

Méth. scientifique 1939-1940 (caution)

- 1 du cours
2 manuscrit de Franco Rasetti revu par C DK. 23 pp. } Méth. Scientif. (2^e part
Copie mimeographiées (11 pp. 6 p. recopier.) } les Sciences Physico-
Mathématiques
3 Cours de C DK. (section II) 27 pp. Section I

33-3

METHODOLOGIE SCIENTIFIQUE

II PARTIE

Les Sciences Physico - mathématiques.

Section I

Prof. Franco Rasetti

LA MÉTHODE DES SCIENCES PHYSIQUES.

INTRODUCTION—

On essaiera de donner quelques idées sur les méthodes employées dans les sciences physiques pour décrire l'univers matériel.

Par 'sciences physiques' on entendra celles dont l'objet est l'étude du monde matériel à l'exclusion des organismes vivants (physique, astronomie, chimie, minéralogie, etc).

Il est extrêmement difficile de donner une idée adéquate de la méthode des sciences physiques, car aussitôt que ces sciences dépassent leur étage embryonnaire, le langage ordinaire devient tout à fait incapable d'exprimer les relations très compliquées qui existent entre les entités qui ont été définies. Alors il faut recourir à une formule mathématique qui devient de plus en plus compliquée au fur et à mesure que la science progresse. A un certain point, les concepts physiques et leur formulation mathématique deviennent si intimement liés qu'il est impossible de les séparer. Un exposé dans lequel on doit renoncer au formalisme mathématique ne peut être que vague et incomplet.

Le premier étage des sciences physiques consiste de l'observation qualitative. Ensuite ces sciences passent à l'état quantitatif, rendu possible par l'introduction du concept de mesure. Les résultats des mesures conduisent à formuler des lois, qui permettront de prévoir les résultats de nouvelles mesures avant qu'elles n'aient été effectuées. A ce point, le formalisme mathématique est devenu indispensable.

L'étage le plus avancé d'une science physique est celui où les connaissances sont synthétisées dans une théorie. Celle-ci part de certaines hypothèses concernant des entités physiques. Ces hypothèses sont en général d'un caractère très général et ne peuvent être soumises au contrôle direct de l'expérience. Le mécanisme mathématique permet de tirer des hypothèses certaines conséquences vérifiables directement par l'expérience, c'est-à-dire des lois. Si celles-ci correspondent aux résultats de l'expérience, on considère la théorie comme satisfaisante. En général, toutefois, plusieurs hypothèses et théories différentes sont également acceptables, de façon que la théorie d'un phénomène ou d'un groupe de phénomènes reste en haut degré arbitraire. Entre plusieurs théories également acceptables, le physicien choisit d'après des critères de simplicité, de généralité (c'est-à-dire que le plus grand nombre de phénomènes soit inclus dans une seule théorie), et enfin d'après son sentiment esthétique.

L'expérience a montré que la seule méthode efficace dans les sciences physiques procède du cas particulier au général. Cela est si vrai, que les conceptions de synthèse générale ont bien peu de signification si on ne connaît pas les faits particuliers qui ont conduit à les formuler, aussi que le mécanisme qui permet d'en déduire des nouveaux faits particuliers.

MESURES.

Le substrat des connaissances physiques est constitué par les concepts de temps et d'espace. Le physicien ne définit pas ces concepts: cela relève plutôt de la philosophie. Pour le physicien, l'essentiel est qu'il puisse

toujours assigner un procédé qui permette, à un observateur quelconque, de mesurer un intervalle de temps ou une distance.

Mesurer consiste dans la comparaison avec un étalon homogène avec la grandeur qu'on veut mesurer.

La mesure d'une grandeur physique est nécessairement approchée. Illustration dans le cas de la mesure d'une longueur. Les grandeurs que mesurent les physiciens n'ont rien à faire avec les entités abstraites des mathématiciens, auxquelles on attribue certaines propriétés, par définition, et qu'on démontre avoir certaines autres propriétés comme conséquences des premières.

Les lois de la physique, se rapportant à des grandeurs mesurées approximativement, sont par leur nature approximées.

En physique, il faut faire bien attention de ne pas introduire des concepts qui ne correspondent à aucune grandeur mesurable (principe que les définitions des entités physiques doivent être opérationnelles). On verra comme certaines grandeurs qu'on avait introduit n'étaient pas, en réalité, mesurables, et que leur élimination a eu des conséquences très importantes.

Discussion de la mesure du temps pour montrer l'arbitrarité de la définition du temps uniforme. On pourrait supposer, par définition, que les jours soient égaux: cela n'irait pas d'accord avec les chronomètres, mais logiquement il n'y a aucune raison de donner tort aux uns ou aux autres. Toutefois, le fait que les chronomètres, le mouvement des étoiles fixes, et ces chronomètres naturels qui sont les atomes avec leur fréquences caractéristiques vont d'accord, nous fait choisir comme temps uniforme celui qui est donné par ces derniers. Non seulement, de cette façon la description de l'univers devient beaucoup plus simple, mais la définition du temps est plus générale, c'est-à-dire moins liée à un fait particulier (rotation de la terre autour du soleil).

LOIS PHYSIQUES.

Pour illustrer les lois de la physique, on peut commencer par la mécanique classique. La première loi (Newton), ou principe d'inertie, dit qu'un corps sur lequel il n'agit aucune force reste en repos ou continue dans son état de mouvement (mouvement rectiligne uniforme).

En réalité, la seule façon d'établir que sur un corps il n'agit aucune force, est de constater que son mouvement est rectiligne uniforme. Présenté de cette façon, le principe est tautologique. Mais il a quand même une signification: c'est que, toute fois que nous constatons que le mouvement d'un corps n'est pas rectiligne uniforme, nous sommes toujours capables d'associer à cette non-uniformité du mouvement quelque autre phénomène observable, que nous pouvons décrire comme la 'cause' de la non-uniformité.

Il faut remarquer que la séparation de la description du mouvement en deux parties: mouvement uniforme considéré comme propriété intrinsèque du corps, et déviation du mouvement uniforme comme due à une cause extérieure, est arbitraire: elle ne correspond qu'à des critères de praticité. Dans la théorie de la relativité générale d'Einstein, par exemple, la propriété d'un corps de tomber n'est pas considérée comme due à une force extérieure, mais comme la propriété naturelle du corps, qui, pour ainsi dire, n'a pas besoin d'être expliquée: tandis qu'il faut introduire une action extérieure pour que un corps reste au repos. Cela montre le haut degré d'arbitrarité des lois physiques.

Autre exemple: la loi de la conservation de l'énergie. Il est naturel que nous recherchons les éléments permanents dans le monde physique, c'est-à-dire, des lois de conservation (de la masse, de l'énergie, etc.). Mais la définition de l'entité qui se conserve n'est pas connue à priori: elle dérive de l'observation des phénomènes, et lorsqu'on en découvre de nouveaux, nous devons modifier la définition. Par exemple, on formulait autrefois une loi de la conservation de la masse et une de la conservation de l'énergie; les phénomènes de la radioactivité ont montré que les entités qu'on appelait masse et énergie peuvent se transformer l'une dans l'autre: d'où un principe plus général de la conservation de la masse-énergie.

Encore, nous disons que l'énergie se conserve dans un système isolé. Mais la seule définition que nous pouvons donner d'un système isolé, est celui dans lequel l'énergie se conserve. Comme dans le cas du principe d'inertie, la signification de la loi est dans le fait qu'on peut réaliser effectivement des systèmes presque isolés, c'est-à-dire, où l'énergie est presque conservée; et aussi chaque fois que nous constatons que l'énergie du système ne se conserve pas, nous réussissons à décrire de façon simple un échange d'énergie entre le système et le milieu environnant.

THEORIE PHYSIQUE.

La théorie est une construction qui permet:

- 1) de décrire un grand nombre d'expériences effectuées et d'expériences possibles, en partant d'un nombre aussi limité que possible d'hypothèses et en déduisant des conséquences de ces hypothèses au moyen de l'instrument mathématique.
- 2) de déduire des hypothèses, qui ont été formulées de façon qu'on puisse en déduire les lois déjà connues, aussi des lois encore inconnues, qui peuvent se rapporter à des expériences qu'on n'avait pas encore songé d'effectuer.
- 3) souvent les expériences qu'on exécute pour vérifier les conséquences ultérieures d'une théorie, suggèrent des modifications à la théorie elle-même. On a ainsi un progrès dans lequel la théorie et l'expérience jouent alternativement le rôle principal, de façon qu'aucune théorie n'atteint jamais sa forme définitive.

Exemple de la théorie des phénomènes électromagnétiques. D'abord on a les lois d'Ampère, Faraday, etc. Maxwell réussit à fondre toutes ces lois dans une théorie organique, où l'hypothèse est la validité des équations de Maxwell. De ces équations mathématiques découlent toutes les lois de l'électromagnétisme alors connues. Mais on en déduit encore de plus: une série de phénomènes qui ne sont pas encore connus, ceux des ondes électromagnétiques. Une vingtaine d'années plus tard, Hertz découvre expérimentalement les ondes électromagnétiques prévues par la théorie de Maxwell. Si on analyse la raison pourquoi Maxwell a formulé une théorie qui contenait plus que les phénomènes alors connus, on voit qu'il a obéi au critère de simplicité: la description des phénomènes alors connus devait plus simple si on admettait en même temps l'existence d'un groupe de phénomènes inconnus, les ondes électromagnétiques.

Avec le progrès des sciences physiques, la distinction entre une loi et une hypothèse devient relative à l'étage de développement atteint par la théorie. Une affirmation qui constitue une hypothèse à un certain étage de développement, car elle n'est pas vérifiable directement, peut le devenir plus tard. Exemple: la constitution atomique de la matière. Aujourd'hui on ne parle plus de l'hypothèse atomique.

DETERMINISME DE LA PHYSIQUE CLASSIQUE.

Il est caractéristique des lois de la physique classique (mécanique, électrodynamique; on parle ici des 'lois primaires' au sens qui sera expliqué plus tard) que la connaissance de l'état du système étudié à l'instant présent, permet de calculer complètement l'état du système à un autre instant quelconque, futur ou passé. On peut donc dire que l'état actuel détermine les états futurs (et aussi passés). Il reste à définir plus exactement ce qu'on entend par état du système. Dans la mécanique, par exemple, l'état est défini comme l'ensemble des positions et des vitesses de tous les corps qui constituent le système.

L'application la plus précise et la plus classique du déterminisme des lois de la mécanique est celle aux mouvements astronomiques. De la connaissance

de la position et vitesse actuelle des corps célestes, les astronomes peuvent prévoir leur position future avec une grande exactitude, en se basant sur la loi de la gravitation de Newton. Par exemple, une éclipse peut être prévue à quelques secondes près à un siècle de distance.

Ce succès des lois déterministiques fit penser aux physiciens de la fin du siècle passé que tous les phénomènes du monde physique pourraient être décrits par des lois de ce type.

Il faut remarquer que l'application des lois déterministiques au calcul des états futurs en fonction de l'état présent du système presuppose la connaissance de tous les corps qui font partie du système. Pour que cela soit possible en pratique, il faut que le système étudié soit isolé, c'est-à-dire, que son interaction avec le reste de l'univers puisse être négligée. En réalité, aucun système n'est complètement isolé, de façon que l'application des lois déterministiques ne peut être qu'approximative.

PHENOMENES IRREVERSIBLES — PROBABILITE—

Les lois de la mécanique classique décrivent des mouvements qui sont parfaitement réversibles. C'est-à-dire, à chaque mouvement possible, il en correspond un, qui est aussi conforme aux lois, qui se déroule en sens inverse. Donc, les lois de la mécanique classique ne donnent pas une direction au temps: le passé et le futur sont impossible à distinguer. Par exemple, si on avait un film qui montre les mouvements des corps célestes, et on le projetait à l'envers, il n'y aurait aucun moyen de s'apercevoir que le sens dans lequel le mouvement semble se produire n'est pas le vrai.

Par conséquent, dans un système qui obéissait exactement aux lois de la mécanique classique, la connaissance de l'état présent (position et vitesse de tous les corps qui constituent le système) permettrait de calculer la position du système à n'importe quel instant futur ou passé. Le futur et le passé ont une position parfaitement symétrique.

Il est évident toutefois qu'il existe des phénomènes naturels irréversibles, c'est-à-dire, qui ne se produisent jamais que dans une seule direction. Si nous prenons un tas de sable noir et un de sable blanc, et agitons le tout ensemble, nous avons après quelque temps un sable gris, les grains blancs et noirs étant intimement mêlés. Mais nous pouvons continuer à agiter tant que nous voulons, nous ne reconstituerons jamais les sables blancs et noirs séparés. D'autres phénomènes irréversibles typiques sont ceux où de l'énergie cinétique d'un corps en mouvement est dissipée en chaleur, lorsqu'il y a du frottement. Par exemple, quand on arrête une automobile, l'énergie cinétique de son mouvement est transformé en chaleur dans les freins; mais le processus inverse, la voiture qui se met en mouvement en refroidissant les freins, n'existe pas.

Une analyse de ces phénomènes irréversibles, montre qu'ils ont lieu dans les systèmes constitués par un très grand nombre de particules et que pour les étudier il est convenable d'introduire le concept de probabilité.

Dans le langage commun, on dit qu'on considère un événement futur (ou aussi un événement passé, mais sur lequel nous n'avons que des renseignements incomplets) comme plus ou moins probable. La définition de la probabilité dans les sciences physiques est une précision de ce concept. On dit que le système S a la probabilité p de posséder la propriété A, si le système S fait partie d'une classe de systèmes C, dans laquelle une fraction p possède la propriété A. Le choix de la classe C dépend de ce que nous savons sur le système, et nous devrons la limiter autant que possibles en utilisant toutes les informations que nous possédons sur le système S.

Par exemple, si je vous donne 13 cartes choisies au hasard d'un jeu de 52 cartes, la probabilité que votre jeu contienne l'as de pique est $1/4$. La classe C est en ce cas la classe de toutes les distributions possibles de 13 cartes (en nombre de dont $1/4$ contient l'as de pique et $3/4$ ne le contiennent pas. Supposons maintenant que je regarde une carte de celles que je

ne vous ai pas données et que je constate que c'est l'as de pique. Alors, la probabilité que votre jeu contienne l'as de pique tombe à zéro. Dans ce cas, la classe C n'est plus : toutes les distributions possibles de 13 cartes; mais, en vertu de l'information supplémentaire que je possède maintenant: toutes les distributions de 13 cartes qui ne contiennent pas l'as de pique. La probabilité qu'il y ait l'as de pique dans une distribution choisie dans cette classe est zéro.

Donc, la probabilité de posséder certaines propriétés que je peux attribuer à un système physique n'est pas une propriété intrinsèque du système, comme sa masse, sa longueur, etc., mais est une attribution conjointe du système physique et des informations que je possède à son égard.

Si je prends un jeu de cartes neuf, où les cartes sont arrangées en ordre, et je mélange les cartes, après un certain temps j'obtiens un jeu complètement désordonné, au sens qu'en mélangeant ultérieurement les cartes je ne réussis pas à augmenter ce désordre. L'expérience montre qu'en continuant de mélanger je n'obtiens jamais ou presque jamais l'ordre initial. Donc le passage de l'ordre au désordre est un phénomène typiquement irréversible.

Dans la nature, l'ordre ou le désordre se rapportent aux particules élémentaires (atomes, molécules) qui constituent tous les corps. Le nombre immense de ces particules dans un objet quelconque accessible à notre expérience directe des sens (il y a quelque chose comme cent milliards de milliards de molécules dans une goutte d'eau) crée un nombre encore immensément plus grand de combinaisons possibles. (rappeler le nombre déjà énorme des distributions différentes réalisables avec 52 cartes). Or, la loi qu'on appelle le deuxième principe de la thermodynamique peut être réduite à la formulation suivante: dans un système physique isolé, le désordre ne peut qu'augmenter, ou, au plus, rester constant; ce dernier cas est réalisé lorsque le système a atteint le degré de désordre le plus élevé compatible avec sa constitution. Alors, rien ne peut plus se passer, car n'importe quel changement produirait une diminution du désordre, ce qui est impossible. On appelle cette condition l'équilibre thermodynamique.

