INSTITUT GRAND-DUCAL
Section des sciences morales et politiques

Edmond Wagner
Professeur au Centre Universitaire

Théories biologiques et théories cognitives

(Considérations sur le rationalisme contemporain)

1980

INSTITUT GRAND-DUCAL
Section des sciences morales et politiques

Edmond Wagner
Professeur au Centre Universitaire

Théories biologiques et théories cognitives

(Considérations sur le rationalisme contemporain)

1980

Imprimerie Saint-Paul, société anonyme, Luxembourg

Paroles introductives du président, M. Carlo Hemmer

La sous-section de philosophie est la moins nombreuse de nos sous-sections, mais se distingue par une activité particulièrement intense. Il y a quelques semaines seulement, nous avons écouté une brillante communication de notre confrère, le professeur Jean-Paul Harpes; aujourd'hui nous sommes réunis pour entendre notre confrère le professeur Edmond Wagner, et déjà M. Harpes nous annonce une nouvelle communication sous le titre: «Logique et déontologie juridique».

L'orateur de ce jour participe activement à nos travaux depuis de longues années. Pour introduire nos travaux sur le suicide, il nous fit, le 2 juin 1975, un exposé fondamental, particulièrement fouillé sous le titre «Le suicide — Recherche d'une définition. Aspects philosophiques et moraux.» Il est président de notre sous-section de philosophie et fait à ce titre partie du conseil d'administration de notre section.

Né en 1931, M. Wagner est directeur adjoint du Lycée de garçons d'Esch. Au Centre Universitaire, il est titulaire de la chaire de théorie de la connaissance, précédemment occupée par notre regretté confrère, le professeur Jules Prussen. Il est aussi administrateur de la section de formation pédagogique de ce Centre. Président de la Société Luxembourgeoise Teilhard de Chardin, il y a entrepris l'organisation de conférences qui ont pour objet d'initier un grand public aux problèmes philosophiques, scientifiques, sociaux et religieux de notre époque. Notre confrère a publié dans la Nouvelle Revue luxembourgeoise des articles consacrés à des problèmes philosophiques de la science et a fait sur des sujets analogues des conférences dont on trouve le reflet dans les comptes-rendus de la Société Luxembourgeoise Teilhard de Chardin.

Philosophe autant qu'homme des sciences naturelles, attiré par la physique autant que par la biologie, M. Wagner cultive un champ

d'intérêts qui couvre à la fois le vaste domaine de la physique et de la biologie et le terrain illimité de la philosophie. La bipolarité de ses recherches se traduit entre autres par le fait que notre confrère est membre, simultanément, dans l'Institut Grand-Ducal, de notre section des sciences morales et politiques et de la section des sciences naturelles.

Communication
de M. Edmond Wagner

Professeur au Centre Universitaire

Théories biologiques et théories cognitives

(Considérations sur le rationalisme contemporain)

Les fonctions cognitives constituent, à tous les paliers de la vie, une partie intégrante de l'organisme vivant. Malheureusement, on constate que les biologistes, qui élaborent des théories destinées à expliquer le fonctionnement et l'évolution organiques, se soucient parfois trop peu du comportement animal et de la connaissance en général, alors que les psychologues, orientés vers l'investigation du comportement et de la conduite, négligent trop souvent les fondements biologiques des manifestations psychiques. Or, une théorie scientifique qui ne réussit pas à rendre compte de tous les aspects du phénomène, qui se montre donc incapable d'éclaircir à la fois les caractères physiologiques et les propriétés psychiques des formes vivantes, demeure insuffisante. Analysons donc de ce point de vue les théories traditionnelles de l'évolution, afin de dégager à quelles conditions elles se montrent à la hauteur du phénomène et à quel point elles se voient confirmées par les récents progrès bouleversants, mais révélateurs et instructifs de la science.

De points de repère nous serviront, d'un côté, certaines thèses de Jean Piaget énoncées notamment dans son livre intéressant «Biologie et connaissance» (Gallimard), de l'autre, les analyses pénétrantes de G. Bachelard et de R. Blanché sur le nouvel esprit scientifique et le rationalisme contemporain[1].

A) Parallélisme et opposition des théories

Le lamarckisme - l'empirisme gnoséologique.

