

21 1 35

235

Conception indéterministe

Eddington (liv. c. IV NPH)
de Bloch
Dirac
Heisenberg
(Jordan, McDougall)

Jeans (?)

1 26-2

Toutes les lois de la nature sont indéterministes de façon objective. Cela veut dire que le conséquent n'est pas rigoureusement prédéterminé dans ou par l'antécédent. Ainsi, l'on ne peut pas dire que p.c.q. il pleut aujourd'hui, que hier il était vrai qu'il allait pleuvoir aujourd'hui.

On pourrait dire : oui, hier, nous ne savions pas avec certitude absolue qu'il allait pleuvoir aujourd'hui. Mais la raison en est que nous ne connaissions pas suffisamment les conditions prédéterminantes.

L'indéterministe dit, au contraire : je ne pourrais prédire la pluie d'aujourd'hui, p.c.q. il n'y avait pas de conditions prédéterminantes. Tout ce que j'aurais pu dire, c'est qu'il allait probablement pleuvoir aujourd'hui. Cette probabilité ne devient jamais récente absolue.

Ex. de probabilité : Je lance en l'air une pièce. Il m'est impossible de prédire si elle ^{présentera} pile ou face. J'en lance 3. En est impossible. Peut-être les trois ~~présenteront~~ pile ou face.

Mais j'en prends plusieurs morceaux. Cette fois-ci je puis prédire qu'approximativement la moitié fera pile et l'autre moitié face. C'est la loi expérimentale, qui obéit à la loi mathématique de grands nombres, et qu'on appelle la loi de probabilité.

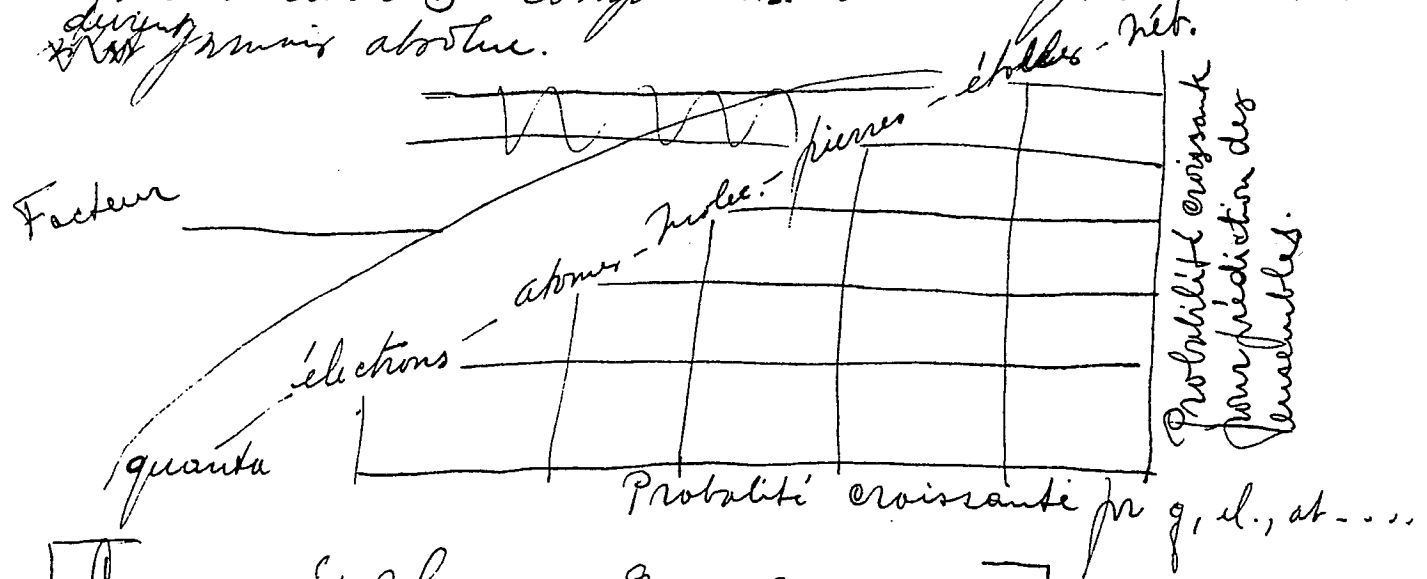
Il n'y a aucune loi qui prédit lesquelles des sacs vont présenter pile. Tout ce qui est déterminé c'est qu'un certain nombre en présentera. C'est l'ensemble qui suit la loi, et non pas les éléments individuels, et tant que tels.

Il semble que nous donnons exigence une précision. En effet, le sac lui-même est déjà un ensemble composé d'un nombre énorme de particules. En réalité

si je connaissais toutes les circonstances, je pourrais prédire si le sous fera pile ou face avec une très grande probabilité qui reviendrait à une certitude pratique. Mais descendons dans le sous, ~~et~~ pour nous arrêter à un atome. Un phénomène très curieux se passe à l'intérieur de cet atome. des électrons circulent en des orbites. Mais de temps en temps un des électrons bondit d'une orbite à l'autre, absorbant ou produisant un rayonnement. Pourquoi bondit-il, et pourquoi celui-ci? Nous ne le savons pas. Impossible de prédire ce phénomène pour cet électron.

Peut-on prédire des sauts d'électrons? Oui, si l'on envisage un très grand nombre d'atomes, et dans ce cas, les électrons suivent dans leurs sauts, la loi des grands nombres.

En termes technique on exprime ce phénomène comme suit: Il est impossible de prédire le comportement des entités microscopiques. Il est possible de prédire le comportement d'un ensemble d'entités microscopiques, ensemble que l'on appelle entité macroscopique, avec une probabilité d'autant plus grande que le nombre d'éléments composants est plus grand. Il est impossible de prédire le comportement d'un ensemble macroscopique avec rigueur absolue, car cela exigerait un nombre infini d'éléments composants. d'où la probabilité ne ~~peut~~ ^{devient} jamais absolue.



Compuer St. Thomas: 2^e Sent. p. 910

Reprenons maintenant le jeu de Hockey.

Deux éléments entrent en jeu

Présent & Passé insondable: probabilité	Statistique	Liberté	Présent & Passé insondable i.e. pourquoi ainsi autodéterm.
	terrain	id.	
	glace	"	
	rondelle	"	
	baton	"	
	joueurs (capacité physique)	"	
	public	"	
	etc.	etc.	

Analysons le jeu à partir du résultat, pour remonter à ses causes. — Ce résultat est-il une conséquence nécessaire, étant donné les antécédents ? Non.

Supposons que l'équipe A a déjà gagné une 12^{me} de parties pendant cette saison, sur 12 équipes différentes.

L'équipe B a perdu 12 parties en jouant avec les douze équipes qui ont perdu en jouant avec l'équipe A.

Il faudrait être fort sceptique pour refuser de parier ~~en~~ en faveur de l'équipe A.

Pourtant, quand on analyse tous les facteurs qui entrent en jeu individuellement, les chances sont égales.

La glace aurait pu se fondre, si quand il fait -50°. Elle peut présenter deux ou trois irrégularités qui ~~disposent~~ feraient dévier la rondelle. La rondelle peut se désintégrer momentanément, des bons joueurs peuvent devenir fatigués tous ensemble. Ils ont manqué un vingtain de buts sur les 26 qui se sont présentés. Ils auraient pu manquer les 6 autres.

Pourquoi tout cela ne s'est-il pas réalisé? P.c.p. vu l'énorme nombre d'éléments en question, un autre résultat était très improbable. Non pas impossible. Le nombre de chances opposées n'est pourtant pas si restreint pour un phénomène de ce genre.

Prenons un exemple plus considérable. Supposons un réceptacle contenant un gaz. Les molécules du gaz se répandent dans le réceptacle. La distribution est environ égale. Pourtant, aucune des molécules individuellement prises ne doit être à tel ou tel endroit particulier. ~~Elle peut~~ Elle pourrait aussi bien se trouver ici que là. Ne pourrait-il pas être possible qu'à un certain moment toutes les molécules se trouvent du côté gauche? Absolument. Mais cette probabilité est tellement petite, que la fraction qui la représente ~~est~~ serait un décimal suivi par toute une bibliothèque de zéros. Cette condition ne se vérifie pas, non pas parce qu'elle est impossible, mais p.c.p. elle est beaucoup trop improbable. Mais de jure & de facto, une exception peut se produire.

Remarquez bien ce point : une exception peut se produire. Et ce qui est encore plus notable : c'est que cette exception est prévue par la loi : la loi embrasse en effet, tous les cas possibles.

Donc les lois statistiques sont des lois qui ~~excluent~~ ne reconnaissent aucune exception proprement dite, puisque elles incluent toutes les exceptions possibles. Dès lors, d'après, "Nulla regula sine exceptionibus", n'est que partiellement vrai. Regula, doit être entendue comme représentant les cas plus probables. Ce ne sont que les lois métaphysiques qui n'admettent aucune exception.

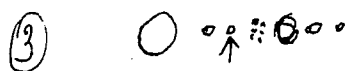
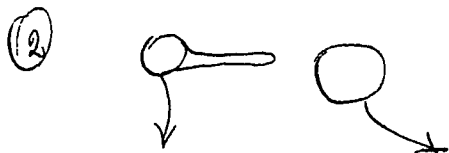
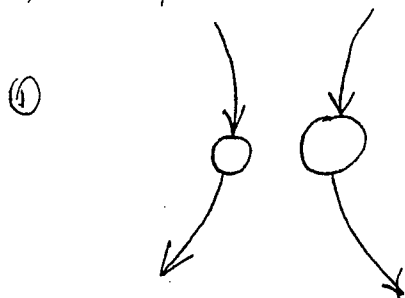
Ex. pratique

~~Soient quelques millions d'étoiles.~~

Preons une dizaine de milliards d'étoiles, qui normalement suivent des courbes assez régulières. Etant donné l'immense étendue de l'espace, ~~non~~ l'espace de collision la possibilité d'une collision est presque négligeable. Pourtant, pas suffisamment négligeable pour pouvoir être appelé impossible. Un accident, ou une exception, est nettement possible.

Etant donné ces milliards d'étoiles suivant ~~des courbes~~ leurs courbes pendant des milliers et des milliers d'années, il y a possibilité nette d'une collision entre deux étoiles. Ce sera une exception à la règle en sens vulgaire.

Or, tel événement s'est réalisé, si la théorie astronomique que μ nous explique est vraie. (Elle est admise par la plupart des astronomes. Mais elle est contredite par des philosophes au nom du principe de finalité.



et cond. \rightarrow vie \rightarrow homme : but de tout est la
création rationnelle.

