

# L'expérience de pensée d'Einstein, Podolsky et Rosen (EPR) et les inégalités de Bell.

Ismaël Benslimane

ismael@benslimane.fr  
Université Grenoble Alpes

22 mars 2018



# Sommaire

Partie 1. L'argument EPR : il faut des variables cachées pour sauver la localité!

Partie 2. Les inégalités de Bell : une théorie locale à variables cachées n'est pas possible.

Partie 3. Des expériences nous montrent qu'il n'y a pas de variables cachées, donc le monde est non-local!

# Sommaire

- 1 Introduction : contexte d'EPR
- 2 L'argumentation d'EPR
- 3 Critiques d'EPR
  - La réponse de Bohr à EPR
  - L'incompréhensibilité de la réponse
  - L'incompréhension d'EPR
- 4 Conclusion : ce que permis EPR

# Les choses étranges de la MQ

En résumé :

- Indeterminisme et superposition "ontologique"
- Rôle de l'observateur
- L'effondrement de la fonction d'onde lors de la mesure
- La non-localité

## Les deux camps

Einstein, Schrödinger, de Broglie (avant 1927) Bohm, Bell vs.  
Heisenberg, Bohr, Born, Pauli, Dirac, de Broglie (après 1927)



## Les deux camps

Einstein, Schrödinger, de Broglie (avant 1927) Bohm, Bell vs.  
Heisenberg, Bohr, Born, Pauli, Dirac, de Broglie (après 1927)  
Par exemple, en 1928, Einstein écrit à Schrödinger :

*La philosophie tranquillisante de Heisenberg et Bohr – ou est-ce une religion ? – est si habilement échafaudée qu'elle permet aux vrais croyants de se reposer sur un oreiller si doux qu'il n'est pas facile de les réveiller.*

## Les deux camps

Schrödinger à Born :

*Tu sais que je t'aime bien et rien ne peut changer cela. Mais je dois te passer un savon. Aussi, ne bouge pas. L'impudence avec laquelle tu affirmes de façon répétée que l'interprétation de Copenhague est pratiquement universellement acceptée, que tu l'affirmes sans hésitation, même devant un public de non-experts, qui est complètement à ta merci, est à la limite de l'acceptable. . . . N'as tu aucune inquiétude concernant le verdict de l'histoire ? Es-tu tellement convaincu que l'humanité entière va succomber sous peu à votre folie ?*

## But de l'article EPR

Le but : réfuter l'interprétation de Copenhague et démontrer que le formalisme de la MQ n'est pas complet.



## But de l'article EPR

Le but : réfuter l'interprétation de Copenhague et démontrer que le formalisme de la MQ n'est pas complet.

Einstein n'aimait pas du tout l'interprétation de "Copenhague" anti-réaliste, non-déterministe et surtout non-locale. Il pensait que la MQ était incomplète, qu'elle faisait des très bonnes prédictions mais comme toute bonne théorie statistique.

## But de l'article EPR

Le but : réfuter l'interprétation de Copenhague et démontrer que le formalisme de la MQ n'est pas complet.

Einstein n'aimait pas du tout l'interprétation de "Copenhague" anti-réaliste, non-déterministe et surtout non-locale. Il pensait que la MQ était incomplète, qu'elle faisait des très bonnes prédictions mais comme toute bonne théorie statistique.

Einstein, Podolsky, et Rosen présentent alors un paradoxe dans leur article « La description de la réalité physique par la mécanique quantique peut-elle être considérée comme complète ? (Phys. Rev., vol. 47, 1935, p. 777-780) »

## But de l'article EPR

Le but : réfuter l'interprétation de Copenhague et démontrer que le formalisme de la MQ n'est pas complet.

Einstein n'aimait pas du tout l'interprétation de "Copenhague" anti-réaliste, non-déterministe et surtout non-locale. Il pensait que la MQ était incomplète, qu'elle faisait des très bonnes prédictions mais comme toute bonne théorie statistique.

Einstein, Podolsky, et Rosen présentent alors un paradoxe dans leur article « La description de la réalité physique par la mécanique quantique peut-elle être considérée comme complète ? (Phys. Rev., vol. 47, 1935, p. 777-780) »

C'est une expérience de pensée, mais des expériences en laboratoire ont par la suite été réalisées.

# Mais...

Mais Einstein n'a jamais aimé cet article!