On peut définir la mesure du désordre. Cette mesure est donnée par l'entropie, une grandeur liée au nombre de façons N de réaliser un certain état macroscopique du système. Par état macroscopique nous entendons l'ensemble des propriétés d'un corps qui sont mesurables sans descendre au niveau de la constitution atomique ou moléculaire, c'est-à-dire microscopique. Par exemple, la température, la pression, le volume occupé par le corps sont les paramètres macroscopiques les plus importants. Une fois que tous ces paramètres ont reçu des valeurs numériques déterminées, l'état exact du système au sens de la mécanique est loin d'être fixé, car chaque état macroscopique peut être réalisé d'un nombre N immensément grand d'arrangements différents des molécules (états microscopiques). La mesure du désordre d'un état macroscopique est définie comme le logarithme du nombre N de façons de réaliser cet état macroscopique, et cette grandeur s'appelle l'entropie. (on prend le logarithme plutôt que le nombre lui-même, parce que de cette façon le désordre d'un système est la somme des désordres de ses parties).

Le deuxième principe de la thermodynamique est l'exemple le plus important d'une loi de caractère statistique. Ses conséquences ne sont pas supposées être certaines, mais posséder une grande probabilité de se réaliser. Il est possible qu'en mettant de l'eau sur le feu, l'eau se refroidisse et le feu devienne plus chaud. Mais il y a un nombre presque infini de chances contre une qu'il se passe le contraire, c'est-à-dire que le désordre (entropie) augmente.

On a appelé ces lois statistiques des lois secondaires pour les distinguer des lois de la mécanique et des autres analogues ou lois primaires. Il est à remarquer que pour la validité des lois secondaires il n'est pas nécessaire de savoir à quelles lois primaires obéissent les particules élémentaires (molécules) car les lois secondaires ne presupposent pas la validité de certaines lois primaires particulières, mais affirment seulement qu'un système passe d'états plus ordonnés ou moins probables à des états moins ordonnés ou plus probables. Il n'est pas nécessaire de connaître en détail le mécanisme de ce passage.

Par exemple, un corps tombe. Il a une certaine vitesse, c'est-à-dire,

toutes ses molécules ont des vitesses égales et parallèles. Dans les vitesses il y a donc un ordre très poussé. Le corps tombe sur le plancher et s'arrête. Les mesures montrent que son énergie cinétique n'a pas disparu, mais s'est transformée en chaleur: le corps s'est un peu chauffé dans son choc avec le plancher. Mais la chaleur n'est autre chose que l'énergie cinétique des mouvements désordonnés des molécules. Dire que le corps s'est arrêté et s'est chauffé, veut dire que des mouvements ordonnés des molécules se sont transformés en mouvements désordonnés, ou plus probables. Le processus est donc irréversible. Effectivement, nous ne voyons jamais un corps qui, posé sur le plancher, soudainement se refroidit et saute en l'air. Les lois primaires de la mécanique ne défendent aucunement ce processus. Mais les lois secondaires affirment que ce fait constituerait un passage du désordre à l'ordre, et que par conséquent, bien qu'il ne soit pas impossible, il est extrêmement peu probable.

Analogiquement, le deuxième principe permet de calculer le rendement maximum possible pour les moteurs à vapeur. Dans ces derniers, la chaleur se transforme en énergie cinétique macroscopique, ce qui représente une diminution d'entropie. Il faut alors que simultanément on augmente l'entropie dans une autre partie du système (réfrigérant). Cela pose une limite au rendement (de l'ordre de 20 pour cent dans les locomotives).

Pour se rendre compte à quel point les lois secondaires, fondées sur le concept de probabilité, sont indépendantes de la forme particulière des lois primaires, il suffira de mentionner le fait que le bouleversement complet des lois primaires de la mécanique atomique qui a eu lieu récemment n'a apporté presque aucun changement dans la thermodynamique classique. Il est des lois de conservation (comme les principes de la conservation de la masse et de l'énergie) qui, si elles sont vérifiées dans le microscopique (c'est-à-dire, si elles sont des lois primaires) le sont aussi dans le macroscopique; mais on pourrait bien penser qu'elles ne soient vérifiées que comme lois secondaires, c'est-à-dire, n'aient qu'une validité statistique.

On remarquera aussi que les phénomènes irréversibles donnent en physique une direction au temps, en établissant une dissymétrie essentielle entre le passé et le futur, qui est complètement étrangère aux lois classiques primaires.

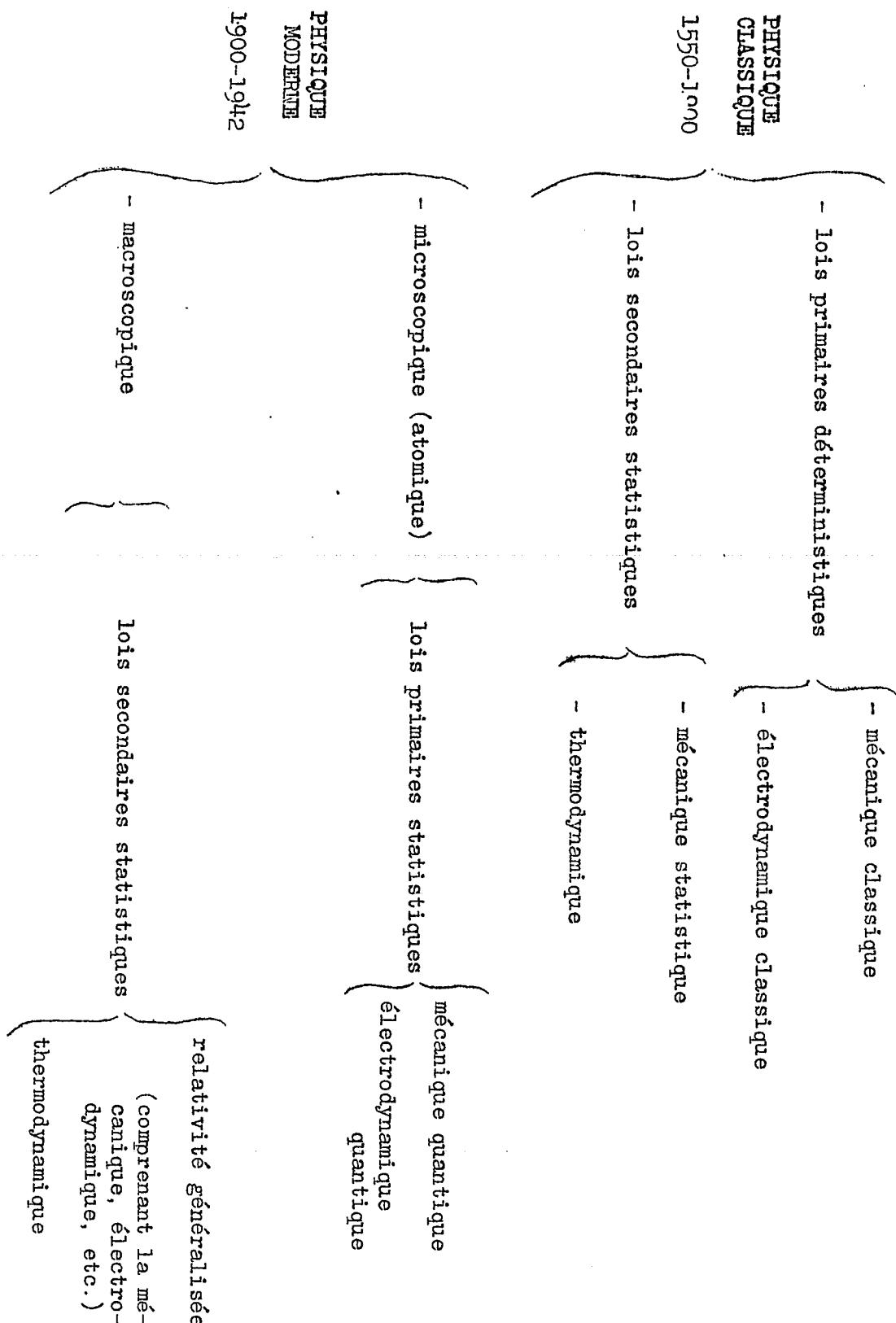
LE MONDE MICROSCOPIQUE.

Si on prend un jeu de cartes neuf et on le mèle, après quelque temps on a un type de distribution (ce que nous pouvons appeler un 'jeu moyen') qui ne change plus si on continue de meler les cartes indéfiniment. C'est ce que, dans le cas des molécules des corps, on appelle l'état d'équilibre thermodynamique.

Supposons maintenant qu'il soit permis de couper chaque carte en deux, quatre parts, etc. Il est évident, qu'en subdivisant les cartes ultérieurement on réalise des nouvelles possibilités de désordre, de façon que celui qui était l'état de désordre maximum quand les cartes étaient entières, n'est plus quand les cartes sont coupées en deux. Il faudra meler encore pour obtenir le nouvel état de désordre complet. Si les cartes sont subdivisibles à l'infini, il n'y aura aucune limite finie au désordre possible. En d'autres mots, dans un système constitué par des particules subdivisibles à l'infini il ne peut pas exister d'équilibre thermodynamique.

Que la matière ait une constitution atomique est un fait bien connu depuis longtemps. Mais la conséquence la plus importante de notre conclusion, est que l'existence observée de l'état d'équilibre thermodynamique pour tous les systèmes naturels nous force à admettre une constitution atomique pour l'énergie rayonnante (hypothèse des quanta, Planck 1900). Effectivement, s'il était autrement, la possibilité d'un désordre infini, exclue de la matière, se trouverait dans l'énergie rayonnante (lumière, ondes calorifiques) et cela conduirait également à l'absurde.

De cette façon commença la grande révolution dans les idées sur le monde physique. On peut schématiquement classifier le développement de la physique comme suit:



Le monde microscopique (atomes, électrons, protons, neutrons) a des caractéristiques qui le distinguent profondément du monde de notre expérience ordinaire.

Tout nous indique que ces particules sont vraiment les dernières unités constituantes de la matière. À part l'argument déjà cité de l'existence d'un équilibre thermodynamique, il y a le fait que ces particules (par exemple, les électrons) sont identiques entre elles, tandis que dans le monde macroscopique il n'existe pas deux objets égaux. On doit s'attendre à ce que les particules ultimes soient identiques entre elles, car la possibilité de les distinguer indiquerait l'existence d'une structure intérieure, ce qui est contraire à la supposition que ce soient les dernières unités.

LE PRINCIPE D'INDETERMINATION.

La structure atomique de l'énergie et de la matière a des conséquences pour notre conception du monde physique plus importantes qu'on ne penserait tout d'abord.

La description des phénomènes de la physique classique est possible parce que l'abstraction de considérer un phénomène comme se déroulant d'une façon déterminée même quand il n'est pas soumis à l'observation, est légitime. Par exemple, je puis parler de la position de la lune dans le ciel même lorsque aucun astronome est en train de la mesurer; car je puis faire appel à une mesure possible, même si cette mesure n'est pas effectuée.

Cette élimination de l'observateur dans la description des phénomènes est possible en physique classique, car on peut supposer que l'interaction entre le système étudié et l'observateur puisse être rendue aussi petite qu'on veut, de façon à ne pas déranger les phénomènes. Mais il ne faut pas perdre de vue que la définition de chaque concept employé dans les sciences physiques doit être opérationnelle, c'est-à-dire, elle doit être une description du procédé qui permet de la mesurer.

Quand on passe au monde microscopique, on ne peut plus faire l'abstraction d'éliminer l'observateur du système étudié, car l'interaction entre le système et l'observateur ne peut pas être diminuée au delà d'une certaine limite. Par exemple, si je veux mesurer la position d'un électron, il faut que cet électron échange avec mon œil (ou avec mon instrument, ce qui revient au même) au moins un atome de lumière, un photon; car il n'existe pas moins de lumière qu'un photon. Mais l'échange d'un photon a sur l'électron un effet qui est loin d'être négligeable. Donc on ne peut pas dire que l'électron, après avoir été observé, se comporte comme si l'observation n'avait pas eu lieu.

Une analyse plus précise des circonstances qui accompagnent cette action de l'acte d'observation sur le système étudié, conduit à formuler le principe d'indétermination (Heisenberg 1926), qui, dans le cas le plus simple et le plus caractéristique, peut être énoncé comme suit: toute mesure de la vitesse d'une particule empêche d'en mesurer en même temps la position, et réciproquement. On peut mesurer la position avec une précision théoriquement illimitée, mais alors la vitesse reste complètement indéterminée, et réciproquement. Ou on peut sacrifier quelque chose des deux côtés, et avoir deux mesures approximées: le produit des deux incertitudes ne peut pas être inférieur à \hbar/m , où m est la masse de la particule et \hbar un nombre constant, la célèbre constante de Planck.

Cette incertitude dans les mesures simultanées de position et de vitesse s'applique aussi aux corps ordinaires, mais alors elle est négligeable.

Il faut remarquer que rien n'empêche de connaître la position d'un électron à un certain instant, et la vitesse qu'il a eu jusqu'à cet instant. Ce que nous ne pouvons pas savoir, c'est la vitesse que possède l'électron après notre mesure de position, et c'est précisément celle-ci qu'il nous faudrait pour pouvoir calculer le mouvement futur de la particule. Donc le déterminisme de la mécanique classique n'est plus possible, parce que la connaissance simultanée des données qui permettraient de calculer le mouvement nous est interdite.

Toutefois, si on ne peut plus faire des prévisions exactes, on peut faire des prévisions approchées, c'est-à-dire, calculer la probabilité que, par exemple,

l'électron se trouve à un certain instant dans une certaine position. En effet, on a pu développer une nouvelle mécanique (mécanique quantique, de Heisenberg, Born, Schrödinger, Dirac, etc) dans laquelle on formule des lois qui ne donnent pas le mouvement de l'électron dans l'espace, mais plutôt décrivent la propagation de sa probabilité. Ces lois nous donnent tout ce qu'on peut savoir à un instant futur quelconque, en fonction des connaissances nécessaires et nécessairement incomplètes de la situation à l'instant présent.

On croit extrêmement peu probable qu'on puisse revenir à des lois déterministes du type de celles de la mécanique classique, car pour cela il faudrait revenir à la subdivision illimitée de l'énergie, contre laquelle il y a des arguments très forts.

On voit donc que toutes les lois de la physique ont le caractère des lois que, dans la physique classique, on appelait secondaires, c'est-à-dire, qui ne donnent que des prévisions statistiques. Dans la physique classique, le caractère statistique se présentait seulement dans les ensembles de grands nombres de particules et était justifié seulement par la possibilité qu'il nous donnait de traiter des systèmes extrêmement compliqués en ignorant le comportement individuel de chaque molécule. Dans la physique atomique, même les lois qui décrivent une seule particule sont statistiques, parce que la connaissance complète de l'état du système au sens classique est impossible.

THEORIE DE LA RELATIVITE.

La théorie de la relativité (relativité spéciale, Einstein 1905; relativité générale, Einstein 1916) a été le premier exemple de critique des concepts fondamentaux de la physique classique. Comme dans le cas postérieur du principe d'indétermination, Einstein montra qu'il y avait dans la physique classique des concepts dont la définition n'était pas opérationnelle, bien que ces concepts fussent tellement fondamentaux, que les physiciens classiques étaient satisfaits de s'en servir sans mettre en question leur définition.

