

Vladimir Vernadsky

**L'étude de la vie et
la nouvelle physique**

Vernadsky.fr

Vive le matérialisme dialectique!

I

La révolution, qui dans notre XXème siècle s'opère dans la physique, soulève devant la pensée scientifique la nécessité d'une nouvelle révision des représentations biologiques fondamentales. Il paraît que c'est pour la première fois qu'il devient possible d'élever, dans le cosmos construit par la science, les phénomènes de la vie à un rang important. C'est pour la première fois au cours de trois siècles que s'entrouvre la possibilité de vaincre les profondes contradictions créées par la marche historique de la pensée, existant entre le cosmos scientifiquement construit et la vie de l'humanité ; entre la conception du monde ambiant lié avec la conscience de l'homme et son expression scientifique. Cette contradiction pénètre notre vie intellectuelle depuis le XVIème siècle ; nous la sentons profondément à chaque pas. Ses conséquences sont innombrables.

Il importe donc de suivre attentivement et de méditer le développement de la nouvelle physique, car les changements produits dans notre vie grâce à la création du nouveau tableau scientifique du Cosmos — conséquence de la nouvelle physique — dans lequel la contradiction avec le sentiment humain n'existera pas, ces changements croissent avec les progrès de la physique.

Cette révolution doit en une non moindre mesure se répercuter sur l'instrument essentiel de la pensée scientifique — le travail scientifique courant, la psychologie des chercheurs. Car il s'est formé, comme on le verra, une inconformité frappante dans le cours des derniers siècles entre le tableau scientifique du monde et le travail scientifique sur lequel il s'appuie.

Ainsi nous assistons à un des plus grands processus dans la marche de la pensée scientifique, à une des crises séculaires de la conscience humaine.

II

Notre tableau scientifique du Cosmos tire sa genèse de l'époque de la Renaissance.

Au XVIème siècle Giordano Bruno (1548-1600) exprima nettement l'infini de l'univers et la petite place qu'y occupe notre Soleil, sans parler de la Terre. Nicolas de Cues (1401-1464) l'avait compris et exprimé un siècle avant lui. Bruno dit avec plus de clarté que les autres ce qui dans ces temps s'élevait dans tous les recoins de la conscience humaine. De fait, la construction de Bruno ne fut pas une acquisition scientifique, mais il tira des conclusions philosophiques sans précédent des nouvelles découvertes scientifiques, conclusions qui dépassèrent ce qui était scientifiquement connu, et qui se trouvèrent d'accord avec le développement ultérieur de la connaissance scientifique. Tout le concept scientifique de l'univers en fut changé de façon radicale. La tradition de milliers d'années fut brisée.

Les constructions philosophiques déduites des nouveaux faits et des généralisations empiriques scientifiques devancèrent de quelques générations les acquisitions ultérieures de la pensée scientifique exacte.

Se basant sur le télescope une nouvelle conception, un nouveau sens scientifique de l'Univers se développa dans le cours d'un petit nombre de générations — Copernic, Kepler, Galilée, Newton brisèrent dans le cours de quelques décades le lien séculaire qui s'était formé entre l'homme et l'Univers.

Le tableau scientifique de l'Univers embrassé par les lois de Newton ne laissait de place pour aucune manifestation de la vie, tandis qu'il paraissait avoir atteint les limites de la perfection scientifique.

Non seulement l'homme, non seulement toute vie, mais notre planète entière se perdit dans l'infini du Cosmos. Jusque-là, l'homme et par lui les phénomènes de la vie occupaient une place, centrale dans le Cosmos, dans les constructions scientifiques, philosophiques, religieuses et artistiques ; dans la fin du XVIIème siècle toutes ces représentations disparurent des concepts scientifiques de l'Univers.

Prêtant au monde des dimensions excessives, le nouveau concept scientifique de l'Univers semblait diminuer en

même temps, l'homme avec ses intérêts et ses conquêtes, diminuer tous les phénomènes de la vie, jusqu'à une espèce de détail insignifiant dans le Cosmos.

Il semblait que plus la pensée de l'homme se développait, plus un tel Cosmos scientifiquement construit, totalement étranger et inconcevable à tout ce qui vit, à toute personnalité de l'homme et à sa vie, se manifestait avec plus de vigueur et de clarté.

Après Newton ce tableau de l'Univers, dénué de vie, pénétré par la pensée scientifique s'établissait incessamment davantage en dehors de toutes représentations philosophiques et religieuses grâce à l'observation scientifique de la nature ambiante.

Son importance s'est surtout développée aux époques du grand succès de l'astronomie stellaire.

La première de ces époques tomba sur la fin du XVIIIème, le commencement du XIXème siècle, époque de W. Herschel et de sa sœur Caroline Herschel, qui découvrirent un monde nouveau et manifestèrent pour la première fois la régularité de sa construction, en particulier l'existence d'un nombre infini de nébuleuses, de systèmes stellaires cosmiques.

Nous traversons la seconde époque actuellement, au XXème siècle. Ce nouvel épanouissement de l'astronomie stellaire est en grande partie dû, d'une part aux puissantes nouvelles méthodes d'observation développées avec un élan sans précédent par les observatoires américains, d'autre part à l'adoption immédiate des observations scientifiques par la physique. Les nouvelles découvertes astrophysiques pénètrent la nouvelle physique et sont toujours dirigées davantage par ses constructions.

C'est ici que gît la distinction radicale des nouveaux progrès de l'astronomie stellaire de ceux des généralisations scientifiques précédentes, de Hipparque, de Ptolomée, de Brahe, des Herschel, des Struve.

Des voix s'élevaient sur le champ et sans cesse, aux XVIIIème et XXème siècles du milieu scientifique et de celui des gens instruits, qui indiquaient avec inquiétude la futilité de la vie, ainsi que de tous les grands élans humains, futilité qui semblait découler du tableau grandiose du Cosmos. Ces dispositions d'esprit trouvaient leur justification dans les cosmogonies basées sur ces observations. L'astronome anglais M. Jeans les exposa encore dernièrement dans ses discours qui attirèrent l'attention du monde entier. La fragilité et la nullité de la vie, son accidentalité dans le Cosmos paraissent trouver des confirmations toujours nouvelles par suite des progrès de la science exacte.

Mais ce nouveau développement du tableau scientifique de l'Univers, érigé dans les cadres anciens de la pensée scientifique, rencontra aujourd'hui pour la première fois un autre courant plus profond de la conception du monde, qui changea de façon radicale le tableau du Cosmos obtenu empiriquement.

Ce n'est ni l'analyse philosophique, ni le sentiment religieux, mais la pensée scientifique qui commence à introduire des corrections, à éclairer de façon nouvelle le tableau scientifique du Cosmos, depuis longtemps connu, étranger à la vie humaine.

Basé sur des généralisations et des théories astrophysiques ce tableau change, inopinément pour les contemporains, grâce à l'influence de la profonde révolution que subissent les constructions fondamentales de la physique.

Une vague nouvelle de la nouvelle construction scientifique de l'Univers s'élève. Elle met ces contradictions brûlantes existant depuis des siècles dans des cadres nouveaux.

III

L'homme ne pouvait jusqu'à présent autrement résoudre les contradictions qui existent entre sa propre conception du monde et celle du tableau scientifique qu'en s'adressant à la philosophie, ou à la religion.

Dans le cours de nombreux siècles le savant qui ne se réconciliait pas de ce que ni lui, ni tout ce qui vit —

conscience, pensée, intelligence, — tout ce qu'il y a de plus haut pour lui, ne se répercutait sous aucunes formes dans le tableau scientifique du Cosmos, ne pouvait introduire de corrections dans la construction du Cosmos, — créée par la science, qu'en les empruntant à d'autres domaines de la vie spirituelle de l'humanité, celui de la philosophie, de la religion et en partie de l'art.

Demeurant sur le terrain du concept scientifique il devait accepter le tableau du Cosmos, étranger à la vie, et traiter d'erreur et d'illusion l'importance qu'il prêtait toujours dans la vie à l'intelligence à la conscience, à tous les êtres vivants auxquels il appartenait lui-même.

Devant l'impossibilité de réduire de fait scientifiquement les phénomènes de la vie aux phénomènes physico-chimiques, pris pour base du tableau du Cosmos des temps récents, il s'éleva un grand courant dans le milieu scientifique et celui des gens instruits, qui proclamait qu'on y arriverait tôt ou tard, sans changement radical des fondements qui étaient considérés comme inébranlables.

On estimait que l'intelligence, la conscience, les propriétés les plus élevées de la vie devaient être réduites de front avec tous les autres processus physiologiques, aux processus physico-chimiques, faisant partie de la structure du Cosmos. On considérait que toutes les manifestations philosophiques, artistiques, religieuses de la conscience humaine entreraient sans restes dans les cadres de l'Univers scientifique de Newton.

La pensée philosophique ne se réconciliait jamais avec une telle représentation ; l'analyse des philosophes et d'un grand nombre de savants qui avaient réfléchi sur les fondements de leurs connaissances était arrivée à la conclusion que cette représentation ne découlait pas des connaissances scientifiques, et qu'elle n'était dans son essence que de la foi, qui s'appuyait sur des représentations philosophiques et même métaphysiques.

Des admissions philosophiques, étrangères à la science exacte, constituent la base d'une autre tentative d'explication scientifique, ayant pour but de se rendre maître des contradictions, l'admission de forces ou de formes d'énergie ou d'entéléchie particulières dans les phénomènes de la vie, étrangères au monde inanimé.

Ces représentations vitalistes ne purent également entrer de façon durable dans la pensée scientifique, car leurs racines ne se trouvent pas dans les matériaux empiriques et exactes des faits et des généralisations scientifiques, mais ont été introduites dans la science par des constructions et des recherches philosophiques étrangères.

En se basant sur l'analyse seule du contenu fondamental de la science, faits scientifiques et généralisations empiriques déduites de ceux-ci, et s'appuyant sur eux seuls, le savant fut forcé d'admettre qu'il n'existait pas de fondement réel pour la foi de ce que les phénomènes physicochimiques du tableau de l'univers de Newton fussent suffisamment profonds et vastes pour embrasser tous les phénomènes de la vie et qu'il était impossible en même temps de déduire de ceux-ci, de leurs matériaux empiriques, des représentations vitalistes qui eussent complété le tableau de l'Univers.

A part l'analyse logique des bases de la connaissance scientifique et de l'univers scientifiquement construit, c'est l'observation de l'histoire des connaissances scientifiques des derniers siècles qui devait lui donner cette conviction.