Les idées centrales du lamarckisme consistent dans le rôle fortificateur de l'exercice dans le développement des organes, dans la

[1] voir notamment
G. Bachelard: Le nouvel esprit scientifique (PUF)
La philosophie du non (PUF)
R. Blanché: La science actuelle et le rationalisme (PUF)

causalité du besoin et dans la fixation héréditaire des modifications et innovations ainsi obtenues (hérédité de l'acquis). Selon cette théorie, qui présuppose le passage de l'information du milieu sur l'organisme, l'instinct résulte d'une suite d'associations imposées par le milieu et fixées par voie héréditaire. Or, dans cette perspective, le milieu se voit confier un pouvoir d'action tout puissant sur l'organisme qui, dans les modifications morphologiques subies par suite de l'exercice et du besoin, ainsi que dans l'acquisition d'habitudes, reste passif, mais demeure indéfiniment plastique, tout en subissant continuellement des variations dues aux influences du milieu.

Dans le domaine gnoséologique, la doctrine selon laquelle le sujet demeure soumis aux contraintes de l'objet, c'est l'empirisme qui ramène les notions les plus centrales de la raison «aux effets répétés de l'expérience et des habitudes acquises par le sujet sous la pression des circonstances». Ainsi Spencer et d'Alembert assignent aux mathématiques une origine exclusivement empirique. Or, le parallélisme entre le rôle de l'exercice et de l'habitude que Lamarck reconnaît aux adaptations morphologiques et dont Hume souligne l'importance dans la formation de l'idée de causalité est frappant. Dans les deux cas, les successions régulières du milieu engendrent dans le sujet des associations ou habitudes qui, pour Lamarck, se prolongent, dans l'organisme, par des changements morphologiques, alors que, pour Hume, elles se manifestent, dans le sujet, par un changement de formes mentales, c.-à-d. d'idées. Dans les deux cas, toute référence à une activité structurante de l'organisme ou du sujet manque. Et c'est justement dans cette passivité foncière de l'organisme et du sujet connaissant que réside le défaut majeur des deux courants.

Le néodarwinisme, - le kantisme et le conventionalisme.

Le néodarwinisme, par contre, s'appuie sur des pierres angulaires tout à fait différentes. Citons d'abord les gènes, dépositaires d'un code strict et détaillé qui détermine les structures de l'organisme. On sait que, dans les circonstances normales, ce code se transmet sans altération de génération en génération. Toute modification des structures préformées est due à des mutations brusques, aléatoires, fortuites, sans liaisons régulières avec le soma ni avec le milieu.

Les variations ainsi produites se révèlent soit neutres, soit nocives, soit adaptatives au hasard des circonstances, la sélection se chargeant d'éliminer sans merci toute innovation défavorable, toute forme organique mal adaptée.

Or, au néodarwinisme correspondent deux théories gnoséologiques, selon qu'on insiste davantage sur la stabilité héréditaire du génome ou sur les effets des mutations. La conception d'une structure génétique stable se retrouve dans le kantisme qui pourvoit le sujet de catégories ou de formes a priori, conditions préalables de l'expérience, source du caractère universel et nécessaire de nos connaissances. À l'époque actuelle, Konrad Lorenz se veut à la fois néodarwinien et kantien. Il croit découvrir dans le domaine des instincts des connaissances a priori comparables aux formes et aux catégories a priori que Kant a assignées à la pensée humaine. «Nous croyons pouvoir démontrer la relation étroite, de nature fonctionnelle et probablement génétique, entre ces a priori propres aux animaux et à l'homme[2].» Ainsi, Lorenz rattache les a priori kantiens aux mécanismes héréditaires de la morphologie et de l'instinct. Certaines structures cognitives, comme p.ex. la perception des structures spatiales, sont a priori. De même, les mathématiques reposent sur des jugements synthétiques a priori comparables à des formes innées au même titre que les instincts.

En fait, Lorenz s'écarte de Kant en deux points. Alors que Kant considère la chose en soi comme à tout jamais inconnaissable, Lorenz, en bon évolutionniste, voit un progrès dans le développement de nos connaissances et suppose que nos instruments cognitifs héréditaires, dépourvus de la rigidité statique kantienne et susceptibles de perfectionnement, conditionnent des approximations graduelles au noumène. Mais, si les cadres a priori se perfectionnent et évoluent comme d'autres caractères biologiques quelconques, alors, en tant que conditions préalables, héréditaires, innées de toute connaissance expérimentale, les a priori de Kant perdent leur unicité et leur universalité (ils varient d'espèce en espèce et ne gardent l'impression de stabilité et de rigidité que pour l'humanité actuelle, sans être à l'abri de mutations subites) et, ce qui faisait leur valeur principale, leur nécessité (en tant que produits de mutations aléatoires).