6
Dès lors, l'existence de l'homme est due à un
accident, à une catastrophe astronomique.

Or bien, ce phénomène est vraiment contingent, ~~est~~
(du au hasard) ou bien il ne l'est pas.

d'après la théorie (tidal wave) il l'est.

S'il était du au hasard, comment concilier ce
phénomène avec la finalité? Car ce qui est du au
hasard, n'est pas ~~dedus~~ l'intention. Alors, comment
l'homme peut-il être la fin?

I sent., d. 38, g. I, a. V.

déterm. absolue:

La nature est une machine / Contingence: défaut
si on connaît les défauts,
pourrait connaître la nature.

déterm. relatif.

La nature, au moins la nature inorg. est une
machine. Contingence { défauts

vie

liberté

Marche Militaire

Indét. absolue

Nature poème. La nature procède par
sauts, comme une fugue.
Il y a des moments noirs, il y a
des joies.

Interrog. la nature: pourquoi avez-vous
choisi tel thème, telle variation?
Je ne sais pas. J'ai essayé toute sorte
de choses. Puis cette variation est entrée
de mes doigts. Je ne sais pas pourquoi.
Cela n'importe pas. Vous même vous
devez admettre que c'est beau. Vous
voyez même une certaine continuité
dans ma fugue. Mais vous ne savez
jamais résoudre adéquatement les
équations. C'est en cela qu'elle diffère
d'une équation différentielle.

Nous n'avons pas prouvé notre thèse par l'indéterminisme. Nous ferons cela ailleurs. Nous avons simplement dit, qui il existe.

Le texte que je vous ai cité de Schopenhauer montre au moins que lui-même était indéterministe.

~~Alors~~ Nous examinons maintenant quelques conséquences pratiques de cette thèse.

Prenons comme exemple l'homme.

On peut étudier l'homme d'un point de vue philosophique. Nous rencontrons en lui les ~~deux~~ principes essentiels :

L'âme et la matière première et la forme substantielle spirituelle. Dans ce domaine il y a nécessité absolue.

Mais on peut l'étudier d'un point de vue purement expérimental. On effectue sur lui des choses qui nous fournissent des résultats. On découvre une relation constante entre certains nombres. Ce sont les lois.

Ces lois, sont-ils nécessaires comme les principes constitutifs de son essence ? Point du tout.

Le fait que l'homme a telle ou telle dimension n'est purement contingent. Le fait que son seuil de sensibilité se trouve à telle limite, est encore contingent. Les lois de Weber et de Fechner n'ont aucune nécessité absolue.

Nous étudions un état de fait. Ce fait aurait pu être tout autre. Des lois auraient pu être entièrement différentes.

Pourquoi est-il ainsi ? Nous ne le savons pas. La nature ne le sait pas non plus. Il n'y a à cela aucune raison absolue. Nous ne pouvons pas remonter la série des causes, car le contingent n'est pas déterminé par les précédents.

Des lois expérimentales sont donc avant tout provisoires en deux sens : d'abord, p. e. g. nos mesures sont approximatives, et puis parce que la nature même a une certaine horreur des lois.

Mais alors, comment se fait-il que l'on peut reconstruire des théories scientifiques qui expliquent les lois?

Je vous ai dit que la statistique des lois ne peut pas être confondue avec un indéterminisme absolu.

Il y a dans la nature une tendance à la constance et à l'uniformité. Seulement, quel genre de constance ou quel genre d'uniformité elle choisira, cela n'est pas déterminé d'avance. Mais quelle que soit la structure de la constance à laquelle elle aboutira, elle se conformera à la loi des grands nombres.

Mais la nature ne tend pas seulement à la constance. Il y a une tendance vers des structures de plus en plus parfaites. Mais cela n'est possible que par des exceptions aux constances.

Seulement, toutes ces exceptions rentrent dans des lois proprement dites, puisque ces lois sont statistiques.

La nature demeure donc foncièrement obscure, non seulement par rapport à nous, mais en elle-même, à cause de son défaut d'être. C'est un système qui est en état d'achèvement. C'est un système qui ne peut pas suivre ~~un~~ un plan déterminé, pour deux raisons :

- d'abord p.c.q. elle-même elle est trop pauvre.

~~et p.c.q. tout plan possible est~~

- p.c.q. elle est et même devient trop riche pour pouvoir suivre un plan déterminé. Tout plan rigoureusement déterminé, serait trop pauvre.

Un être intelligent et libre. La nature non-intelligente ne l'est pas. Elle contient pourtant un élément qui est analogue à la liberté : l'indéterminisme.

Conséquences pour l'induction scientifique.

1) Théorie classique de l'induction.

Forme A) Nous avons recours à l'induction p.c.g. Nous n'avons pas d'inhibition de la nature. Mais l'induction nous permet de trouver des constances. Ces constances sont des lois. Quand cette induction est basée sur un nombre de cas suffisant, nous pouvons dire que nous connaissons une loi absolue de la nature. Cette loi nous permet d'établir des propriétés. D'où lors nous pouvons remonter à l'essence même des choses matérielles.

Forme B) Nous pouvons avoir recours à l'induction pour trouver les lois. Seulement, nous ne pouvons jamais former des lois absolues. En raison de ce que nous ne pouvons pas faire un nombre suffisant d'expériences pour pouvoir dire avec rigueur "voilà une loi absolue". D'ailleurs, nos notions, étant approximatives, nos lois même seront toujours provisoires, et d'où les inadéquates. Ce ne sont que des conjectures, qui tout peut être réellement vrai.

maintenant après tout

2) ~~Théorie~~ Théorie

La raison profonde pour laquelle une induction scientifique ne peut pas être absolument vraie, c'est qu'il est par conséquent p.c.g. notre connaissance des phénomènes est incomplète, mais encore plus, p.c.g. les phénomènes eux-mêmes ne suivent pas des lois absolues. Nous ne pourrions jamais

établir des lois absolues, p.c. q'il n'y en a pas.

Des Théories Scientifiques

Partant de mesures et de lois, nous construisons un système d'équations mathématiques, qui nous permettra de déduire ces lois à titre de conclusion. Dès lors, les lois acquièrent une valeur scientifique proprement dite, c'est-à-d. que nous nous rendons compte de la raison de ces lois.

Peut-on dire qu'une théorie scientifique est vraie? non. Il faudra faire des distinctions.

- ① d'aspect mathématique: celle-ci est toujours exacte, pourvu qu'il soit rationnellement cohérent. Il est vrai d'une vérité ^{formelle} ~~éternelle~~.
- ② d'aspect expérimental: la théorie est vraie dans la mesure qu'elle explique les phénomènes expérimentaux, dans la mesure où elle est en continuité avec les mesures expérimentales.

mais ces mesures sont approximatives. Dès lors, cette théorie elle-même n'est qu'approximative du réel, dès lors approximativement vraie.

Le deuxième membre de la distinction, doit être sous-distingué. En effet, le terme "réel" est ambigu.

Tout réel est déterminé. Dans cette mesure il est connaissable. Il est connaissable dans son état de détermination. Mais tout réel n'est pas prédéterminé. Un état présent n'est pas prédéterminé par un état passé, et le présent ne prédétermine pas l'état futur.

C'est dire qu'une connaissance scientifique est impossible :

- d'abord pour l'antécédent : puisque l'état présent ne nous conduit qu'effortueusement à l'état antécédent.
- puis pour l'état présent même. Nous connaissons l'état présent, oui, puisque il est déterminé. Mais nous ne pouvons pas savoir avec rigueur, pourquoi il est ainsi, car pour cela, nous devrions pouvoir le déduire à partir de l'état antécédent. C'est dire que l'état présent contient un élément d'irrationalité, non seulement par rapport à nous, mais en soi. Faut-il dire qu'il y a du réel inconnaissable en soi? Point du tout. Car alors, l'être en tant qu'être ne serait plus intelligible. Mais ici, il y a irrationalité par défaut d'être.

cf. Ser.

Dès lors, aucune théorie scientifique ne peut être absolument vraie, ni si elle était une expression adéquate d'un fait actuel. Elle ne peut être absolument vraie, p.e.g. la nature même n'est absolument vraie, comme elle n'est pas absolue.

Point délicat, très bien exprimé par Sartre dans d'interpr. de Ser. qui s'inspire directement de Schopenhauer, et rare. cf. H.W.M. p. 482 & 484

2

Ces quelques mots suffisent pour ^{vous} préparer à entendre
des choses très drôles.

des lois

§ I des lois statistiques

(Remettre ^{strict} cumulat. Pour mieux
comprendre qui)

- ① de déterminisme
- ② Histoire d'Édd. Régulation par Edd.
- ③ Objectivation de l'indét.
- ④ Objections des déterministes
- ⑤ Difficultés métaphys. - Solution thomiste.

① de déterminisme

Il faudra me permettre un certain nombre de
citations, p. q. sans cela pourriez croire
que nous battons avec des ombres. Problème très actuel.

← Pour être d'accord sur ce que l'on entend par
déterminisme, je vais vous citer quelques définitions.
D'abord celle de Dalaunde.

a. "B. Sens abstrait...." Probl. - pg 475.

b. Ensuite, une définition d'un mathématicien (je m'ait-
por mathématicien) deplace. pg 473.

c. ~~Prosp. philosophe~~

d. Définition d'un poète, citi par Edd. Probl. du Dét. p. 6.

La loi idéale de la physique classique, c'était ce
que l'on appelle, la loi primaire. Il a toujours semblé suffisant
de dire que la loi primaire est "la loi de la nature même"
pour rendre évident ce qu'elle signifie. d'on suppose
que cette loi est parfaitement rationnelle, dès lors déterministe
et absolue. ~~Qd~~ C'est une loi qui, une fois connue, nous
permettrait de prédire un état futur ^{à partir d'un} état présent, de
dédire un état passé, ou de prédire un état présent par
un état antérieur. En d'autres mots, le conséquent est
entièrement prédéterminé par l'antécédent. Dès lors, si
l'on connaît un des deux états, on connaît implicitement
l'autre. Cette relation nécessaire, et précise, est appelée, par les
physiciens, la relation de causalité.

En science, on peut facilement se dispenser de citer
un auteur de façon littérale; on peut le résumer ou
traduire sa pensée brièvement.

Mais en philosophie, on ne peut pas très bien cela,
car, ~~les~~ habituellement les philosophes savent si peu
de quoi ils parlent, qu'il faut se tenir aux
mots pour être fidèle à leur pensée. Au
moment où on s'écarte de leur vocabulaire,
on risque de fausser leur pensée, au cas
que ces mots ~~en~~ forment une idée, ce qui
n'est pas impossible.