Einstein posa comme principe, basé sur l'expérience, qu'il est impossible de déceler le mouvement rectiligne uniforme d'un système physique (par exemple, le laboratoire de l'observateur) par des mesures effectuées à l'intérieur du système même, c'est-à-dire, sans se servir de points de repère extérieurs. Par exemple, nous considérons la Terre en mouvement autour du soleil, à la vitesse de 20 milles par seconde: nous ne nous apercevons de ce mouvement qu'en faisant appel à des observations astronomiques, car tous les objets autour de nous sont en mouvement avec la même vitesse que nous. Donc les mouvements rectilignes uniformes sont purement relatifs; on peut dire que deux corps sont en mouvement l'un par rapport à l'autre, mais il n'a pas de sens d'affirmer que l'un d'eux est en mouvement 'absolu' et l'autre est au repos.

Cet état de choses avait déjà été reconnu par Galilée pour les systèmes purement mécaniques. Vers la fin du siècle passé, l'étude des phénomènes optiques avait fait penser que ceux-ci donneraient une signification au mouvement absolu, comme mouvement par rapport à l'éther cosmique. La célèbre expérience de Michelson montra que même les phénomènes optiques et électromagnétiques ne permettaient pas de déceler le mouvement absolu. Einstein conclut que le concept de mouvement absolu n'est pas susceptible d'une définition opérationnelle et partant doit être exclu de la physique.

Alors que dans le cas de la relativité galiléenne, où l'admission de l'impossibilité de déceler le mouvement absolu n'a pas de grandes conséquences, dans la relativité einsteinienne l'impossibilité de définir le mouvement absolu entraîne une série de conséquences qui semblent contraires au 'sens commun'. Cela tient au fait que la vitesse de la lumière est la même par rapport à tous les observateurs, quel que soit leur état de mouvement relatif. Cela dérive immédiatement du principe de relativité, car autrement il serait possible de discerner les uns des autres des observateurs différents qui se meuvent relativement les uns par rapport aux autres. Effectivement, l'expérience de Michelson montra précisément que la lumière se propage avec la même vitesse par rapport à tous les observateurs.

Si on développe les conséquences, on trouve éliminé un autre concept de la physique classique : le concept de simultanéité de deux événements qui ont lieu en deux endroits différents. Deux événements peuvent être observés comme simultanés par un observateur et comme non simultanés par un autre observateur, en mouvement par rapport au premier. Comme aucun observateur n'a le droit de se considérer au repos absolu et partant privilégié, la définition de simultanéité reste, en une certaine mesure, arbitraire. Tout de même, il est des événements qui sont vus comme postérieurs à d'autres par n'importe quel observateur: par exemple, les événements sur le soleil qu'un observateur terrestre considère être postérieurs à un certain événement sur la terre de plus de 8 minutes, seront considérés comme postérieurs par n'importe quel observateur.

Les conséquences de la relativité dans la vie pratique sont négligeables seulement parce que les vitesses relatives des corps sur la Terre et même les vitesses relatives des astres sont très petites par rapport à la vitesse de la lumière, qui joue un rôle bien plus fondamental qu'il n'est impliqué dans sa désignation de 'vitesse de la lumière'. Effectivement, à un certain point de vue, la vitesse de la lumière joue le rôle d'une vitesse infinie. Dans les phénomènes atomiques, on rencontre des corps (électrons, etc) dont la vitesse est très proche de celle de la lumière, et alors les conséquences de la relativité deviennent imposantes.

La relativité générale est une théorie beaucoup plus compliquée et qui condense toutes les lois des phénomènes macroscopiques. Il est impossible d'en donner une idée même vague sans recourir à son formalisme mathématique spécial, le 'calcul tensoriel'. Il suffira de dire que, dans cette théorie, la gravitation n'est pas considérée comme une force, mais comme la conséquence des propriétés géométriques de l'espace-temps (qui sont réunis en une entité seule, qui peut être séparée en espace et temps de façon différente, selon l'observateur particulier). Cette expression de la gravitation comme propriété géométrique de l'espace-temps est possible seulement en admettant certaines modifications à la loi de Newton, qui ont été confirmées par une étude plus précise du mouvement de certains corps célestes (Mercure).

CONCLUSION.

De cet exposé de la méthode des sciences physiques on peut tirer certaines conclusions.

On aura remarqué que le but des sciences physiques n'est aucunement d'atteindre à une vérité absolue: au contraire, le progrès de ces sciences a montré de plus en plus le caractère provisoire, approximatif et, en haut degré, arbitraire de toute construction scientifique. Les sciences physiques ne constituent donc pas une 'science' au sens aristotélicien du mot, mais seulement une 'connaissance dialectique', c'est-à-dire, la discussion des conséquences de certains principes posés comme vraisemblables. Cependant, si on ne peut pas dire qu'une théorie physique est 'vraie' ou 'fausse' au sens philosophique, il ne reste pas moins vrai qu'il y a des théories 'bonnes' et 'mauvaises'. Les premières sont celles dont les conséquences ne sont pas contredites par l'expérience. En plus, on demande d'une théorie qu'elle soit la plus simple et la plus générale. Souvent on a vu que le désir de synthétiser les connaissances d'une branche des sciences physiques dans une théorie plus simple conduit à la découverte de nouveaux phénomènes.

Le progrès des sciences physiques a montré qu'il faut bien se garder de considérer les concepts comme suffisamment définis par l'intuition ordinaire que nous avons du monde physique à travers l'analyse grossière de nos sens lorsqu'ils ne sont pas aidés par des instruments scientifiques. Au contraire, il faut que ces concepts soient définis d'une façon opérationnelle. En reconnaissant cette nécessité, la physique a dû se débarrasser de certains concepts dictés par un supposé 'sens commun' (par exemple, le concept de simultanéité absolue), qui en réalité n'ont aucune place dans cette science. Evidemment, rien n'exclut que les définitions des concepts employés dans les sciences physiques ne doivent

encore être modifiées à la suite d'un progrès ultérieur.

Enfin, il faut insister encore une fois que le physicien ne reconnaît en dernière instance aucun autre jugement de son œuvre que celui de l'expérience. Pour belle qu'une théorie puisse lui sembler, pour conforme qu'elle puisse paraître à des principes qu'on croit bien établis, il l'abandonnera immédiatement si elle est contradite par le moindre fait expérimental bien vérifié. Le cas de la relativité et celui du principe d'indétermination ont montré que même des concepts que les physiciens d'autrefois n'auraient pas hésité de considérer comme des 'nécessités logiques' pour la construction d'une science, doivent parfois être abandonnés. La conclusion est que le physicien d'aujourd'hui, plus encore que celui du siècle passé, n'est incliné à faire confiance qu'aux conclusions qu'il voit vérifiées par ses expériences. Le pouvoir sur la matière que ses connaissances lui donnent est, en définitive, la seule assurance qu'il a d'être sur la bonne voie.

Fin de la Section I

Section II

Charles De Koninck.

1. La physique mathématique ne constitue qu'une branche de la connaissance discursive de la nature. Quelle place occupe-t-elle parmi les disciplines naturelles? Quel est l'ordre de ces disciplines? Quel est le principe de cet ordre? Dans la connaissance probative nous allons du plus connu pour nous vers l'inconnu.

"La marche naturelle, c'est d'aller des choses les plus connaissables pour nous et les plus claires pour nous à celles qui sont plus claires en soi et plus connaissables; car ce ne sont pas les mêmes choses qui sont connaissables pour nous et absolument. C'est pourquoi il faut procéder ainsi: partir des choses moins claires en soi, plus claires pour nous, pour aller vers les choses plus claires en soi et plus connaissables. Or, ce qui, pour nous, est d'abord manifeste et clair, ce sont les ensembles les plus mêlés; c'est seulement ensuite que, de cette indistinction, les éléments et les principes se dégagent et se font connaître par voie d'analyse. C'est pourquoi il faut aller des choses générales aux particulières; car le tout est plus connaissable selon la sensation, et le général est une sorte de tout: il enferme une pluralité qui constitue comme ses parties." (I Physic., c. 1, 184a 15-25)

Nous allons du confus, le plus connu pour nous, au distinct, le plus connu en soi: De l'être mobile, du mouvement et des espèces les plus communes de mouvement, (les Physiques), jusqu'à la génération dans les espèces animales (de Generatione Animalium) et au vol des différentes espèces d'insectes. (de Progressu Animalium).

Voici l'ordre des traités naturels selon Aristote et S. Thomas:

"Innatum est nobis ut procedamus cognoscendo ab iis quae sunt magis nobis nota, in ea quae sunt magis nota naturae; sed ea quae sunt nobis magis nota, sunt confusa, qualia sunt universalia; ergo oportet nos ab universalibus ad singularia procedere. (Hic autem singularia non dicit ipsa individua, sed species; quae sunt notiores secundum naturam, utpote perfectiores existentes et distinctam cognitionem habentes: genera vero sunt prius nota quoad nos, utpote habentia cognitionem in potentia et confusam.)" S. Thomas, I Phys., lect. 1, nn. 6 & 8.

I. Physiques.

"Unde et scientiam naturalem incipit (Aristoteles) tradere ab his quae sunt communissima omnibus naturalibus, quae sunt motus et principium motus; et demum processit per modum concretionis, sive applicationis principiorum communium, ad quaedam determinata mobilia..." (de Sensu et Sensato, lect. 1, n. 2)

II. de Coelo.

"Et ideo post considerationem motuum et mobilium in communi, quae fuit tradita in libro Physicorum, primo oportuit quod tractaretur de corporibus secundum quod moventur motu locali, in libro de Coelo; quae est secunda pars scientiae naturalis." (de Generatione et Corruptione, prooem.) "Et secundum (hunc) primum motum considerantur corpora simplicia, ex quibus construitur hoc universum. Et sic post libros Physicorum tractat Philosophus de coelo et mundo, id est de omnibus corporibus simplicibus, quatenus per motum localem coordinantur et situantur in hoc universo. Ex his enim praecipue universum constat..." (J. a S. Thoma, C. Phil., T. I, 4, al3-bl)

III. de Gener.
et corrupt.

"Restat igitur consideratio de motibus aliis consequentibus, qui non sunt communes omnibus corporibus, sed inveniuntur in solis inferioribus. Inter quos principatum obtinet generatio et corruptio. Alteratio (secunda species motus, scil. secundum qualitatem) enim ordinatur ad generationem sicut ad finem, qui est perfectior naturaliter his quae sunt ad finem. Augmentum etiam consequenter se habet ad generationem: nam augmentum non fit sine quadam particulari generatione, qua scilicet nutrimentum convertitur in nutritum; sicut Philosophus dicit in II de Anima quod cibus nutrit in quantum est potentia caro, augmentat autem in quantum est potentia quanta caro. Et ideo necesse est, quia hi motus quodammodo consequenter se habent ad generationem, quod simul de his et de generatione et corruptione tractetur. — Est autem considerandum quod de unoquoque quod in pluribus invenitur, prius est considerandum in communi, quam ad species descendere: alioquin oporteret idem dicere multoties, ita scilicet quod in singulis id quod est commune repeteretur, sicut probat Philosophus in I de Partibus Animalium. Et ideo prius oportuit de generatione et corruptione in communi determinare, quam ad partes eius descendere." (S. Thomas, de Gen. et Corr., prooem.) —

IV. de Meteor. et
de Minerali-
bus.

"In libro autem de Generatione (tractatur) de motu ad formam et primis mobilibus, scilicet elementis, quantum ad transmutationes eorum in communi; quantum vero ad speciales eorum transmutationes, in libro Meteorum; de mobilibus vero mixtis inanimatis; in libro de Mineralibus; de animatis vero, in libro de Anima et consequentibus ad ipsum." (I Phys., lect. 1. n.4)

V. de Anima.

"Et demum processit (Aristoteles) per modum concretionis, sive applicationis principiorum communium, ad determinata mobilia, quorum quaedam sunt corpora viventia: circa quae etiam simili modo pro-

cessit (i.e. ab universalibus ad minus universalia) distinguens hanc considerationem in tres partes. Nam primo quidem consideravit de anima secundum se, quasi in quadam abstractione. (Prima igitur consideratio continetur in libro de Anima. Secundo considerationem facit de his quae sunt animae secundum quamdam concretionem, sive applicationem ad corpus, sed in generali. (Media vero consideratio continetur in libris, quos scribit de quibusdam, quae pertinent communiter, vel ad omnia animalia, vel ad plura genera eorum, vel etiam ad omnia viventia, circa quae hujus libri est est praesens intentio. (i.e. de Sensu et Sensato).

VI. Parva Natura-
lia.

"Et quia oportet per magis similia ad dissimilia transire, talis videtur esse rationabiliter horum librorum (mediorum) ordo, ut post librum de Anima, in quo de anima secundum se determinatur, immediate sequatur hic liber de Sensu et Sensato, quia ipsum sentire magis ad animam quam ad corpus pertinet: post quem ordinandus est liber de Somno et Vigilia, quae important ligamentum et solutionem sensus. Deinde sequuntur libri qui pertinent ad motivum, quod est magis propinquum sensitivo. (quae continentur in libro de Causa motus animalium, et in libro de Progressu animalium, in quo determinatur de partibus animalium opportunis ad motum.).

"Tertio considerationem facit applicando omnia haec ad singulas species animalium et plantarum, determinando quid sit proprium unicuique speciei. (Tertia vero consideratio continetur in libris quos scribit de Animalibus et Plantis.) (de Sensu et Sensato, lect. 1, nn. 2, 5, 6.)

VII. Historiae
Animalium.

"Ex quibusnam et quot numero membris singula animalia constarent, libris Historiarum (animalium), qui de his scripta a nobis sunt, planius explicavimus; nunc vero (in hoc tractatu de Partibus animalium quasnam ob causas unumquodque membrum ad hunc modum se habeat, consideremus, seorsum contemplati ab iis quae in historiis exposuimus." (Arist., de Part. Anim., lib. II, c. 1.)

VIII. de Partibus
Animalium.

"Quum de ceteris animalium partibus, tum summatim, tum singulatim seorsum de propriis generis cuiusque dictum jam sit, quemadmodum et qua de causa unumquodque esset;... restat ut de partibus quae ad animalium generationem pertinent disseramus, de quibus nihil adhuc definitum est;..." (Arist., de Generatione Animalium, lib. I, c. 1.)

IX. de Generatione
Animalium.

ETC. ETC.

Les premières parties de la doctrine naturelle sont dès lors les plus superficielles, non pas à cause du sujet, mais à cause de la manière dont nous l'atteignons, c'est-à-dire de manière confuse. Si la philosophie de la nature était constituée des traités les plus généraux, des Physiques, par exemple, et du de Anima, elle ne serait, par rapport aux traités suivants, qu'une introduction générale. On ne pourrait la dire la partie la plus profonde de la doc-

trine naturelle que si le plus connu pour nous était, comme en mathématique, le plus connu en soi.

2. Au point de vue abstraction, la doctrine naturelle diffère de la métaphysique et des mathématiques, en ce qu'elle fait abstraction de la matière sensible individuelle: les définitions naturelles impliquent nécessairement matière sensible. Et cette dépendance de la matière sensible grandit à mesure que nous progressons dans le sens de la concrétion. Le traité de Coelo dépend davantage de l'expérience sensible que les Physiques, et le traité des Parties des Animaux suppose une observation bien plus précise et plus étendue que le de Anima. La part de l'expérience devient même si grande que la science devient de plus en plus difficile à établir.