Or, par sa conception des formes a priori, à la fois innées et non nécessaires, Lorenz glisse insensiblement de l'apriorisme rigide au conventionnalisme qui correspond exactement à la conception des mutations fortuites dont les mieux conformes aux circonstances du moment sont conservées par la sélection naturelle. Parallèlement, dans le domaine cognitif, les notions de causalité, d'espace et de temps se sont aussi modifiées au cours de l'histoire. Ainsi, pour Poin-

[2] «Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie», in: Bätter für deutsche Philosophie 1941.

caré, le choix entre les différentes géométries constitue une question de commodité, alors que pour Rougier la logique relève d'une convention linguistique. Comme notre cerveau, notre logique et nos géométries demeurent le produit de combinaisons fortuites, sélectionnées en raison des succès obtenus.

Mais le parallélisme entre le néodarwinisme et les solutions épistémologiques esquissées trouve son intérêt véritable dans la constatation que cette convergence entre des manières analogues de poser les problèmes entraîne, des deux côtés, les mêmes difficultés. D'un côté, le néodarwinisme met tout l'accent sur les structures internes de l'organisme et conçoit le génome comme un agrégat de gènes discontinus et indépendants, mais coupés de tout contact avec le milieu et le soma. Mais, face à l'embryogenèse et aux étonnants phénomènes d'adaptation, de régulation ou de comportement, beaucoup de biologistes jugent normal que, d'une façon ou d'une autre, ce système de régulation que nous appelons génotype soit informé sur le résultat de ses actions et puisse les corriger, ajuster en fonction des résultats obtenus. De l'autre côté, le rationalisme kantien met les structures a priori du sujet connaissant (formes et catégories) à l'abri de toute modification conditionnée par le milieu et leur refuse toute possibilité d'adaptation aux exigences de la situation. Or, les grandes révolutions scientifiques du 20e siècle ont justement montré que les principes et les catégories de notre raison (p.ex. les principes de causalité, de déterminisme, de substance) sont susceptibles de modification et d'adaptation pour rendre compte des domaines du réel inexplorés jusqu'alors.

Donc, ni en biologie ni en épistémologie, on ne saurait dissocier de façon absolue l'organisme (ou le sujet) du milieu (ou des objets), sans susciter de graves problèmes. Ni de l'un ni de l'autre côté on ne trouve des structures toutes faites et statiques, mais «un fonctionnement organisateur et constructif» qui se manifeste par l'élaboration de structures variables, mais non fortuites.

Ensuite, le néodarwinisme ramène finalement au hasard, aux variations fortuites et mutationnelles, l'élaboration des caractères morphologiques, anatomiques, physiologiques, de même que la formation des fonctions instinctives et cognitives et leurs modifications. Or, d'un côté, le hasard, même longuement trié par la sélection, ne saurait rendre compte de la formation d'un organe quelque peu complexe; de l'autre, il se montre tout aussi impuissant à expliquer la mise en place de l'instinct ou des structures logico-mathématiques. En effet, «pour ce qui est de l'instinct, la théorie mutationniste revient

à supposer que tous les comportements instinctifs sont nés de productions motrices ou perceptives surgissant au hasard à la manière des mutations et que le milieu a sélectionné, après coup, celles qui réussissaient. Autrement dit, l'oiseau s'est livré à n'importe quels entassements de matériaux avant de faire des nids, à pondre n'importe où avant de relier ses pontes à ces nids, les mâles et les femelles ont essayé de tout avant de coordonner leurs conduites etc., etc.»[3] Mais, de cette façon, le mutationnisme ne réussit pas à rendre compte de la formation des instincts strictement accordés aux besoins de l'individu et de l'espèce.