## Mais...

Mais Einstein n'a jamais aimé cet article !  
L'article a été écrit par Podolsky parce que l'anglais d'Einstein était loin d'être parfait à cette époque.

## Mais...

Mais Einstein n'a jamais aimé cet article !

L'article a été écrit par Podolsky parce que l'anglais d'Einstein était loin d'être parfait à cette époque.

Enstein trouve EPR perdu dans le formalisme et inutilement compliqué.

Einstein se plaint dans une lettre adressée à Schrödinger le 19 juin 1935 :

*il n'est pas ressorti aussi bien que je le voulais vraiment  
[...] l'essentiel était, pour ainsi dire, enterré par  
l'érudition.*

# Alors...

Alors voulez-vous vraiment que l'on étudie l'article EPR ?

## Alors...

Alors voulez-vous vraiment que l'on étudie l'article EPR ?

- 1 Regardons pourquoi l'article était confus
- 2 L'article n'a pas été compris
- 3 La réponse de Bohr
- 4 Version simplifiée : les boites d'Enstein
- 5 Conclusion : variable cachée et localité



## Définition : un théorie complète

« dans une théorie complète, il existe un élément correspondant à chaque élément de réalité »

## Définition de la réalité

Critère suffisant pour dire qu'une chose existe :  
Si, sans perturber en aucune manière l'état d'un système, la valeur d'une quantité physique (par exemple la position, la vitesse) de ce système peut être prédite avec une probabilité égale à 1, alors il existe un élément de réalité correspondant à cette quantité physique.

## Définition de la réalité

Critère suffisant pour dire qu'une chose existe :  
Si, sans perturber en aucune manière l'état d'un système, la valeur d'une quantité physique (par exemple la position, la vitesse) de ce système peut être prédite avec une probabilité égale à 1, alors il existe un élément de réalité correspondant à cette quantité physique. Pour la position par exemple : Si votre théorie vous donne une probabilité de  $1/2$  de trouver une particule dans une boîte, alors il se peut qu'il n'existe pas un élément de réalité correspondant au fait qu'il y ait une particule dans la boîte.

## Définition de la réalité

Critère suffisant pour dire qu'une chose existe :

Si, sans perturber en aucune manière l'état d'un système, la valeur d'une quantité physique (par exemple la position, la vitesse) de ce système peut être prédite avec une probabilité égale à 1, alors il existe un élément de réalité correspondant à cette quantité physique. Pour la position par exemple : Si votre théorie vous donne une probabilité de  $1/2$  de trouver une particule dans une boîte, alors il se peut qu'il n'existe pas un élément de réalité correspondant au fait qu'il y ait une particule dans la boîte. Si votre théorie vous donne une probabilité égale à 1 de trouver une particule dans une boîte, alors il existe un élément de réalité correspondant au fait qu'il y ait une particule dans la boîte.

# Probabilité

Le formalisme classique de la mécanique quantique nous dit que nous pouvons seulement dire que la probabilité relative qu'une mesure donne un résultat se situant entre  $a$  et  $b$  est égale à la distance entre  $a$  et  $b$ .

# Probabilité

Le formalisme classique de la mécanique quantique nous dit que nous pouvons seulement dire que la probabilité relative qu'une mesure donne un résultat se situant entre  $a$  et  $b$  est égale à la distance entre  $a$  et  $b$ . Toute les valeurs entre  $a$  et  $b$  sont donc probables de manières équivalentes.

# Probabilité

Le formalisme classique de la mécanique quantique nous dit que nous pouvons seulement dire que la probabilité relative qu'une mesure donne un résultat se situant entre  $a$  et  $b$  est égale à la distance entre  $a$  et  $b$ . Toute les valeurs entre  $a$  et  $b$  sont donc probables de manières équivalentes. Une valeur définie de la coordonnée, pour une particule n'est donc pas prévisible, et ne peut être obtenue que par une mesure directe.

