

LA CONCEPTION QUANTO-RELATIVISTE  
DE L'IRRÉVERSIBILITÉ DU TEMPS<sup>x</sup>

par M. Boris KOUZNETSOV

Président du Comité Einstein  
de l'Union Internationale d'Histoire  
et de Philosophie des Sciences

(manuscrit reçu le 20 Juin 1978)

*Résumé* : 1.-La variante classique de la "flèche du temps".  
2.-L'anisotropie relativiste du temps. 3.-La non-communication  
quantique. 4.-La logique irréversible. 5.-La métrique et la topo-  
logie de l'être. 6.-L'univers conique. 7.-La structuration quan-  
to-relativiste de l'univers. 8.-L'irréversibilité de la connais-  
sance.

1.- La variante classique du fondement de la flèche du temps

Dans le premier quart de notre siècle, la transformation la plus importante de notre image du monde fut la théorie de la relativité et pour le second quart, ce fut la mécanique quantique. La seconde moitié du XXème siècle entrera, semble-t-il, dans l'histoire de la connaissance comme la période du rapprochement de ces théories, de la création d'une conception unitaire du cosmos et du microcosme ; elle devrait permettre de réaliser l'espoir d'un fondement quanto-atomistique de la relativité (cet espoir est

<sup>x</sup>N.D.L.R.- Dérogeant pour une fois à la ligne "technique" qui est d'habitude la nôtre, nous avons pensé utile de présenter à nos lecteurs le point de vue philosophique sur la portée de l'oeuvre d'Einstein. Tel est le but de l'article ci-dessous, que nous adressé M. Boris Kouznetsov ; ses titres nous dispensent de le présenter davantage.

nettement exprimé dans l'autobiographie d'Einstein de 1949) et de réunir les tentatives de généralisation relativiste de la mécanique quantique et de création d'une théorie unitaire des particules élémentaires. Une telle représentation du courant principal de la pensée physique suggère un certain caractère spécifique de l'évolution de la culture dans la seconde moitié du siècle. L'idée d'une évolution de la culture et une certaine foi en un optimisme social, épistémologique et moral se fonde sur la conception physique de l'écoulement du temps. Le progrès culturel inclut le passage à des représentations de l'univers toujours plus concrètes et en même temps plus générales et plus détaillées qui, à leur tour, se rapprochent toujours davantage de l'objet même de la connaissance et vont vers une complexification et une différenciation croissante de l'être.

La physique classique ne pouvait pas donner une telle impulsion à la culture et à la connaissance. La conception classique de l'irréversibilité du temps n'était pas unitaire. Elle était seulement macroscopique et allait à l'encontre de la tendance principale de la science du XVIIe au XIXe siècle qui était de réduire toutes les lois de l'univers à celles de la mécanique. Au XIXe siècle, une série de découvertes déterminantes a conduit à un fondement naturel de l'asymétrie du temps, de la représentation de l'irréversibilité, de la flèche du temps. Il suffit, ici, de rappeler d'une part Carnot et Clausius (c'est-à-dire la croissance macroscopique irréversible de l'entropie) et, d'autre part, Darwin (c'est-à-dire la "croissance" macroscopique irréversible -et, dans le cas présent, phylogénétique- de l'adaptation au milieu).

*Avant* signifie une valeur plus faible de l'entropie, une plus grande structuration, une plus grande "improbabilité" mais, dans la théorie de l'évolution des êtres vivants, *avant* signifie une plus faible adaptation et, plus généralement, une moindre différenciation de la nature vivante. La distinction entre des états *avant* et *après* sert de fondement à la distinction entre le cours du temps qui va d'*avant* à *après* et la remontée de ce cours. Dans la conception de l'entropie, l'irréversibilité du temps était exprimée dans une variante négative : l'état initial est considéré comme hiérarchiquement plus élevé, l'évolution va vers le bas. Dans l'enseignement de Darwin, c'est le résultat de l'évolution (laquelle va vers le haut) qui est hiérarchiquement le plus élevé, c'est une variante positive de l'irréversibilité.