En réalité l'explication de la vie donnée par les schémas de la conception dominante de l'univers scientifique n'a pas fait de progrès dans le cours de tous les siècles passés. Le même abîme se dresse entre la matière vivante et non vivante, la matière brute, que dans les temps de Newton. Les schémas et les constructions des systèmes physico-chimiques du Cosmos de Newton n'ont jusqu'ici pas réussi à expliquer scientifiquement la conscience, l'intelligence et la pensée logique.

Le savant devait chercher une issue de ces contradictions soit dans la pensée philosophique ou religieuse, soit dans la reconstruction de l'Univers scientifique, dans laquelle les phénomènes de la vie exprimés dans les faits scientifiques et les généralisations empiriques, devaient être inclus, de front avec d'autres manifestations de la réalité.

Malgré la conviction communément répandue de l'immutabilité de la représentation scientifique moderne de l'Univers, malgré sa précision très perfectionnée dans ce dernier siècle, cette représentation n'a pas acquis dans ses fondements la durabilité ni l'autorité suffisante pour que la place que la vie y trouve puisse être considérée comme prouvée, et que le savant, demeurant seulement sur le terrain des connaissances scientifiques, dût s'humilier dans son orgueil, se soumettre et reconnaître la futilité et la nullité de la vie dans le Cosmos.

La pensée religieuse et philosophique prêtait une tout autre place à la vie dans l'Univers. Les recherches philosophiques se développaient incessamment dans le cours de ces trois siècles (et quel développement cela fut!) dans le sens inverse à celui du tableau scientifique du monde, tandis que les constructions religieuses changeaient sans cesse les éléments qui entraient en collision avec la pensée scientifique.

La conscience des phénomènes de la vie et de leur immense importance dans le Cosmos s'est simultanément approfondie dans la philosophie, dans la création religieuse et dans la vie de l'humanité.

L'évolution de la pensée scientifique a dans ce milieu spirituel, petit à petit, et insensiblement pour les contemporains, rongé la foi en la possibilité d'inclure les phénomènes de la vie dans le tableau scientifique de l'univers sans le changement radical de celui-ci.

Mais il y a davantage. Le changement dans ce sens, était fatalement préparé par un nouveau phénomène — le développement et la structure nouvelle de l'organisation scientifique de l'humanité.

Il s'agit de ce qui suit.

Avec la marche du travail scientifique, après les brillants succès remportés aux XVIIIème et XIXème siècles par les sciences naturelles descriptives, et la pénétration des méthodes scientifiques précises dans le domaine des sciences humanitaires aux mêmes siècles, la place occupée par le tableau scientifique du Cosmos dans le savoir scientifique, diminue sans cesse. En effet le tableau du Cosmos n'est accompli que par un petit nombre devenant toujours plus restreint de savants explorateurs. Une part toujours croissante de l'opiniâtre travail de l'humanité perd son lien avec le tableau de l'Univers scientifiquement créé.

La face de la science s'est complètement transformée dans le cours des deux siècles et demi qui suivirent les *Principia Philosophiæ naturalis* de Newton ; des sciences entières furent créées qui n'avaient pas existé de son temps, et la masse écrasante de ces nouvelles sciences est en rapport avec l'étude de la vie et de l'humanité en particulier.

Il n'est pas-douteux que bien au-dessus de 9/10 de tous les savants travaillent dans des domaines de la science n'ayant aucun rapport avec le tableau du Cosmos, faussement considéré comme résultat du travail scientifique entier.

Ils ne sont nullement intéressés en ce tableau et ne se rencontrent pas avec lui dans le cours de toute leur activité scientifique. Son changement ne se ressent pas dans le domaine de leurs connaissances. Ils s'en passent entièrement.

Cela se manifeste de manière frappante dans l'histoire des sciences biologiques du XIXème siècle par exemple. La théorie de l'évolution des espèces qui joue encore un rôle si important dans les conceptions des 70 dernières années, et dans la vie entière de l'humanité, n'entre pas dans le tableau scientifique du Cosmos — la vie n'y étant pas représentée.

L'histoire de la théorie de l'évolution n'est pas encore écrite de ce point de vue mais elle est très curieuse et produit un tout autre effet sur nous aujourd'hui qu'elle ne l'avait fait de son temps sur les personnes qui avaient participé à sa création. Elle a animé les représentations évolutionnistes cosmogoniques, mais s'est trouvée en vive opposition avec les recherches physico-chimiques de la biologie. Sa concordance avec le Cosmos de Newton, c'est-à-dire la possibilité de la réduire complètement aux principes physicochimiques constituant la base de ce Cosmos, paraissait tout le temps douteuse. Peut-être plus douteuse aux temps de C. Darwin qu'à l'époque ultérieure. Dans tous les cas elle a exercé une grande influence sur la pensée scientifique et n'a pas figuré sur le tableau scientifique de l'Univers.

Nous sommes sur un tournant en ce moment. Il est possible que la marche inconsciente du travail scientifique des dernières décades se mouvait dans un sens qui détruisait la foi en la possibilité de réduire les phénomènes de la vie aux paramètres du Cosmos de Newton.

V

Le terrain s'y préparait inconsciemment dans la psychologie des travailleurs scientifiques, en partie par suite des progrès de la théorie de l'évolution, comme nous le voyons maintenant.

La science n'est pas une entité abstraite, se suffisant à elle-même, avec une existence indépendante. C'est une création de la vie humaine et n'existe que dans cette vie. Son contenu n'est pas limité par les théories scientifiques, par les hypothèses, les modèles du tableau de l'univers créé par eux. Ce contenu est principalement constitué de faits scientifiques et de leurs généralisations empiriques. Le contenu réel de la science, c'est le travail scientifique des individus vivants.

Ces individus vivants, travailleurs scientifiques, constituent la science, comme un phénomène social : leur disposition d'esprit, leur maîtrise, le niveau de leur compréhension et leur satisfaction du travail accompli, leur volonté — cette opinion scientifique mondiale — sont les facteurs essentiels de la marche historique des connaissances scientifiques.

La science est une création sociale complexe de l'humanité, unique et incomparable à quoi que cela soit, elle porte un caractère universel bien plus que la littérature et l'art, et a peu de rapports avec les formes de la vie de l'État et de la société. C'est une formation sociale mondiale, car la force des faits et des généralisations, également obligatoires pour tout le monde constitue sa base.

Il n'existe rien de tel dans aucun autre domaine spirituel de la vie humaine.

La science est constituée de personnalités vivantes, liées par cette obligation universelle. C'est pourquoi il n'est nullement indifférent que le résultat théorique fondamental de leur travail soit étranger et n'ait pas de rapport avec le travail scientifique de la masse écrasante des personnalités vivantes et pensantes qui construisent la science.

Nous voyons cela à l'époque actuelle. Le contenu du travail scientifique ne se réfléchit pas dans sa plus grande, son écrasante part sur le tableau scientifique de la Nature.

Cela ne peut durer que parce que la foi en ce que le travail scientifique des savants finira par être lié avec le tableau scientifique actuel de l'univers et ne lui sera pas contraire, que cette foi se maintient encore. Beaucoup de personnes s'y attendent en s'occupant de leurs travaux spéciaux et en ne s'inquiétant pas de l'avenir.

Si la foi disparaît, la contradiction entre le contenu de la science et le résultat de son travail se posera devant les investigateurs et demandera à être résolue.

Les savants en bloc ne peuvent se réconcilier avec la solution religieuse ou philosophique de la contradiction. Ils chercheront une solution scientifique.

VI

La science est un bloc unique et tous les domaines de sa compétence sans exception sont étroitement liés entre eux. Cette généralisation empirique est tellement rigoureuse qu'elle ne peut être changée par la volonté individuelle.

Il y a plus. On peut dire, en empruntant la comparaison à un autre domaine de la vie humaine, que la science est profondément démocratique. Tous les travaux qui s'y effectuent sont équivalents dans leur fond, car *sub specie aeternitatis* la science ne comprend rien d'important, ni de non important, ses efforts mènent tous à la même et unique variété scientifique, à l'unique, obligatoire pour tous sans exception, compréhension scientifique du milieu ambiant.

Cette conviction entraîne de la façon la plus profonde et fatalement tous les travailleurs scientifiques.

Mais la foi en ce que le travail scientifique produit par la majeure part des investigateurs scientifiques, que les phénomènes ayant rapport à l'étude de la vie finiront à la longue par pénétrer dans le tableau scientifique de l'univers sans y produire des changements fondamentaux, cette foi prête irrévocablement dans l'opinion des savants une valeur nettement différente à divers domaines des connaissances scientifiques.

Il en résulte une vive instabilité dans l'organisation scientifique de l'humanité.

L'admission du primat de par leur essence des sciences mathématiques, astronomiques, physico-chimiques qui seules exercent une action sur la compréhension des bases fondamentales du tableau scientifique de l'Univers actuel — espace, temps, matière, énergie, — cette admission qui a souvent été exprimée, mais n'a jamais réellement pénétré le milieu scientifique, elle ne peut être durable.

Elle ne le peut pas par suite du nombre toujours croissant des travailleurs occupés par l'étude des phénomènes vitaux, par suite de ce que les résultats de leur travail scientifique acquièrent une influence toujours plus vive sur la pensée scientifique et de ce que leur travail dépasse pour la pensée scientifique en valeur celui des constructions du tableau scientifique du Cosmos. L'histoire des idées évolutionnistes du siècle précédent, que j'avais déjà indiquée, est instructive de ce point de vue.

Des doutes s'élèvent chez le naturaliste ne lui permettant pas d'admettre la primauté des sciences mathématiques, astronomiques et physico-chimiques, primauté inspirée par l'édifice moderne de l'Univers scientifique.

Deux conclusions doivent inévitablement soulever les doutes du naturaliste empiriste.

Est-ce que les sciences de la vie ne peuvent effectivement pas changer les représentations fondamentales de l'Univers scientifique de façon radicale, représentations de l'espace, du temps, de l'énergie, de la matière, et cette liste des éléments fondamentaux de notre pensée scientifique est-elle complète ?

Le naturaliste peut-il sérieusement admettre que l'intelligence de l'*Homo sapiens faber* soit dans l'évolution des espèces la manifestation finale, maximale des acquisitions spirituelles des êtres organisés? Ou bien faut-il croire que seules des possibilités spirituelles transitoires de la vie se soient manifestées devant nous sur la Terre à l'époque géologique actuelle et qu'il existe de plus hautes manifestations dans ce domaine dans quelque point du Cosmos?

