**[Le théorème d’incertitude d’Heisenberg (1927)](#_Toc11761412)**

[**- analyse d’une crise des fondements de la physique** –](#_Toc11761413)

[**Introduction**](#_Toc11761414)

[Einstein: «La mécanique quantique nous apprend beaucoup de choses mais ne nous rapproche pas du secret du Vieux. Je suis quant à moi convaincu qu’Il ne joue pas aux dés.» (au Congrès de Solvay en 1927)](#_Toc11761415)

[- problématique principale : La science doit-elle atteindre la certitude pour être elle-même ?](#_Toc11761417)

[Première approche de la question par l’étude du scientisme contemporain](#_Toc11761418)

[Deuxième approche de la question par l’observation du relativisme récurrent](#_Toc11761419)

[Thèse 1 : La science n’alimente pas le scientisme](#_Toc11761420)

[Thèse 2 : La science est d’abord visée idéale de la certitude et peut en tant que visée, encadrer ses propres lacunes](#_Toc11761421)

[**1. Le cadre newtonien initial : la théorie corpusculaire de la lumière et les phénomènes d’interférence et de diffraction**](#_Toc11761422)

[α) Quelle est la nature de la lumière ?](#_Toc11761423)

[Document 1](#_Toc11761424)

[**2. Les débuts de la théorie quantique**](#_Toc11761425)

[2.1. La dualité onde-corpuscule](#_Toc11761426)

[β) Un phénomène physique peut-il être en soi contradictoire ?](#_Toc11761427)

[Document 2](#_Toc11761428)

[2.2. Einstein et la théorie quantique de la lumière (1905, retour partiel à Newton)](#_Toc11761429)

[Document 3](#_Toc11761430)

[2.3. La dualité onde – corpuscule ou la physique assumée de la contradiction (1924)](#_Toc11761431)

[**3. Diffraction et relations d’indétermination d'Heisenberg**](#_Toc11761432)

[3.1. L’expérience contre-intuitive de la diffraction (retour sur le problème de Newton)](#_Toc11761433)

[Document 4](#_Toc11761434)

[3.2. L’influence de l’idéalisme d’Einstein](#_Toc11761435)

[γ) Les phénomènes physiques se livrent-ils d’eux-mêmes ?](#_Toc11761436)

[Document 5](#_Toc11761437)

[3.3. La relation d’incertitude (ou théorème, ou principe d’indétermination ou inégalité, 1927)](#_Toc11761438)

[δ) Peut-on être scientifiquement certain de l’incertitude scientifique ?](#_Toc11761439)

[ε) L’incertitude physique est-elle de notre fait ou inhérente à la matière ?](#_Toc11761440)

[Document 6](#_Toc11761441)

[Document 7](#_Toc11761442)

[3.4. De la position au temps](#_Toc11761443)

[Document 8](#_Toc11761444)

[**4. La nouvelle épistémologie et le renoncement au scientisme.**](#_Toc11761445)

[ζ) Quelles sont les conséquences épistémologiques du théorème d’incertitude ?](#_Toc11761446)

[4.1. Toute observation de l’infiniment petit est douteuse](#_Toc11761447)

[Document 9](#_Toc11761448)

[η) Cela signifie-t-il que la position et l’impulsion exactes d’une particule existent mais demeurent cachées ?](#_Toc11761449)

[4.2. Le monde est dual](#_Toc11761450)

[Document 10](#_Toc11761451)

[4.3. La vérité sur les fondements de la matière est par définition contre-intuitive](#_Toc11761452)

[Document 11](#_Toc11761453)

[4.4. La matière pourrait être en partie indéterminée](#_Toc11761454)

[θ) L’incertitude oblige-t-elle à renoncer au déterminisme?](#_Toc11761455)

[Document 12](#_Toc11761456)

[4.5. La science encadre scientifiquement son incertitude](#_Toc11761457)

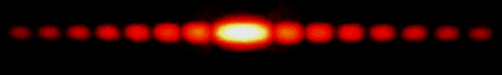
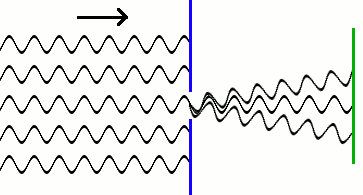
[ι) A quel degré de scepticisme est-on alors obligé ?](#_Toc11761458)

[Documents 13 à 16](#_Toc11761459)

[**Conclusions**](#_Toc11761461)