Dans la nature tous les phénomènes sont fondamentalement liés par cette loi primaire, qui est, paraît-il, logiquement et métaphysiquement nécessaire. Sans cela, dit-on, la nature ne ferait pas de sens même serait insensée.

La physique classique diviserait les lois scientifiques en deux catégories fondamentales: des lois primaires, et les lois secondaires.

D'après les lois primaires, certaines choses n'arrivent jamais dans le monde physique p.c.q'elles sont impossibles. Les lois régissent le comportement de chaque particule ou élément individuel avec une rigueur de fer. Le plan primaire suffit à tout: en effet, puisqu'il fixe l'histoire de tout élément de l'univers, il fixe celle de l'univers entier.

D'autres choses n'arrivent jamais dans le monde scientifique (qu'on a nature), p.c.q'elles sont improbables. Les lois qui empêchent ces phénomènes sont secondaires.

Quintessence de la physique classique ~~parce~~ croiraient connaître plusieurs phénomènes qui obéissent à ce schéma primaire. Ainsi, l'on croyait comprendre pourquoi l'on ne rencontrait jamais des triangles équilatéraux dont les angles soient inégaux, en posant que cela est impossible. Il n'y en a pas dans la nature, p.c.q'elles sont impossibles.

A côté de cette catégorie de lois la loi primaire, une deuxième catégorie se développait: la catégorie des lois dites secondaires. Cette loi nous permet de prédire le comportement d'un ensemble, prédiction dont le résultat est d'autant plus probable que le nombre d'éléments composants est plus grand. Elle régit donc le comportement probable d'un ensemble, et la possibilité de prédire son comportement croît en raison du nombre plus grand de particules composants.

Prenons comme exemple un réceptacle relativement grand, contenant un très petit nombre de molécules d'un gaz. Idéalisons le cas, et supposons qu'il n'y en a que cinq.

Dans ce cas, il est à peu près également possible que toutes les cinq se logent ~~dans~~ du côté droit ou du côté gauche du réceptacle.

Prenons le même réceptacle, et remplissons-le d'un très grand nombre de molécules de ce gaz. Dans ce cas, nous pourrions prédire qu'elles se répartissent ~~et logent~~ qu'elles vont se répartir de façon relativement uniforme dans le réceptacle. Pourtant, connaissant le volume ~~du~~ du réceptacle, et le nombre de molécules, nous pourrions prévoir le cas dans lequel toutes les molécules se trouveraient d'un côté. Ce cas ne se réalise pas, non ~~parce~~ ^{pas} parce qu'il est impossible, puisque nous savons prévoir sa possibilité, mais parce qu'il est statistiquement très improbable. C'est la loi des grands nombres qui rend cet événement très improbable.

Et précisément, les lois secondaires sont des lois statistiques. Dans ce domaine, il est impossible d'avoir une certitude absolue.

Pourquoi? - ~~C'est la réponse à cette question~~

de physique classique répondra que cela est ~~impossible~~ ^{improbable}, p.c.q' il ne connaît pas le détail des éléments composants de l'ensemble. Cet ensemble suit, en réalité, une loi primaire, mais nous ne savons pas la formuler, ~~non~~ à cause de l'insuffisance de notre connaissance du détail des événements.

La statistique ~~est~~ ^{peut} donc un phénomène qui se tient ^{uniquement} ~~de~~ ^{sur} de notre esprit. Elle n'est pas dans la nature. de sorte que le physicien classique la considère comme un pis-aller provisoire. Elle garde une incertitude de fait, qu'il y a droit l'on peut toujours espérer d'améliorer. d'incertitude ~~est~~ ^{est} essentiellement dans notre esprit, non dans la nature.

5

des biologistes et psychologues expérimentaux ont ^{habituellement} enrié les
physiciens. En effet, ~~pour cela~~ nous pouvons dire que toutes
les lois biologiques et psychologiques ont toujours été statistiques.

Pour le savoir tout, un très grand nombre de biologistes
et de psychologues, ont essayé de réduire les phénomènes
biologiques et psychologiques à des mécanismes purement
physiques. La statistique des lois était purement provisoire.
L'idéal était de trouver le schéma primitif et déterministe.
Descartes, déjà, considérait les animaux comme des machines.

Pourtant, tous n'ont pas suivi cette voie. De sorte
que nous pouvons partager les opinions en quatre
catégories.

① ~~déterminisme absolu~~ - très chère aux
matérialistes ^{et aux rationalistes}. ~~déterminisme~~ est universel.
On nie la liberté humaine. On nie sa
possibilité.

$\left\{ \begin{array}{l} \text{physique} \\ \text{biolog.} \\ \text{psych. humain} \end{array} \right\}$ d'univers machine

② ~~dét. biologique~~:

dét. en phys. & biol., on fait exception pour l'homme.
(Maritain?) (Michotte)

③ ~~déterminisme physique~~:

dét. dans le monde physique seul. (Gredt)

④ ~~Indéterminisme absolu~~:

Il y a de la statistique objective dans la
nature on ~~admet~~ sur toute la ligne.

Cet univers physique "valde commendat
divinum sapiendum, quale mundum,
pulcherrimum artificium, artificiosissime
produxit." (I n 363)

Ceci, salus reversaria, est un blasphème.
Ni plus, ni moins réticent.

6

Deux éminents physiciens modernes, Max Planck, et Einstein ont fait la défense du déterminisme objectif des lois de la nature physique.

Max Planck a écrit toute une série d'articles sur le problème. Son argument revient à ceci: "Nous n'avons pas prouvé qu'il n'y a pas de déterminisme dans la nature; 1° dans toutes circonstances le déterminisme est préférable à l'indéterminisme, 2° simplement p.c. q'une ~~réponse~~ réponse définitive à une question, est préférable à une réponse indéfinie."

La position d'Einstein est beaucoup plus radicale. ~~Il est~~ Pour lui, l'indéterminisme n'a pas de sens du tout. 201-2 / 209 / 210

L'objection d'Einstein est très fondamentale. D'après le raisonnement d'Einstein: Si je vis aujourd'hui, c'est que hier il était vrai que j'allais vivre aujourd'hui. S'il pleut aujourd'hui, c'est que hier il était vrai qu'il allait pleuvoir aujourd'hui. ~~Aujourd'hui~~ Tout ce qui sera dans l'avenir, est vrai aujourd'hui.

C'est bien cette objection fondamentale que nous devons réfuter.

Controll. du déterminisme:

~~Il y a~~ Exceptions aux lois:

- (a) Des exceptions aux lois sont impossibles. ~~Il y a~~ des exceptions connues sont apparentes. Rég. de Caus.
- (b) ~~Des exceptions~~ S'il y a de véritables exceptions aux lois, c'est qu'il y a un défaut dans la machine universelle. (Nous ajoutons que, si l'on connaissait ce défaut, on pourrait prédire les exceptions / des lois, pas de véritable contingence.)
- (c) Contingence dans la nature:

dans la Suite, nous allons voir ~~comment~~
quel est l'état ~~présent~~ de la phys. moderne
en cette matière.

Puis nous verrons que le physicien n'a
pas le droit de se servir de l'expression "ultim.",
et il ne l'aura jamais, et il ne pourrait l'avoir,
m s'il était auge.

Puis nous allons renvoyer le problème au
philosophe. ~~Dans ce domaine~~, il sera. C'est
dans ce domaine que nous allons l'achever
definitivement.

d' Indéterminisme (Suite)

- 1. de problème physique
- 2. de problème méthodologique
- 3. de problème ontologique

Eddington ne s'est pas contenté de constater que toutes les lois de la physique sont, de fait, des lois statistiques: il nous a montré que l'hypothèse du déterminisme n'est pas justifiée. Cette hypothèse exige, en effet, plus qu'il n'est nécessaire pour expliquer les phénomènes communs. Nous avons même ajouté qu'elle exige plus qu'il n'est nécessaire pour expliquer les phénomènes connaissables. Ce fait n'érige le principe de l'indéterminisme en principe méthodologique, et dès lors nécessaire. de déterminisme on pourra jamais avoir de sens scientifique. Nous nous sommes appuyés, d'ailleurs, sur une critique de la théorie de l'induction.

C'est cela veut dire que, si même il y avait du déterminisme dans la nature, l'homme de science ne pourra jamais le savoir en homme de science. Donc, si quelque un parle de déterminisme dans la nature, il doit faire de la philosophie, il devra nous donner des raisons philosophiques pour le démontrer.

Or, comme vous savez, sont les systèmes philosophiques proposant un déterminisme, se sont toujours appuyés sur le déterminisme dont parlaient les physiciens. Donc, si le déterminisme a disparu du domaine de la physique, les systèmes philosophiques qui ~~excess~~ professent le déterminisme, errent. ~~adix~~ Il faudrait, pour le défendre, chercher des raisons formellement philosophiques. Cf. N. P. W. 303

Avant de nous expliquer ce que nous entendons par "raisons philosophiques", examinons la position d'Eddington sur cette matière. Le physicien ne connaît pas de lois déterministes. Est-ce formellement p.c.g. Sa méthode ne lui permettrait de l'exprimer même s'il y en avait? Mr. le physicien n'y trouve pas, "because there is no such thing in nature. We have been aiming at a false ideal. We have been looking for something which is not there."

"The future, nous dit-il NPN 294-295, is a combination of the causal influences of the past together with unpredictable elements - unpredictable..... experience exist."

En montrant que tout déterminisme est au fond tautologique, je me ai donné l'idée dominante de ce chapitre 14 de la Nature of the RV.

Mais on veut se tenir. Il faut démontrer que dans la nature même, il y a de l'indéterminisme? Passons à la page 302:

"But it will be said....."

de fait incontestable de notre liberté exige qu'il y ait dans la nature des entités physiques qui ne suivent pas de loi déterministe.

Remarquons que dans le déterminisme, les lois s'entendent tout en réalité un résultat des lois par des éléments composants. Ainsi, l'élection d'une loi inhérente à la structure même. La structure individuel (?) dicte son comportement. Donc, si les élections de mon bras ont leur loi à eux, ce sont les élections qui imposent et déterminent tous les mouvements de mon bras. Or, en réalité, je puis libre d'effectuer ce mouvement-ci, ou ce mouvement-là. Il y a donc un facteur qui intervient pour déterminer l'alternatif. Cela veut dire que les élections sont, dans un certain mesure, déterminables: ils ne dictent pas tout le comportement.