## Conclusion de l'argument

*Il s'ensuit que soit (1) la description quantique de la réalité donnée par la fonction d'onde n'est pas complète, soit (2) lorsque deux grandeurs physiques ne peuvent-êtes prédites simultanément, les deux quantités ne peuvent pas avoir de réalité simultanée.*



## Conclusion de l'argument

*Il s'ensuit que soit (1) la description quantique de la réalité donnée par la fonction d'onde n'est pas complète, soit (2) lorsque deux grandeurs physiques ne peuvent-êtes prédites simultanément, les deux quantités ne peuvent pas avoir de réalité simultanée. Car si les deux quantités avaient simultanément une réalité et donc des valeurs définies, ces valeurs entreraient dans la description complète, selon la condition de complétude. Si la fonction d'onde fournissait alors une telle description complète de la réalité, elle contiendrait ces valeurs; celles-ci seraient alors prévisibles. Cela n'étant pas le cas, il nous reste les alternatives indiquées.*

## Conclusion de l'argument

Plus simplement :

Les éléments physiques ne sont pas prévisibles, mais mesurables donc notre théorie n'est pas très bonne.

Comme les théories météorologiques sur le long terme : le temps qu'il fera dans 1 an n'est pas prédictible mais sera bien mesuré à un moment donné (dans 1 an justement !).

## Dans les détails

*Dire que la fonction d'onde contient une description complète de la réalité physique du système avec notre critère de la réalité [prédiction certaine] donné ci-dessus conduit à une contradiction.*

## Dans les détails

*Dire que la fonction d'onde contient une description complète de la réalité physique du système avec notre critère de la réalité [prédiction certaine] donné ci-dessus conduit à une contradiction.*

*Pour cela supposons que nous ayons deux systèmes [par exemple des particules], I et II, que nous permettons d'interagir à partir du temps  $t = 0$  jusqu' à  $t = T$ , après quoi nous supposons qu'il n' y a plus d'interaction entre les deux parties.*

## Dans les détails

*Dire que la fonction d'onde contient une description complète de la réalité physique du système avec notre critère de la réalité [prédiction certaine] donné ci-dessus conduit à une contradiction.*

*Pour cela supposons que nous ayons deux systèmes [par exemple des particules], I et II, que nous permettons d'interagir à partir du temps  $t=0$  jusqu' à  $t = T$ , après quoi nous supposons qu'il n' y a plus d'interaction entre les deux parties.*

*Nous supposons en outre que les états des deux systèmes avant  $t=0$  étaient connus. Nous pouvons ensuite calculer, à l'aide de l'équation de Schrodinger, l'état de la combinaison des systèmes I+II à tout moment ultérieur ; en particulier, pour toute  $t ; T$*

## Dans les détails

Chaque quantité étudiée à une description de son évolution correspondante, en d'autres termes une fonction qui décrit l'évolution de la quantité. Il y a une fonction pour décrire la vitesse, la position, etc.

## Dans les détails

Chaque quantité étudiée à une description de son évolution correspondante, en d'autres termes une fonction qui décrit l'évolution de la quantité. Il y a une fonction pour décrire la vitesse, la position, etc.

Lorsque l'on mesure une quantité donnée (par exemple la vitesse) : on découvre alors un seul des états possibles pour le Système I décrit par  $f_I(\text{vitesse})$  pour la quantité mesurée et un seul des états possibles pour le Système II décrit par la fonction  $f_{II}(\text{vitesse})$  pour la même quantité mesurée.

## Dans les détails

Chaque quantité étudiée à une description de son évolution correspondante, en d'autres termes une fonction qui décrit l'évolution de la quantité. Il y a une fonction pour décrire la vitesse, la position, etc.

Lorsque l'on mesure une quantité donnée (par exemple la vitesse) : on découvre alors un seul des états possibles pour le Système I décrit par  $f_I(\text{vitesse})$  pour la quantité mesurée et un seul des états possibles pour le Système II décrit par la fonction  $f_{II}(\text{vitesse})$  pour la même quantité mesurée.

Mais si on mesure une autre quantité donnée (la position) : on découvre aussi un seul des états possibles décrit par une autre fonction  $g_I(\text{position})$  pour le Système I et on découvre un seul des états possibles décrit par une autre fonction  $g_{II}(\text{position})$  pour le Système II.