Sans réponse négative de la science à ces questions qui surgissent immanquablement — la foi en la réalité du tableau de l'univers contemporain ne peut embrasser qu'un nombre comparativement restreint de travailleurs scientifiques.

D'ailleurs les savants n'habitent pas une île isolée. Un grand travail créateur de l'humanité s'effectue autour d'eux — en bien de choses fécond — dans d'autres domaines de l'esprit, dans la religion et surtout dans la philosophie, absolument contraire à la conception scientifique, créée dans les derniers siècles.

Tout cela agrandit la contradiction qui existe entre le travail scientifique et son résultat fondamental, officiel.

Actuellement l'organisation scientifique de l'humanité manque de stabilité nécessaire et le résultat du travail scientifique se désunit toujours davantage de son contenu dans la conscience des savants dont le nombre croît toujours.

VII

Une fois qu'une telle instabilité de l'instrument capital des connaissances scientifiques est reconnue, cela ne peut durer.

Cet état de choses commence à changer brusquement cette dernière décade, par suite d'un nouvel événement de premier ordre — le changement radical des sciences physiques, astronomiques en partie.

L'espace, le temps, la matière, l'énergie se distinguent nettement pour le naturaliste de l'année 1929 de l'espace, du temps, de la matière, de l'énergie du naturaliste de 1900.

Ils ne sont pas seulement différents, il est évident qu'ils ne peuvent servir à la construction scientifique du Cosmos, même sous la forme nettement changée sous laquelle ils se manifestent actuellement. De nouvelles notions pénètrent dans la physique qui attirent nécessairement l'attention des physiciens sur les phénomènes de la vie. Car il se trouve que ces nouvelles notions sont exprimées avec plus de netteté et de clarté dans les phénomènes de la vie que dans les objets ordinaires des investigations physiques. Ces traits, ces éléments de la construction négligés dans le tableau scientifique de l'univers, qui changent sa forme Newtonienne ne peuvent évidemment être ni saisis, ni étudiés que si l'on introduit sous telle ou autre forme les sciences de la vie dans le tableau de l'Univers.

Il est en même temps curieux que des traits de la vie qui avaient peu attiré l'attention des biologistes, saillent aujourd'hui au premier rang des phénomènes de la vie.

Il me semble que le profond et croissant changement qui s'effectue dans les sciences de la vie sous l'influence de la crise de la physique devient clair par là.

Avant de passer au problème des conceptions fondamentales de la vie, exigeant actuellement de l'attention et de la précision en rapport avec la crise qui a lieu dans la marche historique des sciences physiques, je dirai quelques mots sur les traits caractéristiques de cette crise.

VIII

Comme je ne puis évidemment pas m'arrêter ici de façon détaillée sur les changements ayant lieu sous nos yeux dans les notions fondamentales de la physique je ne m'occuperai que de quelques problèmes du processus historique qui se déroule, problèmes qui me seront nécessaires dans l'exposé ultérieur.

L'essentiel c'est le changement complet des notions telles que espace, temps, gravitation, énergie, matière. La force de la gravitation universelle, agissant instantanément sur toute-distance considérable, disparaît sans traces de notre pensée. L'espace et le temps sont inséparables et pour comprendre les phénomènes physiques on est forcé d'utiliser géométriquement l'espace non de trois, mais de quatre dimensions. La limite séparant l'énergie de la matière s'efface. L'énergie se propage par des sauts sévèrement déterminés — les quantes.

Le revirement des opinions et des représentations se produit avec une grande célérité, en pleine instabilité. Les physiciens pensaient encore, au début de notre siècle tout autrement qu'aujourd'hui. Je me souviens d'une conversation que j'eus il y a de ça plus de 20 ans avec P. N. Lebedeff, l'éminent physicien russe, qui me disait ne pouvoir parler avec sécurité que de l'éther. C'était à l'époque où la notion de l'électron commençait à entrer dans la physique. Actuellement les physiciens fâchent de ne pas parler de l'éther et il y en a qui doutent de son existence même.

A cette époque, au début du siècle, l'aurore des représentations dynamiques de la matière et de l'énergie semblait s'épanouir de front, avec Féther. Certains savants, de grands érudits, possédant une érudition philosophique, par exemple W. Ostwald père, considéraient que la représentation atomistique de la matière était définitivement enterrée. On tâchait de l'expulser de la chimie (Wald).

Il se trouve que les contemporains n'avaient pas compris le processus de la pensée scientifique qui se développait avec leur participation.

En deux, trois ans, la représentation atomique atteint un succès sans précédent, devient dominante.

Il n'y a de ça qu'une année ou deux qu'on entendait souvent affirmer que l'existence de l'atome était réellement prouvée aujourd'hui et que la théorie atomique de la matière n'était plus une théorie, mais un phénomène naturel qu'on pouvait sentir. La théorie de l'atome de Bohr-Rutherford paraissait être définitivement régnante. Or ce règne

arrive à son terme. L'atome commence à s'effacer aujourd'hui dans notre esprit, on parle de la théorie ondulatoire de la matière, d'une part ; de l'autre, de l'impossibilité de réduire les phénomènes au mouvement du point dans les sections de la physique qui traitent de la physique de l'atome, des plus fines particules. Plus la détermination de la vitesse du mouvement des particules sera exacte dans ces phénomènes, d'autant moins d'exactitude pourra avoir la détermination de sa position géométrique. Les lois mécaniques du mouvement du point ne peuvent-être appliquées à ces phénomènes avec une exactitude suffisante.

Les représentations dynamiques antiques renaissent sous une nouvelle forme, aussi étrangère à l'ancienne que l'atome physique du XX^{ème} siècle l'est de celui de Gassendi.

Le changement que subissent les opinions est très brusque ; il ne s'y est pas encore établi de stabilité, nous vivons probablement longtemps dans la fermentation des idées qui caractérisent l'état actuel de la physique. C'est précisément cette fermentation qui aura de l'influence sur les sciences voisines. Il n'y avait pas de place pour les processus irréversibles dans les phénomènes physico-chimiques embrassés par la théorie scientifique dans le tableau de l'Univers newtonien, qui avait régné, au début de notre siècle. Tous les processus naturels y étaient toujours considérés de fait comme réversibles. Ce principe constituait la base de la représentation scientifique du Cosmos du XIX^{ème} siècle. Dans les cas où ils faisaient l'effet d'être irréversibles, on supposait une irréversibilité apparente, on admettait un développement très lent — jusqu'à l'absurde — du processus réversible, ce qui permettait de se tirer habituellement plus ou moins heureusement des difficultés, créées par l'expérience et l'observation. Les processus irréversibles joueront aujourd'hui un autre rôle dans la physique — rôle probablement très important. Cette admission est d'une grande portée pour les problèmes qui nous occupent. Toutes les conclusions n'en sont pas encore tirées. Il est possible que les processus irréversibles soient dominants dans l'Univers, car ils paraissent constituer l'essence des phénomènes dans la physique moléculaire, dans la physique des phénomènes microscopiques, dans les phénomènes de la chaleur et de l'énergie rayonnante, de la lumière.

Non moins importante est la distinction des lois statistiques et des lois traitant les éléments mêmes des processus physiques. J'ai déjà fait mention des atomes qui leur répondent et des particularités de l'application à ceux-ci des lois du mouvement du point.

C'est un phénomène commun à tous les processus ayant lieu dans la structure de l'Univers interne — moléculaire ou microscopique selon l'expression moderne — pour des régions où la gravitation universelle hypothétique n'a jamais pu pénétrer.

C'est ici un cas où la loi de la causalité, dans le sens habituel, paraît cesser d'être applicable ou ne l'est pas réellement. Cette loi de la causalité est l'alpha et l'oméga du tableau de l'Univers newtonien. L'idée sur laquelle elle repose fut exprimée avec clarté par Laplace dans son admission de la possibilité d'embrasser l'Univers en une formule unique dont la solution permettrait de calculer le mouvement des planètes, le développement de la pensée, le mouvement du roseau et le changement des états des nébuleuses en spiral. Un tel déterminisme disparaît pour une catégorie déterminée de phénomènes physiques dans la physique moderne. Ce n'est pas pour rien que quelques physiciens y ont perçu non seulement une analogie avec l'individu du biologiste, mais un phénomène de la même catégorie logique. Dans le meilleur cas des coefficients imprévisibles du point de vue quantitatif feront partie de la formule classique de Laplace.

Il n'y a rien de grand ni de petit dans la nature. Si l'on admet un écart quelconque dans l'action de la causalité — par exemple l'impossibilité de tout exprimer par les lois du mouvement — on sera inévitablement forcé de venir à la même admission dans d'autres cas.

Les analogies entre les infiniments petits du monde des molécules et les corps et les espaces grandioses du milieu stellaire sont nombreuses et réelles. Il faut toujours avoir cette correction en vue.

La nouvelle physique commence à admettre aujourd'hui par l'intermédiaire de ses nombreux représentants, le principe détruisant dans sa racine même la représentation de l'infinité du Cosmos, que Bruno avait fait pénétrer dans la compréhension de l'Univers des temps modernes. L'idée des bornes possibles du Cosmos, le fini de son espace commence à entrer dans les représentations scientifiques sous une nouvelle face. Certes les dimensions de ce Cosmos sont très vastes. Ils ne sont pas au-dessous du volume dont le rayon est égal à 10^{17} - 10^{18} kilomètres,

c'est-à-dire de quintillions de kilomètres, mais l'important ne réside pas dans les dimensions, mais en ce que le volume du monde a des limites, qu'il est borné. C'est là que réside leur importance immense. Nous nous rapprochons par là du moyen âge, de Dante avec son univers limité, plus que de l'espace infini des savants des XVI-XIX^{ème} siècles.

Le changement va plus loin. Nous nous rapprochons évidemment de la distinction entre l'espace physique et l'espace géométrique. Le principe de la symétrie commence à pénétrer la physique, on ne peut par exemple autrement comprendre le problème récemment posé pour but de l'investigation expérimentale la vitesse de la propagation de la lumière est-elle identique dans les deux sens de la même ligne.

Certes toutes ces nouvelles acquisitions et ces hardiesses ne se maintiendront pas dans la science ; ce qui y importe c'est que l'ancienne représentation newtonienne de l'Univers ait donné une fissure, sa certitude scientifique en est ébranlée et un essaim infini et sans cesse croissant de nouvelles représentations fait par cette fissure entrouverte une irruption toujours plus rapide.