Or, il ne faut pas se laisser tromper par l'échappatoire latitudinal allégué pour résoudre ce problème: On nous dira que, dans le mouvement de mon bras, les élections suivent les lois physiques, que ce n'est pas des exceptions dans le courant de l'univers. C'est là un grossier sophisme.

En effet.

Comme nous disions l'autre jour: il est absolument vrai, et parfaitement déterminé, que, quand une élection conduit d'un orbite à une autre, qu'il tende d'un orbite à l'autre. C'est un pure tautologie. Or même quand mon bras est en mouvement dans une sens déterminé, il l'est vraiment. Ce n'est pas cela qui contredit l'indéterminisme. L'indéterminisme concerne l'état antérieur à l'état actuel. Or note que, p.e.g. qu'une élection conduit actuellement, cela ne veut pas dire qu'il était prédéterminé à tendre actuellement.

Pcq j'effectue ce mouvement, cela ne veut pas dire qu'il était vrai que j'allais effectuer ce mouvement. d'indéterminisme, et ce cas, concerne la relation entre le passé et le présent, ou le passé présent, ou entre le présent et le futur: et non pas un état déjà déterminé, et sur lequel nous ne pourrions émettre que des prévisions.

Mais, en se basant uniquement sur la liberté, Edd. peut très bien dire qu'il y a dans la nature des entités physiques qui ne suivent pas des lois déterministes. Et étant donné le fait qu'il n'y a aucune différence entre les électrons d'un pierre et les électrons d'un thomium, il n'y a pas lieu de dire que les électrons d'un non-thomium suivent des lois ~~indéterministes~~ déterministes. Ce qui est possible pour un électron est tout ce qu'il est, et possible pour tous les autres.

Vous voyez donc, que pour démontrer la thèse déterministe, il faudrait pouvoir montrer que non-libre est égal à déterministe qu'un indéterminisme, en dehors de la liberté, est impossible. Et cette démonstration doit être strictement philosophique, car on ne pourra jamais avoir recours à la physique, ou à l'ingénierie ou à l'expérimental.

Eddington ne nous démontre pas cette thèse: il la pose tout simplement. Il ne voit pas cette nécessité. Et si l'on admettait un déterminisme pour les entités physiques d'un être inorganique, on devrait dire que ces entités physiques diffèrent essentiellement de celles d'un être organique ou libre: ce qui n'a certainement pas de sens physique.

Il peut admettre cette thèse d'Edd., à moins de considérer la volonté comme une puissance créatrice d'énergie à la façon de Bergson qui avait ainsi échappé au déterminisme psychologique. La volonté serait ainsi une puissance qui se superpose aux entités physiques, imprimant une énergie supplémentaire. Conception très grossière, contredite par la définition même de l'objet de la science expérimentale.

Il nous semble que le Thomiste doit nécessairement admettre la thèse d'Eddington.

Nous allons essayer d'en faire une démonstration rigoureusement philosophique. Nous allons faire abstraction de tout savoir strictement expérimental.

Pour nous, le problème de l'indéterminisme est le problème de la contingence. Nous le rencontrons d'abord dans la métaphysique.

Un être fini est par définition contingent. Puisqu'il n'est pas son acte, il l'a ~~de façon~~ dépendamment de l'être qui est son acte. Être par le fait, c'est Pour le fini, être c'est être dépendant : et dépendant p.c.q. non-nécessaire, et non-nécessaire, parce qu'il n'est pas son acte : c'est essentiellement pouvoir ne pas être. Donc, s'il est, il est de façon contingente. Cela ne veut pas dire qu'il n'a pas toujours existé, et qu'il n'existera pas toujours : cela veut simplement dire qu'il n'a pas nécessairement toujours existé, qu'il n'existera pas toujours nécessairement : et que donc son existence actuelle il dépend entièrement de l'acte pur. X de fini n'est nécessaire que dans la mesure où il est : il ne peut pas être et ne pas être pour le rapport de principe d'identité n'admet pas d'indéterminisme dans son acte.

p.c.q. il a
de fini,
cela veut
dire qu'il
n'est pas
nécessaire
qu'il
ait existé
avant
d'être

Mais voilà donc ce qui concerne le fini quand à son existence. Une nouvelle contingence se superajoute au fini. Si l'on se borne au fini lui-même, on trouve de l'indéterminisme dans le libre arbitre. C'est à dire que ce sujet se capable de déterminations qu'il choisit : il est capable de se déterminer librement : de façon non-nécessaire. Donc, des activités émanant de cette auto-détermination, on ne peut pas dire non plus que p.c.q. elles ont lieu, il était vrai qu'elles allaient avoir lieu : ou qu'elles étaient prédéterminées.

Dans l'ordre strictement cosmologique, c'est à dire, dans d'autres des êtres composés de matière et de forme, nous rencontrons une troisième espèce de contingence.

La matière première est pure puissance, c'est à dire, qu'elle n'a aucune détermination. Mais la matière première n'est pas un être : elle n'est qu'un principe d'un être, qui elle, n'est pas être non plus, mais principe d'être.

Par conséquent, cette indétermination issue de la matière première, entraîne une indétermination dans la nature même des composés: exige une indétermination ontologique.

La matière première, étant pure puissance, est capable de recevoir n'importe quelle forme, qui implique dans sa définition sa relation à la matière. Et cela implique une indétermination de l'ordre des formes mêmes: cela veut dire que les formes n'ont pas de déterminations absolues.

Le danger ontologique se présente ici à nouveau. Les formes existantes sont aussi déterminées que nous voulons. Mais le fait que telle forme existe, ne veut pas dire qu'elle est prédéterminée. Elle ne peut pas l'être. Car, si il y avait des formes absolument prédéterminées, c'est à dire une série de formes comportant chacune une définition absolue a priori, si les formes étaient comme des nombres entiers, si il y avait du côté des formes possibles des composés absolument prédéterminés, c'est que la matière ne sera capable que d'une certaine série de formes. Sa potentialité pure devient superflue.

On pourrait objecter: cette capacité déterminée ne tient pas à la matière, mais aux formes mêmes: de plus, il y a une série infinie de formes possibles, comme il y a une série infinie de nombres entiers possibles.

Cette objection cache une double erreur. D'abord, on oublie que l'acte et la puissance sont corrélatifs: que la définition d'une puissance est spécifiée par l'acte, et vice versa. On ne peut rien attribuer à un principe qui ne corresponde à l'autre. Il faudra donc pouvoir retrouver l'indétermination de la matière du côté de la forme; non pas une indétermination ~~assez~~ comme celle de la matière, mais celle qui correspond à elle dans l'acte. Il faudra donc concevoir les formes possibles à la façon des composés possibles dans un continuum. Les composés actuels sont absolus, mais entre deux composés, une infinité d'autres est possible. Et même, entre deux formes, une infinité d'autres est possible.

Il n'y a que les coupures d'un continu sont perpétuellement contingentes, les autres sont ~~essentiels~~ contingentes par rapport à leur structure essentielle. des essences matérielles se font dans l'ordre essentiel.

Il ne suffit pas de dire qu'une série infinie de formes est possible, à la fin des nombres entiers, car dans ce cas nous aurons des déterminations abstraites: de sorte qu'il y a ~~un~~ ^{un} ~~seul~~ ^{un} ~~qui~~ ^{qui} ~~il y a~~ ^{il y a} ~~un~~ ^{un} ~~qui~~ ^{qui} ~~il n'y a~~ ^{il n'y a} ~~un~~ ^{un} ~~entre~~ ^{entre} ~~deux~~ ^{deux} ~~formes~~ ^{formes} ~~rapprochées~~ ^{rapprochées} ~~d'autres~~ ^{d'autres} ~~possibilités~~ ^{possibilités}: ce qui impose à la matière des déterminations abstraites.

Noter bien que cette déterminabilité pure de la matière première a une signification réelle et actuelle. On ne pourrait donc pas dire que au début il a été fait un choix de forme, et qu'après pour conserver ainsi cette potentialité pure de la matière. Car, dans ce cas, on parle d'une matière première qui a été déterminée pure, mais ~~qui n'est plus~~ ^{qui ne l'est plus} ~~actuellement~~ ^{actuellement} ~~étant~~ ^{étant} ~~donnée~~ ^{donnée} ~~le~~ ^{le} ~~choix~~ ^{choix} ~~fait~~ ^{fait}. - Cela n'a pas de sens. Dans ce cas on parle de la matière première comme d'une chose, et d'une chose préexistante. C'est le principe d'essence cosmologique qui est déterminable pure, et cette déterminabilité pure a une signification réelle et actuelle.

Donc, pour qu'il y ait du déterminisme, il faudrait ou bien que la matière n'est pas pure puissance ou bien qu'il y ait un acte qui la détermine entièrement: ~~un acte infini~~ ^{un acte infini} ~~qui~~ ^{qui} ~~un~~ ^{un} ~~acte~~ ^{acte} ~~infini~~ ^{infini} ~~pour~~ ^{pour} ~~un~~ ^{un} ~~certain~~ ^{certain} ~~rapproché~~ ^{rapproché} ~~qui~~ ^{qui} ~~détermine~~ ^{détermine} ~~cette~~ ^{cette} ~~pure~~ ^{pure} ~~déterminabilité~~ ^{déterminabilité} ~~de~~ ^{de} ~~elle~~ ^{elle} ~~pour~~ ^{pour} ~~qu'elle~~ ^{qu'elle} ~~n~~ ⁿ ~~serait~~ ^{serait} ~~plus~~ ^{plus} ~~déterminable~~ ^{déterminable}: c'est à dire qu'elle ne serait plus matière première.

Cela est contradictoire. Il n'y a donc pas de déterminisme possible. Donc, il doit y avoir du ~~l'~~ ^{l'} ~~indéterminisme~~ ^{indéterminisme}. Mais ce n'est pas non plus un indéterminisme pur. Car ~~l'~~ ^{l'} ~~indéterminisme~~ ^{indéterminisme} ~~pur~~ ^{pur} ~~est~~ ^{est} ~~la~~ ^{la} ~~négaration~~ ^{négaration} ~~de~~ ^{de} ~~toute~~ ^{toute} ~~détermination~~ ^{détermination}: et ceci est, par rapport à l'ordre des existences, et par conséquent.

Donc, l'indéterminisme orlogique est intermédiaire entre le déterminisme absolu, et l'indéterminisme pur. Il doit y avoir un ordre dans la nature, qui dans ce cas ne peut être que statistique. C'est qui tout état d'univers est tout plus probable.

In causality.

Il est évident que tout cela semble être en contradiction avec le principe de causalité. Ce n'est là qu'une illusion due à la notion simplifiée que nous avons de la causalité.