## Dans les détails

*Nous voyons donc que, suite à deux mesures différentes effectuées sur le premier système [vitesse, position], le second système peut être laissé dans des états avec deux fonctions d'onde différentes [ $\mathbf{f}_{II}(\text{vitesse})$ ,  $\mathbf{g}_{II}(\text{position})$ ]. D'autre part, étant donné qu'au moment de la mesure, les deux systèmes n'interagissent plus, aucun changement réel ne peut se produire dans le deuxième système en raison de quoi que ce soit qui pourrait être fait au premier système. Il ne s'agit bien sûr que d'un simple énoncé de ce que signifie l'absence d'interaction entre les deux systèmes. Ainsi, il est possible d'assigner deux fonctions d'onde différentes [ dans notre exemple  $\mathbf{f}_{II}$  et  $\mathbf{g}_{II}$ ] à la même réalité (le second système après l'interaction avec le premier).*

## Dans les détails

Le fait de mesurer avec certitude par exemple la vitesse dans le système I nous prédit avec certitude la vitesse dans le système II, puisque les 2 particules avaient les mêmes caractéristiques et que la physique nous dit que les vitesses se conservent dans notre cas simplifié (normalement c'est la quantité de mouvement qui se conserve). Si on mesure la position de la particule dans le système II, on sait alors aussi prédire avec certitude la position de la particule dans le système I.

## Dans les détails

Le fait de mesurer avec certitude par exemple la vitesse dans le système I nous prédit avec certitude la vitesse dans le système II, puisque les 2 particules avaient les mêmes caractéristiques et que la physique nous dit que les vitesses se conservent dans notre cas simplifié (normalement c'est la quantité de mouvement qui se conserve). Si on mesure la position de la particule dans le système II, on sait alors aussi prédire avec certitude la position de la particule dans le système I.

Mais rappel, si on prédit avec certitude, les quantités ont des réalités.

## Dans les détails

Le fait de mesurer avec certitude par exemple la vitesse dans le système I nous prédit avec certitude la vitesse dans le système II, puisque les 2 particules avaient les mêmes caractéristiques et que la physique nous dit que les vitesses se conservent dans notre cas simplifié (normalement c'est la quantité de mouvement qui se conserve). Si on mesure la position de la particule dans le système II, on sait alors aussi prédire avec certitude la position de la particule dans le système I.

Mais rappel, si on prédit avec certitude, les quantités ont des réalités.

Mais si les deux grandeurs physiques décrites ne peuvent être prédites simultanément, ce que nous dit le formalisme de la mécanique quantique,

## Dans les détails

Le fait de mesurer avec certitude par exemple la vitesse dans le système I nous prédit avec certitude la vitesse dans le système II, puisque les 2 particules avaient les mêmes caractéristiques et que la physique nous dit que les vitesses se conservent dans notre cas simplifié (normalement c'est la quantité de mouvement qui se conserve). Si on mesure la position de la particule dans le système II, on sait alors aussi prédire avec certitude la position de la particule dans le système I.

Mais rappel, si on prédit avec certitude, les quantités ont des réalités.

Mais si les deux grandeurs physiques décrites ne peuvent être prédites simultanément, ce que nous dit le formalisme de la mécanique quantique,

lorsque l'on mesure la vitesse ou la position dans le système I, alors on sait la position et la vitesse dans le système II car il y a une loi



# Dans les détails

## Dans les détails

Nous avons alors un paradoxe : nous arrivons à créer une expérience de pensée avec le formalisme quantique où la vitesse et la position sont prédites avec certitude, donc ont une réalité, alors que ce n'est pas possible selon le même formalisme.

## Dans les détails

Nous avons alors un paradoxe : nous arrivons à créer une expérience de pensée avec le formalisme quantique où la vitesse et la position sont prédites avec certitude, donc ont une réalité, alors que ce n'est pas possible selon le même formalisme.

Si la théorie est complète, cela veut dire que la mesure d'un des systèmes à une influence immédiate instantanée sur la mesure d'un autre système potentiellement infiniment loin pour continuer à respecter le fait que les deux grandeurs physiques ne peuvent être prédites simultanément.



# La réponse de Bohr à EPR

N. Bohr, Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete? Phys. Rev. 48, 696 – Published 15 October 1935

MAY 15, 1935

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 47

## Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?

A. EINSTEIN, B. PODOLSKY AND N. ROSEN, *Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey*  
(Received March 25, 1935)

OCTOBER 15, 1935

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 48

## Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?