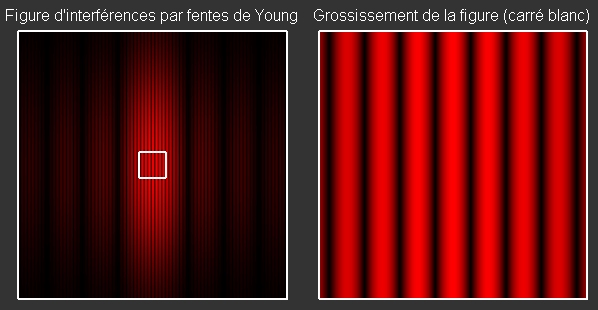
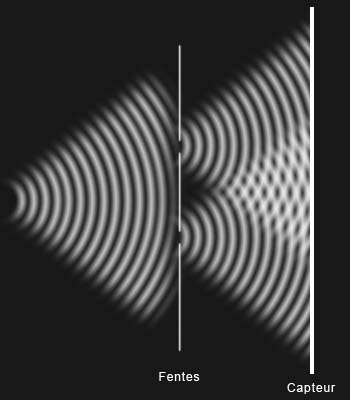
#### Document 1

****

****

#### Document 2

*S*

#### Document 3

 où est la constante de Planck

constante de Planck *h* ≈ 6,62606957×10-34 J⋅s

#### Document 4

[**http://www.youtube.com/watch?v=a8FTr2qMutA**](http://www.youtube.com/watch?v=a8FTr2qMutA)

#### Document 5

**B. Pourprix, « La genèse du principe d’incertitude ».**

#### 

#### Document 6

http://www.google.de/url?source=imgres&ct=tbn&q=http://media4.obspm.fr/public/FSU/pages_former/equations_astrometrie/equation16.png&sa=X&ei=azufU_P5NsGj0QXax4DQAg&ved=0CAUQ8wc4Nw&usg=AFQjCNEmVQPU5DLeXGHFd7bzwlAy2K4xlQ

**x : position selon les 3 coordonnées classiques**

**p : momentum, ou impulsion, ou quantité de mouvement : masse X vecteur : p=mv**

#### Document 7

*Lorsque l’on veut être clair sur ce qu’il y a à comprendre derrière les mots « position de l’objet », par exemple, de l’électron (relativement à un référentiel donné), alors on doit donner des expériences précises, à l’aide desquelles on peut espérer mesurer cette « position de l’électron » ; autrement, ce mot n’a pas de sens. De telles expériences, qui en principe permettent même de déterminer la « position de l’électron » aussi précisément que l’on veut, sont légion, par exemple : en éclairant un électron et en l’observant au microscope. La plus grande précision que l’on peut obtenir s’agissant de la mesure de la position est ici donnée en premier lieu par la longueur d’onde de la lumière utilisée. Mais, en principe, on peut par exemple construire un microscope à rayons gamma, et, avec ce microscope, pouvoir procéder à la mesure de la position aussi précisément que l’on veut. Il y néanmoins par cette mesure un effet collatéral d’importance : l’effet Compton. Chaque observation de lumière diffusée provenant de l’électron suppose un effet photoélectrique (dans l’œil, sur la plaque photographique, dans la photocellule) qu’on peut aussi interpréter comme suit : un quantum de lumière rencontre l’électron, est réfléchi ou diffusé par lui, et est ensuite encore dévié par*

*la lentille du microscope pour produire l’effet photoélectrique. A l’instant même où la position est mesurée, et aussi à l’instant même où le quantum de lumière est diffusé par l’électron, l’électron change de quantité de mouvement de manière discontinue. Ce changement est aussi grand que la longueur d’onde de la lumière utilisée est petite, c'est-à-dire que la précision de la mesure de la position est élevée. A l’instant où l’on connaît la position de l’électron, on ne peut par conséquent connaître sa quantité de mouvement qu’avec une précision dont l’amplitude correspond à ce changement discontinu ; ainsi, plus la position est mesurée précisément, moins on connaît précisément la quantité de mouvement, et vice versa.*

*Sur le contenu intuitif de la cinématique et de la mécanique quantiques, par Werner Heisenberg*

#### Document 8

***Ce théorème peut également être écrit en termes d'énergie et de temps:***

http://www.conspirovniscience.com/quantique/et.gif

#### Document 9

Il est très important de se rendre compte que notre objet a forcément été en contact avec les autres parties du monde, à savoir les conditions expérimentales, l'appareil de mesure, etc., avant l'observation et, au minimum, pendant l'observation. Cela signifie que l'équation du mouvement pour la fonction de probabilité contient maintenant l'influence de l'interaction avec le dispositif de mesure. Cette influence introduit un nouvel élément d'incertitude, puisque le dispositif de mesure est forcément décrit en termes de physique classique et qu'une telle description comporte toutes les incertitudes que nous connaissons de la [thermodynamique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Thermodynamique) ; et puisque le dispositif est en relation avec le reste du monde, il contient en fait les incertitudes sur la structure du monde entier (…).En physique classique, la science partait de la croyance - ou devrait-on dire de l'illusion? - que nous pouvons décrire le monde sans nous faire en rien intervenir nous-mêmes. [...] La théorique quantique ne comporte pas de caractéristiques vraiment subjectives, car elle n'introduit pas l'esprit du physicien comme faisant partie du phénomène atomique ; mais elle part de la division du monde entre « objet » et reste du monde, ainsi que du fait que nous utilisons pour notre description les concepts classiques. Cette division est arbitraire.