La représentation scientifique de l'Univers qui repose sur la gravitation universelle et sur les phénomènes physico-chimiques, dont on avait parlé et auxquels on avait pensé dans le cours de trois siècles — doit s'écrouler.

Le tableau scientifique de l'Univers basé sur la gravitation universelle, sur la possibilité d'exprimer scientifiquement tout le mouvement ambiant des particules par les processus réversibles, par un déterminisme rigoureux calculé d'avance, ce tableau change et ne répond pas aux faits. L'individuel commence à pénétrer dans le monde des phénomènes physiques.

Les éléments du Cosmos qui constituent son existence, considérés en coupe microscopique, ont, il se peut, des analogies profondes avec les individus, les organismes de la vie.

L'ordre de la Nature est autre qu'on ne l'avait cru. Celui auquel on avait pensé réduire toute l'ambiance s'est trouvé en dernière analyse trop simplifié et approximatif.

IX

Ce changement radical des représentations physiques fondamentales doit immanquablement avoir une répercussion nette sur la position des phénomènes vitaux dans l'édifice de l'Univers scientifique, car un grand nombre d'admissions de la nouvelle physique n'est nulle part exprimé avec autant de netteté que dans les phénomènes de la vie. Tel par exemple le caractère irréversible, dans le temps, des processus physico-chimiques, observé dans les organismes vivants. Le cycle irréversible dans le temps des phénomènes caractérise la vie à un degré inconnu dans la nature brute qui nous entoure. L'irréversibilité caractérise la vie de l'individu, et est nettement exprimée pour nous dans sa mort. L'irréversibilité n'est pas moins nettement exprimée dans le processus de l'évolution des espèces dans le cours des temps géologiques. Le processus irréversible de l'évolution ; sa direction déterminée dans le même sens unique peut être suivie de l'algonque jusqu'au jour actuel.

C'était certes depuis longtemps connu, mais on n'y attribuait pas d'importance, bien qu'on comprît sa contradiction avec l'affirmation de la possibilité de réduire les phénomènes de la vie aux processus physico-chimiques admis dans l'univers newtonien. C'est une manifestation très habituelle du manque de plénitude de notre analyse logique dans le domaine de la pensée scientifique ; peut-être inévitable en présence de la complexité du Cosmos et de la faiblesse de l'instrument scientifique, nous servant à pénétrer dans l'inconnu.

Les phénomènes de la vie, de la radioactivité, de l'intérieur des étoiles, sont probablement les manifestations les plus nettes des processus irréversibles dans la nature ambiante. Ce type de processus trouve son expression la plus distincte dans les phénomènes de la vie.

Or cette expression si nette d'un phénomène physique de nature absolument cosmique dans les processus vitaux n'est pas accidentelle, ni unique. Le même fait est observé dans les propriétés de l'espace il peut aussi être marqué dans les processus énergétiques, dans les propriétés de la matière qui construisent la matière vivante.

Ces répercussions de la vie dans les notions fondamentales de l'Ordre de l'Univers nous induisent à introduire les phénomènes de la vie dans l'univers de la nouvelle physique.

En présence de l'unité de tout ce qui vit, de la vie, on ne peut savoir où s'arrêtera la pénétration du Cosmos scientifiquement construit par les phénomènes liés avec la vie. L'avenir y est probablement gros de grandes surprises.

Il faut aborder ce processus, dont la marche me semble inévitable, d'un autre côté, en s'appuyant sur les conceptions scientifiques de la vie.

Il importe de faire attention aux phénomènes de la vie dont l'introduction dans le domaine de la construction scientifique de l'Univers commence déjà à devenir probable.

Nous nous rapprochons d'une époque très responsable — de celle du changement radical de notre conception de l'Univers scientifique.

Ce changement ne sera par ses suites probablement pas moins important que le fut à son temps la création du Cosmos, qui reposait sur la gravitation universelle, et le temps et l'espace infinis, Cosmos pénétré de matière et d'énergie.

Ce changement permettra de surmonter la contradiction existant entre la vie et la création scientifique d'une part, et le Cosmos construit scientifiquement de l'autre, contradiction qui s'est manifestée précisément aux XVI-XIX^{ème} siècles, époque de la création et du développement du concept de l'Univers newtonien. Ce fut d'ailleurs la conception de l'Univers de Newton sans Newton, qui y avait introduit les corrections d'un chrétien croyant.

La possibilité de venir à bout de la contradiction en demeurant dans les limites seules de la science, paraît s'ouvrir aujourd'hui.

X

Il n'est pas douteux que la vie dans le tableau scientifique de l'Univers nous apparaîtra sous une forme inattendue. Tous les phénomènes étudiés dans la physique et dans la chimie s'y manifestent sous une autre forme que celle sous laquelle ils se présentent devant nos organes des sens.

Arrêtons-nous sur quelques phénomènes de la vie, qui à ce moment demandent l'attention grâce aux changements ayant lieu dans la physique.

Je ne suis pas un biologiste et je considère les phénomènes de la vie sous un autre point de vue que celui qui est habituel au biologiste — leur action sur le milieu cosmique de leur vie. Claude Bernard, un des plus grands biologistes du siècle passé, employait toujours cette expression — milieu cosmique — en parlant de la vie. Il comprenait évidemment que la vie n'est pas un insignifiant phénomène terrestre, mais une manifestation cosmique.

On peut noter un grand nombre de manifestations de la vie dans ce domaine dignes d'attention, dont une partie qui revêt un caractère planétaire, est lié avec la Terre, tandis que l'autre dépasse évidemment les limites de l'existence planétaire, indique la situation plus générale de la vie dans le Cosmos.

Parmi les propriétés planétaires de la vie sont à noter :

1. La matière vivante est créée et maintenue sur notre planète par l'énergie cosmique du Soleil. Elle y forme une partie intégrante de la géosphère supérieure, la biosphère, une partie indissoluble de son mécanisme.
2. L'énergie du Soleil est graduellement transportée par l'intermédiaire de la matière vivante dans les parties plus profondes de la planète, de son écorce.
3. La quantité de matière dans la biosphère pénétrée par la vie est une grandeur constante ou presque permanente à

travers les temps géologiques.

4. La matière vivante entre dans le cours de tous les temps géologiques de façon uniforme dans les cycles géochimiques des éléments chimiques, dans l'écorce terrestre, en y jouant un rôle très important. Par cette voie, la matière vivante apporte dans la migration des éléments chimiques terrestres une énergie géochimique déterminée, dont la source première émane principalement du Soleil.

5. La matière vivante se trouve en un échange chimique continu avec le milieu cosmique qui l'entoure, mais n'y est jamais spontanément engendrée. Cette matière vivante représente dans le cours de tous les temps géologiques un bloc unique, génétiquement lié, nettement séparé du milieu cosmique.

6. L'énergie géochimique biogène tend à sa manifestation maximum dans la biosphère (premier principe biogéochimique).

7. Lors de l'évolution des espèces, ce sont les organismes augmentant par leur vie l'énergie géochimique biogène qui survivent (second principe biogéochimique).

8. Lors de l'évolution des espèces la composition chimique de la matière vivante demeure constante, mais l'énergie géochimique biogène apportée par la matière vivante dans le milieu cosmique accroît.

9. Avec l'apparition de l'homme dans la biosphère conformément au second principe biogéochimique l'action de la vie sur notre planète se développe et change tellement par l'effet de son intelligence, qu'il devient possible de parler d'une époque psychozoïque spéciale dans l'histoire de notre planète, analogue à d'autres époques géologiques par le changement effectué dans la nature vivante de la Terre, aux époques cambrienne ou oligocène par exemple. Avec l'apparition d'un être vivant doué d'intelligence sur notre planète, celle-ci passe à un autre stade de son histoire.

Ce qui plus est, nous dépassons ici visiblement les limites de la planète, car tout indique que la marche de l'action géochimique de l'intelligence, de la vie de l'humanité civilisée dépasse les limites de la planète.

On perçoit ici une manifestation de la vie qui bien qu'ayant eu place sur notre planète indique les propriétés des êtres vivants paraissant non liées avec elle. Notons aujourd'hui quelques-unes des manifestations plus profondes de la vie.

1. L'intelligence humaine et l'activité de l'homme, organisée par cette intelligence, changent la marche des processus naturels dans le même ordre que la changent d'autres manifestations de l'énergie connues de nous, mais ils la changent de manière nouvelle.

2. Cette activité est réglée par le second principe biogéochimique, c'est-à-dire qu'elle tend toujours à la manifestation maximum.

3. On n'a jamais observé sur la Terre de formation d'un organisme vivant de la matière brute sans la participation d'un autre organisme vivant (Principe de F. Redi — processus irréversible).

4. Les organismes constituent des systèmes autonomes qui dans le milieu cosmique se créent des volumes (champs thermodynamiques) dont la température et la pression leur sont particulières, les distinguent de leur milieu.

5. Les organismes peuvent vivre et dans le milieu des forces moléculaires, étranger au lois de la gravitation, ainsi que dans le milieu que ces lois caractérisent. Leurs dimensions minimales atteignent 10⁻⁶ cm., ils pénètrent dans le domaine des molécules.

6. Plus l'organisme est petit, plus son énergie géochimique est intense, il crée d'autant plus vite de nouveaux organismes. La vitesse maximum de cette création (scission) a des limites déterminées. Je l'appellerai *élément du temps biologique*. Je reviendrai encore aujourd'hui à ce phénomène.

7. La vie de l'organisme est un processus irréversible qui finit tôt ou tard par la mort. Toute la matière vivante qui

pénètre la biosphère est somme toute un processus irréversible dans les temps géologiques, dans la succession des générations nous ne voyons ni le commencement ni la fin de ce processus et il se peut qu'ils n'existent point.

8. Ce n'est pas un amoindrissement de l'énergie libre, mais un accroissement qui s'effectue dans le milieu cosmique comme résultat de la vie. La vie procède dans ce cas de manière contraire à la règle de l'entropie. Très peu d'autres phénomènes physiques se trouvent de front avec la vie sous ce point de vue dans le Cosmos ; tels par exemple les corps radioactifs. Mais la cause de ce phénomène dans la matière vivante en est nettement différente.