Une telle distinction existait déjà au XVIIIe siècle dans les idées sociales. Rousseau parlait d'une évolution de la société comme d'une dégradation depuis l'harmonie originelle vers les

plaies ultérieures de la civilisation. Voltaire, au contraire, a déplacé vers le futur l'état idéal de la société : c'est une variante positive de l'irréversibilité.

Dans toutes les modifications classiques du principe d'irréversibilité du temps, cette irréversibilité est macroscopique et s'oppose aux processus mécaniques réversibles locaux. Il convient de remarquer que les mouvements mécaniques sont réversibles si l'on considère les équations du mouvement, mais en ignorant les *conditions initiales*.

L'idée d'un processus unique, englobant le microcosme et le cosmos et orienté vers une diminution de l'entropie, vers une croissance de la négentropie, du chaos vers la structure, ne pouvait être qu'une idée de philosophie naturelle. Elle ne devient une idée physique que dans le cadre de la science non classique.

## 2.- L'anisotropie relativiste du temps

La théorie de la relativité considère l'univers comme un continuum quadridimensionnel. La représentation tridimensionnelle du monde devient une approximation et, par là-même, disparaît la présomption de réversibilité du temps en mécanique lorsqu'on revient à une telle position instantanée des corps. Il n'y a plus de position instantanée des corps dans les hypothèses fondamentales de la science. Par là-même, la réversibilité triviale de l'espace, qui avait un sens dans le cadre de la théorie classique, perd son sens. Bien sûr, la trajectoire spatiale demeure réversible. Des mesures effectuées de la tête à la queue et de la queue à la tête donnent des résultats identiques, mais elles n'ont un sens physique que si tout se passe instantanément, si le temps n'entre pas en jeu. Et également (mais là commence la rétrospection non plus relativiste mais quantique), si le processus de mesure lui-même ne change pas l'objet de la mesure. C'est dans ces "si" que résident les présupposés de la théorie classique.

La causalité relativiste, en excluant les relations causales instantanées, crée un cadre macroscopique pour une conception unitaire de l'irréversibilité du temps. Léon Rosenfeld disait, lors d'une session de l'Académie Internationale de Philosophie des Sciences, tirant les conclusions d'une discussion lancée par des articles de Costa de Beauregard et de Watanabé :

"En plein accord avec Bohr, je considère la vitesse finie de propagation des signaux comme la véritable origine de la flèche du temps. Nous pouvons affirmer par définition, que le signal sera reçu au bout d'un certain temps après son émission. Je suis très content que nous soyons d'accord sur ce point de vue qui

diffère profondément de la justification habituelle statistico-thermodynamique de la flèche du temps".

Rosenfeld disait plus loin qu'une telle explication de la flèche du temps, fondée sur la causalité relativiste reste valable pour les processus atomiques et subatomiques, contrairement à l'explication purement thermodynamique qui ne peut s'admettre que macroscopiquement(1).

Mais, dans le monde des processus atomiques et subatomiques, la causalité relativiste doit être généralisée. Elle doit s'appuyer sur la causalité quantique et, en même temps, elle doit la modifier en écartant la notion d'états instantanés.

### 3.- La non-commutation quantique

Le XIX<sup>e</sup> siècle a trouvé dans les statistiques une relation entre un monde macroscopique irréversible soumis à la loi de l'entropie et un monde microscopique dépourvu d'irréversibilité. Ce faisant, il n'était pas seulement question de l'irréversibilité du passage d'une position à une autre des particules dans l'espace à trois dimensions, mais encore de changements irréversibles de l'espace des phases, lequel peut avoir un grand nombre de dimensions. Ce qui apparaît irréversible, c'est un intervalle de temps suffisamment long, au cours duquel se produit, dans un espace n-dimensionnel suffisamment grand, un passage depuis des états moins probables vers des états plus probables.