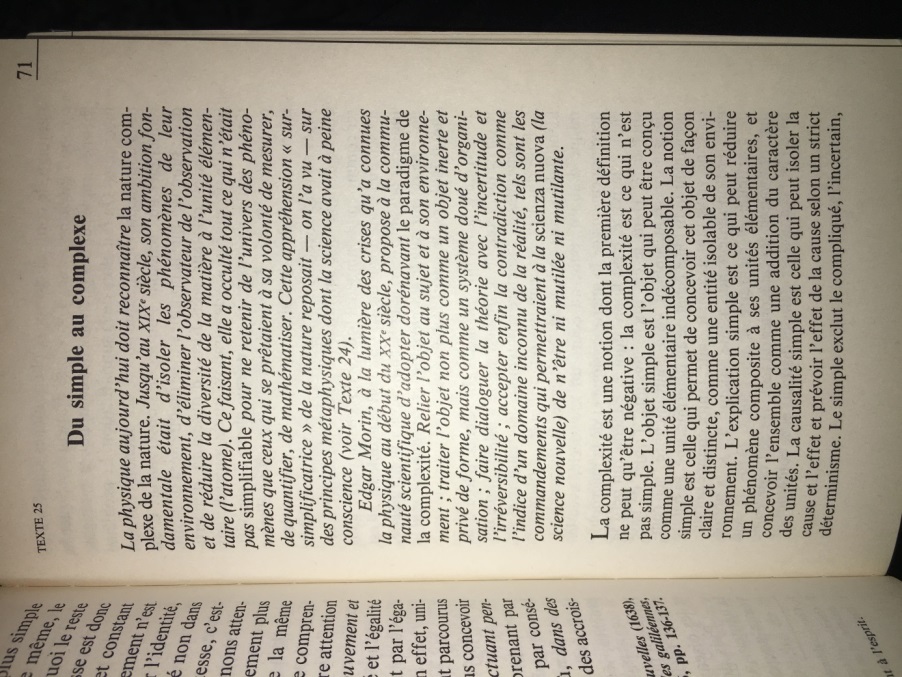
(Ibid.vp 48 et 51)