Remarquons que la connaissance expérimentale est une connaissance essentiellement imparfaite. Elle implique en effet passivité physique. Avoir une expérience veut dire "subir". Dans l'expérience sensible nous subissons entitativement les choses, nos organes sont physiquement affectés. Dans la mesure où cette connaissance expérimentale est inséparable d'une passivité physique, elle est défectueuse dans la raison même de connaissance. C'est d'ailleurs pourquoi la science s'efforcera de dépasser autant que possible l'expérience et de l'anticiper en cherchant la raison de ce qui nous est donné dans l'expérience. Par exemple, nous savons par l'expérience que la neige est blanche. Si nous savions pourquoi elle est blanche, ce que nous connaissons par l'expérience sensible n'aurait plus rien d'étonnant.

Or la raison ultime pour laquelle il nous faut recourir davantage à l'expérience à proportion que nous nous rapprochons des choses naturelles dans leur concrétion, c'est le défaut d'intelligibilité des choses elles-mêmes. Dans l'ordre de la concrétion, ces choses dépendent intrinsèquement de la matière. Or une chose est moins intelligible dans la mesure où elle dépend de la matière.

Nous nous heurtons ici à une difficulté. Au n.1 nous avions dit que les choses naturelles sont en elles-mêmes plus connaissables qu'elles ne le sont d'abord pour nous. Nous devrions par conséquent nous attendre à une plus grande intelligibilité en soi à mesure que nous nous rapprochons des choses dans leur concrétion et leur spécificité, "quae sunt notiores secundum naturam, utpote perfectiores existentes et distinctam cognitionem habentes."

Cette difficulté procède d'une confusion. Bien que les choses naturelles soient en elles-mêmes peu intelligibles comparées aux êtres séparés de la matière, elles restent en elles-mêmes plus intelligibles qu'elles ne le sont d'abord pour nous. Quand nous les disions plus intelligibles en soi, nous les disions telles par rapport à la connaissance indéterminée que nous en avons à l'origine.

C'est à cause de cette grandissante dépendance de l'expérience que nous appelons les parties ultérieures de la doctrine naturelle des "sciences expérimentales".

Qu'on ne reproche pas à Aristote d'avoir négligé l'expérience dans sa doctrine naturelle, alors qu'il lui accorde la primauté. Il l'avait posé en principe dans la nécessité de définir les choses

naturelles avec matière sensible. Qu'on lise les Historiae Animalium, et le de Partibus Animalium.

3. Considérons maintenant l'ordre des traités naturels au point de vue certitude.

"Une science, dit Aristote, est plus certaine et antérieure, quand elle connaît à la fois le fait (quia) et le pourquoi (propter quid), et non quand elle connaît seulement le fait lui-même séparé du pourquoi. De plus, la science qui ne s'occupe pas de la matière est plus certaine que celle qui s'occupe de la matière: par exemple, l'arithmétique est plus certaine que l'acoustique. De même une science qui est constituée à partir de principe moins nombreux est plus certaine que celle qui repose sur des principes résultant de l'addition: c'est le cas de l'arithmétique, qui est plus certaine que la géométrie." (I Post. Anal., c.27, 87 a 30-35)

On pourrait demander pourquoi nous distinguons le point de vue du plus clair pour nous, du point de vue de la certitude. La nécessité de cette distinction se fait surtout valoir en théologie sacrée où les principes, très obscurs pour nous, sont en même temps plus certains que les principes les plus clairs pour nous.

Mais elle est aussi d'une importance capitale dans le cas qui nous occupe. Nous soutenons par exemple que les sciences expérimentales ne sont pas des sciences proprement dites, mais que les conclusions restent problématiques et provisoires. Comment concilier cette position avec le grand nombre de propositions vraies qui figurent dans un traité de science expérimentale. N'est-il pas vrai et certain que la neige est blanche, que la terre est à peu près sphérique, que l'éléphant a une trompe, etc.?

Nous disions qu'à proportion que la doctrine naturelle nous rapproche des choses dans leur concrétion, nous dépendons de plus en plus de l'expérience sensible: les propositions recueillies sont de plus en plus purement expérimentales: elles énoncent seulement ce qui apparaît au sens. Neige et blanc se présentent ensemble au sens. Mais nous ne voyons pas que la blancheur soit de la raison de ce sujet. "...non est idem propositio per se nota quod intuitiva sive per experientiam sensuum nota, quia quod sensu cognoscitur, non cognoscitur ut propositio, sed ut simplex objectum apprehensum, neque ex sola explicatione terminorum innotescit, sed quia experientia externa attingitur. Et sic nivem esse albam, licet in sensu sit per experientiam notum, in intellectu tamen non est propositio nota ex terminis per se connexis, sed potius in materia contingenti." (J. de S. Thomas, Curs. Phil., T. I, 767 b 28-41) Bien que toute neige qui se soit présentée dans notre expérience sensible soit blanche, nous ne voyons pas dans cette expérience qu'une neige non-blanche répugne. Il n'en est pas de même de l'expérience qui nous faisait voir le tout plus grand que la partie. Quand même il serait possible qu'une neige non-blanche répugne, il faudrait pouvoir le prouver: la seule expérience ne le montre pas. On voit par là que la proposition "la neige est blanche" n'est pas universelle, et qu'elle reste bornée à la neige dont nous avons eu l'expérience: elle ne dépasse pas le singulier.

Par une proposition qui ne dépasse pas le singulier nous n'entendons pas une proposition vraie seulement dans un cas singulier unique. Une proposition ne sera proprement universelle que si elle est immédiatement connue comme telle ('le tout est plus grand que la partie'), ou démontrée comme telle, en sorte que nous voyons qu'il en est ainsi et qu'il n'en peut être autrement. Toutefois, quand l'expérience nous présente une certaine régularité, nous pouvons en conclure qu'il en existe une raison déterminée. Mais la certitude portant sur cette raison déterminée toujours cachée ne nous permet pas d'ériger une proposition fondée seulement sur cette régularité, en proposition universelle. Il se pourrait, par exemple, abstraction faite de toute théorie, que la blancheur soit propre à la neige terrestre, où à la neige en certains endroits de la terre, ou à une certaine époque de son évolution. Néanmoins, la régularité, à quelque niveau que ce soit, a une raison qu'il nous faut chercher. Pour cette fin, nous posons ces propositions en propositions universelles; nous faisons comme si elles étaient universelles: "quaecunque in omnibus aut plurimis apparent, sumenda sunt quasi principia et probabiles theses." (Arist., I Top., c. 12 (Bekker, c. 14), 105b10) Nous usons dès lors du "dici de omni" des Priora, en tant qu'il est commun à la dialectique et à la science, et non en tant que "dici de omni" propre à la science. (Voir I Post., Anal., lect. 9, nn. 4-5)

Remarquons, toutefois, que ces propositions posées (par opposition aux propositions qui nous sont imposées, soit comme "per se notae", soit comme démontrées) sont purement fonctionnelles. Leur position sert à autre chose, à la recherche de la cause de la connexion des termes, ou de la cause de la connexion d'un certain groupe de ces propositions; elle n'a pas elle-même raison de terme définitif. Elle est principe de recherche.

A mesure que nous avançons dans le sens de la concrétion, le nombre de ces propositions augmente. C'est dire qu'à ce niveau la doctrine naturelle ne sera pas seulement moins certaine, comme disait Aristote de la géométrie comparée à l'arithmétique, mais elle sera proprement incertaine et dialectique seulement. C'est la certitude que nous pouvons avoir du singulier ou d'un groupe de singuliers, qui nous donne cette illusion de certitude dans les sciences expérimentales.

On peut même dire qu'en doctrine naturelle, le nombre des propositions expérimentales érigées en universelles, tend vers l'infini. Chaque espèce naturelle, par exemple, fonde un certain nombre de propositions expérimentales très originales. Chaque espèce est en effet une donnée première. Par ailleurs, la multitude des espèces naturelles possibles est infinie. Il est vrai que dans les théories d'évolution on s'efforcera de ramener cette très grande diversité à un nombre de principes très restreint, mais les suppositions des théories évolutionnistes presupposent l'expérience des variétés à déduire, et elles doivent rejoindre l'expérience.

4. Nous venons d'employer le terme "supposition" ou "hypothèse". La supposition peut être tout à fait certaine. Cette acceptation est définie au I Post. Anal., lect. 5, nn. 7-8; lect. 19, nn. 4-5. Par contre, nous l'employons ici au sens décrit par S. Thomas au II de Coelo, lect. 17, n. 2. Traitant des hypothèses sur les anomalies des mouvements des planètes, il dit:

"Ilorum (scil. Eudoxi, Aristotelis, Ptolomaei) tamen suppositiones quas adinvenerunt, non est necessarium esse veras: licet enim, tlibus suppositionibus factis, apparentia salvarentur, non tamen oportet dicere has suppositiones esse veras; quia forte secundum aliquem alium modum, nondum ab hominibus comprehensum, apparentia circa stellas salvantur. Aristoteles tamen, utitur hujusmodi suppositionibus quantum ad qualitatem motuum, tanquam veris."

Dans la Ia, q. 32, a. 1, ad 2:

"Dicendum quod ad aliquam rem dupliciter inducitur ratio. Uno modo ad probandum sufficienter aliquam radicem: sicut in scientia naturali inducitur ratio sufficiens ad probandum quod motus coeli semper sit uniformis velocitatis. Alio modo inducitur ratio, quae non sufficienter probet radicem, sed quae radici jam positae ostendat congruero consequentes effectus; sicut in astrologia ponitur ratio excentricorum et epicyclorum ex hoc quod, hac positione facta, possunt salvari apparentia sensibilia circa motus coelestes: non tamen ratio haec est sufficienter probans, quia etiam forte alia positione facta salvari possent."

On peut voir aussi, II de Coelo, lect. 4, n. 3; lect. 7, n. 5; lect. 11, nn. 1-2.- I Meteor. I, lect. 11, n.1.

L'hypothèse est alors une proposition (ou un groupe de propositions) posée en vue de sauver les apparences sensibles. On pourrait faire remarquer que les propositions expérimentales, quand nous les érigions provisoirement en propositions universelles, sont déjà des suppositions. Néanmoins, elles diffèrent de la présente en tant que celle-ci est médiate et posée en vue de sauver les premières qui sont directement fondées sur les apparences sensibles. Les propositions expérimentales posées comme universelles ne sauvent pas les apparences sensibles. L'hypothèse, telle que nous l'employons ici, dit provisoirement le pourquoi des propositions expérimentales ou de leur connexion.

5. Dans la préface de la seconde édition de la Critique de la Raison Pure, parlant de la physique en tant qu'elle est fondée sur des principes empiriques, Kant écrit:

"Lorsque Galilée fit rouler ses boules sur un plan incliné avec une accélération (déterminée et) choisie par lui-même, ou que Torricelli fit porter à l'air un poids qu'il savait être égal à (celui d'une colonne d')eau à lui connue, ou que, plus tard, Stahl transforma des métaux en chaux et celle-ci à son tour en métal, en y retranchant ou en y ajoutant certains éléments, alors ce fut une (nouvelle) lumière pour tous les physiciens. Ils comprirent que la raison n'aperçoit que ce qu'elle produit elle-même d'après ses propres plans, qu'elle doit prendre les devants avec les principes qui déterminent ses jugements suivant des lois constantes, et forcer la nature à ré-

pondre à ses questions, au lieu de se laisser conduire par elle comme à la lisière; car autrement nos observations faites au hasard et sans aucun plan tracé d'avance ne sauraient se rattacher à une loi nécessaire, ce que cherche et exige pourtant la raison. Celle-ci doit se présenter à la nature tenant d'une main ses principes, qui seuls peuvent donner à des phénomènes concordants l'autorité de lois, et de l'autre l'expérimentation, telle qu'elle l'imagine d'après ces mêmes principes. Elle lui demande de l'instruire, non comme un écolier qui se laisse dire tout ce qui plaît au maître, mais comme un juge en fonctions, qui constraint les témoins à répondre aux questions qu'il leur adresse. La physique est donc redévable de l'heureuse révolution qui s'est opérée dans sa méthode à cette simple idée, qu'elle doit chercher (et non imaginer) dans la nature, conformément aux idées que la raison même y transporte, ce qu'elle doit en apprendre, et dont elle ne pourrait rien savoir par elle-même. C'est ainsi qu'elle est entrée d'abord dans le sûr chemin de la science, après n'avoir fait pendant tant de siècles que tâtonner."

(trad. Barni, Flammarion, pp. 19-20)

En d'autres termes, la physique expérimentale doit son émanicipation au fait qu'elle procède dans une certaine mesure à priori en faisant des questions qui devancent en quelque façon l'expérience et la prédétermine.

J. von Uexküll, biologiste, disciple de Kant, a mis à jour ce procédé de la manière la plus formelle:

"La science naturelle se compose de deux parties, la doctrine et la recherche. La doctrine consiste dans des assertions dogmatiques, qui contiennent des énoncés définitifs sur la Nature. La forme sous laquelle ces assertions sont avancées paraît souvent suggérer qu'elles s'appuient sur l'autorité de la Nature même. C'est une erreur, car la Nature ne fait part d'aucune doctrine, elle ne manifeste que des changements dans ses phénomènes. Nous pouvons faire emploi de ces changements pour les faire paraître comme des réponses à nos questions. Pour atteindre à une juste conception de la position de la science vis-à-vis de la Nature, il nous faut transformer chaque énoncé en une question, et prendre sur notre compte les changements dans les phénomènes naturels que les savants ont pris pour une preuve de leur réponse.

L'investigation ne peut procéder autrement qu'en insérant une supposition (hypothèse) dans sa question, supposition dans laquelle se trouve déjà impliquée la réponse (thèse). L'ultime compréhension (recognition) de la réponse et la construction de la doctrine suivent aussitôt que l'investigateur a découvert dans la Nature ce qu'il estime être un nombre de phénomènes suffisant qu'il peut interpréter comme positifs ou négatifs par rapport à son hypothèse (on the lines of his hypothesis).

La seule autorité pour une doctrine ce n'est pas la Nature, c'est l'investigateur, lequel a répondu lui-

même à sa propre question.

L'on peut avoir assimilé les conclusions de la science naturelle sous forme de doctrine, et l'on pourrait savoir comment les employer dans la spéculation conformément aux règles de la logique, sans pour autant savoir quoi que ce soit concernant la nature — en tout cas, infiniment moins que le paysan ou le jardinier qui sont en contact quotidien avec la nature.

Les paysans et les jardiniers, toutefois, ne sont pas des étudiants de la nature, à moins qu'ils n'aient acquis l'art de l'interrogation.

Cet art constitue la porte d'entrée à toute connaissance de la science naturelle. En biologie, (cet art) comporte des difficultés particulières, et pour cette raison il doit occuper une position centrale dans l'ensemble de la doctrine.

J'ai essayé dans le présent ouvrage de circonscrire les considérations théoriques concernant la biologie de façon telle qu'il ne pourra rester aucun doute que, par leur nature même, les doctrines biologiques demeurent toujours à l'état de problèmes irrésolus.

Dans la Nature tout est certain; dans la science tout est problématique. La science ne peut accomplir sa fin que si on la construit à la façon d'un échafaud contre le mur d'une maison. Son but est d'assurer à l'ouvrier un ferme support, afin qu'il puisse atteindre n'importe quel point sans perdre la vue générale de l'ensemble. Conséquemment, il importe que la structure de l'échafaud soit construite de façon à permettre cette vue compréhensive; il ne faudra jamais oublier que l'échafaud n'appartient pas à la Nature, mais qu'il reste quelque chose d'extrinsèque.

Il sera toujours nécessaire de renouveler de temps en temps l'échafaud." (Theoretical Biology. Trad. de la trad. anglaise, pp. ix-x. Kegan Paul, 1926)

Considérons le premier paragraphe de ce texte. S'agit-il de l'espèce de doctrine que nous appelons "science", c'est-à-dire connaissance certaine par les causes? Pourvu qu'on se restreigne aux sciences expérimentales, il faut reconnaître qu'il n'y a pas de doctrine proprement scientifique. Les propositions les plus fondamentales ne sont qu'expérimentales, par opposition aux propositions connues par soi. Il a parfaitement raison de faire remarquer que la forme sous laquelle se font les énoncés dits scientifiques, peut nous tromper et nous faire croire qu'ils sont définitifs.