En mécanique quantique, les processus locaux ne sont pas ignorés. Les lois probabilistes, statistiques, définissent précisément de tels processus locaux. Elles concernent y compris les processus de mesure de variables conjuguées. Si l'une d'entre elles, disons la position d'une particule, acquiert des caractéristiques de plus en plus directes et précises, alors l'autre (en l'occurrence l'impulsion) ne se définit plus que par une probabilité, à travers l'équation d'onde. Ces processus introduisent dans la théorie une noncommutation, pseudonyme d'une certaine irréversibilité des mesures. Mais derrière une telle irréversibilité quantique, se trouve, apparemment, une irréversibilité plus compliquée, quanto-relativiste. On est en droit de penser que l'irréversibilité totale découlant des points de vues quanto-relativistes, diffère de l'irréversibilité classique (basée sur l'entropie), par le signe dont elle est affectée. La conception quanto-relativiste est une variante positive de l'irréversibilité, elle constate une augmentation de la complexité

(1) Léon Brillouin et Léon Rosenfeld, Revue de Métaphysique et de Morale, 1962, n° 2, p. 247.

et de la différenciation de l'univers. Elle sort des limites de la physique : l'orientation de la flèche du temps comme évolution de l'être coïncide avec l'évolution irréversible de la connaissance et avec l'évolution irréversible de sa valeur.

On peut remarquer qu'il est possible de trouver des précédents antiques aux tendances quanto-relativistes. Cela n'étonnera personne : la synthèse des idées quantiques et relativistes nous oblige de réexaminer les principes les plus généraux de l'être et de revenir aux problèmes les plus généraux et donc historiquement les plus invariants. On peut évoquer Alexandre d'Aphrodisias qui écrivait que les épicuriens n'avaient tout mouvement dans des domaines microscopiques et ne reconnaissaient que le *résultat du mouvement* : une particule, dès lors, disparaît d'une cellule discrète et réapparaît dans une autre. Nous parlerons, dans un prochain paragraphe, de la conception analogue actuelle d'un tel schéma d'annihilation-régénération. En particulier, ceci posera le problème du changement de dimension de l'espace dans des domaines ultramicroscopiques.

### 4.- La logique irréversible

La mécanique quantique ne change pas seulement le contenu des énoncés, mais encore les normes logiques auxquelles est soumis le passage d'un énoncé à un autre. Le principe d'indétermination fournit les conditions d'application des conceptions classiques au monde microscopique. Une telle condition consiste à passer des valeurs sûres des coordonnées, de l'impulsion et d'autres variables dynamiques des particules, à des valeurs probables ; la position d'un électron peut être établie avec une précision aussi grande qu'on le veut, pourvu que cette notion soit "probabilisée" : autrement dit, considérer une probabilité de présence et non plus la présence sûre et univoque d'un électron en un point. Un tel passage signifie qu'on remplace le qualificatif "indéterminé" (qui s'applique à l'affirmation de localisation de l'électron) par celui de "vrai" ou "faux" (qui s'applique à l'affirmation de probabilité de localisation). Nous arrivons donc au passage d'une logique incluant à côté de "vrai" ou "faux" un troisième qualificatif "indéterminé" (logique trivalente) à une logique à deux termes. En passant des probabilités aux valeurs des variables elles-mêmes, nous effectuons la transformation inverse. Ensuite, en passant d'une variable dynamique à une autre, nous remplaçons un jugement bivalent par celui d'"indétermination", tandis que pour l'autre variable, ce dernier qualificatif était exclu. En somme, on peut dire que la logique quantique est trivalente-bivalente.

En mécanique quantique, le critère de localisation d'une particule est *l'expérience*, laquelle modifie la ligne d'univers. En physique quanta-relativiste (quelles que soient les images concrètes et les conceptions et les modèles qu'on y introduise : nous envisageons ici une tendance générale) la localisation d'une particule modifie encore davantage, la ligne d'univers dans la "boîte noire" des processus ultrarelativistes : la ligne d'univers éventuelle devient autre que celle qui a déjà été parcourue, l'"avant" diffère de l'"après", la métalogue fait irruption dans la logique et la rend irréversible.