9. Le champ thermodynamique de l'organisme vivant possède, à l'opposé des propriétés du milieu cosmique, une dissymétrie nettement exprimée. Nous ne savons rien d'analogue pour les autres corps naturels sur la Terre. La dissymétrie y est exprimée comme par le caractère particulier de la symétrie de l'espace, occupé par la matière vivante, existence des vecteurs polaires, énantiomorphes, très nettement exprimés, mais surtout par l'inconformité prononcée qui distingue le caractère droit de celui de gauche du phénomène (Généralisation de Pasteur).

10. L'activité des organismes, du moins celle de ses formes les plus élevées, n'est pas un processus purement mécanique qui peut être calculé. Cette activité est individuelle et diverse selon les différents individus. Le degré de sa liberté d'action n'est pas clair, mais il est différent dans chaque cas et peut toujours être établi.

XI

Cette liste n'est pas complète, mais elle indique avec évidence que la vie se manifeste dans le Cosmos sous d'autres formes que celles que le biologiste se représente habituellement.

L'important, du point de vue du tableau scientifique de l'Univers, c'est que l'investigation de la vie indique de tels traits de la structure du Cosmos, qui dans d'autres phénomènes étudiés par la science y font absolument défaut ou y sont très faiblement ou indistinctement exprimés. Par cela seul l'étude de la vie change le tableau scientifique du Cosmos, formé sans son concours et y découvre de nouveaux traits. Elle change essentiellement la représentation de l'espace, du temps, de l'énergie et des autres éléments fondamentaux de la structure du monde.

Je m'arrêterai sur deux phénomènes qui permettront d'éclaircir le rôle important que l'investigation de la vie joue dans le tableau scientifique de l'Univers, créé par la nouvelle physique, notamment sur la dissymétrie de l'espace des organismes vivants et sur le temps biologique.

Dans le premier cas il s'agit des nouvelles propriétés (état particulier de l'espace physique), observées dans les organismes vivants, et dans le second des nouvelles propriétés du temps physique.

La dissymétrie de la matière vivante fut découverte il y a de ça plus de 80 années — en 1848 — par l'un des plus grands savants du dernier siècle, Louis Pasteur, qui éclaircit toute son importance pour la structure scientifique de l'Univers. Pasteur conçut la dissymétrie comme un phénomène cosmique et en tira des conclusions très importantes pour la connaissance de la vie. Ses travaux doivent attirer aujourd'hui l'attention la plus assidue de la nouvelle physique. Il est plusieurs fois revenu à ces idées en les approfondissant toujours davantage. Il y est revenu la dernière fois sous une forme suivie, en 1883, il y a de ça quarante-six ans et a regretté de ne pouvoir pas s'y approfondir expérimentalement ; il considérait cette découverte comme l'œuvre la plus importante de toute sa vie, comme la pénétration la plus profonde de son génie dans les problèmes de la science.

La destinée de ses idées fut étrange ; l'idée principale, que Pasteur ressortit n'a pas pénétré jusqu'aujourd'hui dans la pensée scientifique. L'opinion publique des chimistes l'a reconnue douteuse dans ses fondements.

Il me semble que cela dépend du fait que les chimistes n'ont jamais tenu compte dans toute son ampleur de la notion de dissymétrie, sur laquelle Pasteur s'est appuyé, et que cette notion n'a pas été comprise par ses contemporains.

Elle fut soumise à une analyse profonde par un autre français génial, Pierre Curie, en 1894. La formulation des idées de P. Curie est exceptionnellement concise, ce qui pouvait les faire paraître abstraites, mais son théorème principal

— sur la dissymétrie — ne permet aucun doute et est évident pour le naturaliste dans son importance concrète. Il dit « *Les éléments de symétrie des causes doivent se retrouver dans les effets les éléments de dissymétrie des effets doivent se retrouver dans les causes.* »

Ce principe de Curie résout la dispute irrévocablement en faveur de Pasteur, dans la partie de ses affirmations demandant à rechercher la cause de la dissymétrie des corps naturels dans les phénomènes de la vie.

La destinée des travaux de Curie fut dans ce domaine analogue à celle de Pasteur. Empêché par la découverte de la radioactivité il revint avant sa mort en 1906, il y a de ça 23 ans, aux travaux sur la symétrie ; à juger d'après ses notes de journal il était arrivé à de grandes généralisations dans ce domaine. Après sa mort — il fut écrasé par un charretier dans la rue à Paris — personne ne saisit le fil qu'il laissa échapper de l'analyse physique ultérieure du principe de la symétrie, analyse qui nous préoccupe particulièrement aujourd'hui.

L'herbe de l'oubli a recouvert la voie battue par Pasteur et Curie. Il me semble que c'est précisément par là que la vague du travail scientifique doit monter maintenant.

Il y a de ça six ans que l'éminent chimiste hollandais F. Jaeger, qui avait profondément pénétré les phénomènes de la symétrie, invita les chimistes à revenir à ces idées de Pasteur. Son appel ne rencontra qu'une faible réponse. Cependant depuis lors le développement de la science a forcé de suivre cette voie, de revenir à Pasteur et à P. Curie, qui avait approfondi ses idées.

XII

Les phénomènes de la symétrie ne sont jusqu'à présent pas suffisamment embrassés par la pensée philosophique et scientifique. C'est sans nul doute la notion fondamentale et la plus profonde, qui pénètre de façon inconsciente tout notre concept de l'univers.

La révolution qui s'effectue dans la physique et le développement inévitable des idées biologiques qui y est lié, posent à ce qu'il me semble, à l'ordre du jour la nécessité d'approfondir et de préciser le principe de la symétrie.

L'essai le plus profond, mais non mené jusqu'au bout d'embrasser l'étude de la symétrie fut accompli par P. Curie qui envisageait au fond la symétrie comme *état de l'espace*, c'est-à-dire comme structure de l'espace physique.

Cette détermination doit être prise en considération à l'heure actuelle lors de l'analyse du temps physique, car dans les processus naturels « espace et temps » sont inséparables.

On pourrait poursuivre l'analyse philosophique et mathématique de la doctrine de la symétrie plus profondément, mais pour notre problème, et demeurant dans l'univers empirique du naturaliste, cette conception de la symétrie, large et réelle est suffisante.

Les phénomènes de la symétrie ont en somme attiré l'attention des physiciens seulement au XX^{ème} siècle lorsque l'importance énorme de la cristallographie avec toutes ses branches s'est définitivement éclaircie dans le domaine des sciences physiques.

C'est par la cristallographie et la minéralogie que la doctrine de la symétrie est entrée dans la physique. Même les parties les plus mathématiques de cette doctrine furent élaborées avec une grande précision et profondeur par les minéralogistes, qui y considéraient toujours avant tout leurs propres problèmes, les problèmes de la cristallographie. Leurs acquisitions avaient été évidemment insuffisantes pour la physique, ainsi que l'a prouvé Curie.

Elles sont insuffisantes aussi sous leur forme actuelle, pour les phénomènes de la vie, qui historiquement donnèrent naissance à la notion même de la symétrie. Car cette notion prit son origine lors du travail des sculpteurs qui modelaient des objets vivants. Les anciens Hellènes attribuaient la première formule de la notion de la symétrie en relation avec le problème de la reproduction du corps humain au sculpteur Pythagore de Rodion, qui vécut il y a plus de 2400 années.

Et plus tard un des fondateurs de la doctrine de la symétrie en minéralogie A. Bravais, l'original savant français, prenait la symétrie, manifestée dans les plantes, comme point de départ pour ses travaux et créait la doctrine de la symétrie en se basant simultanément sur les plantes, sur les minéraux et sur les polyèdres de la géométrie.

Mais tandis que l'étude des cristaux naturels s'épanouissait à la lumière de la doctrine de la symétrie, l'application de la symétrie aux objets de la vie auxquels elle doit son origine et aux phénomènes physiques a toujours été sporadique et détachée.

Cela eut sa répercussion sur la position de la doctrine de la symétrie dans l'organisation scientifique contemporaine. La doctrine de la symétrie est ordinairement liée avec l'enseignement de la minéralogie et des sciences voisines et n'occupe ni dans les disciplines physiques, ni dans les disciplines biologiques la place qui lui est due.

Cela se manifeste dans le manque de précision des représentations de la symétrie, qui n'importent pas beaucoup ni pour la cristallographie, ni pour la minéralogie, et en particulier dans la notion de la dissymétrie dont l'importance pour la biologie fut notée par L. Pasteur et pour la physique par P. Curie.

XIII

Le mot dissymétrie désigne divers phénomènes. Pour les corps vivants par exemple on indique ainsi deux phénomènes s'y manifestant simultanément, qui sont cependant indépendants. Un de ces phénomènes a rapport à la doctrine de la symétrie, tandis que l'autre n'en a point du tout, mais ne peut être étudié que sur sa base.

En élaborant sa grande généralisation empirique Pasteur constata simultanément les deux phénomènes dans l'état de l'espace des organismes vivants.

A son époque la notion même de la symétrie ne correspondait pas à la doctrine actuelle.

Bien que J. Hessel eût résolu 15 ans avant Pasteur le problème de la symétrie sous une forme générale pour les cristaux, ses travaux n'attirèrent pas l'attention et ne pénétrèrent dans la vie que 30 ans plus tard, bien après la découverte de Pasteur. Pasteur n'avait pas encore réuni l'holoédrie avec l'hémiédrie comme nous le faisons aujourd'hui. Il ne se rendait pas compte que les propriétés optiques et les propriétés cristallines sont toujours les différentes manifestations d'un même phénomène — phénomène de la symétrie — ainsi que nous l'admettons. Il trouva ce lien dans un cas particulier et construisit sur cette base sa terminologie, qui n'entra pas plus tard dans la vie et dont on fait rarement usage même dans son pays — la France. On retrouve la même terminologie sous une forme plus générale, dans une construction plus précise chez Curie, qui ne l'indique pas.

En étudiant les formes cristallines des composés organiques, existant dans les organismes ou dégagés de ceux-ci, Pasteur remarqua la diminution de leur symétrie, l'apparition de formes — gauche et droite, — dans les cas où le corps racémique se décomposait en ses antipodes droit et gauche. Il appela ce phénomène *dissymétrie*, c'est-à-dire violation de la symétrie, car à l'égard des polyèdres du composé racémique la violation de la symétrie s'exprimait par le manque régulier des facettes — droites ou gauches — des antipodes.

Il remarqua que les polyèdres formés de cette manière, étaient privés du centre et des plans de la symétrie tandis que les polyèdres primordiaux des composés racémiques, par la décomposition desquels les antipodes droits et gauches avaient été obtenus, possédaient un centre et les plans de la symétrie.