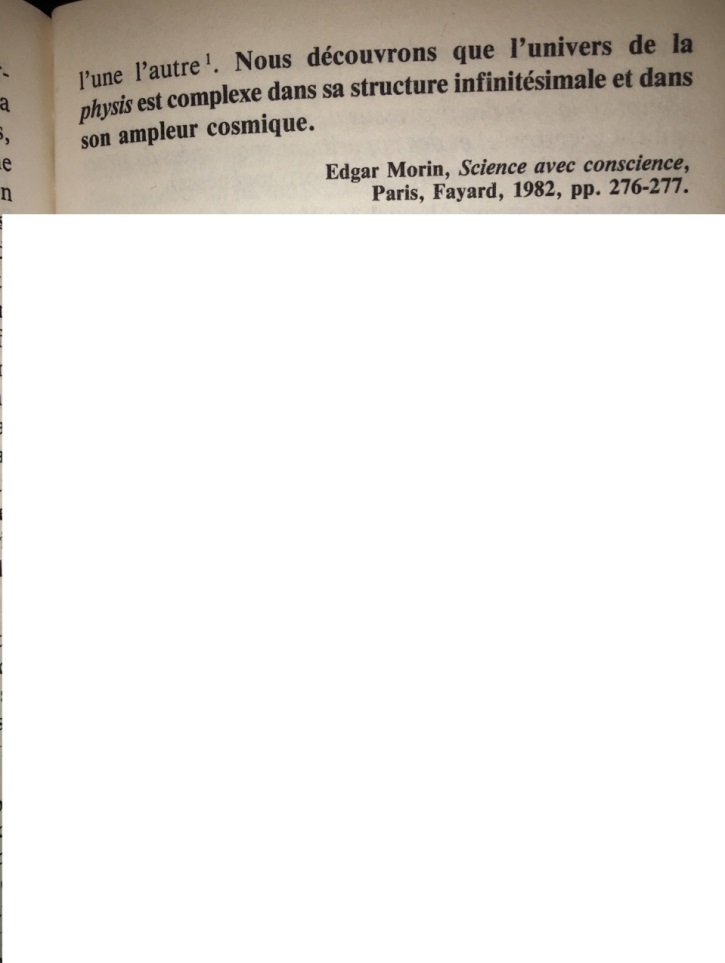
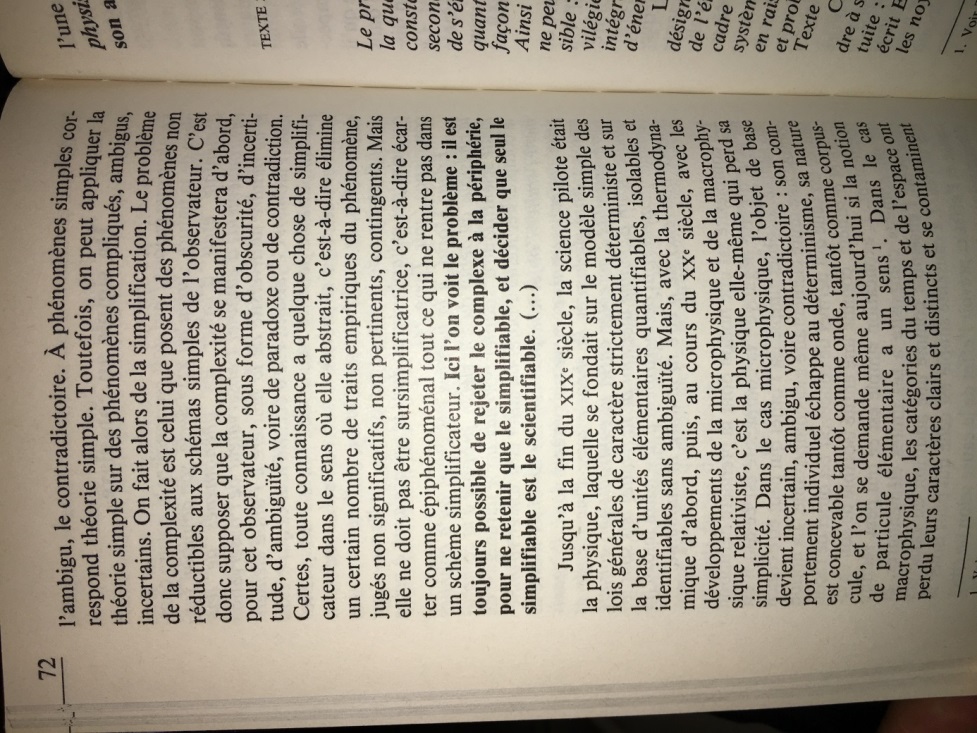
#### Document 10

« Toute expérience physique, qu'il s'agisse de phénomènes de la vie quotidienne ou de phénomènes atomiques, se décrit forcément en termes de physique classique. Les concepts de physique classique forment le langage grâce auquel nous décrivons les conditions dans lesquelles se déroulent nos expériences et communiquons leurs résultats. Il nous est impossible de remplacer ces concepts par d'autres et nous ne devrions pas le tenter. Or, l'application de ces concepts est limitée par [les relations d'incertitude](http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe_d%27incertitude) et, quand nous utilisons ces concepts classiques, nous ne devons jamais perdre de vue leur portée limitée, sans pour cela pouvoir ou devoir essayer de les améliorer. »