Et il s'agit bien là d'une *logique* irréversible. *Avant* et *après* ne se rapportent pas nécessairement au temps comme quatrième dimension de l'espace. L'espace des assertions logiques peut avoir un nombre  $n$  quelconque de dimensions, mais dans la logique quanta-relativiste, il s'y ajoute en outre un  $(n + 1)$ -ième axe de complexification irréversible des prédicats. Il ne s'ensuit évidemment pas que l'irréversibilité du temps - quatrième dimension de l'espace - découle de constructions logiques a priori ! Les termes "logique quantique" et "logique quanta-relativiste" signifient l'existence de racines empiriques à la logique, décrivant l'être en transformation. Mais la rétrospection dans la logique quantique et quanta-relativiste suggère qu'en réalité, la logique classique elle-même connaissait déjà des transitions irréversibles vers d'autres normes, de caractère métalogue. Simplement, ces transitions restaient imperceptibles et ne modifiaient pas notre image du monde, tant qu'on opérait à des échelles et à des vitesses qui permettaient de considérer comme infinie la vitesse de la lumière et nulle la constante de Planck. La logique paraissait alors immobile telle l'aiguille des heures sur une horloge : le cours du temps y restait imperceptible. L'aiguille des secondes et tout le mécanisme n'en marquent pas moins le cours du temps, mais celui-ci n'apparaît pas à qui ne fixe que l'aiguille des heures.

Attachons nous maintenant au caractère cybernétique d'une horloge, au changement de structure à intervalles réguliers. Alors, nous apparaît aussitôt l'écoulement du temps, sa flèche, grâce à l'asymétrie de *l'avant* et de *l'après*. La logique peut être analogue à un tel repérage si la suite des liens logiques fait apparaître, quand on la renverse, une transformation métalogue. Pour souligner cette analogie, imaginons un changement de structure induit par chaque oscillation du balancier et cela évoque aussitôt une logique dans laquelle chaque étape du raisonnement introduit une modification irréversible, attachée au cours irréversible du temps.

## 5.- La métrique et la topologie de l'être

Dans la littérature actuelle sur l'irréversibilité du temps apparaît une tendance générale à sortir des limites des systèmes isolés et à comprendre leur irréversibilité grâce aux échanges des systèmes considérés avec l'extérieur : on peut appeler cela la tendance "anti-isolationniste". La science non classique voit dans les interactions entre les systèmes l'essence même de leur existence et rend beaucoup plus relative que ne le faisait la science classique, la notion de système isolé.

L'"anti-isolationnisme", la prise en compte des interactions et de leur influence sur les conditions initiales fait apparaître deux processus antagonistes : la production d'entropie dans le système quasi-isolé et la croissance de la négentropie lors de l'apparition de nouvelles évolutions dans les systèmes, par interaction avec l'extérieur. En fin de compte, apparaît un processus de structuration, de complexification. L'ensemble des prédicats, attachés à l'être concret de l'univers, croît ; les éléments de l'univers montrent dans leur être individuel la complication croissante de l'être global, son inextricabilité croissante. C'est là, évidemment, une interprétation optimiste de l'irréversibilité du temps, qui s'oppose à l'interprétation pessimiste de la seule croissance de l'entropie et de la mort thermique.