Il prouva simultanément que tandis que les polyèdres racémiques étaient optiquement inertes en solution, les solutions de leurs antipodes tournaient les plans de la polarisation — les droits à droite, les gauches à gauche.

Il considérait ces deux phénomènes comme manifestation du phénomène de la dissymétrie et comme cette manifestation se maintient à l'état liquide, il la nomma *dissymétrie moléculaire*, cherchant une explication au phénomène dans la structure des molécules chimiques.

Je ne puis exposer ici la composition actuelle du phénomène découvert par Pasteur. Mais il importe cependant de s'y

arrêter quelque peu.

Nous savons aujourd'hui qu'entre les 32 classes des cristaux 13 appartiennent à la dissymétrie de Pasteur, c'est-à-dire, qu'ils ne possèdent pas de centre et de plans de la symétrie, mais à l'exception d'un seul cas ont des axes de la symétrie, qu'ils tournent dans des vecteurs déterminés les plans de la polarisation à droite ou à gauche et qu'ils donnent des polyèdres droits dans le premier cas et gauches dans le second.

Nous savons en outre que ces propriétés des cristaux sont exprimées par la distribution hélicoïdale de leurs atomes — droite et gauche — comme le demande la dissymétrie moléculaire de Pasteur.

Mais cette dissymétrie ne se manifeste que dans les solutions, dans les liquides dans les cas où l'on observe dans la structure chimique des matières *connues* de Pasteur, le si nommé carbone asymétrique dont tous les liens sont unis à divers atomes ou groupes d'atomes. Dans les formules des chimistes le carbone asymétrique peut effectivement ne pas posséder un seul élément de la symétrie dans l'espace ambiant, être réellement asymétrique. Mais tout l'espace de la molécule dans laquelle il se trouve sera dissymétrique, c'est-à-dire possédera des axes de la symétrie.

Nous demeurons en attendant dans le domaine des phénomènes de la symétrie. Mais en même temps Pasteur découvrit en étudiant les phénomènes de la dissymétrie en rapport avec la matière vivante, un nouveau phénomène, ayant aussi rapport avec la diminution de la symétrie, c'est-à-dire avec la dissymétrie qui se trouve cependant en dehors du domaine des phénomènes de la symétrie et ne peut être ni expliquée ni prévue par elle.

Il découvrit que dans certains cas au lieu de deux antipodes, droit et gauche, apparaissant simultanément en nombre égal, comme le demandent les lois de la symétrie seul l'un des deux antipodes se dégage, ou l'un des deux prédomine nettement sur l'autre.

Comme Pasteur ignorait en général qu'une partie de la violation de la symétrie — qu'il nommait dissymétrie — pouvait en réalité être déduite des lois de la symétrie, il ne séparait pas ce type de dissymétrie des autres types qu'il avait découverts, les traitant comme phénomènes du même genre ; mais il remarqua cependant que le dernier phénomène était exclusivement lié avec la vie, tandis que le premier pouvait être indépendant d'elle.

Du point de vue physique il existe entre ces deux phénomènes nommés dissymétrie une distinction fondamentale. Le premier a rapport à la distribution des objets dans l'espace, étudié par la doctrine de la symétrie. Le second n'a pas de rapport avec la symétrie et en est sa violation réelle qui ne peut être prévue si nous nous basons sur la symétrie.

Le principe de Curie selon lequel chaque phénomène possédant la dissymétrie doit résulter d'une cause, possédant la même dissymétrie, est tellement général qu'il comprend les deux phénomènes.

XIV

Avant d'exposer les acquisitions de Pasteur, arrêtons-nous sur le caractère de l'espace qui découle de la dissymétrie, sur sa distinction de celui de notre espace, espace de la physique et de la géométrie. C'est précisément cet espace spécial qu'on observe partout dans l'intérieur des organismes, conformément à la découverte de Pasteur et au principe de Curie — dans l'intérieur des bactéries ou de l'éléphant par exemple. Certaines propriétés d'un tel — disons — espace énantiomorphe — droit ou gauche — doivent se manifester au dehors dans le milieu ambiant des organismes durant leur vie.

La distinction d'un tel espace d'avec l'espace habituel peut être nettement exprimée par l'étude des propriétés physiques des vecteurs qui s'y trouvent, c'est-à-dire par l'étude des directions.

J'ai déjà indiqué que les phénomènes de la vie étaient irréversibles dans le temps, c'est-à-dire qu'ils avançaient toujours avec la marche du temps dans un sens, dans une direction, sans revenir sur leurs pas. L'organisme croît, vieillit et finit par mourir. Il n'y a pas de phénomène réversible, bien que l'homme l'ait imaginé dans les contes de fées et dans des fantaisies, et que dans certains cas les indices du processus réversible puissent être constatés, comme l'a montré l'éminent zoologue russe feu Schmidt et dernièrement C. Davidoff. Mais ce ne sont pas ces phénomènes-là qui caractérisent la vie individuelle et l'évolution des espèces.

Géométriquement le temps d'un tel processus peut être exprimé sous forme du vecteur AB, qui n'est pas identique à BA (-). Le temps d'un tel processus est au moins privé du centre de symétrie (les physiciens le nomment parfois incorrectement temps asymétrique). Tandis que pour le processus réversible $AB = BA$. Les deux vecteurs y sont identiques.

On peut exprimer ce phénomène en appelant les premiers vecteurs *polaires*, et les seconds *isotropes*. Le temps est géométriquement exprimé dans les phénomènes de la vie par les vecteurs polaires, dans les phénomènes habituels — par les vecteurs isotropes.

L'espace et le temps sont inséparables dans la nouvelle physique ainsi que dans le monde réel du naturaliste. Les idées d'Einstein sont plus voisines dans ce sens des concepts scientifiques du naturaliste que les idées de Newton, où le temps ne se manifeste pas dans la force de la gravitation.

Cela explique la difficulté que la théorie de Newton a prise pour pénétrer dans le milieu scientifique, ayant exigé 2-3 générations pour être admise, et la célérité avec laquelle elle disparaît aujourd'hui du champ de notre vue. [*Les leçons brillantes et pleines d'intérêt, de M. Eddington sur la nature du monde physique (1929) nous permettent, par exemple, de juger la profondeur avec laquelle le concept de l'Univers de Newton a pénétré aujourd'hui dans sa partie scientifique — indépendance de l'espace et du temps — dans l'opinion scientifique. En exposant les idées fondamentales de la nouvelle physique M. Eddington les basait sur l'Univers d'Einstein dans lequel l'espace et le temps sont inséparables. Et pourtant il admettait que la nature et le rôle du temps physique comparativement à ceux de l'espace physique étaient tout autres. Reconnaisant pour la notion du temps une genèse logique de nature double — investigation de l'ambiance et expérience intérieure de l'être vivant (l'homme) — il n'admettait pas le même fait pour l'espace, ne se rendant pas compte de ce que les deux phénomènes étaient inséparables, selon le concept de l'Univers d'Einstein et de ce que les deux étaient également compris dans les particularités de « l'espace-temps » de l'être vivant. Incompréhensiblement il n'a pas tenu compte de la découverte de Pasteur de l'état particulier de l'espace de la vie.*]

Les vecteurs polaires caractéristiques pour le temps doivent donc aussi caractériser l'espace, c'est-à-dire le volume occupé par le corps de l'organisme.

Les phénomènes de la dissymétrie, caractéristiques selon Pasteur pour ces corps, non seulement confirment ce fait mais indiquent encore que ces vecteurs polaires doivent être *énantiomorphes*.

La direction AB y est distincte de celle de BA, mais simultanément le mouvement dans les directions droite et gauche autour du vecteur dans son milieu ambiant peut être aussi physiquement divers. On distingue les vecteurs droits et gauches selon la direction hélicoïdale des objets ou des mouvements par rapport au vecteur donné. On distingue ainsi 4 vecteurs sur une ligne :

AB (+)..... droit et gauche ;

BA (-)..... droit et gauche.

Dans le cas où certains vecteurs seuls — droits ou gauches — prédominent dans l'espace, on y distingue deux espaces distincts, droit et gauche. C'est ce que Pasteur découvrit pour les phénomènes de la vie.

On peut et doit aller plus loin.

La doctrine de la symétrie comprend un principe fondamental, indiquant que la structure réelle de l'espace où cette structure se manifeste est caractérisée par la symétrie minimum des phénomènes qu'on y observe. Il s'ensuit qu'il ne peut exister de centre de symétrie dans l'espace cosmique, étudié par la physique, car autrement on n'aurait pas observé des vecteurs polaires dans un de ses phénomènes mais cet espace ne peut aussi être caractérisé par des plans de symétrie, car il n'y aurait pas alors de vecteurs énantiomorphes dans son autre phénomène, dans le domaine de la vie.

L'espace, ainsi que le temps de l'ancienne physique était isotrope : les vecteurs y répondaient par leurs propriétés à

des lignes ordinaires.

L'espace de la nouvelle physique est anisotrope. Il ne peut comprendre dans les cas extrêmes que des axes de symétrie. Il est possible que cet espace soit complètement asymétrique, c'est-à-dire qu'il ne possède aucun élément de la symétrie. Dans ce cas, ses propriétés, les propriétés du Tout, ne seront pas prévues par la doctrine de la symétrie : tous les vecteurs seront polaires, énantiomorphes et différents par leur grandeur numérique.

L'étude des propriétés physico-chimiques du champ de la vie nous donne à ce point de vue les indications les plus précises et les plus profondes, comme n'en donne en attendant aucun autre phénomène du Cosmos physique.

XV

Portons maintenant notre attention sur l'état de l'espace embrassé par la vie, tel qu'il se présente après les découvertes de Pasteur, demeurant jusqu'à présent le fondement de nos connaissances dans ce domaine.

Il existe un grand nombre d'observations dans la biologie, se rapportant au même domaine qui confirment la généralisation de Pasteur, mais elles sont dispersées, non systématisées et non coordonnées par la pensée synthétique. J'y reviendrai encore, et maintenant portons nos regards sur la découverte de Pasteur.

Pasteur a incontestablement établi la structure dissymétrique — l'absence du centre et des plans de la symétrie — pour tous les principaux composés, élaborés par les organismes et leurs produits. L'expérience de plus d'un demi-siècle de la biochimie confirme absolument ce fait.