Faisons quelques précisions de ce problème de la causalité. Comme vous savez, beaucoup d'auteurs disent que l'indéterminisme n'est pas admissible. On ne peut admettre l'indéterminisme sans abandonner la valeur du principe de causalité. Bill nous assure ici que si l'indéterminisme était vrai, on ne peut plus prouver l'existence de Dieu. Les scolastiques s'opposent à l'indét. parce pour la raison : ceux-ci disent que, puisqu'il y a tout réel a une cause, et puisqu'il y a des entités physiques sont causes, elles ont une cause.

de pair servir la science des causes ~~possibles~~ primaires, et les sciences expérimentales étudieraient les causes secondaires.

Il nous amont que si le St. Espr. n'était pas des
science perennes, elle ne seraient ni plus des sciences.

Qu'est ce que c'est dans une science par classes?

Comment se présentent les causes en métaphysique?
Prenez l'exemple du fini. Comment devrions-nous à l'infini
parvenir-~~on~~ à parler de causes devant ce phénomène?
On pose des causes pour l'échapper à une contradiction
dans l'être.

de l'être s'oppose au contraire à l'impossible. L'impossible étant le néant, ne le limite pas. L'être en tant qu'il ne peut se limiter, n'étant opposé qu'au néant qui ne ~~l'aurait~~ limite pas. Or, il y a du fini: il y a des limites. Mais ni l'être en tant qu'il est, ni le néant ne peuvent le limiter. Pourtant, la limite est. Donc, d'un côté du ~~dis~~ ^{de} nous de limite, il faut ~~poser~~ poser ce qui rend compte de cette limite.

Il y a donc un principe de limitation, qui n'est ni être tout court, ni néant: la puissance. Donc le fini est composé de ce qui fait qu'il est actuellement, et de ce qui le limite. Ce sont là des causes principales d'être: des causes intrinsèques.

Puis, cet être composé d'act et de puissance pose un nouveau problème. Pour échapper à une nouvelle contradiction, il faut avoir recours à l'existence d'un Act Pur, qui est cause extrinsèque du fini: cause eff. & finale.

Ainsi, toute la métaphysique est une série de problèmes, suggérés l'un par l'autre: ce qui explique également ces problèmes: ce sont les causes.

Ce sont donc les entités posées dans la théorie qui expliquent le phénomène en question. La théorie qui explique le phénomène est vraie. Mais il faut noter que toute théorie métaphysique est construite à base d'une antinomie absolue: l'être et l'impossible qui s'adhèrent absolument. Le principe de contradiction résout tout intermédiaire. Or soit qu'il en soit y avoir qu'une seule théorie qui est ou bien absolument vraie ou absolument fautive. Elle ne peut pas être simplement approximative du réel: "to be or not to be, that is the question".

Dans le précédent cours, nous avons vu que la physique moderne comprend deux théories que l'on n'arrive pas à concilier.

On distingue deux catégories de phénomènes: les phénomènes macroscopiques que l'on peut traduire dans le schéma spatio-temporel de la Relativité; et les phénomènes microscopiques rebelles à cette transposition. Leur comportement n'est pas définissable en termes spatio-temporels.

On a déjà fait plusieurs tentatives pour concilier cette apparente contradiction.

Arrêtons-nous simplement aux deux opinions extrêmes. D'après Planck et Einstein, l'indéterminisme des phénomènes microscopiques doit disparaître: ce qui veut dire, que l'on n'aura de connaissance scientifique de ces phénomènes qu'au jour où nous pourrons les traduire en termes spatio-temporels: p. ex. le jour où nous pourrions déterminer simultanément la position et la vitesse d'un électron. Aucune solution pratique n'a été proposée par ces auteurs. C'est une pure conviction méthodologique.

A l'autre extrême nous rencontrons Dirac suivi par Eddington. Dirac ne nous fait pas explicitement qu'il est déterministe ou indéterministe. De fait il fait abstraction de l'indéterminisme.

En effet, il essaie de déduire l'univers de l'espace-temps, en partant par l'indéterminisme quantique.

La théorie est transcendente. Au lieu de donner des valeurs numériques aux symboles fondamentaux de la théorie des quanta, il les considère comme des entités qui sont inexprimables en nombres ou en systèmes numériques, il prend les lois comme de pures expressions symboliques tenues à l'écart de toute opération arithmétique. Or, les développements réussissent à déduire de ces symboles des nombres. C'est ainsi qu'il nous semble fournir la base des nombres-mêmes de notre science exacte.

Tout cela ~~pour~~ ne vous dit pas grand chose, mais voici l'idée fondamentale qu'il faut retenir: NPN 209.

Si la théorie de Dirac réussit, l'on aura donné une explication scientifique du déterminisme apparent des phénomènes macroscopiques, à base d'un indéterminisme quantique. Il sort que, même si il y avait déterminisme dans le monde microscopique, il serait superflu d'en parler, puisque nous pouvons nous en passer.

Passons maintenant au problème épistémologique posé par cet indéterminisme.

Problème Epistémologique

Op. Ed. HPW

de prof. Dingle n'a pas suivi ce conseil.
Il nous a donné une solution conciliatrice.
Elle est définitive. des philosophes aiment les
solutions définitives.

d'après son ouvrage Science and Human
Experience, ouvrage d'une luminosité obscure,

Il faut séparer radicalement les entités
macronopiques ^{telles les étoiles} des entités (microscopiques,
telles les électrons. des étoiles sont des entités
directement connues, et observables. d'électron,
au contraire, est une entité essentiellement
hypothétique et inobservable.

Ces notes distinctives sont expérimentalement
fausses. Il est faux de dire qu'un électron
est plus hypothétique et plus inobservable qu'une
étoile. En réalité l'électron est aussi observable
qu'une étoile. ^{Compteur de Geiger} La différence de degré d'observa-
bilité, et, d'un point de vue épistémologique,
absolument illusoire. -

Il n'y a pas lieu de dire qu'en réalité
on ne voit pas l'électron, mais simplement
sa trace, et que nous avons une connaissance
beaucoup plus directe et adéquate des étoiles,
fût-ce même le Soleil. Ces faits sont remués.

Dans les deux cas, nous ne sommes
pas en contact direct avec les objets que nous appelons
étoiles ou électrons.

4

Dans les deux cas, ils émettent et dispersent des ondes lumineuses, analogues à autant de stations de radio qui envoient des signaux que nous pouvons recevoir. A une certaine phase de la transmission, les signaux passent le long des nerfs dans notre corps, provoquant finalement des sensations visuelles, tactiles, ou autres.

C'est à partir de ces effets lointains que nous avons à remonter aux propriétés de l'objet physique lui-même au bout éloigné de cette chaîne de transmission. Ce qui provoque chez nous la conscience, ce n'est pas l'objet qui se trouve au bout de cette chaîne, quoique ce soit une source d'information sur lui.

Confondre les deux, nous dit Eddington, c'est confondre l'indicateur avec le criminel.

Cf. PD p. 12 : "ça ne serait impossible.....".

Alors, le monde extérieur de la physique est un système expérimentalement déduit. (Pas confondre avec une pure déduction rationnelle). Mais il ne faut pas croire que les objets familiers que nous manipulons, que nous touchons, que nous entendons, sont plus immédiatement connus qu'une étoile éloignée ou un électron. Vous n'avez pas conscience des transformations chimiques dans votre cerveau qui sont plus près de votre conscience que les photons qui bombardent votre organe vision.

A la vue, nous localisons mal les étoiles, et même les objets tout près de nous.

5

En réalité nos sens ne reçoivent que des signaux,
à partir desquels nous devons reconstruire la chaîne
d'étoile que nous croyons vivre là, l'objet qui
se trouve au bout de la chaîne, n'est en réalité
pas moins hypothétique qu'une planète
"non découverte", que l'on déduit des irrégularités
du mouvement d'Uranus.

~~Il ne faut pas concevoir l'univers des déductions
comme l'expression adéquate de l'univers en soi. Dans
notre système déductif,~~

Notez bien que tout cela vaut également
pour les instruments dont nous nous servons
pour effectuer des mesures. Ce sont également des
objets déduits. Et sorte que nous explorons l'univers
avec des objets eux-mêmes déduits.

Il ne faut pas concevoir l'univers des déductions
comme l'expression adéquate de l'univers en soi. Dans
notre système déductif, le passé, le présent, et l'avenir
apparaissent simultanément : il faut une analyse
scientifique pour les distinguer. Ainsi, au moyen
d'une certaine règle - la loi de la gravitation -
nous déduisons l'existence présente ou passée
d'un compagnon obscur d'une étoile. Ainsi,
l'ombre que la lune projettera sur la terre dans
l'éclipse de 1999 se trouve déjà dans l'univers
des déductions. Même quand on observera
cette ombre, on substituera simplement une
méthode de déduction de l'ombre à une autre.
Mais l'ombre même sera toujours une déduction.

6

Anc, l'observation dite directe, et en réalité loin d'être directe, et l'objet loin d'être présent.
L'objet qui est sujet de notre investigation appartient toujours au passé.

R, nos déductions en ce qui concerne le passé sont d'une importance particulière pour le problème du déterminisme.

Comme nous le disions, nos déductions en partant de la vue, de l'ouïe, du toucher, se réfèrent toutes à une époque antérieure. Souvent ce retard est considérable.

Supposons que nous voulions déterminer la constitution chimique d'un sel quelconque.

Nous introduisons le sel dans un tube à essais. Nous le traitons avec certains réactifs, et finalement nous arrivons à la conclusion que c'était, p. ex., de l'azotate d'argent. A la fin de ce traitement le sel en question n'est plus de l'azotate d'argent. La propriété que nous déduisons n'est pas celle "d'être X", mais celle "d'avoir été X".

C'est là un exemple de déduction rétrospective.

Rappelez-vous que toutes les définitions que nous avons données du déterminisme impliquent l'élément temps: le déterminisme ne postule pas simplement des antécédents, mais des antécédents préexistants.
Ainsi, dans le déterminisme, l'assignation d'une date aux causes alléguées est une note essentielle: nous devons exiger par suite que celle-ci produisent leurs actes de naissance, afin de savoir si elles étaient préexistantes.

7
Or, la déduction rétrospective est très dangereuse
sous ce rapport, puisqu'elle introduit une
antidatation du certificat. Dans le cas du sel,
la date inscrite sur le certificat est antérieure
à celle de l'expérimentation.

Examinons ce cas de plus près. Supposons
qu'il n'existe aucun moyen de déterminer
la constitution chimique d'une substance sans
la détruire.