N. BOHR, *Institute for Theoretical Physics, University, Copenhagen*  
(Received July 13, 1935)

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 108, NUMBER 4

NOVEMBER 15, 1957

## Discussion of Experimental Proof for the Paradox of Einstein, Rosen, and Podolsky

D. BOHM AND Y. AHARONOV  
*Technion, Haifa, Israel*  
(Received May 10, 1957)

## La réponse de Bohr à EPR

*“Si, sans perturber d’aucune façon un système, on peut prédire avec certitude la valeur d’une quantité physique, alors il existe un élément de la réalité physique qui correspond à cette quantité physique” (EPR). [...] L’énoncé du critère ci-dessus [...] contient une ambiguïté en ce qui concerne l’expression “sans perturber d’aucune façon un système”. Bien sûr, dans le cas considéré, il n’est pas question d’une perturbation mécanique du système analysé durant la dernière étape critique du processus de mesure.*

## La réponse de Bohr à EPR

*Mais, même à cette étape, il y a essentiellement la question de l'influence sur les conditions mêmes qui définissent les types possibles de prédictions concernant le comportement futur du système [...] leur argumentation ne justifie pas leur conclusion selon laquelle la description quantique est essentiellement incomplète [...] Cette description peut être caractérisée comme l'utilisation rationnelle de toutes les possibilités d'une interprétation non-ambigüe des mesures, compatible avec l'interaction finie et non contrôlable entre les objets et les instruments de mesure dans le champ de la théorie quantique.*

## Commentaire de J. Bell concernant la réponse de Bohr

*Je ne comprends que très peu ce que cela veut dire. Je ne comprends pas en quel sens le mot "mécanique" est utilisé, pour caractériser les perturbations que Bohr n'envisage pas, par opposition à celles qu'il envisage. Je ne comprends pas ce que le passage en italique signifie " l'influence sur les conditions mêmes qui définissent les types possibles de prédictions concernant le comportement futur du système". Est-ce que cela veut dire simplement que différentes expériences faites sur le premier système donnent différentes sortes d'information sur le second ? Mais c'était justement un des principaux arguments d'EPR [...]*

## Commentaire de J. Bell concernant la réponse de Bohr

*De plus, je ne comprends pas la référence finale à "l'interaction finie et non contrôlable entre les objets et les instruments de mesure", qui semble justement ignorer le point essentiel de EPR, à savoir que, en l'absence d'action à distance, seul le premier système peut supposément être affecté par la première mesure, et néanmoins des prédictions bien définies deviennent possibles pour le second système. Est-ce que Bohr rejette simplement la prémisse – pas "d'action à distance" – plutôt que de réfuter l'argument ?*

# EPR mal compris

L'argument EPR a été très ignoré (sauf par Schrödinger), il a été considéré comme erroné, mais on peut dire aujourd'hui qu'il a surtout été mal compris, car peut-être mal exprimé aussi.

## EPR mal compris

L'argument EPR a été très ignoré (sauf par Schrödinger), il a été considéré comme erroné, mais on peut dire aujourd'hui qu'il a surtout été mal compris, car peut-être mal exprimé aussi.

La raison : Einstein, Podolsky, et Rosen pensait que l'hypothèse de localité ou d'absence d'"action à distance" était si évidente qu'ils ne l'ont pas exprimé comme hypothèse dans leur article.

## EPR mal compris

L'argument EPR a été très ignoré (sauf par Schrödinger), il a été considéré comme erroné, mais on peut dire aujourd'hui qu'il a surtout été mal compris, car peut-être mal exprimé aussi.

La raison : Einstein, Podolsky, et Rosen pensait que l'hypothèse de localité ou d'absence d'"action à distance" était si évidente qu'ils ne l'ont pas exprimé comme hypothèse dans leur article.

Pour rappel : Einstein a démontré que rien ne pouvait aller plus vite que la vitesse de la lumière !



## EPR mal compris

Raconté par Jean Bricmont :

*L'une des faiblesses du document original EPR était qu'ils considéraient deux grandeurs, la position et la quantité de mouvement, au lieu d'une, qui auraient suffi pour que leur argument fonctionne : si l'on peut prédire la quantité de mouvement de la particule A en mesurant celui de la particule B, loin de A, et si cette mesure n'affecte pas la particule A (par hypothèse de localité), alors la particule A doit avoir une quantité de mouvement bien défini depuis le début.*

## EPR mal compris

Raconté par Jean Bricmont :

*Le même argument vaut pour la position : si les deux particules ont une quantité de mouvement opposée et partent du même endroit, alors mesurer la position d'une particule nous permet de déduire la position de l'autre et donc, en supposant encore une fois aucun effet sur A de la mesure sur B, cela signifie que la particule A avait une position tout le long. Mais en considérant à la fois la position et la quantité de mouvement, Einstein, Podolsky et Rosen ont peut-être donné l'impression qu'ils essayaient de prouver qu'on pouvait mesurer ces deux quantités simultanément, ce qui n'était pas leur point de vue, du moins pas celui d'Einstein.*