Heisenberg, *Physique et philosophie*, p 35

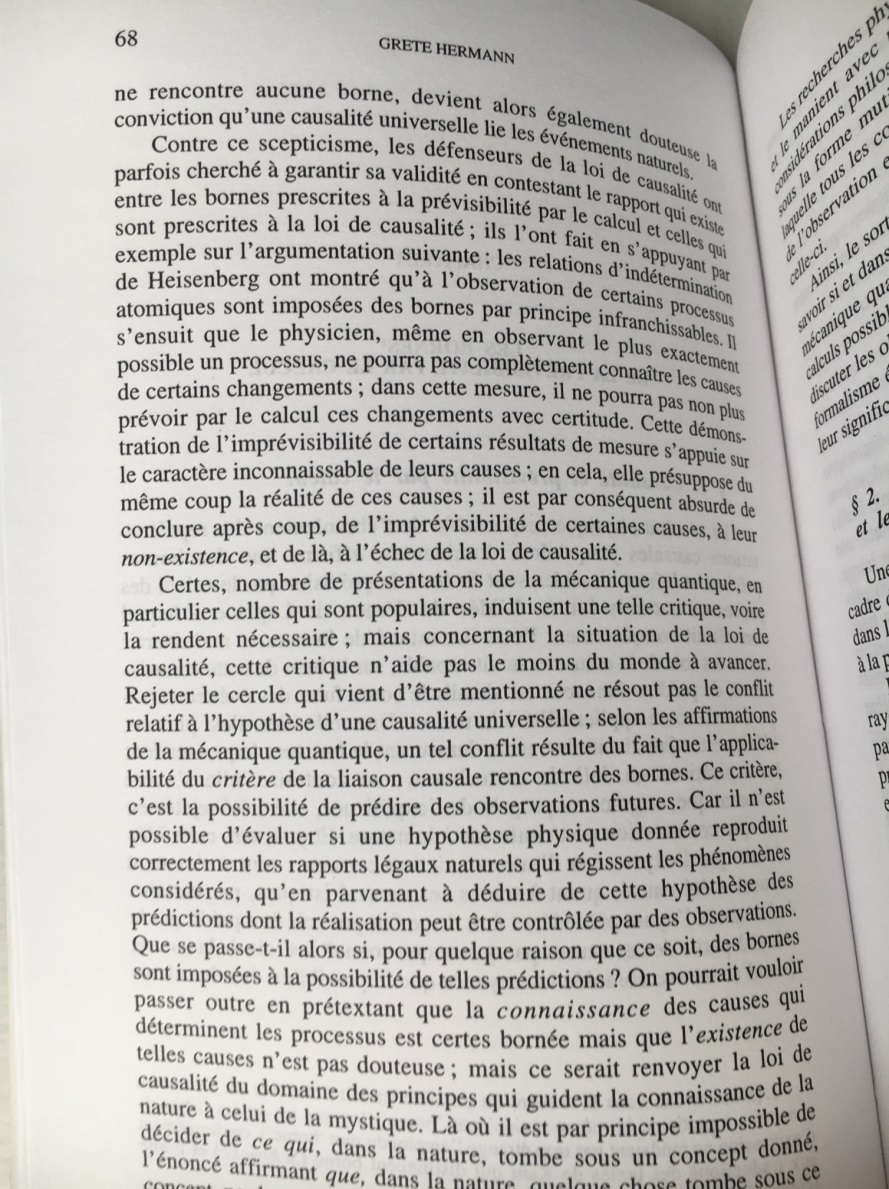
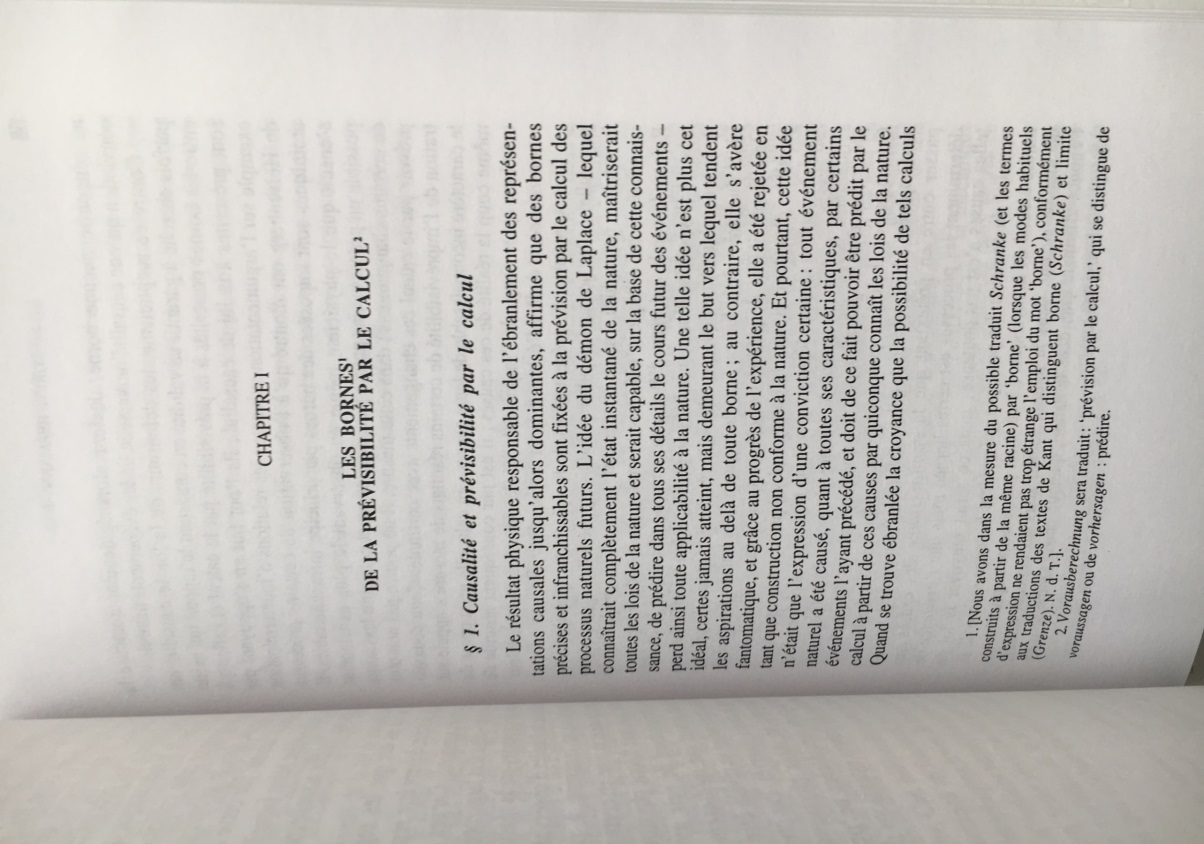
### Document 11