Il nomma cette dissymétrie — moléculaire, car elle ne se manifeste pas seulement dans les cristaux, mais dans la phase liquide et dans les solutions. Elle a rapport avec la distribution hélicoïdale des atomes dans l'espace, conformément aux lois de la symétrie des cristaux. Les albumines, les graisses, les hydrates de carbone, les alcaloïdes, les hydrocarbures, les sucres etc. sont dissymétriques. Tous les corps chimiques construisant les grains et les œufs sont tous sans exception nettement dissymétriques.

Les composés naturels inorganiques, les minéraux inorganiques, ne manifestent une telle dissymétrie moléculaire dans aucun cas, c'est-à-dire que la propriété de la rotation du plan de la polarisation de la lumière à l'état liquide ou dans les solutions leur fait défaut.

La déduction de Pasteur portant que la dissymétrie moléculaire caractérisait la matière des organismes vivants et qu'elle n'était pas observée dans le milieu cosmique de la vie ambiante, demeure inébranlable. Nous ne connaissons dans ce milieu que les pétroles qui possèdent la dissymétrie moléculaire et certains minéraux avec une disposition hélicoïdale des atomes dans l'espace (par exemple les cristaux du quartz). Mais le nombre des antipodes parmi les corps inorganiques de la nature n'est jamais inégal. On rencontre dans le même gisement des cristaux de quartz droits et gauches en même nombre. Le fait contraire est constaté pour les composés des êtres vivants.

De prime abord Pasteur avait considéré que les phénomènes de la vie se distinguaient des phénomènes inorganiques par leur dissymétrie moléculaire par leur liaison avec la distribution des molécules (resp. atomes) dans l'espace. Cette distinction a disparu pour nous maintenant la dissymétrie du quartz est aussi liée avec la distribution des atomes du silicium et de l'oxygène dans l'espace.

Plus tard et jusqu'à aujourd'hui, le caractère de la dissymétrie, découvert par Pasteur, fut expliqué par l'asymétrie spécifique de l'atome du carbone dans les molécules du composé établi par Le Bel et Van Hoff. Mais on a découvert actuellement dans les molécules d'autres atomes asymétriques Al, N, etc.

Le phénomène est probablement lié avec la stabilité des classes de la symétrie à l'état solide, sans centre et sans plans pour les molécules contenant des champs atomiques asymétriques. On n'observe cela dans la nature que dans les organismes vivants.

Pasteur en a déduit avec raison qu'une si nette différence entre la matière des organismes vivants et la matière brute devait être étroitement liée avec les propriétés fondamentales de la manifestation de la vie et qu'elle exigeait

inévitablement des forces cosmiques particulières sous l'action desquelles la vie se manifeste. Il disait « *si les principes immédiats de la vie sont dissymétriques, c'est que, à leur élaboration, président des forces cosmiques dissymétriques ; c'est là, suivant moi, un des liens entre la vie à la surface de la terre et le Cosmos, c'est-à-dire l'ensemble des forces répandues dans l'univers.* » Et encore « *la dissymétrie je la vois partout dans l'univers.* » « *Car nous venons de voir qu'il n'y avait qu'un seul cas où les molécules droites différeraient de leurs gauches, le cas où elles sont soumises à des actions d'un ordre dissymétrique. Ces actions dissymétriques, placées peut-être sous des influences cosmiques, résident-elles dans la lumière, dans l'électricité, dans le magnétisme, dans la chaleur ? Seraient-elles en relation avec le mouvement de la Terre, avec les courants électriques par lesquels les physiciens expliquent les pôles magnétiques terrestres ?* » « *Quelle peut être la nature de ces actions dissymétriques ? Je pense, quant à moi, qu'elles sont d'ordre cosmique. L'univers est un ensemble dissymétrique, et je suis persuadé que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, est fonction de la dissymétrie de l'univers ou des conséquences qu'elle entraîne. Le mouvement de la lumière solaire est dissymétrique.* »

Il est très caractéristique que c'est *un seul antipode* qui prédomine ou existe exclusivement dans les composés liés avec la vie. L'autre n'apparaît pas du tout ou presque pas, bien qu'il soit possible de l'obtenir dans le laboratoire. Je noterai que suivant le principe de Curie notre synthèse chimique est provoquée par une cause dissymétrique, manifestée par l'intelligence et la volonté de l'expérimentateur.

Pasteur considérait que seules les formes droites de la matière étaient stables dans les organismes vivants, c'est-à-dire, que l'espace occupé par la vie favorisait la conservation de ces structures moléculaires seules. Il pensait qu'on n'observait que les antipodes droits dans la matière la plus importante des organismes — les grains et les œufs.

En somme la généralisation de Pasteur qui n'a malheureusement pas assez attiré l'attention des biochimistes, demeure juste, bien que le caractère droit ou gauche des composés soit un phénomène plus complexe que Pasteur ne l'avait cru.

Le fait principal c'est la stabilité de l'un des antipodes dans le champ de la vie et la disparition de l'autre. La prédominance de l'antipode droit ne trouve actuellement aucune explication, d'ailleurs la stabilité d'un seul antipode et non des deux n'en trouve non plus.

Ce problème préoccupait Pasteur sans cesse. Il disait « *Pour se rendre compte de la formation exclusive de molécules d'un seul ordre de dissymétrie il suffit donc d'admettre qu'au moment de leur groupement les atomes élémentaires sont soumis à une influence dissymétrique et comme toutes les molécules organiques qui ont pris naissance dans des circonstances analogues sont identiques, quels que soient leur origine et le lieu de leur production, cette influence doit être universelle. Elle embrasserait le globe terrestre tout entier.* »

Ce phénomène pose une limite très nette entre les formes énantiomorphes, créées dans le champ thermodynamique de la vie et celles du milieu ambiant cosmique où elles se trouvent aussi.

Il importe de noter que dans l'unique groupe de minéraux caractérisés par la dissymétrie moléculaire — dans les pétroles — on observe 1° leur genèse par la métamorphisation des restes de la matière vivante et 2° la prédominance marquée des pétroles avec rotation droite. Les pétroles gauches sont très rares.

Dix ans après sa généralisation Pasteur alla plus loin et établit dans ce domaine un nouveau fait, non moins important. C'était en 1858, il y a de ça 71 ans. Il découvrit que les organismes vivants se comportaient autrement avec les antipodes droits qu'avec les gauches. Ils peuvent assimiler les antipodes droits et ne touchent pas aux gauches. C'est certainement un fait de très grande importance. Selon le principe de Curie il établit par cette voie expérimentale la dissymétrie de l'organisme vivant. Pasteur le prouva pour les levures et pour quelques moisissures ; on observa cela plus tard pour les bactéries. Ce fait est ainsi établi pour les deux formes de vie, pour la vie dans le monde des phénomènes moléculaires et pour celle dans notre monde de la gravitation.

Au premier abord cela semble expliquer la domination marquée des antipodes droits dans les produits de la vie.

En réalité cela n'explique rien, le problème fondamental demeurant non résolu — pourquoi les organismes

n'assimilent qu'un seul des antipodes ?

Pourquoi la matière des organismes permet-elle aux antipodes droits de pénétrer en elle et ne le permet-elle pas aux gauches?

Prenant la symétrie pour point de départ, Pasteur admettait la possibilité d'une autre vie dans un autre espace gauche avec des antipodes inverses — gauches.

Si le phénomène observé a rapport à l'état de l'espace occupé par la vie, l'espace droit doit pour des raisons pour nous en attendant incompréhensibles, comprendre tout le système solaire, peut être galactique.

Profondément conscient de l'immense portée de sa découverte. Pasteur affirmait avec justesse, qu'il avait trouvé une preuve incontestable de ce « *que la dissymétrie moléculaire, jusqu'à ce jour l'apanage exclusif des produits élaborés sous l'influence de la vie, apparaît comme modificateur des phénomènes physiques et chimiques propres à l'organisme.* »

Les idées de Pasteur ne reçurent pas de réponse ; les faits établis par lui ne furent pas développés.

Nous n'avons pas avancé d'un pas dans le cours de ces 80 années sur la voie frayée par Pasteur, nous nous sommes arrêtés impuissants devant les énigmes éclairées par lui.

Nous ne l'avons pas fait bien que leur importance et la pleine possibilité de les étudier expérimentalement soient évidentes.

Cette étude est importante non seulement pour la connaissance plus complète de la vie, mais non moins pour l'investigation de l'état de l'espace physique en général, car elle découvre ses propriétés nouvelles qui ne se manifestent dans aucun autre phénomène physique.

Déjà la seule capacité de l'organisme vivant de distinguer ces propriétés chimiques et physiques du milieu de la vie dans leur rapport avec la direction des vecteurs énantiomorphes est un phénomène d'une importance exclusive.

La généralisation empirique de Pasteur devient très intéressante aujourd'hui grâce à la création de la nouvelle physique et du nouveau tableau du Cosmos.

Un grand nombre de conclusions accessibles à l'expérience en découle, sur lesquelles je ne puis cependant m'arrêter ici.

Il importe d'en souligner la déduction fondamentale les phénomènes de la vie y permettent de pousser l'étude de l'espace du Cosmos plus loin que cela n'est possible dans aucune autre voie. C'est la nature cosmique de la vie qui se manifeste.

Pasteur l'a aperçu nettement.

XVI

De nombreux autres phénomènes se rapportant ici sont connus en biologie de longue date, mais ne furent malheureusement pas recueillis et réunis par la pensée scientifique systématique.

L'un de ces phénomènes avait encore à la fin du XVIIIème siècle attiré l'attention d'un écrivain français, d'un savant, portant un nom jadis fameux ; qui laissa une trace profonde dans les sentiments et les pensées des hommes du XVIIIème siècle, précurseur du romantisme sur le palier du dernier siècle. Bernardin de Saint-Pierre. Il écrivit dans ses Etudes de la nature « *Il est très remarquable, par exemple, que toutes les mers sont remplies de coquillages univalves d'une infinité d'espèces très différentes, qui ont toutes leurs spirales qui vont croissant du même côté, c'est-à-dire de gauche à droite, comme le mouvement du globe lorsqu'on tourne l'embouchure du coquillage au Nord et vers la Terre. Il n'y en a qu'un bien petit nombre d'espèces exceptées et que, pour cette raison, on appelle uniques.*

Les formes de celles-ci vont de droite à gauche. Une direction si générale et des exceptions si particulières dans les coquilles ont sans doute leurs causes dans la nature et leurs époques dans des siècles inconnus où leurs germes furent créés. »

Bernardin de Saint-Pierre est plus artiste que savant et comme cela arrive souvent il a embrassé avec justesse par son sentiment cosmique de la nature le phénomène grandiose de la vie qu'a abordé 50 années après lui l'expérimentateur Pasteur.