## Les boîtes d'Einstein

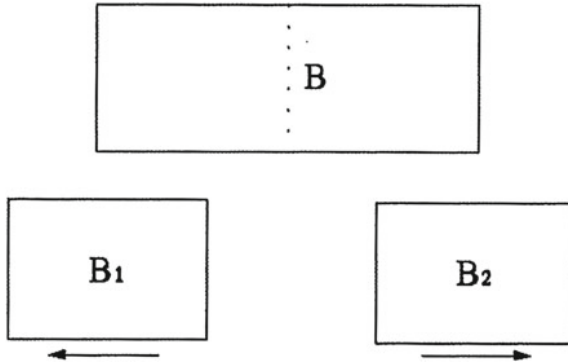


FIGURE 4 – Einstein's boxes

L'idée originale d'Einstein a été exprimée dans une lettre à Schrödinger, écrit le 19 juin 1935 (après EPR)

# EPR reformulé

## L'argument EPR exprimé de manière juste

Reformulé par D. Bohm et réutilisé par J.S. Bell :

- Si une certaine hypothèse de localité ou d'absence d'"action à distance" est admise,

# EPR reformulé

## L'argument EPR exprimé de manière juste

Reformulé par D. Bohm et réutilisé par J.S. Bell :

- Si une certaine hypothèse de localité ou d'absence d'"action à distance" est admise,
- alors la mécanique quantique est incomplète, et il existe nécessairement des variables cachées qui ne sont pas spécifiées par l'état quantique.

# Conclusion

C'est Bell qui démontra en 1964 par un raisonnement mathématique, que dans le contexte EPR :

## Les inégalités de Bell

- Si nous supposons l'existence des variables cachées qui sont nécessaires si nous acceptons l'hypothèse de la localité,

## Conclusion

C'est Bell qui démontra en 1964 par un raisonnement mathématique, que dans le contexte EPR :

### Les inégalités de Bell

- Si nous supposons l'existence des variables cachées qui sont nécessaires si nous acceptons l'hypothèse de la localité,
- alors nous obtenons une contradiction avec les prédictions de la mécanique quantique.

# Conclusion

Ce que les physiciens ont globalement conclu :  
Chouette, Bell a démontré qu'il n'y avait pas de variables cachées  
donc la mécanique quantique est complète, donc il n'y a pas de  
problèmes.



## Conclusion

Ce que les physiciens ont globalement conclu :  
Chouette, Bell a démontré qu'il n'y avait pas de variables cachées  
donc la mécanique quantique est complète, donc il n'y a pas de  
problèmes.  
Or ce que Bell voulait conclure en couplant son raisonnement à  
EPR, c'est que l'hypothèse de la non-localité était erronée.

## Conclusion

Ce que les physiciens ont globalement conclu :  
Chouette, Bell a démontré qu'il n'y avait pas de variables cachées  
donc la mécanique quantique est complète, donc il n'y a pas de  
problèmes.

Or ce que Bell voulait conclure en couplant son raisonnement à  
EPR, c'est que l'hypothèse de la non-localité était erronée.

Le monde est non-local.

## Conclusion

Ce que les physiciens ont globalement conclu :  
Chouette, Bell a démontré qu'il n'y avait pas de variables cachées  
donc la mécanique quantique est complète, donc il n'y a pas de  
problèmes.

Or ce que Bell voulait conclure en couplant son raisonnement à  
EPR, c'est que l'hypothèse de la non-localité était erronée.

Le monde est non-local.

Mais ça on le verra au prochain cours !

## Références

- Jean Bricmont, Making Sense of Quantum Mechanics, Springer, 2016. Téléchargeable sur le net.
- Jean Bricmont, 6 cours au collège royal de Belgique, sur ([https ://lacademie.tv/](https://lacademie.tv/))
- Thomas Boyer Kassem, QSQ la Mecanique Quantique?, Vrin.
- David Z. Albert, David N. Mermin, etc.
- Conférences de la " Summer School on the Foundations of Quantum Mechanics dedicated to John Bell" in Sesto, Italy (2014), sur Youtube.