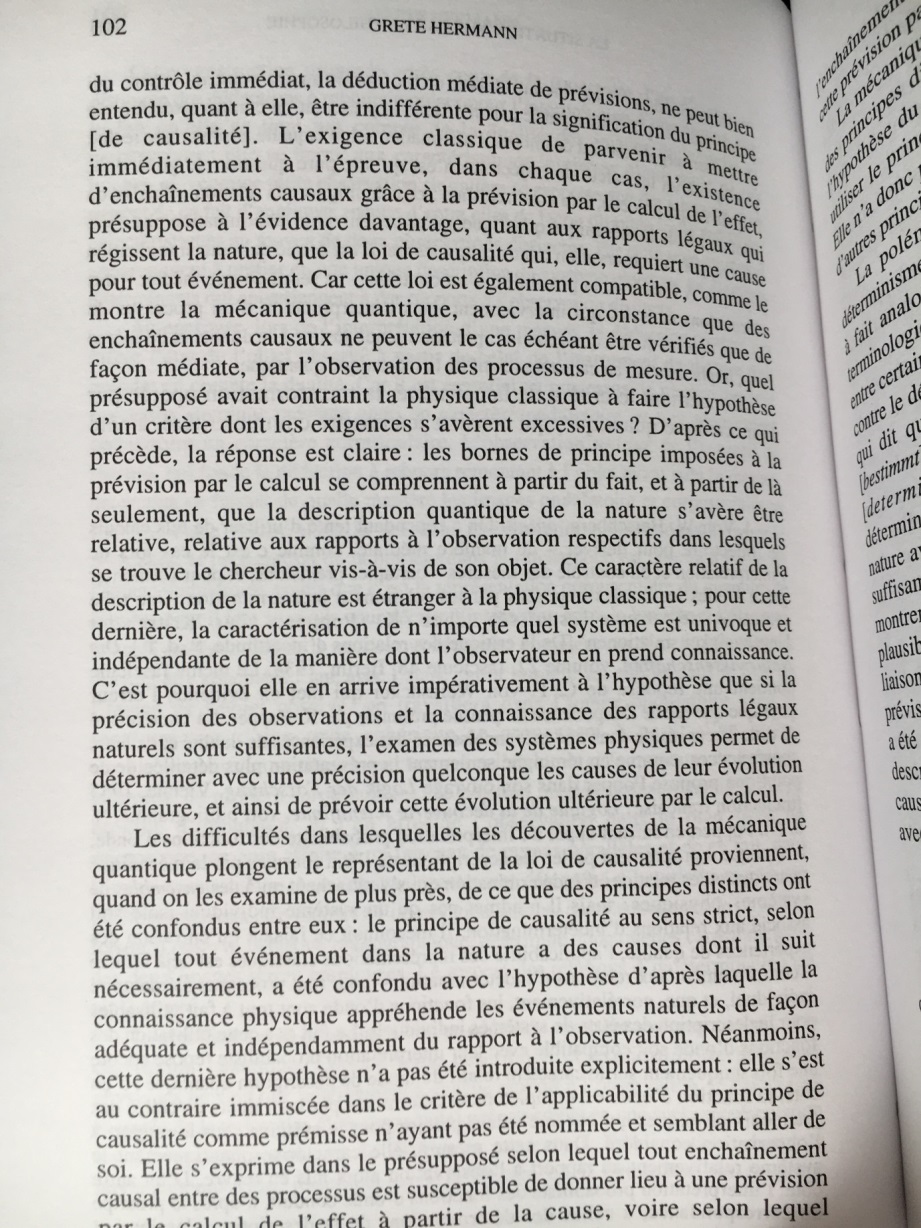
****

****

#### Document 12

Greta Herman, *Les fondements philosophiques de la mécanique quantique*



(…) 