Le temps comme structuration de l'être peut se représenter comme un  $(n + 1)$ -ième axe d'un espace à  $n$  dimensions dans lequel  $n$  croît et où la topologie de cette croissance même est exprimée par le  $(n + 1)$ -ième axe, le long duquel les transformations correspondent à la complexification au passage à une autre logique. Celles-ci expriment l'effet du tout sur les éléments locaux et décrivent la croissance de la complexité ; elles constituent une sorte d'accompagnement général des processus naturels, de même qu'en thermodynamique la croissance de l'entropie constitue une sorte d'accompagnement général aux transformations énergétiques. De l'idée relativiste que tout ce qui est spatial se déroule dans le temps et de l'idée quantique de la non-commutativité des données du microcosme naît l'idée d'un cosmos qui va non plus en s'éteignant mais en se complexifiant. La métrique du temps, la chronométrie au sens littéral, repose sur une réversibilité de l'être, une répétitivité des événements, tels que la position de la Terre sur son orbite, ou la position d'un point sur la surface terrestre par rapport au Soleil ou aux étoiles, et cela avec un cycle jusqu'à un certain point reproductible. Mais la complexification du monde avec l'augmentation de ce nombre  $n$  des dimensions spatiales que nous envisageons, reste comme un fond derrière la paramétrisation du temps. Le temps exprime, dans sa réversibilité,

une multiplicité liée à un certain prédicat (par exemple l'ensemble des positions de la Terre sur son orbite). Dans son irréversibilité, le temps exprime le nombre croissant de toutes les multiplicités semblables à la précédente. Autrement dit, le temps, dans sa réversibilité, demeure d'une manière ou d'une autre paramétrisable, il conserve son lien avec la mesure, tandis que dans son irréversibilité, il sort de ce cadre, il exprime la non répertabilité, la non identité des situations spatio-temporelles.

## 6.- L'univers conique

L'univers cylindrique d'Einstein est devenu, en substance, après Friedman, conique : son rayon de courbure croît. Cette croissance peut-elle devenir un fondement de l'irréversibilité de l'évolution cosmique ? Une réponse peut être donnée à cela sur un plan quasiclassique. Tout ce que l'on peut dire sur une dilatation irréversible de l'univers ou sur une évolution irréversible s'accompagnant de pulsions se rapporte aux perspectives de la science qu'aux perspectives du système du monde. Les voies de la science sont encore enveloppées, ici, de conceptions insuffisamment définies mais que nous voulons essayer de réunir dans l'idée de l'accroissement de la complexité de l'univers. Le schéma de l'univers quadridimensionnel conique d'Einstein-Friedman peut se rattacher aujourd'hui à un refus de présomption d'élémentarité et à un système du monde d'une complexité pratiquement infinie et en fait croissante, reflétée dans ses éléments locaux. Il n'est pas difficile de trouver des exemples d'une tendance très générale de la science contemporaine à faire ressortir les marques de l'inextricabilité de l'univers dans les "*ici et maintenant*" locaux. Limitons nous à l'une des conceptions de l'espace-temps discret ; au schéma des transmutations dans des domaines spatio-temporels où l'ordre des choses peut s'expliquer par l'action d'une Métagalaxie finie.

Ladite conception part de la régénération des particules, c'est-à-dire de leur transmutation en particules d'une autre sorte, suivie d'une retransmutation vers le type initial. Une telle régénération est supposée se produire sur des distances  $\rho$  de l'ordre de  $10^{-14}$  cm en des temps  $\tau$  de l'ordre de  $10^{-24}$  sec, ce qui donne une vitesse résultante de déplacement ultramicroscopique égale à la vitesse de la lumière. Le sens de l'idée ne change pas si  $\rho$  et  $\tau$  sont de quelques ordres inférieurs. Si ces régénérations-déplacements peuvent survenir avec la même probabilité dans toutes les directions de l'espace, alors après un grand nombre de déplacements, la particule reviendra à sa position initiale et sa vitesse macroscopique nous paraîtra nulle. S'il existe, dans l'espace, une asymétrie de probabilité, la vitesse macroscopique sera

différente, mais ne pourra excéder la vitesse de la lumière. Cette asymétrie peut être assimilée à un champ de force, la symétrie peut être assimilée à une masse et cette dernière peut être attribuée à l'influence de la Métagalaxie(1).