Mais comment faut-il entendre cette transformation des énoncés en questions? Nous avons vu comment les propositions purement expérimentales cachent un problème et qu'elles sont sujet d'étonnement. L'auteur s'explique au paragraphe suivant. Les questions que doit faire l'investigateur doivent contenir une supposition

et prédéterminer par là la réponse. Que faut-il entendre par une question qui contient une hypothèse? On peut faire une question qui demande d'une manière absolue ce qu'est une chose: "Qu'est ce que c'est que l'homme? A cette question on ne répond pas "oui" ou "non", mais "animal raisonnable", ou "bipède sans plumes", ou autre chose qui le désigne suffisamment. Cette question ne contient aucune hypothèse. Mais la question suivante: "La définition de l'homme, est-elle 'animal bipède sans plumes'?", cette question contient une hypothèse, une suggestion, une pré-détermination, à laquelle on répond "oui" ou "non".

Nous pouvons identifier ce genre de propositions avec les propositions dialectiques, lesquelles se ramènent toutes à une "interrogatio consensus in probabile". Lisons ce passage du commentaire de S. Albert sur les Topiques:

"Sed dialectica propositio est interrogatio consensus in probabile, nec consensus requireretur si probari non deberet: manifeste autem falsum probari non potest, et manifeste verum non indige probari, sed ad alterius alicujus assumitur probationem.

In diffiniendo ergo propositionem dialecticam secundum potissimum suum statum dicimus, quod propositio dialectica est interrogatio probabilis, ita quod probabilis sit genitivi casus, hoc est, interrogatio de probabili, quod est materia propositionis dialecticae. In probabili enim (quia ponitur in judicio ejus cui proponitur, utrum sic videatur vel non) oportet quaere respondentis judicium et consensum, antequam procedere possit opposens. Sic ergo dialectica propositio interrogatio est probabilis. Et hac ratione etiam Boëtius in diffinitione syllogismi dicit, quod est oratio in qua quibusdam positis et concessis, respi ciens ad propositiones syllogismi dialectici. Cujus causa est, quod probabile de se non habet sufficientem causam consequentiae vel inferentiae, et causam inferentiae sufficientem accepit a concessione respondentis. Haec igitur est tota diffinitio propositionis dialecticas." (Lib. I, Tract. III, c.1)

La proposition dialectique demande l'assentiment au probable, c'est-à-dire au vraisemblable. Le semblable au vrai ne constraint pas par lui-même l'assentiment. Il peut être suffisant comme principe de recherche. Faisons au moins comme s'il était vrai. Voyons ce qu'entraîne la position de cette proposition.

Il est vrai que nous prenons l'initiative dans la position de l'hypothèse. Et sous ce rapport Kant a parfaitement raison. Nous devançons d'une certaine manière l'expérience où elle sera confirmée ou rejetée. Mais il faut bien remarquer que nous avions déjà reconnu à l'hypothèse une mesure avant même de lui accorder notre assentiment, à savoir la vérité: il faut en effet que l'hypothèse soit semblable au vrai. Nous n'avons pas nous-mêmes déterminé cette ressemblance à la vérité. Nous donnions notre assentiment parce que la seule ressemblance ne suffisait pas à contraindre l'assentiment. Par ailleurs, nous posons des hypothèses dans le dessein de connaître la vérité de la nature et nous

la soumettons à l'expérience comme mesure de sa valeur. Les modernes voient dans la faculté de construire des hypothèses une véritable maîtrise de l'homme. Il est très vrai qu'il vaut mieux savoir construire des hypothèses que de rester à l'état de pure vacillation. Sous ce rapport c'est une faculté véritable. Mais la nécessité de recourir à des hypothèses comme moyen de connaître davantage la nature est due, en dernière instance, à la faiblesse de notre intelligence. A parler absolument, cette faculté reste entièrement subordonnée à autre chose. Cela est vrai de toute la logique.

Dès lors, quand on dit que "la seule autorité pour une doctrine ce n'est pas la nature, c'est l'investigateur, lequel a lui-même répondu à sa propre question", il faut l'entendre de la proposition posée par nous "comme si elle était vraie". Cela même ne lui donne pas la vérité.

Supposons que l'expérience confirme l'hypothèse. Est-ce dire qu'elle est proprement vérifiée, et qu'elle est désormais une proposition vraie? La réponse affirmative de l'expérience, est-elle une confirmation véritable? La série d'hypothèses posées en vue de trouver la cause de la fièvre paludéenne peut servir d'exemple.

Chacune de ces hypothèses était successivement confirmée, depuis les miasmes morbifiques des marais jusqu'aux protozoaires parasites propagés par des moustiques anophèles femelles. Et chacune d'elles a montré une certaine efficacité au point de vue prévention.

Mais tout cela semble avoir été bien précisé par Aristote au III de Coelo, c. 7, 306 a 5-20:

"Il arrive (aux platoniciens) de dire au sujet des apparences, des choses qui ne sont pas conformes aux apparences. Et la raison en est qu'ils n'ont pas bien choisi leurs premiers principes, mais ils veulent au contraire tout ramener à des opinions arrêtées définitives. Sans doute les principes des choses sensibles sont-ils sensibles; les principes des choses permanentes, permanents; les principes des choses corruptibles, corruptibles; et, en général, les principes doivent être homogènes au genre des sujets étudiés. Au contraire, à cause d'un attachement dû à leurs principes, (les platoniciens) semblent procéder comme ceux qui argumentent seulement dans le but de soutenir leurs thèses. Confiants que leurs principes sont vrais, ils sont prêts à accepter n'importe quelle conséquence de leur application, comme si certains principes ne devaient pas être appréciés selon leurs résultats, et surtout selon la fin. Or la fin de la science fabricatrice, c'est l'œuvre; la fin de la science naturelle: ce qui est conforme à ce qui toujours apparaît proprement au sens."

Ce qu'Aristote ne semble pas avoir vu, c'est la mesure de la perfectibilité de nos moyens d'observation. Les positions en ce domaine semblent être bien plus provisoires qu'il ne nous l'a dit. Il reste que sa conception de la doctrine naturelle exige une constante conformité aux apparences sensibles: les hypothèses devront se conformer à une observation qui croît sans cesse en étendue et en profondeur.

Notez la distinction que fait Uexküll entre le point de vue du savant et le point de vue du jardinier. Elle est très fondée. Les carottes de la botanique scientifique ne seraient pas comestibles: elles ne sont certainement pas construites selon les hypothèses de la botanique; il faudrait pour cela que la botanique connaisse l'essence propre de la carotte. Le jardinier peut obtenir des résultats convenables au point de vue comestibilité sans connaître le "quodquideratesse" de ses légumes, de même que le sculpteur peut faire des statues sans connaître les causes propres du marbre. (Voir les "deux tables", TC d'Eddington, pp. 13-17.— On peut toutefois se demander si la table scientifique supporterait vraiment son papier.) Cette distinction est très importante au point de vue de la médecine dont l'art ne peut pas attendre la connaissance des raisons propres. Le conseil d'éviter les promenades vespérales dans la campagne marécageuse de Rome donnait des résultats satisfaisants comme mesure préventive de la malaria, bien que les miasmes des marais ne fussent pas la cause de cette fièvre.

Ce même paragraphe de von Uexküll débute par une assertion assez catégorique qu'il atténue aussitôt: "L'on peut avoir assimilé..... sans pour autant savoir quoi que ce soit concernant la nature — en tout cas, infiniment moins que..." Cette assertion d'abord catégorique n'est pas dépourvue de fondement. Ce n'est en effet que par son orientation vers la nature comme vers son terme à atteindre que cette doctrine est dite naturelle, et non à cause de ce qu'elle a déjà atteint. Le cercle, par exemple, n'est dit limite d'un polygone régulier inscrit qu'en tant qu'on fait croître indéfiniment le nombre de ses côtés. On s'arrêtrait à un polygone déterminé si voisin soit-il du cercle, il n'aurait plus le cercle pour limite. De même la doctrine naturelle, pour autant qu'elle s'appuie sur des hypothèses, doit rester à l'état de cheminement vers son terme. Néanmoins, il convient d'atténuer aussitôt cette affirmation, car il est vrai aussi qu'un polygone à mille côtés est en un sens plus proche du cercle qu'un polygone à six côtés. De même la physique moderne connaît mieux la nature que la physique des quatre éléments.

D'après le paragraphe suivant, ce qui caractérise l'étudiant de la nature, c'est l'art de l'interrogation, l'art de la recherche. Cet art n'est substantiellement autre chose que la logique de l'interrogation ou "inventiva", "inquisitiva", "tentativa", ou "interrogativa" des anciens: la dialectique des Topiques. (Voir I Post. Anal., lect. 1; I Topiq., c. 2)

L'énoncé : "dans la Nature tout est certain; dans la science tout est problématique", est sujet à caution. On pourrait en effet l'interpréter en un sens déterministe. Il est néanmoins très juste en tant qu'énoncé d'un principe méthodologique: sans exclure à priori la possibilité même d'une indétermination dans le comportement des choses naturelles, il convient par mesure de précaution, d'attribuer toute indétermination qu'il paraît y avoir, non pas à la nature, mais à notre ignorance, à moins que nous sachions suffisamment rendre compte de cette indétermination et que par là nous la dominions. Nous étudierons ce problème plutôt difficile dans la suite en marge du cours du Prof. Rasetti.

La doctrine naturelle, suivant son mouvement de concrétion, doit s'engager dans une voie à laquelle il n'y a pas d'issue définitive. La concrétion propre des choses naturelles est pour nous

une limite dialectique dont on peut toujours se rapprocher davantage sans toutefois jamais l'atteindre en soi. Nous mangeons sans aucun doute des choses en soi, et nous en digérons, mais nous n'en savons pas l'essence propre dans son ultime concrétion.

L'art qui nous guide dans cette recherche indéfinie, c'est la dialectique, laquelle reste logique même dans l'usage. Comparez ce que dit ici Uexküll du caractère extrinsèque de la doctrine naturelle avec ce que dit S. Thomas de la dialectique, IV Metaph., lect. 4., nn. 572-577.

6. Cette dialectique de la nature n'est-elle pas tout à fait étrangère à la dialectique aristotélicienne? Voici en effet trois difficultés qu'on peut faire contre cette identification même partielle:

a) La dialectique d'Aristote ne paraît être qu'une méthode de discussion avec des adversaires, elle est essentiellement dialectique, comme l'indique la définition même: "methodus per quam possimus argumentari de omni proposito problemate ex probabilitibus, et ipsi disputationem sustinentes nihil dicamus repugnans."— Par "probables" il entend "les opinions qui sont reçues par tous les hommes, ou par la plupart d'entre eux, ou par les sages, et, parmi ces derniers, soit par tous, soit par la plupart, soit enfin par les plus notables et les plus illustres." (I Topiq., c.1)

b) Aristote ne reproche-t-il pas aux platoniciens de se contenter d'expliquer les choses naturelles d'une manière dialectique? "La raison qui empêche d'embrasser aussi bien l'ensemble des concordances, c'est l'insuffisance de l'expérience. C'est pourquoi ceux qui vivent dans une intimité plus grande des phénomènes de la nature, sont aussi plus capables de poser des principes fondamentaux, tels qu'ils permettent un vaste enchaînement. Par contre, ceux que l'abus des raisonnements dialectiques a détournés de l'observation des faits, ne disposant que d'un petit nombre de constatations, se prononcent trop facilement. On peut se rendre compte, par ce qui précède, à quel point diffèrent une méthode d'examen fondée sur la nature des choses et une méthode dialectique: la réalité des grandeurs invisibles résulte, en effet, pour les platoniciens, de ce que le triangle-en-soi serait sans cela multiple, tandis que Démocrite apparaît avoir été conduit à cette opinion par des arguments appropriés au sujet et tirés de la science de la nature." (I de Gen. et Corr., c.2., 316a 5-15) Voir aussi le texte cité à la p. 22. Les passages où Aristote et S. Thomas reprochent aux pythagoriciens et aux platoniciens de parler "logice sive dialectice in naturalibus" sont très nombreux.

c) Au I de Anima, c.1, 403a 29-b20 (S.Thomas, lect. 2, nn. 24-28), Aristote oppose le "physicus" au dialecticien. Les définitions dialectiques en matière naturelle sont des définitions par la seule forme, et par conséquent elles ne sont même pas naturelles: la doctrine naturelle doit nécessairement définir "cum materia sensibili". Du reste, une définition dialectique peut être principe de science. Or la dialectique telle que nous l'avons entendue (voir définition supra) s'oppose à la science, comme le probable au certain.

(a) La dialectique est essentiellement dialogique en tant que ses propositions sont des "interrogationes probabilis", ce qui ne suppose pas nécessairement une pluralité de personnes. Dans un raisonnement dialectique partant de ce qui me paraît vraisemblable, je demande mon propre assentiment. Et même dans ce cas il y a un adversaire, à savoir l' "altera pars contradictionis".— Quant à la description du probable, elle fait ressortir la part du connaissant sur laquelle nous avons insisté.— Le texte suivant confirme notre position:

"Probabilia autem sunt verisimilia. Dupliciter autem verisimilia: aut enim in se sunt verisimilia, eo quod ipsa habitudo praedicati ad subjectum verisimilis est, eo quod nec praedicatum est in subjecto per se, nec subjectum in praedicato per se, nec utrumque in utroque, nec praedicatum necessarium et essentialis inhaerentiam habet cum subjecto, sed verisimile est in signis non in causis necessariis acceptum. Aut quia necessarium habet inhaerentiam, sed non accipitur nisi per signum: et hoc est probabile secundum modum acceptationis, quamvis in se sit necessarium: sicut solem esse majorem terra (eo quod ubique unius quantitatis apparet) probabiliter acceptum est. Solem autem esse majorem terra per quantitatem diametri acceptum est necessarium et non probabile, secundum quod probabile et necessarium opponuntur. Probabile autem sic dictum verisimile est, quod per suipius veritatis figuram videtur omnibus aut pluribus aut sapientibus, et his sapientibus videtur omnibus aut pluribus aut maxime notis et probabilibus: ita quod sapientibus et his vel omnibus sapientibus vel pluribus vel maxime notis vel probabilibus, totum pro uno membro ponatur.

Signa vero verisimilitudinis, aut occurunt statim in superficie et in exterioribus rei quae accipit sensitiva potentia comparans sensata ad invicem: et si talia sunt signa, probabile est quod videtur omnibus, sicut nivem esse albam per hoc quod nix est parvae partes perspicui in parva conjuncti, in cujus partibus undique lux diffunditur: hoc enim signum sensui est medium. Si autem signa indicium facientia de verisimilitudine sunt non in superficie, sed aliqualiter profunda, non ad necessaria, sed nec in superficie extrinsecus manentia: tunc est id quod videtur pluribus: quia sensui aliquid miscent rationis, sicut quod stella in cauda minoris ursae sit polus, eo quod non deprehenditur ejus singularis motus: hoc enim rationis judicium sensui est permixtum. Si autem signum verisimilitudinis profundatur in essentialium et convertibilium causas quae sunt convertibilia sicut causae: tunc est quod videtur sapientibus, sicut est, quod luna moveatur in epiciole: quia profundius et altius transit per umbram terrae: hoc enim non est causa sed signum.