Alors, le chimiste ne saura jamais
qu'après l'expérience quelle est la substance
qu'il a maniée; de sorte que le résultat
de chaque expérience serait entièrement
imprévisible. Devrait-il alors admettre que les
lois de la chimie sont indéterminées?

On pourrait se dire d'affaire de la façon suivante,
pour démontrer l'uniformité des lois de la nature.

On introduit une allumette allumée dans une
éprouvette remplie de gaz, et si le gaz brûle,
on dira: "Vous voyez que l'hydrogène est inflammable."
Si l'allumette s'éteint, on dira, "cela prouve que
l'azote n'entretient pas la combustion". Ou si
l'allumette brûle avec plus d'éclat: "Il est évident
que l'oxygène entretient la combustion."

Mais comment sait-on que c'était de l'oxygène?
Par déduction rétrospective en partant du fait
que l'allumette brûle avec plus d'éclat.
On répète l'expérience, et on conclut au déterminisme
de la loi.

C'est ce qu'on fait toujours en réalité. Et c'est sur des raisonnements analogues que se base le déterminisme. Or, le processus en question est un cercle vicieux.

En effet, si, par déduction rétrospective, nous déduisons les caractères à une époque antérieure et disons alors que ces caractères produisent invariablement à une date ultérieure la manifestation à partir de laquelle nous les avons déduits, nous tournons en rond. Nous arrivons ainsi à un déterminisme ingénieusement fabriqué par nous. En effet, la liaison n'est pas dans ce cas une causalité, mais une définition, - "et, dit Eddington, nous ne sommes pas des prophètes, mais de l'autologites".

Pour éviter les cercles vicieux, il faut abolir les caractéristiques plus rétrospectives, ~~qui sont~~ dont l'existence antécédente est purement hypothétique. Si les caractéristiques ne se manifestent pas jusqu'au moment où elles cessent d'exister, elles ne peuvent jamais être utilisées pour la prédiction, à moins que ce ne soit par ceux qui font des prophéties après l'accomplissement d'un événement.

Notez bien que toute notre connaissance expérimentale est rétrospective dans une certaine mesure. Cependant quand deux événements sont permanents et constants, nous pouvons établir entre eux des comparaisons. Cette expérience est dite actuelle. C'est par rapport à ces faits observés

9
que les caractères rétrospectifs sont dits antérieurs,
d'une antériorité hypothétique.

Quoique la constitution chimique souvent
déduite rétrospectivement, elle n'est pas un
caractère rétrospectif. de fait, dit Eddington,
que l'azotate d'argent peut être acheté et vendu
montre qu'il y a une propriété d'être azotate
d'argent aussi bien que celle d'avoir été
azotate d'argent.

Il y a en effet, des méthodes spéciales
pour déterminer la constitution ou les propriétés
d'une substance sans la détruire. Cette
méthode n'est pas directe, mais légitime.

On divise l'échantillon en deux parties.
On en analyse une (en la détruisant s'il est
nécessaire) et on prouve que sa constitution a
été X. On en déduit ensuite, que la constitution
de l'autre partie est X.

On répond quelquefois que, de cette manière,
un caractère déductible rétrospectivement doit
toujours être déductible aussi "contemporainement";
si cela était vrai, tout danger d'employer la
déduction rétrospective pour inventer des caractères
fictifs comme cause des événements observés
disparaîtrait.

Mais le danger se présente précisément
au moment où la méthode de l'échantillonnage échoue.

Par exemple, lorsque nous avons affaire à des caractéristiques imaginées pour distinguer un atome individuel d'un autre atome de la même substance. Un atome individuel ne peut pas être divisé en deux échantillons, l'un pour être analysé, l'autre pour être conservé.

Prenez l'ex. suivant.

On sait que ~~le~~ potassium ^{il y a} ~~se compose de~~ deux sortes d'atomes. Les uns sont inertes, les autres ~~se~~ émettent des rayons β_x .

Appelons $K\alpha$ & $K\beta$ ces deux ~~mtes~~ types d'atomes.

Si nous observons qu'un atome particulier éclate ou explose à la manière radio-active, nous en déduirons que c'était un atome $K\alpha$.

Pouvons nous dire que l'explosion a été prédéterminée par le fait que cet atome était un atome de $K\alpha$ & non de $K\beta$?

Non, cela serait un cercle vicieux. $K\alpha$ est simplement une étiquette antidotée que nous attachons à l'atome lorsque nous voyons qu'il a éclaté. Et nous pouvons toujours faire cela, quelque indéterminé que soit l'événement qui détermine l'étiquette.

Cependant, nous avons des renseignements qui prouvent que cette explosion n'est pas purement indéterminée. En effet, on a trouvé que le potassium consiste en deux isotopes de P. A. 39 et 41, et l'on croit que le poids atomique 41, correspond à l'espèce radioactive, et 39 à l'espèce inerte.

Il est possible de séparer deux isotopes et d'en
trier des atomes connus comme étant K^{41} .

Or, K^{41} est un caractère contemporain et peut
légitimement prédéterminer l'explosion radioactive
subéquente; il remplace K^+ qui est un
caractère rétropectif.

Ne croyons que cette prédétermination introduite
est parfaitement prédéterminée. Considérons l'époque
de l'explosion. Or ne sait rien quant à
l'époque à laquelle un atome particulier K^{41}
explosera, si ce n'est que cela se produira
probablement dans les prochaines mille millions
d'années.

Si, cependant, nous observons qu'il explose
à une époque t , nous pouvons légitimement
attribuer à l'atome le caractère rétropectif
 K^+ , par quoi nous signifions qu'il possédait
antérieurement la propriété qu'il devait
exploser à l'époque t .

Or, selon la physique moderne, le caractère
 K^+ n'est manifesté en aucune manière
jusqu'à l'époque t , lorsque l'explosion
se produit et le caractère K^+ , ayant terminé
son rôle, disparaît.

Mais, dans conditions, K^+ n'est pas
une condition prédéterminante. Il faut avouer
que nos étiquettes et caractères rétropectif n'ajoutent
rien au fait essentiel d'observation que l'explosion
se produit sans avertissement à l'époque t .

Dans ce cas, nous faisons de l'histoire naturelle, et non pas de la science explicative.

Notez bien, que le caractère X^t ne fait son entrée dans le monde ~~spatio-temporel~~ de l'espace-temps qu'au moment même de l'explosion.

Or, voici le point le plus important de toute cette petite histoire: dire que l'explosion à l'époque t , désigne une propriété antérieure définie par t , cela n'a pas de sens, à moins de confondre une tautologie avec une ~~explication~~ prédiction.

Quand nous disons qu'il n'y a pas de caractéristique actuelle de l'atome radioactif, déterminant la date à laquelle celui-ci va exploser, il faut entendre par là que dans l'image de l'atome telle qu'elle se présente dans la physique moderne, il n'apparaît pas de telles caractéristiques. L'atome qui explosera aujourd'hui et celui qui explosera dans quelques millions d'années sont décrit exactement de la même manière.

Maintenant, et ce que cette impossibilité pratique de prédire l'explosion ne serait pas due au fait que nous ~~ne~~ n'avons pas encore découvert cette caractéristique ^{pré-déterminante}.

Cet espoir serait légitime, si l'indéterminisme pratique en question était exceptionnelle. Cependant l'atome radio-actif ne fait pas intervenir une difficulté spéciale.

13

Il nous apporte seulement une illustration appropriée de ce qui s'applique, plus ou moins, à tous les phénomènes.

Cfr. PD 16

Passons maintenant à un autre aspect épistémologique du problème de l'indéterminisme.

Le Principe d'exclusion de Pauli et les coïncidences du monde de l'espace-temps.

Par coïncidences nous entendons les intersections des lignes d'univers de la théorie de la Relativité. Eddington les appelle "pointer readings".

R, ces coïncidences sont essentiellement du domaine des phénomènes macroscopiques. Dans le domaine microscopique, de pareilles coïncidences sont impossibles, si le principe de Pauli est vrai.

Donc, partant d'un monde de coïncidences, nous arrivons à une base où les coïncidences sont impossibles.

Dans le précédent cours, nous avons vu que la physique moderne comprend deux théories que l'on n'avait pas à concilier entre elles.

Il y a des phénomènes que l'on décrit dans un schéma spatio-temporel: ce sont des phénomènes macroscopiques dont traite la théorie de la relativité.

Mais il y a des phénomènes dont on ne peut pas faire une description spatio-temporelle: ce sont les phénomènes microscopiques, qui semblent être indéterminés.

Il y a certainement une conciliation à faire. Or, il y a ^{semble-t-il} trois possibilités.

D'après Planck et Einstein, il faut essayer de serrer les phénomènes microscopiques dans le cadre espace-temps. L'indéterminisme est purement subjectif. Objectivement, ces phénomènes sont aussi déterminés que les phénomènes à grande échelle.

D'après d'autres (telles les premières théories de Schrödinger) il faut chercher une théorie qui concilie ce double ordre de phénomènes; une théorie ^{intermédiaire} à partir de laquelle on peut déduire les deux autres.

La troisième solution est celle à laquelle travaille Dirac. Celui-ci déduit la relativité des deux: il déduit la relativité en passant par la théorie quantique.

Son point de départ est des plus remarquable. Partant d'entités qui sont inexprimables en nombres ou en systèmes numériques, et de lois qui ont des symboles purement symboliques à l'écart de toute géométrie arithmétique, il ~~est~~ réussit à déduire de ces symboles des nombres. Et cette théorie prétend être la base des nombres mesure de notre science exacte.

D'idée suggérée par Dirac et, qu'il faut être prêt à croire jusqu'au fond de la nature

Cp. Edd. HPV p 209

135- Mais il y a une quatrième théorie. C'est celle d'un philosophe. Elle se rapproche de celle de Planck & d'Einstein, avec cette seule différence, qu'elle est définitive. Caractéristique des philosophes, Prof. Dingle aime les solutions définitives. En effet d'après son Science and Human Experience, il faut ~~faire~~ disjoindre de façon radicale les ~~phénomènes~~ ^{entités} macroscopiques, des ~~phénomènes~~ ^{entités} microscopiques. telles les pierres et les étoiles, des entités microscopiques telles les électrons, qui sont d'après lui des entités par définition hypothétiques et inobservables.

des exemples de Dingle ne sont pas bien choisis. En effet, il est faux de dire qu'un électron est hypothétique et inobservable. En réalité, il est aussi observable qu'une étoile. La différence est de degré d'observabilité ~~et~~ est purement illusoire. Aujourd'hui on peut compter les électrons aussi bien que les étoiles.