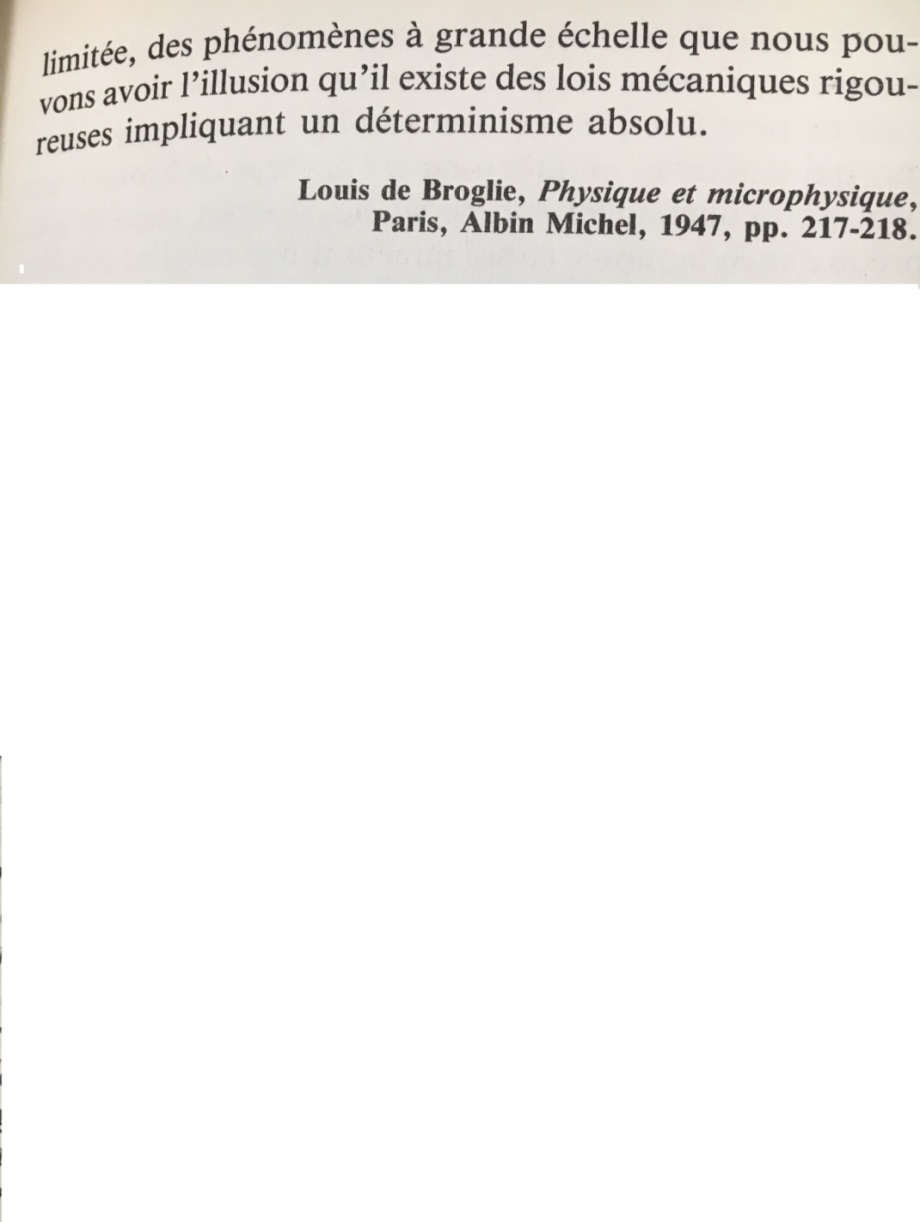
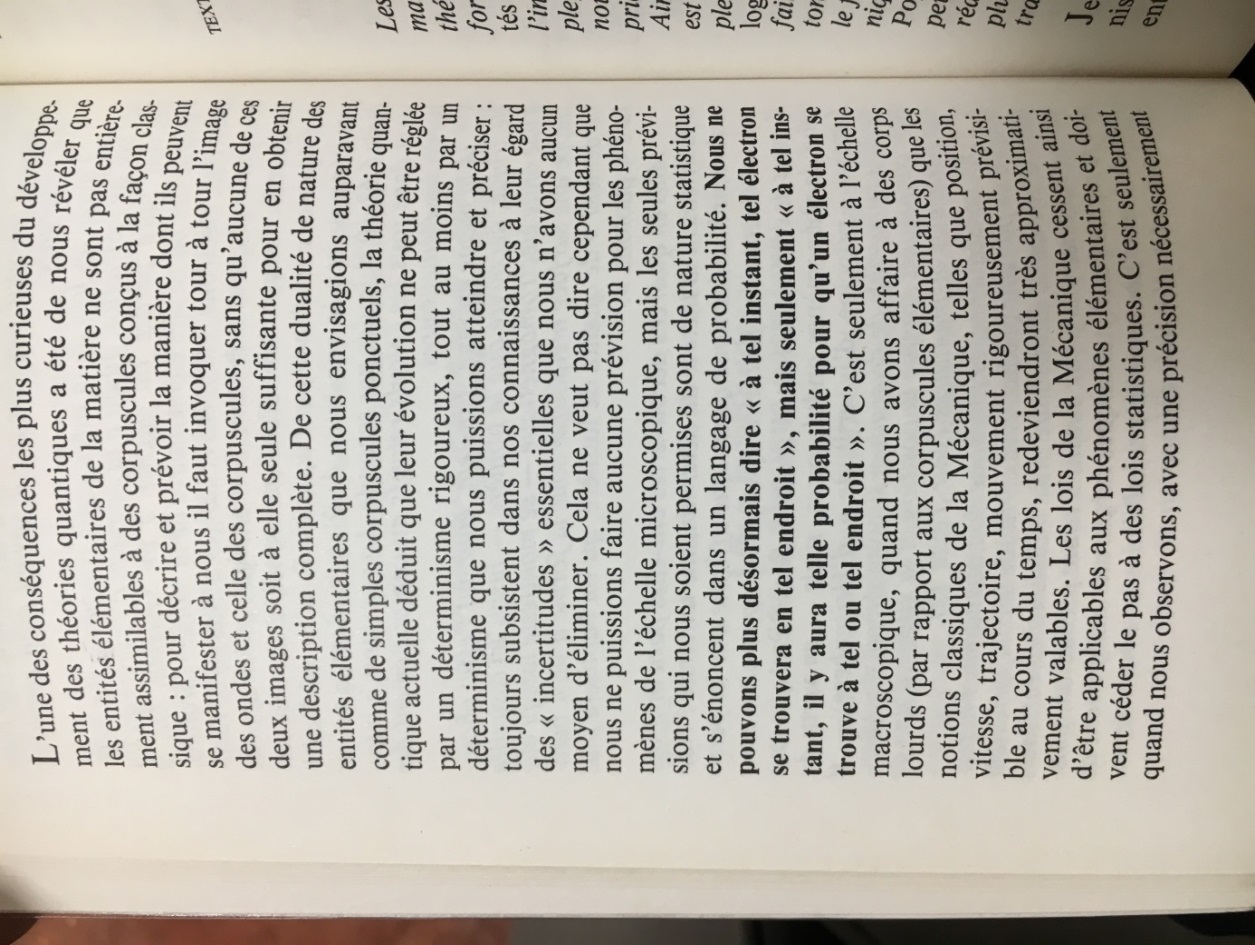
#### Documents 13 à 15