Ideo illud quod videtur sapientibus gradus habet, quia aut videtur omnibus, aut pluribus, aut maxime notis vel probabilibus. Quia signum convertibile cum causa, vel apparet mixtum sensui, et tunc videtur omnibus: vel in ipsis substantialibus profundatur, et tunc non videatur nisi probatis et probabilibus sapientibus: vel medio

modo est acceptum, et hoc dupliciter. Si enim plus est inclinatum ad sensum: tunc videtur pluribus sapientibus. Si autem plus est profundatum ad necessaria essentialia et intellectualia: tunc est quod videtur maxime notis, qui ex potestate scientiae et artis hoc deprehendere neverunt. Hoc igitur est probabile, ex quo fit syllogismus dialecticus, quod tali et taliter diversificato deprehenditur signo. Haec est sententia commenti Arabici: et sic scientia demonstrativa et etiam dialectici syllogismorum determinata est."

S. Albert, Topiq., Lib.I, Tract.I, c. 2.

(b) Aristote ne reproche pas aux platoniciens l'usage de la dialectique, il emploie lui-même constamment des "raisons logiques ou dialectiques" dans ses traités naturels (où il y a "usus logicae docentis"), où il pose aussi des principes pour sauver les apparences. Il reproche aux platoniciens l'abus de la dialectique. Cet abus consiste à accorder la priorité aux principes, alors que ceux-ci doivent rester soumis à l'expérience: au lieu de rejeter les principes que nous posons pour sauver les apparences, ils rejettent les apparences pour sauver les principes; "confiants que leurs principes sont vrais, ils sont prêts à accepter n'importe quelle conséquence de leur applications, comme si certains principes ne devaient pas être appréciés selon leurs résultats et surtout selon la fin", la fin étant ici la conformité aux apparences sensibles. Ils confondent alors la conséquence formelle avec l'argument. (J. de S. Thomas, Curs. Phil., T.I, pp. 196b43-197a27). La bonté de la conséquence serait garante de la vérité: la dialectique serait par elle-même suffisante dans les choses naturelles.— En d'autres termes, Aristote s'oppose à une dialectique émancipée.

(c) Cette dernière difficulté est la plus redoutable. Aristote et S. Thomas semblent opposer une définition qui comporte matière sensible à la définition dialectique. Dès lors, les définitions "physiques", si provisoires soient-elles, ne pourraient être proprement dialectiques.— Mais il convient de marquer qu'on peut considérer une définition de deux manières: en elle-même, et en tant qu'elle est principe de raisonnement. Considérée en elle-même, une définition n'est ni vraie ni fausse, ni certaine ni incertaine. Elle sera néanmoins dialectique si elle est extrinsèque et commune, faisant abstraction de ce qui constitue proprement le sujet: tel sera le cas d'une définition par la seule forme quand le "quod quid est" de la forme est, en soi, et selon l'intelligence, inséparable de la matière: le défini tel que signifié par la définition ne peut pas exister en soi. Par contre, une définition, envisagée en elle-même, sera dite physique, pourvu qu'elle comporte matière. Mais une définition en elle-même physique, peut n'être que dialectique quand on la considère comme principe de syllogisme: "Principium autem syllogismi dici potest non solum propositio, sed etiam definitio. Vel potest dici quod licet definitio in se non sit propositio in actu, est tamen in virtute propositio quia cognita definitione, apparat definitionem de subjecto vere praedicari." (I Post. Anal., lect. 5, n. 9) Envisagée sous ce rapport, la définition sera scientifique si elle est virtuellement une proposition vraie; elle ne sera que dialectique si elle est virtuellement une proposition seulement probable. (Voir aussi Cajetan, in Iam, q. 17, a. 3, nn. 7 et 8.) Or, dans le de Anima, Aristote et S. Thomas se placent au premier point de vue: ils considèrent le rapport entre la définition et le sujet propre de la doctrine na-

turelle. On voit dès lors comment une définition naturelle peut être en même temps, mais sous un autre rapport, dialectique. Ce n'est qu'au second point de vue qu'apparaît la distinction entre la philosophie de la nature et les sciences expérimentales.

CHAPITRE PREMIER

LES DEFINITIONS PHYSICO-MATHEMATIQUES

I. ASSERTIONS DES SAVANTS

1. Prof. Rasetti, *supra*, "Introduction" et "Mesures", pp. 1 - 2.
2. Eddington, TC, pp. 1 - 7.
3. Planck et Millikan, TC.

D'après ces assertions, la physique ne s'appuie pas formellement sur les sensibles propres, mais sur ce que nous appelons les sensibles communs lesquels se ramènent tous à la quantité.

II. LES SENSIBLES COMMUNS

1. L'on distingue trois sortes de sensibles : de Anima II, c. 6 (TC); s. Thomas, *comm. in de Anima*, lect. 13 (TC); s. Thomas, Ia, qu. 17, art. 2; Jean de S. Thomas, *Cursus philosophicus*, III, IV P.Q. IV, art. II, pp. 111-120.
2. Les sensibles communs ne sont pas également communs à tous les sens. - La vue est privilégiée. Cf. s. Thomas, *De Sensu et Sensato*, lect. 2, n. 29, (TC), *Metaph. I*, lect. I, n. 8 (TC).

1er cours: Prolég. I : 3 pp. Nature des sciences expérimentales
 Définition de la dialectique
 etc.

2e cours: Prolég. II: Situation des sciences expérimentales pp. 1-8.

Prolég. III: Affirmations des philosophes de la science moderne:
 Kant, Bernard, Poincaré, Kozlowski, Russell, de Broglie, Eddington, Jeans, ~~Textes sur les principes~~ pp. 8-9
 Textes sur les principes.

3e cours: I. Le monde familier et le monde scientifique (2 pp.)

- A. Eddington
- B. Planck

4e cours: II. Les sensibles communs (2 pp.) + (4 pp.)

5e cours: III. "La grandeur physique est définie par la série d'opérations et de calcul dont elle est le résultat"

A) Définition et division de la quantité (pp. 12-15)

6e cours: B) L'abstraction mathématique selon l'école thomiste

- I. S.Thomas
- II. Cajetan (5 pp.)
- III. J. de S.Th.

6e cours (suite): C) Le nombre selon Aristote et Saint Thomas

- I. Le nombre prédicamental
- II. Arithmétique et Logistique
- III. Nombre nombrant et nombre nombré pp. 6 à 10

6e cours (suite): IV: Le dénombrement du multiple transcendental pp. 11 à 14

7e cours:

V: Les définitions du nombre nombrant

VI: La généralisation du nombre

VII: Mathématique logique et logique mathématique 5 pp.

3. Texte de Kozlowski: "L'"a priori" dans la science" 2 p.

Texte de Margenau: "Methodology of Modern Physics" 1 p.

Méthodologie Scientifique

1^{re} Partie

Probl. I

1. Nature des sciences expérimentales - physiques et biologiques - : dialectiques.
2. Définition de la dialectique : "Méthodes", Arist. - Topiques I, c. 1.
3. Distinc. dial. docens, dial. utsens. (cf. Metaph. IV, l. 4, nn. 572-577.)
4. La dialectique utile à { découverte des principes ~~scientifiques~~ de la philosophie;
5. Les sc. expérimentales sont dialectiques, i. e. ne peuvent atteindre réel qu'à travers constructions logiques, i. e. inadéquatement? "logice inquirere de rebus." La logique démonstrative ne peut faire cela, "Sed hoc dialectica facit". (Post. Anal. I, l. 20, n. 5).
6. Raison : la nature comporte deux aspects:
 - (a) nécessaire : principes et causes ^{propres} qui permettent démonstration: phénom. de la nature, science proprement dite.
 - (b) contingent : matière cause d'obscurité objective dans structure et activités de la nature : quantité, modes quantitatifs, et mouvement, obscur.

Sous ce rapport, nature inaccordable à science spéculative. ~~et~~ ^{et}
7. Cette obscurité pas homogène : degrés d'indétermination dans monde semblables aux degrés de probabilités dans connaissance dialectique. Nature, sous ce rapport, tend vers détermination; dialectique vers science.
8. Noter distinction à faire entre "connaissance probable" et "probabilité objective": celle-ci certaine, et la connaissance de cette probabilité peut être certaine.
9. Analogie entre mouvement réel ("actus entis in potentia in quantum in potentia": mélange d'acte et de puissance) et cogitation dialectique laquelle suppose mélange d'être et de non-être. (cf. Platon, Républ. V, 476 c et sq.) - reproduit dans Textes choisis: "Le Philosophe", pp. 11-15.)

10. Connaisance probable, opinion, suppose mélange d'être et de non-être: l'être réel (ens nature) n'y peut correspondre adéquatement. P. ex.: "l'immortalité de l'âme humaine est probable". Ceci impossible par rapport au réel, car, dans le fait, il est impossible que l'âme humaine ne soit pas immortelle. Opinion nous retient dans notre logique où impossible réel possible comme objet.
11. Dans notre logique rapprochement du réel possible: p. ex. (a) l'immortalité de l'âme humaine est probable, (b) est douteuse, (c) est improbable: - (a) est plus rapproché du réel, mais reste réellement impossible.
12. Mélange d'être et de non-être possible grâce à négation et relation, les deux sortes d'être de raison. (Jean de S. Thomas, C. Phil., T.I, p. 287 a.) Par de soi "negatio nihil potest ponit in re", et la relation peut ~~subsister dans l'apprehension~~ n'exister que dans l'apprehension.
13. La négation est de deux sortes. (Metaph. IV, l. 3, n. 565)
14. La négation absolue peut s'appliquer:
- (a) à l'être réel dans ~~tantum~~ son universalité: donne non-être contradictoirement opposé à l'être réel - énoncé dans principe de contradiction;
- (b) à un être particulier ou singulier: p. ex. à homme, donne non-homme. Or, "loc quod dico non-homo... aequaliter dicitur de ente, et non ente". Perih. I, l. 4, n. 13. - J. de S. Thomas, ibid. p. 114.
15. Notez que le nom infini requiert "ad minus suppositum in apprehensione". - D'autre part, "nomen infinitum quodam modo significat unum.... in quodam uno secundum rationem". Perih. II, l. 5 n. 3.

16. d'après analogie entre mouvement possible grâce à mélange d'acte et de puissance, et discours dialectique possible grâce à mélange d'être et de non-être selon la raison. - De là sorte de connaturalité permettant de surmonter quodammodo les vicissitudes de l'obscurité objective. - "Le processus dialectique 'sistitur in ipsa inquisitione'" (de Trinitate, q. VI, a. 1, c) - "Consistit in ipsa inquisitione quasi in motu, opinionem solummodo inducens de his quae inquirit" (de Verit., q. 15, a. 2, ad 3).

17. Difficultés :

(a) Ce procédé semble renverser principe de contradiction.

Rép. : Au contraire, il le suppose, et nous permet de distinguer être réel et être dialectique. Il ne pose pas la contradiction, mais un indéterminé "unum per accidens", et "secundum rationem tantum". La séparation d'être et de non-être dans cadre dialectique serait confusion du logique et du réel et contrevire au principe de contradiction.

(b) Cette position est hégelienne : "l'être et le non-être ne font qu'un".

Rép. : Hegel confond logique et réel : pour lui la négation pose quelque chose dans le réel. - C'est le cas de tous ceux qui soutiennent principe d'identité (l'être et l'être) : pour avoir un sens il faudrait accorder à l'être une relation réelle à soi-même. ["D'une ens et aliquid" pas

(c) ~~Dieu~~ Dieu n'est pas dialecticien, cependant il a connaissance exhaustive de la nature. Donc, dialectique superficielle.

Rép. : Dieu a des choses une connaissance pratique, il en connaît la cause. (cf. I Sent., d. 38, q. 1, a. 5)

égal à "l'être est l'être" - implique connaissance du multiple, celle-ci presuppose connaissance de l'un, celle-ci de l'opposition de contradiction entre être et non-être. Cf. de Verit. I, a. 1, c; de Pot. IX, a. 7, c. et ad 15; Metaph. IV, l. 3, n. 566; l. 6, n. 605; de Hebdomadibus, c. 2; etc.

Actitudinem et quod actus rationis similes sunt, quantum ad aliud, actibus naturae. Unde et ars imitativa naturam in quantum potest.

In actionibus actum naturae triplex

invenitur diversitas.

(a) In quibusdam enim natura ex necessitate agit, ita quod non potest deficiere.

(b) In quibusdam vero natura ut frequentius operatur, licet quendam potest deficere a proprio actu. Unde in his necesse est esse dupli cum actione; unum qui sit ut in pluribus, sicut cum ex semine generatur animal perfectum;

(c) aliud vero quando natura deficit ab eo quod est sibi ad hoc conveniens, sicut cum ex semine generata aliud monstrosum propter corruptionem nendo est observandum.

Ex hanc etiam tria inveniuntur

in actionibus rationis.

(a) Ex enim aliquo processus necessitate inducens, in quo non est possibile esse reatu;

defectum; et per hunc modum rationis processum scientiae certiendo acquiritur.

(b) Ex autem aliis rationis processus in quo est in pluribus utrum concludatur, non tamen necessitate habens.

(c) Tertius vero rationis processus in quo ratio a ratio deficit propter alius principii defectum; quod in ratioi alius principii, sicut in ad hoc.

(c) Tertius vero rationis processus in quo ratio a ratio deficit propter alius principii defectum; quod in ratioi alius principii, sicut in ad hoc.

Ex Secundum hoc dividitur

poetica

(a) Pras autem poetica. Judicativa (Anal. Poet.

Anal. Poet.

poetica

(c) Tertio vero sophistica

sophistica

1. Exemplaria non sunt de sicut in secunda et tertiis.

II

Méthodologie Scientifique II^e Partie

- Le pourtour logique de la sc. expér.
- L'an dernier: idée générale de la dialectique: ~~Et maintenant~~
les sc. expér. sont dialectiques.
 - Et maintenant l'appliquer aux sc. { physiques
biologiques
- Qu'est-ce que la dialectique?

"Methodus per quam posimus argumentari de omni proposito
problematis probabilitatis, et ipso disputationem continentem,
nihil dicamus respondamus."

+ Méthode - donc logique.

dit de la logique { + argumentari - donc "discours".
+ de probabilitatis: raisonnable: pas exact non.
+ de omni problemate - donc transscendental - gomodo + que métaph.
+ "nihil dicamus respondamus".

- Nous dit. { dial. docens: la méthode elle. m²: rigoureuse - science.
" utens: application à la discussion d'un problème donné:
redit a scientia: audience vers se .
- Utile - pas fin: { découverte des principes - preuve, pas démont.
à la philosophie { pour conclusions probables.
pour sc. expér.: pas de principes premiers propres: donc purement dial.
- Des principes de l'itm. mobile: mat. form. & privation; et causes déterminées {
donc, se. possible.
Mais, matière indéterminée et cause. - d'où obscurité objective: 2x
{ quantité réelle et les modes quantitatifs
mouvement: actus entia in potentia in ont in potentia.
de là domaine obj. obscurus inaccessible à la science.

- Nous ne disons pas cependant que le monde n'a ^{prop. intellig.} _{" intellectu."} un aspect d'un chose plus compliquée: il y a des degrés de ~~détermination~~.

Il y a d'indétermination: de m^{ême} que cet aspect du monde se rapproche de la détermination, de m^{ême} notre connaissance de ~~monde~~ fait cet aspect du monde peut se rapprocher de la science propre d'ici: mais tant que nous n'avons pas la science nous sommes en dialectique.

- de Trinitate VI,

- Notez:

(1) Analogie entre le "discours dialectique" et le "mouvement".

Mov: actus entis in potentia - - - Blanc & noir.

Ex. ~~C se déplaçant sur droit~~ 42.

Dialectique dialectique: ni vraie ni fausse: -

Raison: { m^{ême} mélange d'acte et de puissance
en dial. mélange d'été et de non-été.

(Platon, Rép. I 476 c et sq.)

Le mélange peut se faire dans l'ordre logique,
grâce à la négation et la relation: les deux
pôles d'êtres de raison.