Or, il n'y a pas lieu de dire qu'en réalité on ne voit pas l'électron, mais simplement une trace, et que nous avons une connaissance beaucoup plus directe et adéquate des étoiles, fut-ce n^o le soleil.

W. Thomson

La théorie atomique

D'après cette théorie, déjà défendue par un nombre considérable de cosmologistes grecs, la matière est fondamentalement discontinue et particulisée. Elle serait un ensemble de particules indivisibles, distinctes, ~~et~~ entièrement localisées dans l'espace.

La physique moderne est entrée à cette conception.

(1) Boltzmann - Lorentz : d'intérieur de ces particules (soient les molécules, soient les électrons) ~~est~~ continue.

(2) Newton : la matière est formée de particules rigoureusement ponctuelles. On se débarrasse ainsi des difficultés relatives à la structure interne des particules. Mais nous permettons aux particules de régir les unes par les autres, l'on pose qu'elles sont en même temps des centres de forces et qu'à distance elles s'attirent ou se repoussent les unes les autres. Mais ces forces s'exercent entre les particules ~~qui~~ étaient considérées comme continue. En effet, dans la mécanique de Newton, le champ de force existant autour d'un point matériel était exprimé par une fonction continue, la fonction potentielle, et c'était précisément ce champ de force qui déterminait le mouvement des autres points matériels qui y sont immergés. Dès lors, l'on conçoit la particule comme le centre d'un phénomène continu, quoiqu'en présence modifie les propriétés de tout l'espace ambiant.

Ainsi, si cette conception atomiste ne réussit à se débarrasser du continu.

de Théorie Ondulatoire

À la théorie atomique de la lumière, Huyghens
Fresnel et Young ont opposé une toute autre conception.
Pour ceux-ci, la lumière est une ondulation
se propageant dans un milieu continu, l'éther.
Cette théorie permettait aux physiciens ^{d'expliquer} deux phénomènes
d'expérience que l'on ne savait pas expliquer de
la théorie newton. : l'interférence et la diffraction.
Dès ce moment là, l'optique ne fera plus aucun
appel à la notion du discontinu. Cette théorie
semblait se dispenser de la discontinuité, tandis que
l'autre ne pouvait se passer du continu.

Mais cette supériorité était illusoire, 1^o raison abstr.:
car les fondements de l'analyse mathématique continue,
sur laquelle repose toute la théorie de la propagation
des ondes, ne peuvent être établis du façon rigoureuse
qu'en ramenant le continu au discontinu.
(arithméticisation de l'analyse).

2^o difficulté expérimentale:

La Théorie de Quanta

Une petite histoire dont il ne faut
retenir que la morale
retenir que la

d'atome n'est pas seulement composé d'éléments
tels que des électrons, des protons, et des neutrons et positrons,
possibles, éléments que l'on appelle à tort matériel :
à ceci il faut ajouter une autre ingrédient : l'énergie
électromagnétique.

La conception de la physique classique récente, était la
suivante : La matière (pondérable) serait formée de
corpuscules plongés dans l'éther lumineux (ou électromagnétique)
(l'impondérable), et ces corpuscules pourraient réagir
les uns sur les autres par l'intermédiaire de perturbations
se propageant au travers de l'éther ; en particulier, quand
un corpuscule de matière est animé d'un mouvement
rapidement accéléré, une pulsation serait imprimée
au milieu continu environnant et transmise par lui
en tous sens sous la forme d'une onde s'épanouissant
en s'affaiblissant. (lumière, rayons X).

Un image communément proposée pour illustrer cette
théorie est celle d'une pierre jetée à l'eau. Cette
explication théorique satisfaisante de succès de cette théorie ondulatoire
était due au fait qu'elle expliquait les phénomènes
d'interférence et de diffraction, phénomènes que l'on
ne pouvait pas déduire de la théorie corpusculaire de
Newton.

Einstein a porté un premier coup à cette théorie par
la négation de l'éther, et en montrant que la lumière
n'est pas moins pondérable que ce que l'on appelait la matière.

Mais il y a plus que cela. Si la propagation
de la lumière dans le vide est entièrement assimilable
à celle d'une perturbation dans un milieu continu,
le vide pourra absorber une quantité infinie d'énergie,
et celle-ci se transformera en vibrations du plus
en plus rapides et subtiles.

dès lors, si dans un ^{enfermé} ~~enclos~~ se trouvent des corps matériels, aucun équilibre énergétique ne sera possible entre ces corps et le vide environnant. En raison de la capacité infinie de vibration des milieux continus, l'éther absorbera toute l'énergie de la matière et celle-ci tendra vers l'état d'immobilité que les physiciens qui correspondent au zéro absolu de température (-273°)
Je vous ai calculé, que si cette conception était vraie, l'univers se transformerait en parfait équilibre dans une petite fraction d'un second.

C'est Max Planck ^{et Einstein} ~~qui ont proposé~~ ^{élaboré} une nouvelle théorie, qui se rapproche plutôt de celle de Newton. On en est en effet revenu à se figurer des corpuscules de lumière (dichtquanten) appelé communément aujourd'hui de "photons". Comme les corpuscules de matière, ces photons sont définis par leur énergie et leur quantité de mouvement et conservent leur individualité en se déplaçant dans l'espace. Des faits incontestables sont venus confirmer cette ~~théorie~~ ^{hypothèse}. C'est d'abord l'effet photoélectrique. Si une source de lumière émettait, comme le veut la théorie de Huyghens & Fresnel, une onde sphérique dans l'éther environnant, l'énergie lumineuse s'éparpillerait dans l'espace et les actions que la lumière pourrait exercer iraient en s'affaiblissant avec la distance. Dans l'hypothèse corpusculaire moderne, le corpuscule conserverait son énergie jusqu'à toute distance de la source, produire le même effet. Il serait, p. ex., aussi destructif au point d'arrivée qu'il en d'aurait été à mi-chemin ou au départ. Or l'effet photoélectrique consiste essentiellement en ceci que les actions exercées par la lumière sur les atomes sont les mêmes quelles que soient la distance à la source. Ce fait précis paraît imposer l'idée que l'énergie lumineuse est concentrée sous une forme corpusculaire.

Si ν est la fréquence
le quantum d'énergie est $h\nu$
 h étant une constante universelle
Energy multiplied by time
Value Numerique
 6.55×10^{-27} erg-sec.

Cette théorie de quanta ^{avait} affecté d'un fâcheux goût la
théorie de la matière, car on s'est rendu compte que ~~seuls~~
~~seulement les quanta (entité quadrivariante d'énergie x temps)~~
les mouvements des particules matérielles à très petite
échelle n'obéissent plus aux lois de la Mécanique classique.

Pour expliquer ceci, nous devons avoir recours au
modèle d'atome de Bohr. Bohr supposait qu'une
structure atomique peut réaliser un certain nombre
de configurations qui sont entièrement distinctes et
détachées les uns des autres. (Je vous montrerais
ce modèle dans quelques instants). Le changement
d'un position à l'autre et ~~provoque au passage~~
~~et la rayonnement~~ est accompagné d'un dégagement
ou d'une absorption d'un rayonnement. Mais voici
le point important, seul un rayonnement d'une
~~certaine longueur d'onde~~ ^{déterminée} ~~ou d'une~~ ^{certaine} longueur
longueur d'onde déterminée peut provoquer un
changement de configuration déterminée.

D'après Planck, la rayonnement d'une certaine
longueur d'onde est accompagné d'une certaine quantité
d'énergie appelée le quantum. ~~proportionnelle à la~~
~~valeur de la longueur d'onde~~ Ce quantum est proportionnel
à la fréquence (le nombre d'ondes qui passent par un point
fixe en un second), et il est aussi inversement
proportionnel à la longueur d'onde du rayonnement.
(Quand la longueur d'onde est plus courte, l'énergie du
quantum est d'autant plus grande.)

Puis Einstein a posé une loi qui dit que le
rayonnement d'un type donné ne peut effectuer
un changement atomique moléculaire, que lorsque
l'énergie nécessaire pour le changement est exactement
égale à celle d'un seul quantum de ce rayonnement.

$E_1 - E_2 = h\nu$ E_1 & E_2 sont les énergies du système avant et après le changement.

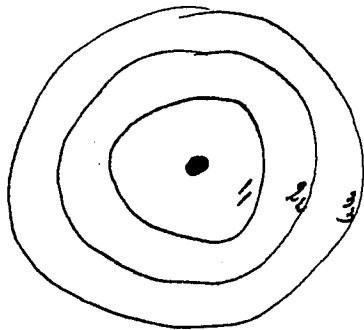
Ce qui veut dire qu'un changement qui exige un quantum de haute énergie ne peut pas être effectué par un nombre, si grand qu'il soit, de quanta d'énergie plus faibles.

Planck a traduit cette loi en langage familier, en disant : it "prohibits the killing of two birds with one stone, or well as the killing of one bird with two stones."

Tout le quantum est absorbé par le changement. Cet aspect du problème est traduit par la loi photo-chimique d'Einstein : "Dans une réaction chimique produite par l'incidence de la lumière, le nombre de molécules affectées est égal au nombre ϕ de quanta de lumière absorbés."

Examinons maintenant de plus près ~~l'atome~~ le modèle mécanique d'atome de Bohr.

L'atome d'hydrogène est composé d'un proton (noyau) et d'un électron. (P du proton 1847 fois élect.) Le proton et l'électron portent respectivement des charges positives et négatives d'électricité.



Orbites dont les diamètres sont proportionnels aux carrés des nombres naturels. 1, 4, 9, etc...

Ces orbites sont absolument stables. L'électron consiste d'un orbite à l'autre selon qu'il absorbe ou dégage ^{un q par bond} un quantum.

En fait, l'atome d'hydrogène a toujours approximativement la quantité d'énergie qu'il aurait si l'électron se trouvait dans l'une ou l'autre de ces orbites. Une ^{variation} ~~changement~~ de l'énergie ~~serait~~ correspondrait à un ~~bond~~ ^{quantum} d'une orbite à l'autre. Maintenant, chaque fois qu'il absorbe ou dégage un certain quantum d'énergie. Cela nous permet de déduire la fréquence de la lumière émise ou absorbée dans ces transitions.

X C. à d. qu'il est impossible de déterminer ^{Simultanément} et la position et la vitesse d'un électron ; ou de façon plus générale l'on pose le principe : "a particle may have position or it may have velocity but it cannot in any exact sense have both". NBS 220. - C'est dire que nous ne pouvons pas donner une description spatio-temporelle de ce phénomène.

XX Ceci permet à Eddington de dire : "The classical laws are the limit to which the quantum laws tend when states of very high quantum number are concerned". (195) Ici nous nous rapprochons de plus en plus du schéma spatio-temporel.