D'ailleurs, il ne saurait éclaircir davantage l'élaboration de structures logico-mathématiques qui ne sont ni préformées à l'état de structures achevées au sein du sujet ni tirées des objets, mais qui se construisent, à la suite d'actions opératoires effectuées par le sujet sur l'objet ,et exigent, par conséquent, un fonctionnement organisateur et régulateur. «Il serait tout simplement invraisemblable de prétendre expliquer le progrès des structures logico-mathématiques chez l'homme par un mécanisme de sélection analogue à celui qu'on utilise pour rendre compte de la formation des sabots chez le cheval ou des nageoires chez le poisson . . . Expliquer par la seule sélection, au sens du mutationnisme, pourquoi le cerveau humain a été capable de construire des structures logico-mathématiques si admirablement adaptées à la réalité physique est donc impensable, car les facteurs d'utilité et de survie n'auraient conduit qu'à des instruments intellectuels grossièrement approximatifs, largement suffisants pour la vie de l'espèce et de l'individu, et non pas à cette précision ni surtout à cette nécessité intrinsèque qui exigent toutes deux une explication bien plus profonde de l'adaptation que par triage a posteriori au sein de variations aléatoires[4].» Telles sont aussi les difficultés du kantisme et du conventionalisme.

À regarder de plus près, on s'aperçoit que le vrai problème du mutationnisme réside dans le fait que les mutations aléatoires exigent une organisation préalable dans laquelle se passent les variations aléatoires et qui se montre capable d'intégrer dans ses structures les modifications avantageuses. En effet, un génome est une structure organisée comportant ses propres régulations, résultats d'une évolution du système génétique. En tout cas, une mutation favorable se voit intégrée par une organisation antérieure, de sorte que le hasard,

[3] ouvrage cité p. 385
[4] ouvrage cité p. 382

loin d'être seul à l'oeuvre, est utilisé grâce à une organisation préalable. Or, le mutationisme a oublié cette organisation pour n'en considérer que les variations subies et néglige ainsi les conditions nécessaires de toute modification et transmission héréditaires. «L'interprétation mutationniste, en refusant de reconnaître l'organisation à titre de facteur causal et en réservant la causalité au hasard et à la sélection seuls, ne voit pas qu'en fait elle parle exclusivement de hasards utilisés par une organisation et de sélections réciproques ou dirigées, ce qui la conduit à expliquer l'organisation par des hasards déjà en partie organisés et par des sélections elles-mêmes dirigées, d'où un cercle vicieux perpétuel[5].» C'est comme si, du fait que la pensée rencontre sans cesse des hasards heureux ou malheureux au cours de ses efforts de découverte, on concluait que la pensée elle-même était due tout entière à ces hasards seuls.

Il en résulte que, par rapport à toutes ses manifestations, l'organisme constitue un fonctionnement organisateur et constructif qui s'exprime, à différents niveaux, par l'élaboration de structures génétiques, physiologiques et cognitives. Mais, les régulations formatrices demeurent incompréhensibles sans un ensemble d'interactions entre le sujet et les objets.

La génétique des populations.

Vu que le néodarwinisme ne se trouve donc pas en mesure de poser objectivement le problème du statut d'intelligibilité des grandes manifestations de la vie et d'en avancer une explication valable, le biologiste se voit obligé de rechercher des modèles d'explication fondés sur les notions d'organisation et de régulation. Or, la biologie nous invite justement à dépasser l'alternative qui ne nous laissait que le choix entre la théorie des mutations fortuites triées par la sélection aveugle et celle de la fixation héréditaire automatique des influences du milieu.

Un premier pas en direction d'un dépassement des deux termes antithétiques a été fait par la théorie, encore néodarwiniste, de la génétique des populations élaborée par Darlington, Dobzhanski, Waddington etc[6]. Le concept fondamental en demeure la notion de population, groupe d'individus dont chacun participe d'un système

---

[5] ouvrage cité p. 384

[6] cf. Dobzhanski: Variation and Evolution
Waddington: The Strategy of the Genes
Darlington: Evolution of Genetic System.

génétique collectif, résultat de tous les croisements possibles entre individus. Ce «pool génétique» constitue un véritable système dont les éléments sont coadaptés et s'intègrent dans un ensemble. On distingue donc, d'un côté, le génome individuel, à l'intérieur duquel chaque gène dépend du système total des gènes en interaction, source des caractères phénotypiques de chaque individu, et, de l'autre, la population, système dynamique caractérisé par un pool génétique déterminé par des relations d'intégration diverses entre l'individu et l'espèce et «par des normes de réaction qui en fournissent l'expression phénotypique en interaction avec le milieu». Quant à la variation, le poids essentiel n'en incombe plus à la mutation, mais à la recombinaison génétique qui, par addition progressive de mutations spécifiques, aboutit à de nouveaux génotypes et, surtout, à de nouvelles et meilleures formes d'équilibre génique. À son tour, la sélection procède moins par triage mécanique et aveugle que par ajustement progressif et par modification des proportions caractéristiques du pool génétique (proportions des différents gènes, fréquence des hétérozygotes etc.). De cette façon, elle aboutit à de meilleures équilibrations. Et, au lieu d'attribuer à la sélection la seule tâche d'éliminer l'inadapté, Waddington lui confère une mission positive plus importante que la première, celle de favoriser certains mécanismes stabilisateurs (sélection canalisante).