Regardons ce schéma à partir de ce que l'on disait plus haut sur le changement de dimension. Un intervalle  $\rho$  de l'ordre de  $10^{-14}$  cm sur une trajectoire ultramicroscopique de transmutation et de régénération d'une particule, nous apparaîtra topologiquement comme un objet nul. A l'intérieur de  $\rho$ , il n'y a pas de métrique, c'est un intervalle indivisible, un atome d'espace qui n'a pas de parties. Si l'on se cantonne à un point de vue purement topologique -et c'est le seul valable ici-  $\rho$  est un objet zéro-dimensionnel et il en est de même pour toute multiplicité  $\rho$ .

Regardons maintenant non plus un intervalle, mais un segment  $\rho$ , autrement dit, demandons nous à quelle distance va cesser la divisibilité de l'espace en parties. Nous ne considérons plus le contenu de  $\rho$  mais les dimensions de la boîte spatiale qui le contient et qui le limite. Alors  $\rho$  apparaîtra comme un objet de dimensions finies, une fraction de centimètre. Considérons maintenant la trajectoire macroscopique d'une particule qui, sous l'effet d'une force, devient asymétrique dans sa marche aléatoire : c'est une trajectoire d'allure continue et cela d'autant plus que l'asymétrie directionnelle, c'est-à-dire l'impulsion de la particule, sera plus grande.

La vitesse, sur cette trajectoire, pourra n'être plus égale à  $\rho/\tau = c$  et pourra être comprise entre 0 et  $c$ . La trajectoire ultramicroscopique se projette ici, avec son élément  $\rho$  pris comme élément zéro, comme une grandeur métrique. Ainsi, le processus fondamental constituant une particule identique à elle-même (celui qui crée par les transmutations-régénérations la base de l'être macroscopique) sera le passage d'un objet zéro-dimensionnel à un objet tri-dimensionnel. La situation est analogue pour le temps. Un intervalle  $\tau$  est zéro-dimensionnel, un segment  $\tau$  est unidimensionnel et fini, la projection de  $\tau$  dans le temps macroscopique est infiniment petit. Remarquons encore que le passage de l'intervalle au segment dans le cas de  $\rho$  comme dans celui de  $\tau$ , c'est par essence leur extériorisation, c'est la "mise en marché" de la présomption entourant  $\rho$  et  $\tau$  dans l'espace-temps continu, la présomption d'existence de lignes d'univers continues. La notion même de transmutation, c'est-à-dire de modification

(1) B. Kouznetov, Phil. of Science, 33, n° 3, p. 199, 1966

d'une ligne d'univers éventuelle, n'a de sens que pour une telle présomption.

Demandons-nous maintenant si nous allons inverser ou non le processus du passage du discret au continu sur le cône d'espace-temps, le processus de transformation de la transmutation en mouvement, du processus du passage de l'espace zéro-dimensionnel à l'espace de dimension non nulle.

Nous considérerons chaque processus d'influence du champ sur le vide, chaque passage de l'espace zéro-dimensionnel à un espace de dimension non nulle comme un processus irréversible. Le vide, l'espace zéro-dimensionnel des particules privées d'identité macroscopique, se transforme en univers de particules identifiables et de lignes d'univers continues. Le processus réversible n'a pas d'être macroscopique. Dans le monde des processus macroscopiques, il n'y a rien d'analogue à l'entropie thermodynamique, qui correspondrait ici à la disparition des lignes d'univers, à leur dilution dans le vide zéro-dimensionnel. L'annihilation d'une particule ne la dilue aucunement dans le vide : la ligne d'univers d'un photon se distingue de celle d'un électron, mais elle reste une ligne d'univers, la trajectoire macroscopique d'un photon coïncide partout avec sa trajectoire continue "maximale" engendrée par une suite orientée de régénérations-déplacements. Le processus de transition de l'espace tridimensionnel vers l'espace zéro-dimensionnel n'existe pas parce que chaque processus physique est avant tout une transformation de l'espace zéro-dimensionnel en l'espace tridimensionnel et elle se produit au cours du temps, autrement dit son arène est un continuum à  $(3 + 1)$  dimensions. Ce qui se produit, donc, c'est un passage irréversible d'un espace discret zéro-dimensionnel à un espace continu de dimension non-nulle.

