**explication**’ (causale) et la **compréhension**’ (des significations et intentions), si fondée soit-elle, n’est pas de nature à opposer les sciences de l’homme et celles de la matière: elle met en évidence deux aspects indissociables de la connaissance, et toute science tend à les concilier de diverses manières, *les unes dans le sujet humain qui est l’objet même de leur analyse, les autres dans la coordination entre les données expérimentales provenant de l’objet et les instruments déductifs fournis par le sujet* » (p. 1135)



*Une version généralisée de la MQ  
a été appliquée avec succès à la  
prédiction probabiliste de  
décisions et de perceptions  
humaines ...*

La MQ est bien une technique  
pour **parier** en situations de  
**déterminations suspendues...**

- **QU'EST-CE QUE LES ÉLECTRONS ET LES ESPRITS HUMAINS ONT EN COMMUN??**
- Ni les uns ni les autres n'ont de **DÉTERMINATIONS INTRINSÈQUES**
- Leurs réactions sont **RELATIVES** au **CONTEXTE**: *MESURE* ou *QUESTION*
- *“Les mots peuvent prendre un large spectre de significations selon leur contexte d’usage” (Bruza & Kitto, 2009)*



# Conclusion

- En sciences humaines, comme en physique quantique, l'implication du connaissant dans ce qu'il a à connaître pose le problème de l'objectivation.
- En sciences humaines, comme en physique quantique, il existe un niveau d'objectivation possible.
- Mais: si ce niveau d'objectivation est trop élevé, trop général, trop abstrait, quel est son intérêt explicatif?
  - Prédire sans expliquer.
  - Mais qu'est-ce qu'expliquer?