Donc, étant donné l'arrangement de orbits d'un atome, nous pouvons en déduire son spectre. Ou plutôt, étant donné le spectre, nous pouvons en déduire la structure qui l'émet.

Un phénomène assez curieux se présente. Un électron qui se trouve sur une orbit (supérieure, et non spontanément), après un certain temps, certain temps indéterminable, à retomber sur l'orbit d'inférieure, émettant la quantité d'énergie correspondant au bond.

Maintenant, on pourrait croire que dans un atome plus complexe, tous les électrons f vont finir par retomber sur la première orbit. Ce cas ne se réalise pas.

On peut le vérifier expérimentalement. Le principe qui le défend est appelé le principe d'exclusion. Sur une orbit il n'y a de place que pour un seul électron. (analogie à multilocation) C'est comme si l'électron occupait toute l'orbit. Et l'on suggère que les orbits

~~C'est à dire que nous rencontrons la fameuse loi de l'exclusion de Pauli~~
~~la fameuse loi de l'exclusion de Pauli~~
~~indéterminable définie par l'atome.~~
inférieure seraient précisément les plus proches p.c.q. les électrons peuvent les remplir; et que les orbits supérieures deviennent de moins en moins probables, p.c.q. l'électron ne peut les remplir que partiellement.

~~C'est en relation avec ce phénomène que l'on~~

C'est dans ce domaine que nous rencontrons la fameuse loi physique d'indétermination: aucun phénomène physique connu nous permet de dire qu'à un instant donné un électron se trouve à tel ou tel point de l'orbit inférieure. Mais passant d'une orbit inférieure vers une orbit de diamètre de plus en plus grande, cette indétermination diminue proportionnellement et la particule devient de plus en plus matériel. XX

Ce sont là des faits qui semblent s'imposer. Et c'est bien des faits. Et c'est cela qu'on entend par la crise du quantique. D'on se demande si le schéma *quasi* continu et *lié* ^{réellement} ^{statiquement} pour la description des événements inférieurs à l'atome. Et il n'a pourrait même se demander en quelle mesure il l'est pour les phénomènes macroscopiques.

Arrêtons nous quelques instants à une théorie que le Prince de Broglie a élaborée pour expliquer les phénomènes. Elle s'appelle la mécanique ondulatoire.

L'idée fondamentale de cette théorie, c'est que dans toutes les branches de la physique, dans la théorie de la matière comme dans celle de la lumière, il est nécessaire d'introduire simultanément la notion de corpuscule et la notion d'onde, tout corpuscule devant être considéré comme accompagné d'une certaine onde, et toute onde comme guidant le mouvement d'un ou de plusieurs corpuscules. Déjà dans l'ancienne mécanique on peut trouver des raisons profondes d'adopter ce point de vue, et l'on peut de fait en déduire les relations qui doivent exister entre les grandeurs caractéristiques du corpuscule et celles qui définissent son onde associée. On entrevoit alors la possibilité de concilier l'existence des corpuscules de lumière avec la façon dont l'énergie lumineuse se répartit dans les phénomènes d'interférences et de diffraction. Mais on est aussi amené à prévoir que des apparences analogues aux interférences lumineuses doivent pouvoir être observées pour de particules matérielles - des électrons p. ex.

Cette mécanique ondulatoire permet aussi d'interpréter l'existence de certains états stables privilégiés dans les systèmes atomiques. Puisqu'à tout corpuscule, nous devons associer une onde, il faut, dans l'atome conçu à la façon de Bohr, se représenter une propagation d'ondes associée au mouvement des électrons-planètes. L'atome sera donc analogue à un système vibratoire: or, comme vous savez, un système vibrant ne peut être le siège que de certaines vibrations, celles qui correspondent à ses périodes propres. L'atome lui aussi aura ses périodes propres et ne pourra être le siège que d'ondes ayant ces périodes. C'est pourquoi il existe pour l'atome une suite discrète d'états stables possibles.

7

Mais, des difficultés considérables, et peut-être insurmontables se sont présentées, quand on a voulu préciser le sens exact de cette introduction, simultanée des notions de corpuscule et d'onde.

On a d'abord essayé de se faire la représentation suivante.

On considérerait chaque individu physique comme un phénomène périodique étendu dans l'espace, mais centré autour d'un point. Le mouvement de cet individu serait équivalent à la propagation d'une onde — non pas d'une onde homogène comme celles de l'optique du Fresnel, mais d'une onde possédant un point singulier qui serait le corpuscule au sens étroit retenu du mot: dans cette conception, le corpuscule se trouverait réellement incorporé à l'onde. Comme dans le cas du point matériel entouré de son champ de force, la synthèse du continu et du discontinu s'opérerait ici par l'idée d'individualités étendues mais organisées autour d'un centre: et l'on pourrait ~~se réserver dans l'avenir~~ cette conception nous permettrait de ramener tous les phénomènes physiques dans le schéma spatio-temporel.

Cette conception n'aboutit pas, car les ondes de la mécanique ondulatoire sont continues et homogènes comme les ondes de Fresnel: elles ne présentent pas de point singulier, et par suite rien ne permet de dire qu'il faille y localiser le corpuscule ~~ici~~ à un point plutôt qu'à un autre. En réalité les ondes ne permettent ~~pas~~ guère de définir d'une façon satisfaisante le mouvement des corpuscules associés, mais elles donneraient plutôt une sorte de représentation statistique de leurs mouvements possibles.

Mais tout cela ne cadre pas avec la mécanique classique. En mécanique classique, le point matériel est regardé comme parfaitement localisé à chaque instant dans l'espace, c'est à dire, comme ayant des coordonnées parfaitement déterminées à chaque instant. De plus, son état est défini par son énergie et sa quantité de mouvement, des grandeurs qui se déduisent de sa vitesse et qui, elles aussi, sont supposées avoir à chaque instant une valeur empiriquement déterminée.

P. 4. Si l'on sait qu'à un instant initial t_0 , ses coordonnées, son énergie et sa quantité de mouvement avaient telles valeurs, et si l'on connaît le champ de force auquel il est soumis, les lois de la mécanique permettront de dire qu'à ~~l'instant~~ l'instant suivant t_1 , il occupera telle position avec telle valeur, de l'énergie et de la quantité de mouvement.

C'est cela qu'on entend par déterminisme physique.

Mais en réalité il s'introduit toujours une certaine indétermination, que le physicien classique dira écouler de l'imperfection de nos moyens et méthodes d'observation. En effet, les coordonnées et la vitesse initiales d'un mobile n'ont jamais été connues d'une façon satisfaisante. L'on peut seulement dire qu'elles sont comprises entre certaines limites, en général très voisines. Ces limites caractérisent la précision avec laquelle ces grandeurs ont été mesurées. Mais les conséquences de cette indétermination sont importantes. De cette petite indétermination des données initiales résulte une indétermination des prévisions relatives aux positions et aux vitesses ultérieures du mobile qui croît en général avec le temps.

Notons bien que pour le physicien classique, cette indétermination est due à la défectuosité de nos mesures. Cette indétermination disparaîtrait si nous parvenions à perfectionner ces mesures indéfiniment.

Nous pouvons voir maintenant en quoi consiste la divergence entre le physicien classique, et le physicien quantique. D'après les derniers, il serait impossible, même avec des méthodes de mesure infiniment perfectionnées, de déterminer simultanément avec une exactitude absolue la position et la vitesse d'un corpuscule.

Ainsi, d'après ceux-ci, à l'indétermination résultant de la grossièreté de nos moyens d'observation, se superpose une indétermination essentielle impossible à éliminer, p. c. q. elle est dans la nature même.

Mais un autre aspect du problème. Un corpuscule ne se manifeste à nous que quand il ~~est~~ réagit sur d'autres corpuscules (de nos appareils p. ex.). Chaque corpuscule se manifeste à nous de temps en temps, de loin en loin. De ceci l'on peut conclure que cela ne pourrait avoir pour nous de sens, que de vouloir attribuer aux corpuscules une trajectoire continue et une ~~très~~ vitesse instantanée. d'on devra donc se borner à relier entre elles les diverses manifestations successives et discontinues du corpuscule sans prétendre préciser ce qui'il lui advient dans l'intervalle.

Or voici comment on procède en mécanique ondulatoire. Supposons qu'à l'instant ~~initial~~ t_0 le corpuscule se manifeste à nous une première fois; en raison de la double indétermination nous pourrions seulement affirmer qu'à cet instant initial le corpuscule se trouvait à l'intérieur d'un certain volume et que son énergie et sa quantité de mouvement étaient comprises entre certaines limites. Nous pourrions construire alors, une onde qui présentera cette indétermination des données initiales. Puis on calculera la propagation de cette onde dans l'espace. La connaissance de la forme de l'onde à un instant t_1 postérieur à l'instant t_0 , permettra de dire: Si à l'instant t_1 le corpuscule se manifeste une seconde fois à nous, il y a telle probabilité pour que sa position soit comprise à l'intérieur de telle région de l'espace, et telle probabilité pour que son énergie et sa quantité de mouvement aient des valeurs comprises entre telles limites.

Dès lors, le corpuscule pourrait être considéré comme étant dans une certaine mesure "libre" de se manifester ici ou là avec telle valeur de l'énergie ou telle autre.

Tout cela vous permet de voir à quel point se pose le problème du principe méthodologique du déterminisme.

de physique classique object : Comment se fait-il que les phénomènes mécaniques s'accomplissant à l'échelle macroscopique nous paraissent régis par un rigoureux déterminisme ?

Or voici la réponse d'Eddington, de Heisenberg et de Braghi : Si l'on calcule numériquement, pour les phénomènes pour les phénomènes macroscopiques dont la mécanique classique rend un compte exact, l'indétermination objective, on s'aperçoit qu'elle est toujours très inférieure à l'indétermination due aux erreurs d'observation - à l'imprécision de nos mesures. Dans ces conditions, l'indétermination essentielle est entièrement masquée par les erreurs expérimentales et tout se passe comme si cette indétermination n'existait pas. En d'autres mots : Chaque corpuscule, à chacune de ses manifestations, ferait libre un certain choix, mais ce choix serait circonscrit dans de si étroites limites que tout se passerait pratiquement et expérimentalement, comme si il n'y avait pas de choix du tout, mais libre l'essence rigoureuse. Mais la rigueur de cette nécessité n'est qu'apparente. - Pour les phénomènes microscopiques, au contraire, l'indétermination objective est tellement grande, qu'une description spatio-temporelle des états de mouvement est tout à fait impossible.