Mais la transmutation, est une transformation non seulement de la position d'une particule, mais encore d'un grand nombre de ses attributs et de ses modus, une modification des interactions entre la particule et l'Univers, un changement à  $n$  dimensions, un acte dont l'arène est un continuum à  $(n + 1)$  dimensions, un univers conique dans lequel, le long de l'axe du temps, croît l'ensemble des multiplicités ordonnées et continues de prédicats macroscopiques.

#### 7.- La structuration quanta-relativiste de l'univers

L'idée des interactions entre l'Univers et une particule élémentaire, créant des lignes d'univers et des unités de structure du système du monde, en augmentant la dimension de l'Univers comme espace des phases, est une conception *physique* non univoque. Mais

elle illustre la conception *historico-physique* univoque du lien entre la structuration irréversible de l'univers et la synthèse relativiste de la physique. La physique quantique postule l'irréversibilité des processus dans le microcosme en raison de leur non commutabilité. La relativité ne postule pas seulement le caractère temporel de tous les processus physiques, mais encore, lors du passage de la relativité spéciale à la relativité générale, elle inclut dans son image du monde une hiérarchie dynamique, celle du champ de gravitation. La physique quanta-relativiste fait de la non-commutation des processus élémentaires le fondement de l'irréversibilité et ajoute de fait une  $(n + 1)$ ième dimension, celle de la structuration, aux  $n$  dimensions de l'espace des phases.

#### 8.- L'irréversibilité de la connaissance

Qu'est-ce que l'histoire de la science ? Est-ce une histoire du vrai ou une histoire de l'erreur ? Mais le vrai reste semblable à lui-même ; quant à l'erreur, elle est privée d'évolution irréversible ; si bien qu'aucune des deux réponses n'est historique. Cette aporie surgit inévitablement devant l'épistémologie quand celle-ci oublie qu'est-ce qui fait que l'histoire est l'histoire ; quand elle oublie le temps, le processus d'augmentation de la *dimension* de la science, c'est-à-dire de l'ensemble des catégories générales qui ordonnent les observations et qui incluent les transitions du  $(n + 1)$ ième axe de l'évolution des connaissances. L'isomorphisme de la science et de son univers-objet lève nombre d'aporées épistémologiques, à commencer par celle qui se trouve dans les deux premières phrases de ce paragraphe. De telles solutions, caractéristiques de notre époque, relient la science en temps que description du monde à sa propre connaissance d'elle-même. Laplace disait qu'il est plus difficile, pour la raison, de se plonger en elle-même que d'aller de l'avant. Plonger la raison en elle-même, c'est changer les principes, les normes logiques et les méthodes. Aller de l'avant, c'est expliquer de nouveaux facteurs sur la base de normes et de méthodes établies. En notre temps, aller de l'avant est inséparable du plongement de la raison en elle-même et de l'anisotropie de la connaissance qui en résulte. Pour sortir du dilemme formulé dans la première phrase de ce paragraphe, il faut trouver un processus irréversible d'élargissement, d'approfondissement, de généralisation et de concrétisation de la connaissance, il faut chercher s'il existe une irréversibilité du "plongement de la raison en elle-même" et s'interroger sur l'histoire de la raison en elle-même et non seulement sur l'histoire du raisonnement. Les "plongements", autrement dit, les changements dans les représentations fondamentales dans les idéaux, les méthodes, la logique et la structure de la science,

ce sont les révolutions scientifiques. Ce sont elles qui introduisent des éléments d'irréversibilité dans le développement scientifique. La science peut revenir à des représentations antérieures, mais non pas aller d'une logique plus générale à une logique plus ancienne qui n'est plus qu'un cas particulier de celle-ci. C'est là que nous paraissent se trouver les changements radicaux qui articulent l'évolution historique de la science.