Vous connaissez la négation peut poser une indétermination
qui comprend à la fois "être et non-être".

Nég. { absolute: ne détermine aucun genre: non-videns.
in aliquo genere: détermine un sujet: cœcum.

Nég. absolute { ens universaliter
ens particulière: non-homme: non infini:
pas de nature.

Perik. I 4 n 13

II, n. 3

≡

des sc. expér. sont dialectiques. - Elle porte sur le réel, mais "logique".
Raison "experte" est: matière { quantité réelle & modes quantitatifs
monvement.

De là résulte un aspect du monde inaccessible à la ~~science~~
spéculative naïve.

Mais, indéterm. comportent degrés, comme probabilité.

Distinguer "connaissance probable" et "probabilité objective"; celle-ci
objet de certitude.

Diffic. Les constructions dialectiques sont construct. impossibles: ~~on ne~~
ne correspondent pas adéquatement au réel (exit. ou possible).

Note: Ordre dial. suppose mélange d'ē et \bar{e} . (cf. Platon, Rep. I ...)
~~et~~ mélange possible grâce à négation: nihil ponit in \bar{e} .

Nég. de sorts: { mir. — { Met. IV 3
{ absol. { parti. — { Periph. II 1. 4, n. 13,
{ in gen.

Dial. peut se rapprocher du réel:

v. gr. opinion "âme immortelle" plus proche que "âme mu".
Donc on peut se rapprocher du réel dans l'impossible d'ēs.
Post. Om I, 20

Motz Analogie: mir et mélange d'ēs et de non-ēs.

Donc sc. expér. construction dans champ neutre de la dialectique.

dr. Notz iei:

(a) Dans le cas de la logique démonstrative, "solum doctrina pertinet ad logicam?"
Mais la "dialectica tentativa (habet) ipsam scientiam et doctrinam
et usum." (cf. Met. IV, lect. 4, n. 577)*

(b) "(dialectica procedit) ex his communibus intentionibus (rationis) ad
aliquid ostendendum de rebus, quae sunt subjecta aliarum scientiarum?"
(Post. Anal. I, lect. 20, n. 5)*

3. Les principes employés dans les preuves sont de 3 sortes :

(a) principia communia : peut s'entendre de deux manières :

(1) par rapport aux ~~homines~~ ^{hommes en général}: "quae in omnium conceptione
eadunt." ceux-ci sont de deux sortes :

(i) principes de démonstrations ou "dignitates";
(ii) principes généraux ou dialectiques. (cf. infra)

(2) par rapport à la connaissance : on distinguera :

(i) principes de démonstration :

(aa) communs à toutes les sciences "secundum
analogiam";

(bb) communs à ~~omnibus~~ aux espèces d'un
genre de sciences (Aithm. & géom.)

(ii) principes dialectiques (vide infra).

(b) principia propria : de deux sortes :

(1) propres à un genre déterminé; se dit par opposition aux
principes communs ~~secundum~~ à toutes les sciences et aux
principes dialectiques. donc = (bb). Ex. : la mathématique.

(2) propres aux sciences spécifiques : Aithm. et géom.

(c) principia dialectica communia et extraea:

(1) on les dits "communia" :

(i) en tant que certains d'entre eux sont spontanément
connus de tous;

(ii) ou en tant que par leur généralité (indétermination) ils
parcourent tous les genres.

(2) on les dit "échancré" :

(i) en tant qu'ils sont "étrangers" à la zone au sens

augmenter auquel on les applique;

(ii) au tant qu'ils sont "exhaussés" par rapport à l'"ess naturel".

Remarque: Notez le caractère relatif de ces appellations. Les principes énumérés dans les divisions (a) et (b) peuvent être employés d'une manière dialectique et peuvent devenir "communia" et "extraea". ~~en regardant l'usage~~ — ^{Sous ce rapport} Prière de ne pas considérer cette classification comme unique et exhaustive.

cf. Textes sur les principes* aussi Mct. IV, lect. 4, n. 574*; et
Phys. III, lect. 8, nn. 3-4*; Mct. III, lect. 2, n. 353; Topiq. I, chap. 8
(B. 10); Rhétorique I, chap. 2, 1356 a 30-33; ibid. 1358 a 10-
31.

4. La proposition dialectique est dite "interrogatio probabiliti". *Topiq. I, chap. 8⁺*
(B.10) C'est à dire que la proposition dialectique est ouverte à l'interrogation.
On peut l'entendre en ce sens que la proposition dialectique soit étant
probable seulement, reste ouverte à l'interrogation, laisse l'esprit en
suspens; (b) on doit demander la position, il faut passer à la "suspicio"
car elle ne s'impose pas absolument.

(i) Cf. Post. Anal. I, lect. 5, n. 4.*

(ii) *Post. Anal. I*, lect. 21, n. 3: "Sciendum tamen... demonstrandum

5. L'induction dialectique et une généralisation tentative. C'est une induction incomplète mais suffisante *concernant* la probabilité. Topiq. I, chap. 10 (B.12)

6. Le principal instrument de la dialectique : "Sumpcio propositionum". (Topiq. I, chap. 12 (B. 14).

Notez les expressions suivantes :

- propositiones, eligendae: πρατάσσεις ἐκ/εκτέον

— eis efficere eligendo: τὸ πολεῖν αὐτὸς ἐν τῷ ἐκπέμπειν

- propositiones sumere: τοις μηνιν προτάσσεις λαβεται

7. Ne pas confondre proposition dialectique et proposition conditionnelle.

Soit: "Si toute multitude réelle et dénombrable, toute multitude réelle et finie". — Cette prop. condit. contient deux catégoriques. "Si", et la connue. Elle peut être certaine ou probable. celle-ci est certaine. Cependant, la ~~catégorie~~ "toute multitude réelle et dénombrable" est tout au plus probable. ("adduc non et demonstratum, quod illus non possit facere ut sint infinita actu" de Aeternitatis mundi, vni fin). Bien que "toute multitude réelle et dénombrable" reste une question ouverte, la prop. conditionnelle peut être fermée. Notz indépendance de la conditionnelle suivante de qui la contient ses catégoriques: "Si tout homme est être et tout être est armoire, tout homme est armoire." Cette proposition est absolument vraie.

Proleg. III

Considérons maintenant certaines affirmations des philosophes modernes des philosophes de la science modernes.

1. Kant, Critique de la raison pure (trad. coll. Flammarion) p. 19-20:

2. Claude Bernard, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Paris 1865, pp. 63-65. *

3. Henri Poincaré, Science et Hypothèse, (coll. Flammarion):
"On dit souvent qu'il faut expérimenter sans idée préconçue. Cela n'est pas possible; non seulement ce serait rendre toute

l'expérience stérile, mais on le voudrait qu'en ne le pourrait pas., (p. 170) 18

"Toute généralisation est une hypothèse." (p. 178)

4. W. M. Kozlowski, d'"a priori dans la science, Rev. Philos. 1906, p. 400-411.*
5. Bertrand Russell, The problems of philosophy, Home Univ. Library, pp. 230-231.
6. Louis de Broglie, Matière et lumière, (Paris Albin) pp. 307-308.*
7. Sir Arthur Eddington, Space, time, and gravitation (Cambridge), pp. 200.

"And, moreover, we have found that where science has progressed the farthest, the mind has but regained from nature that which the mind has put into nature.

"We have found a strange foot-print on the shores of the unknown. We have devised profound theories, one after another, to account for its origin. At last, we have succeeded in reconstructing the creature that made the foot-print. And lo! it is our own."

8. Sir James Jeans, The mysterious universe, (Cambridge).
→ "The concepts which as material."

Textes sur ces principes.

Port. Anal. I, lect. 5 ~~17~~
(Texte d'Aristote aussi avec had.)

Port. Anal. I, lect. 17.
(Texte d'Aristote aussi)

Port. Anal. I, lect. 18.
(avec texte d'arist.)

Port. Anal. I, lect. 19.
(avec texte d'aristot.)

Réfutations Sophistiq., chap. II, 172a10-172b1.
"Mais, en réalité les arb de la
démonstration." (Tricot pp 53-56.)

- S. Thomas, *Comm. in de Quinna*, II, lect. 13.
- { " *Comm. in de Sensu et sensato*, lect. 2, n. 29;
" *Comm. in Metaph. I*, lect. 1, n. 8:
" figura et magnitudo, et huiusmodi,
quibus ipsa autem objectum tactus."
- S. Thomas, Ia, q. 78, a. 3, ad 2.
- J. de S. Th., *Curs. Phil.*, III, p. 114 b 8-43.
- Eddington, *Nouveaux Sentiers de la Science*,
p. 1-33.
(utrum plures sit in sensu)
- S. Thomas, *de Veritate*, q. I, a. 11:
"Praeterea, secundum Augustinum in lib.
..... dominus falsitatis, sed phantasia."
- S. Thomas, Ia, q. 85, a. 6, c.:
(utrum intellectus possit esse falsus.)
"Respondeo..... circa proprium objectum."

I. Le monde familier et le monde scientifique.

A. Eddington.

1. Exemple d'un problème en physique: voir Textes, pp. 3-5. (Texte anglais, pp. 1-2; Texte français, pp. 3-4)
"Examinons la nature..... l'en extraire à nouveau."

Notez surtout les idées suivantes: VII

- (a) Avant que la science puisse exacte puisse commencer à traiter le problème, il faut ~~remplacer~~ les conceptions très définies que nous avons des objets du monde extérieur par des quantités représentant les résultats de mesures physiques.
- (b) On constate maintenant qu'il est essentiel que ces quantités soient définies selon la manière dont ~~les~~ nous les reconnaissons réellement quand nous nous trouvons devant elles en face d'elles et non pas d'après le sens métaphysique que nous pouvons leur avoir attribué par anticipation.

En d'autres termes: nous devons définir les propriétés expérimentales par la description de l'expérience ~~que~~ nous opératoire que nous avons effectuée pour les connaître. A.v. les définitions sont opérationnelles.

2. Contraste du monde familier et du monde physique: voir Textes choisis, pp. 13-16 (Texte anglais pp. xi-xviii; Texte français, pp. 11-17)

Retenez les deux points suivants:

- (a) Toutes les recherches scientifiques ont pour point de départ le monde familier et, à la fin, doivent y retourner; mais la partie du voyage pendant laquelle le physicien en a la charge se trouve en territoire étranger.
- (b) La science a pour mission de construire un monde qui sera le symbole du monde de l'expérience journalière. Le monde extérieur de la physique est devenu un monde

d'ombres. (Comparez avec l'allégorie de la grotte de Platon, République, VII, 514a 518. Reproduit dans *Textes choisis de Philosophie*, pp. 36-39).

B. Planck

Voir *Textes choisis*. Des idées principales :
~~La physique ne rapporte plus~~

1. Les définitions des propriétés physiques n'ont plus de rapport avec les "spezifischen Sinnesempfindungen" - les perceptions spécifiques des sens - ; ainsi, en pratique, l'on définit la chaleur par la variation de volume d'une substance thermométrique.

2. Cet abandon des perceptions spécifiques :

(a) constitue pour la physique une émancipation des éléments anthropomorphes qu'impliquent surtout ces perceptions.

(b) donne à la physique son unité, alors qu'auparavant elle était morcelée selon les perceptions spécifiques des sens sur lesquelles elle était appuyée: Physique thermique, optique, acoustique, etc. énergétique, etc.

Voir aussi Millikan, *Textes choisis*.

Notez : Par les objets des perceptions spécifiques des sens, Planck entend incontestablement ce que nous appelons sensibles propres.

Poumons-nous dire que la physique s'appuie sur les sensibles communs, "quae omnia rediuntur ad quantitatem" ?

Planck ne donne aucunement mention pas explicitement les perceptions qui jouent formellement en physique, mais, sans doute, non-spécifique = commun.

des sensibles communs

~~X~~ 3 sortes de sensibles. de An. II 6 (S. th. l. 13)

I 17/2 ; 78, 3.

~~X~~ Sensibles communs "Non tamen operet operat ad omnes...."
J8th. III 2112 b 24.

Partout vnu: de Sensu, 29 (lct. 2)

3) Pas d'erreur ~~de~~ circa propres: imméd. → quasi 1^{er} principes.
(de Ver. I, 11, o)

Mais cette certitude touche pas "nature" ni "endroit",
"Videtur scire in colorato quatuor visibile (in ipsa ratione
visibilis): cognoscere autem unde habet corpus quod
sit ~~visibilis~~ coloratum, non pertinet ad visum extnum,
sed ad discursum." J8th. Theol. Vnu VII pp. "f. 17.

~~X~~ liste complète de sensibles communs: J8th. - Ph. III 111 sp.

5 principaux	figura
	motus
	qualitas
	numerus
	magnitude
ad hanc red.	similitus (motus et quia)
	situs (figura extensio)
	locus (magnitude extensio)

~~5) Omnia reducuntur ad quantitationem.~~ J8th. ad 2

J8th. - III 130 b 13

6) Erreur per se. J8th. 48, ad 2. (Pcti Tr. p. 4, n. 9)
de Ver. I 11. ~~III~~ -

7) Une science qui se contente dans ce domaine ne pourra atteindre
ni la substance, ni la relation. J8th. - III p. 114 b 8-43.

8) Pas de quantités, mais modes. de Trin. I 2. 3 ad 5 (Text. 33)

9. Les sciences seront physico-mathématiques. de Trin. iiii.

8th. Ph. I, 7 a 9: "astrologus non agit de cels et planetis;
ut sunt entia mobilia, sed ut mensurabiles sunt eorum
motus et secundum varios aspectus diversam proportionem
involunt, quod magis pertinet ad mathematicum quam
ad physicum."

10. ~~Les univ. propres sont dérivées des univ. physiques.~~
~~additif (cogit.)~~
~~non-additif (in tens.)~~

10. des sensibles communs ^{pour servir} supposent une comparaison, collatio, un certain discours: "collatio unius ad alterum"; "confere unum alteri et proprius et conaturalis actus ratioris"; cette comparaison fournit un nombre.

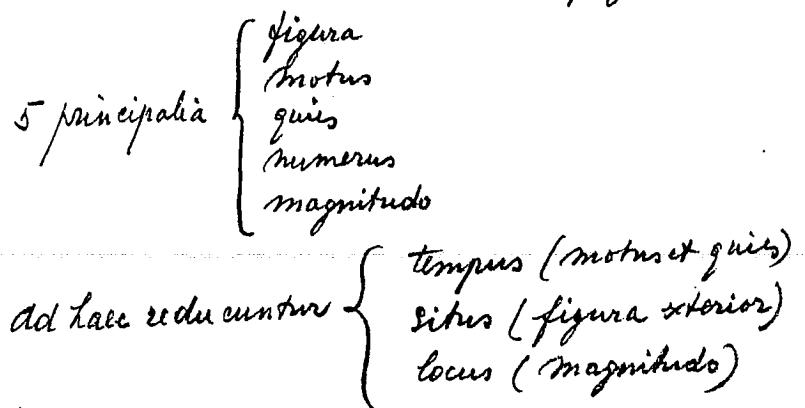
Multiples non coproductum sensu

8th. Ph. III 12 b 32

Multiplicatio per collectionem. Phys. 15 23/4

II Les sensibles communs

1. On distingue trois sortes de sensibles: de *Anima II*, chap. 6.* (S. Thomas, lect. 13, *Tr. g. 17, a. 2*; Jean de S. Thomas, *C. Phil. III, IV P., Q. II, a. II*, pp. 111-12).
2. Les sensibles ^{communs} ne sont pas également communs à tous les sens. — La vue est privilégiée. Cf. S. Thomas, *de Sensu et Sensato*, lect. 2, n. 29.* *Met. I*, lect. 1, n. 8: "Et inde et quod figura..... non autem objectum tactus."*
3. Enumération des sensibles communs: cf. J. de S. Th., ~~lect. 1~~ *C. Phil. III* p. 111 a.