Nous nous approchons ici d'un immense domaine de faits encore non touchés par l'exacte pensée scientifique.

Il faut dès maintenant exposer les indications des plus importantes qui éveillent notre curiosité. Je ne puis les noter que légèrement. Ainsi premièrement il paraît que la direction des spirales des coquillages de la même espèce peut changer au cours des temps géologiques. Il existe par exemple une indication que les coquilles de tous les *Fusus antiquus* des grès inférieurs rouges de l'Angleterre (permien inférieur) sont tous gauches, tandis que les contemporains sont tous droits. S'il n'y eut pas de cause — selon le principe de Curie inévitablement dissymétrique — troublant la symétrie on aurait un nombre égal de spirales droites et gauches. La cause qui déterminait ce phénomène s'est ainsi modifiée dans le cours des temps géologiques. Elle fut énantiomorphe gauche dans la localité donnée à l'époque permienne, et énantiomorphe droite à notre époque.

Le fait que les embryons de mollusques donnent dans un nombre de cas des spirales gauches, tandis que les formes adultes en donnent des droites indique, paraît-il, la possibilité d'un tel changement de l'espace de la vie.

Nous nous arrêtons en attendant impuissants devant l'explication de ce phénomène. Il importe avant tout de l'étudier et de le confirmer. Le phénomène est certainement très complexe. Ainsi il existe aujourd'hui aussi des espèces de mollusques avec des spirales gauches, bien que leur nombre se perde quand nous étudions leurs ensembles.

Ce qui plus est, des changements géographiques sont signalés les *Lonistes* du lac Tanganyika ont des spirales gauches et le même genre, habitant les lacs voisins Nyassa et Victoria des spirales droites. Quelle est la cause de ce phénomène?

D'innombrables observations de même genre, réunies, sont dispersées dans la littérature scientifique sur d'autres spirales de plantes et d'animaux qui abondent partout — formes de grains, de fleurs etc. — Nous nous trouvons évidemment ici dans le domaine de phénomènes de la dissymétrie, étroitement liés avec les problèmes touchés par Pasteur, mais point effleurés du tout par la pensée théorique.

Il n'est pas impossible qu'en les étudiant nous trouverons des propriétés spécifiques de l'espace liées avec la vie ou des formes de dissymétrie inconnues.

L'œuvre du temps actuel et du proche avenir demande de suivre les voies qui s'ouvrent.

XVII

Il paraît qu'il est possible d'étudier non moins profondément le temps physique par la recherche des phénomènes vitaux.

Le temps du physicien n'est certes pas le temps abstrait du mathématicien ou du philosophe. Le temps se manifeste dans différents phénomènes sous des formes tellement diverses que nous devons lui prêter des noms différents dans notre science empirique. Nous parlons des temps historiques, géologiques, cosmiques etc.

Il est commode de distinguer le temps *biologique* dans les limites duquel les phénomènes vitaux se manifestent.

Ce temps biologique est actuellement évalué par $2 - 3 \times 10^9$ années — par des milliards d'années au cours desquelles la présence de processus biologiques à commencer par l'archéozoïque, nous est connue dans le Cosmos. Il est très probable que ces années ne correspondent qu'à l'existence de notre planète et non à la durée de la vie dans le Cosmos. On arrive aujourd'hui à la conclusion que la durée de l'existence des corps célestes dans le Cosmos est

aussi limitée, c'est-à-dire que nous y avons aussi affaire au processus irréversible. Nous ignorons la durée de la manifestation de la vie dans le Cosmos, nos connaissances de la vie dans le Cosmos étant en général minimales. Il est possible que les milliards d'années ne comportent qu'une très petite part du temps biologique.

Le processus irréversible s'exprime pour la vie sur la terre dans les limites de ce temps par l'évolution des espèces.

Du point de vue du temps c'est probablement la manifestation du principe Redi, c'est-à-dire la succession des générations, qui doit être considérée comme phénomène fondamental.

Nous avons un nombre de phénomènes dans cette succession de générations, accessibles à l'étude quantitative et donnant une représentation exacte, mathématique, quantitative de la structure du vecteur polaire du temps, qui répond géométriquement au processus de l'évolution.

Malheureusement les faits scientifiques s'y rapportant sont dispersés et pas toujours exacts. On ne peut aujourd'hui évaluer les constantes du temps biologique que par les limites des nombres et non par les nombres eux-mêmes. Mais le changement de nos idées sur la position de la vie dans le Cosmos demande impérieusement l'organisation d'investigations expérimentales systématiques dans cette direction.

L'existence irréfutable *d'une limite minimum de la durée de la succession des générations* saute avant tout aux yeux. Cette limite indique le temps minimum nécessaire à la formation d'un nombre déterminé d'organismes, c'est-à-dire non seulement à la formation de leurs mécanismes, mais aussi de tous leurs corps chimiques les plus complexes — albumines, etc. Ce phénomène est évidemment soumis à des lois déterminées.

J'ai tâché ailleurs d'établir que cette limite répondait à la durée de la scission moyenne minimum de l'organisme unicellulaire et s'effectuait avec une intensité atteignant la limite physiquement possible.

La limite n'y est pas posée par la courte durée de la succession des générations, insuffisante pour la formation des innombrables et complexes composés chimiques nécessaires pour la vie, mais par les propriétés du milieu physique et avant tout par les propriétés des gaz, par la respiration des organismes. L'organisme doit effectuer son échange gazeux de manière à ce que le milieu de sa vie ne se détruise pas. Donc la vitesse de la propagation de son énergie géochimique par la reproduction (ressuccession des générations) ne peut dépasser la vitesse de l'onde sonore du milieu gazeux, dans lequel l'organisme respire.

Le fait que la vie peut effectivement atteindre cette limite prouve l'extrême intensité du processus vital qui n'est évidemment point lié seulement avec les propriétés du milieu matériel.

La recherche de cette limite est à l'ordre du jour. Autant qu'on puisse juger la durée minimum de la succession des générations se trouve entre 16 et 22 minutes, plus près de 20 minutes à ce qu'il paraît. Cette grandeur demande une détermination exacte. C'est une constante biologique importante. Elle peut jouer le rôle d'unité naturelle lors de l'étude du temps biologique. On peut la considérer comme mesure du temps biologique. Sa détermination n'offre paraît-il pas de difficulté expérimentale.

A ce qu'il paraît il y a aussi une limite maximum de la succession des générations. On l'observe chez quelques organismes végétaux où elle correspond à quelques centaines d'années, c'est-à-dire 10^7 , peut-être 10^8 minutes. Sa détermination est aussi une question de temps.

Ainsi l'amplitude des oscillations de la succession des générations est très considérable et correspond à des millions, des dix millions de fois.

Le changement de la durée des générations dans le processus de l'évolution, dans le cours des temps géologiques, est très caractéristique du temps biologique. On ne se fera une idée de ce processus et de son caractère qu'après la concentration d'une quantité suffisante de faits. Pour l'homme la durée de la génération dans le processus de l'évolution paraît croître avec le cours des temps.

Le phénomène doit être étudié sur la base de la nouvelle physique dans le complexe « Espace-Temps ». L'Espace de la vie a, comme nous l'avons vu, un état symétrique particulier et unique dans la nature. Le temps qui lui répond, a non seulement le caractère polaire des vecteurs, mais un paramètre particulier, propre à lui seul, une unité de mesure particulière, liée avec la vie.

Je ne puis m'arrêter plus longuement sur ces phénomènes. Il m'importe seulement de faire sentir leur importance.

Une multitude de problèmes surgissent, la possibilité d'une investigation scientifique quantitative apparaît nettement.

Ce n'est qu'après que les faits depuis longtemps connus seront systématisés ou que des faits nouveaux seront amassés qu'on pourra se rendre compte de ce que nous donnera l'étude du temps biologique lié avec la succession des générations vivantes qui le caractérisent.

XVIII

Mais il est clair du point de vue du problème qui nous intéresse ici, — celui de l'importance de l'investigation de la vie pour la construction du tableau scientifique de l'Univers, — que cette investigation n'est pas indifférente pour l'espace et pour le temps de l'Univers. Elle introduit de nouveaux traits, non connus par les autres phénomènes physiques ou chimiques.

Il est évident que la vie ne peut être séparée du Cosmos, et que son étude doit avoir une répercussion, peut-être très grande sur la représentation scientifique. Cela ne concerne pas seulement l'espace et le temps mais aussi d'autres éléments fondamentaux du Cosmos. Je ne puis que les indiquer ici.

Ainsi, la vie se tient presque à l'écart dans l'énergétique de l'Univers, en diminuant et n'augmentant point l'entropie de celle-ci. Selon l'avis du professeur Jaeger, la vie crée par le processus évolutionnaire des formes toujours plus pauvres en éléments de la symétrie. Enfin l'intelligence de l'homme commence à se manifester aujourd'hui dans les processus de la biosphère toujours plus nettement et décisivement, et change les processus géologiques établis de manière radicale.

Les nouvelles représentations de l'Univers créées par la nouvelle physique obligent de porter une attention particulière à l'étude des phénomènes de la vie indiquant leur caractère non seulement terrestre, mais *cosmique*.

C'est surtout important parce que les problèmes biologiques qui surgissent peuvent être embrassés par le nombre et la mesure, voie fondamentale, menant à la construction de l'Univers scientifique.

De vastes et nouveaux horizons de recherches s'ouvrent ainsi devant la biologie.

La confirmation scientifique du fait que la vie est un phénomène non planétaire, mais cosmique, aura des conséquences immenses pour les conceptions biologiques et humanitaires.

S'il en est ainsi ou non, c'est l'avenir qui en décidera. Mais en attendant, le développement de la nouvelle physique nous permet de suivre non la voie des constructions philosophiques, toujours insuffisantes et précaires, mais celle de la recherche scientifique exacte, basée sur le nombre et sur la mesure. La voie nouvelle qui se fraye devant nous, nous emmènera, peut-être loin de la biosphère, dans laquelle se concentre aujourd'hui tout le travail du biologiste et en moindre mesure celui du géochimiste.

V. Vernadsky,

*Membre de l'Académie des Sciences de Leningrad,
Correspondant de l'Institut de France.*