**-** «  *On ne pourra jamais parvenir par la raison pure à une vérité absolue*. Démonstration tardive, si l'on peut dire, d'une intuition partagée par nombre de penseurs dans l'Antiquité, tant occidentaux qu'orientaux ; des hommes qui ne disposaient, sur la matière, l'énergie et le psychisme, d'aucune bribe des connaissances accumulées au fil des trois millénaires suivant » Werner Heisenberg, Physique et Philosophie

- "Une des caractéristiques les plus importantes de l'évolution et de l'analyse de la physique moderne, c'est le fait que les concepts du langage normal, avec leurs définitions vagues, semblent plus stables au cours de l'expansion de la connaissance que les termes précis du langage scientifique, lesquels sont une idéalisation portant seulement sur un groupe limité de phénomènes. Ce n'est pas surprenant, puisque les concepts du langage normal sont fournis par le contact direct avec le réel; ils représentent la réalité. Il est vrai qu'ils ne sont pas bien définis et qu'ils peuvent donc subir des changements au cours des siècles, exactement comme la réalité elle-même, mais ils ne perdent jamais le contact direct avec le réel. D'autre part, les concepts scientifiques sont une idéalisation: ils sont tirés de l'expérience obtenue grâce à des instruments scientifiques perfectionnés et ne sont définis avec précision que par le truchement d'axiomes et de définitions; ce n'est que par ces définitions précises qu'il est possible de rattacher ces concepts à un formalisme mathématique et de déduire mathématiquement l'infinie variété des phénomènes possibles dans ce domaine. Mais avec ce processus d'idéalisation et de définitions précises, on perd le contact direct avec la réalité: les concepts correspondent encore de façon très directe à la réalité dans la partie de la Nature qui est l'objet de la recherche, mais cette correspondance peut avoir été perdue dans d'autres domaines qui contiennent d'autres groupes de phénomènes."  
   Werner Heisenberg, *Physique et Philosophie*, pp. 267 - 268.

**-** Conférence Solvay de 1927 : [Heisenberg](http://www.conspirovniscience.com/quantique/incertitudeHEIS.php)*: «La loi de la causalité nous dit que si nous connaissons le présent, nous pouvons prédire le futur. Mais prenons garde, dans cette formulation, ce n’est pas la conséquence qui est fausse, c’est la prémisse. Car par principe, nous ne pouvons pas connaître tous les éléments qui caractérisent le présent.»*

#### Document 16

****