4. "Omnia reducuntur ad quantitatem." *Tr. g. 78, a. 3, ad 2.**
 — (a) sensibles communs comprennent quantités, et modes quantitatifs revêtus, par autres accidents.
 (b) de quantité, premier accident, donne aux autres accidents un mode quantitatif. ~~lors ce rapport et la quantité~~ une quantitatif "commun". Cette communauté "ex parte objecti" fondement de la sensibilité commune "ex parte sensus."
 (c) Le sensible commun, sensible, non ~~pas~~ ^{comme} "specificatum sensum" mais en tant que "modificatum". J. de S. Th., *C. Phil. III* pp. 112-114.
5. Des sensibles communs comprennent tous les prédicaments sauf la substance et la relation ~~qui ne peuvent être saisies que par l'~~ ^{qui} ~~lesquelles~~ ne sont pas sensibles par soi. Cf. J. de S. Th., *C. Phil. III*, p. 114 b 8-43* — Dans la mesure où les sciences expérimentales s'appuient sur les sensibles communs, elles ne pourront alterner ni la substance, ni la relation prédicamentale. (Cependant, ~~comme nous verrons plus loin, par exemple, non~~

parce que, comme nous verrons plus loin, "in solo ~~genere~~ quantitatis genere aliqua significantia ut subjecta, alia ut passiones", la quantité et la quantitatif pourront former au point de vue connaissance, un univers en quelque façon fermé — "absolutum non est mundum".)

6. "Chaque sens, du moins, juge de ses sensibles propres et ne se trompe pas sur le fait même de la couleur ou du son, mais seulement sur la nature et le lieu de l'objet coloré, ou sur le lieu de la nature ou le lieu de l'objet sonore" (de An. II, 6)

(a) Les sensibles propres sont comme des premiers principes dans le genre sensible.

(1) On ne se trompe pas sur le fait de la couleur, etc. Mais la détermination de sa nature et de son endroit se fait à ~~huius unum dicimus~~ une connaissance discursive par rapport à laquelle les sensibles propres restent, en tant que principes, immédiats. "Videre sicut in colorato quatuorvis visibile (in ipsa ratione visibilis): cognoscere autem unde habeat corpus quod sit coloratum, non pertinet ad visum & visum, sed ad discursum." (J. de S. Th., Curs. Theol., (édit. Vives) T. VII, pp. 11 & 17.)

(2) Le sensible commun ne peut être atteint qu'à travers un sensible propre. Par là celui-ci est semblable aux suprêmes "dignitatis" qui sont nécessaires à toute démonstration, mais qui ne sont pas les principes propres d'aucune démonstration. (Post. Anal. I, lect. 17)*

(i) Notez qu'en un sens les sensibles propres sont communs ; le sensible commun ne peut être saisi qu'à travers un propre — pas l'inverse. (Ce point n'est pas signalé par Planck).

(ii) Dans la "reductio ad sensum", les sensibles propres sont "prima" et "ultima". (Cf. Eddington, Nouveaux Sentiers de la Science, p. 3 : "Mais malgré nos efforts... — Textes choisis p. x")*

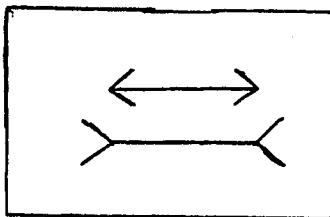
(ii) A parler absolument, les sensibles propres sont antérieurs aux communs lesquels seront propres comme principes dans la physique expérimentale. A ce point de vue, le rapport entre le physicien et la nature et le savant est semblable au rapport entre le métaphysicien et le philosophe de la nature. Cf. Post. An. I, lect. 17, 2.

(b) Quant aux sensibles propres, il n'y a d'erreur que par accident. - ~~La vérité~~
~~Si la vérité dépendait entièrement de la disposition du sens~~ Mais il
y a un rapport sous lequel il n'y a jamais d'erreur en ce domaine:

*Pf. de Veritate, Q. I, a. 11, c. *; Ia, q. 85, a. 6, c. ** - le rapport
sous lequel la vérité ne dépend nullement de la disposition du
sens est le plus fondamental. d'autre implique déjà attribution: la valeur
de celui-ci suppose uniformité de la nature - cette uniformité jamais établie.

7. "Circa sensibile commune per se loquendo potest contingere deceptio etiam
positis illis conditionibus (i.e. quando medium et organum sunt reeck
disposita), ut quando prope nos videmus lignum intra aquam
et videtur ut divisum, et tamen non est distans, neque medium
est indebita dispositum neque organum. Itaque circa sensibilita
communia et per accidens contingit deceptio ex ipsam etatione
falsi sensibilis, quia non apparent sensu per se, sed per aliud,
et ita fundare possunt latentiam unius et apparentiam
alterius, quod est causa deceptionis." *J. de S. Th., Curs. Phil.*
III, p. 130 b 29-38. (S. Thomas, Ia, q. 48, a. 2, c.)

(a) Ces illusions d'optique sont normales. P. ex.:



(b) Cependant, il y a des raisons pour lesquelles nous estimons la seconde
ligne plus longue: les connaître "pertinet ad discursum".

(c) Notez que le jugement portant sur l'exemple donné ~~est fondé sur une~~ ^{se fait dans}
comparaison. *Pf. de Veritate, Q. I, a. 11, c. *: "per quamdam*
collationem". - D'où différence radicale d'avec le sensible
propre.

8. Le sens du terme "collatio" (supra 7 (c)) = "unum alteri conferre", et
difficile à déterminer. Le dénombrement suppose une "collatio":
"numeratio fit per collationem numerorum ad unam primam
mensuram, conferre autem rationis est." *(Phys. I, lect. 23, n. 4)*
Y a-t-il collatio dans la perception du multiple envisagé purement comme
tel? Il semble que oui, car la connaissance du multiple implique
au moins "a n'est pas b et b n'est pas a".

Le nombre étant
comme une différence
du multiple,

(a) Donc, le sensible commun, envisagé purement comme tel,
ne revêt pas nécessairement un aspect numérique bien qu'il
le fonde. (autre exemple: mouvement et repos). Mais il y a toujours
rapport.

(b) La "collatio" chez l'animal se fait par l' "adsumptio": ~~mais alors~~ il y a là aussi une sorte de vérité et d'erreurs, i.e. en un sens purement pragmatique. "Collatio" ~~mais~~ cette "collatio" semble à la "prudence" des animaux. (cf. de *Animals II*, lect. 13, nn. 396-398)* - Ils ne font pas de dénombrement proprement dit.

9. Les disciplines qui s'appuieront sur les sensibles communs seront physico-mathématiques, i.e. formellement mathématiques.

(a) Cf. de *Trinitate*, Q. IV, a. 3, ad 5.*

(b) "Astrologus non agit de *cœlo et planetis*, ut sunt entia *mobilia*, sed ut *mensurabiles* sunt eorum motus et secundum *varios aspectus diversam proportionem induunt*, quod magis pertinet ad *mathematicum* quam ad *physicum*."

J. de *S. Th.*, *Curs. Phil. II*, p. 17 a 9. (La critique cartésienne de la définition aristotélicienne du mouvement part de la confusion de ces deux rapports distincts sous lesquels on peut considérer le mobile).

- Ta f. 11, a. 2, ad 2.
- S. Thomas, Com. in de Cœlo III, lect. 3, n. 7:
"Primum autem (quod punctum non sit grave) probat non est grave."

La série d'opérations et
" (Eddington)

telle. — Qu'est ce que la mesure?
y & W. K. ET AL (Metaph. I, chap. 1,
1052 b 20)
"on la quantité.
im proprie pertinet ad quantitatem."

... insunt, quorum utrumque
natum est esse." (Metaph. I,
lect. 15)

citur ad hoc et eos quanta".
a. I, p. 541a 1-15).

parties intégrales et "quantitatio
i ~~quantitas~~ "partes quantitativa
;" = "partes homogeneae" =
te....". — Sur notion d'home-
ne, a. 2, ad 2.*

comme telle, ne se définit pas
— la mesure interviendra
quantités.

évidemment la (é) au sens Catég., chap.

3. Division de la quantité. (Metaph. I, chap. 13, lect. 15)

(a) les espèces de quantité:

(1) Multitudo sive pluralitas: habet rationem quanti
in quantum numerabilis est.

Déf. de la ~~quantitas~~ du multiple quantitatif: "quod
est divisibile secundum potentiam in partes non
continuas."

Notz: Le multiple quantitatif est prédicamental et fini,
s'appelle nombre. Le multiple infini ne serait

III "La grandeur physique est définie par la série d'opérations et de calculs dont elle est le résultat." (Eddington)

A. Définition et division de la quantité.

1. En physique la notion de mesure est fondamentale. — Qu'est ce que la mesure?
μέτρον γάρ ἐστιν ὃ τὸ η�οσὸν γιγνώσκεται (Metaph. X, chap. 1, 1052 b 20)
La mesure est ce par quoi nous connaissons la quantité.
Qu'est ce que la quantité? "Mensuratio enim proprie pertinet ad quantitatem."

2. Définition de la quantité:

"Quantum est, quod est divisibile in ea, quae insunt, quorum utrumque aut singulum, unum aliquid et hoc natum est esse." (Metaph. I, chap. 13, 1020 a 7; S. Thomas, ibid., lect. 15)

→ " (Tota huius definitionis explicatio) reducitur ad hoc est res quanta." (Q. de S. Th., C. Phil. I, II P., Q. XVI, a. I, p. 541 a 1-15).

Notez :

(a) Définition par divisibilité en parties intégrales et "quantitatives".
Mauvaise définition à cause de "quantitas" "partes quantitativaes"? Rép. : "partes quantitativaes" = "partes homogeneas" = "ea, quae insunt, quorum etc....". — Sur notion d'homogénéité cf. S. Thomas, Ia, q. 11, a. 3, ad 2.*

(b) La quantité, envisagée purement comme telle, ne se définit pas par la mesure, sed à converso. — La mesure interviendra dans définitions des espèces de quantités.

(c) Il s'agit ici de la quantité prédicamentale (cf. aussi Catég., chap. 6).

3. Division de la quantité. (Metaph. I, chap. 13, lect. 15)

(a) Les espèces de quantité:

(1) Multitudo sive pluralitas : habet rationem quanti in quantum numerabilis est.

Déf. de la Multitudo du multiple quantitatif: "quod est divisibile secundum potentiam in partes non continuas."

Notez : Le multiple quantitatif est prédicamental et fini, s'appelle nombre. Un multiple infini ne serait

par finitude. En outre, "secundum longitudinem divisibilis" ne dit pas "fini". C'est pourquoi "in ratione lineae ponitur quod eius extremitates sunt duo puncta." Il faut: "divisibilis in finis" "dans des limites".) — Autres ex.: le nombre, la surface, le corps.

(ii) Quae per se pertinent ad genus quantitatis, et significantur per modum habitus vel passionis ali cuius substantialiter quanti. (cf. supra (i)).

("Significare per modum habitus vel passionis". Habitus et passio qualitas. — "Qualitas importat accidentis, cuius proprium est imponere subjecto determinationem et modum accidentalem". — "Modus est adjacens rei determinatio, i. e. determinatio facta per adjectivum". — ~~per~~ "per modum modi" ~~modum habitus vel passionis~~ "per modum modi" — Donc, "Significantur per modum habitus vel passionis" = "quae significantur per modum eorum quae imponunt subjecto determinationem et modum accidentalem, ut habitus vel passio.")

Exemples:

Significantur per modum substantiae	nombre	beaucoup, peu	Significantur per modum habitus vel passionis
	ligne	long, court	
	surface	large, étroit	
	corps	profond, haut	

Certains modes signifiés comme déterminations de la quantité par soi affectent toutes les espèces de quantités continues, tels le "grand" et le "petit", le "plus" et le "moins", considérés soit absolument, soit comme relations. (Diffic.: car, selon les Catégories, chap. 6, 5b15: "aucune de ces notions n'est une quantité; elles rentrent plutôt dans les relatifs, car elles sont considérées en soi et par soi, n'est dit grand ou petit, mais seulement quelque fait d'être rapporté à une autre chose." — Solution chez S. Thomas, Comm. in de Lacto III, lect. 3, n. 7*)

Ces noms signifiant des modes d'affections de la quantité par soi sont transférés à d'autres choses que les quantités. Ainsi l'on dit "une grande ou ~~la~~ petite bouchée, etc...

pas dénombrable. Mais faut bien noter qu'il s'agit
ici du nombre prédictemental, non du nombre
mathématique (au sens moderne) — car ici nombres infinis.
(Voir infra)

(2) Magnitude sive mensura: habet rationem quantitatis in
quantum measurabilis est. (Pourquoi "sive mensura"?
Parce que la grandeur déjà mesur. Au contraire, la mesure
du multiple, i.e. l'un principe de nombre, pas quantité.)
Déf. de la grandeur: "quod est divisibile in partes continuas".
Les espèces de grandeurs:

(i) "divisibile secundum unam dimensionem secundum
partes continuas": — la longueur.

(ii) "divisibile secundum duas dimensiones secundum
partes continuas": — la largeur.

(iii) "divisibile secundum tres dimensiones secundum
partes continuas": — la profondeur.

Notez: Comme telles, ces grandeurs ne sont pas quantitatives,
au sens prédictemental. Faut y ajouter la raison de
measurabilité, donc finitude. D'où les définitions
suivantes:

(i) longueur finie = la ligne = longueur mesurable.

(ii) largeur finie = surface = largeur mesurable.

(iii) profondeur finie = corps = profondeur mesurable.

(b) Les modes quantitatis.

~~Def. de "modus" = "modus significandi"~~
Les modes de la quantité sont de deux sortes: "id quod est
quantum per se", telle la ligne; "id quod est quantum
per accidens", tel ~~musicien~~ "le musicien".

(1) Le "quantum per se": de deux sortes:

(i) Quae significantur per modum substantiae et subjecti:

i.e. in quorum definitione ponitur quantitas. —

Ex.: la ligne, car, déf.: "quantitas continua
secundum longitudinem divisibilis finita."

(Diffic.: pourquoi ajouter "finita"? Rép.: "Quantitas"
pris au sens défini supra A-2.(b). Donc genre déterminable.

Remarque. S. Thomas signale ici (n. 983) une importante propriété de la quantité: "Secundum autem..... ut passiones." ("Quidam" i.e. les pythagoriciens et les platoniciens. Ratio: un principe de nombre = un transcendantal. cf. Phys. III, lect. 6; VII, lect. 8) — Pour une explication approfondie de ce passage, cf. J. de S. Th., C. Phil. II, III P., Q. IX, a. IV, pp. 781 et sq. — C'est pourquoi la quantité, bien qu'accident, peut être le sujet d'une science, la mathématique au sens classique; ~~alors que~~ les autres accident non ~~ne peuvent être le sujet d'une science~~. — Aussi cette propriété de la quantité nous permettra de parler de la grandeur d'une ligne.

- (2) Les modes de la quantité par accident: ils sont de deux sortes: selon qu'ils sont dits quantitatifs ou quantitifs:
- (i) Ex hoc solo quod sunt accidentia alicuius subjecti quantitatifs
C'est ainsi que nous disons quantitatifs le blanc et le rouge parce qu'ils sont dans un sujet quantitatif.
- (ii) "non ratione subjecti, in quo sunt, sed ex quod dividuntur secundum quantitatem ad divisionem alicuius quantitatis..... priori pertinuntur." (n. 985) — Ce numero et le suivant soulèvent des difficultés auxquelles nous ne pouvons nous arrêter ici: (On peut consulter J. de S. Th., C. Phil. I, II P., Q. XVI, a. III, pp. 565 et sq.)

copie n°