En somme, par la notion du pool génétique commun, les biologistes mentionnés substituent une espèce d'organisme collectif aux organismes individuels et envisagent une transmission de l'information allant du milieu au pool génétique collectif, voire la fixation héréditaire des variations qui en résultent par modification des proportions du génome collectif.

Selon Waddington, la sélection agit exclusivement sur les phénotypes qu'il faut concevoir comme des «réponses» du génotype commun aux influences du milieu. En fin de compte, elle aboutit surtout à des changements de proportions et à des restructurations au sein du pool génétique, alors que les génomes individuels réagissent à leur tour, au cours des générations suivantes, par des recombinaisons génétiques. «Tandis que le lamarckisme voyait dans le germen un instrument de simple enregistrement des modifications somatiques en vue de la transmission héréditaire, et que le mutationnisme considérait le génome comme source unique de préformation ou de variations aléatoires, Waddington, après Dobzhanski, le conçoit enfin comme un système actif de «réponses» et de réorganisations faisant

face au milieu sans le subir passivement, mais utilisant ses informations au lieu de l'ignorer ou de lui imposer son programme[1].»

Mais, comme les biologistes cités ci-devant, à l'exception peut-être de Waddington, maintiennent l'isolation radicale du génome individuel et refusent, par conséquent, toute transmission de l'information du soma au germen, ce développement intéressant du néodarwinisme ne s'écarte en aucun point essentiel de la doctrine classique. Mais c'est à ce niveau que se posent deux problèmes cruciaux: quels sont, dans la perspective de la génétique des populations, les rapports entre l'individu et la population, et, surtout, quels sont les rapports entre l'individu, en tant que phénotype, et cette portion du pool génétique qui constitue son génome individuel?

La conception interactionniste.

C'est ici que Jean Piaget propose une théorie intéressante permettant l'intégration de deux principes lamarckiens essentiels dans le néodarwinisme: la transmission de l'information du milieu au génome et l'hérédité de caractères acquis, principes que la biologie actuelle envisage d'un oeil plus favorable que naguère, mais que Lamarck, admettant une influence héréditaire directe du milieu sur le corps, n'avait pas formulés en termes corrects.

D'abord, Piaget oppose au mutationnisme, pour lequel l'individu demeure le siège passif de toutes les transformations biologiques, la perspective interactionniste, d'après laquelle l'individu est non seulement «la résultante d'interactions multiples dépendant de la population entière», mais il en est encore le siège actif, car la population n'est pas un organisme réel «pesant du dehors sur les individus, mais le système comme tel de toutes les interactions»[7]. La grande difficulté que rencontre la génétique néodarwinienne réside dans l'absence d'une relation réciproque entre la structure du génome et ses activités morphogénétiques. À cet égard, Piaget émet l'hypothèse que «à tout processus se déroulant dans la population quant aux relations fondamentales entre le pool génétique et le milieu (variation et sélection), peut correspondre un processus qualitatif parallèle quant aux relations entre le génome individuel et le milieu individuel»[8].

---

[1] ouvrage cité p. 175
[7] ouvrage cité p. 393
[8] ouvrage cité p. 395

En sacrifiant le dogme de l'inaccessibilité du génome individuel par rapport aux influences du milieu, Piaget admet donc que l'organisme réagit activement aux pressions du milieu et «les assimile à ses structures ou différencie celles-ci par réorganisations et rééquilibrations au moyen des instruments génétiques disponibles»[9]. À l'empreinte passivement subie, il substitue donc une réponse active: le phénotype est une réponse du génome aux incitations du milieu, et la sélection, qui porte sur les phénotypes en tant que réponses, aboutit à des recombinaisons génétiques à la fois nouvelles et non entièrement aléatoires. Pour garantir l'efficacité de ces recombinaisons, pour éviter qu'elles ne sombrent dans le chaos, il faut admettre l'existence d'un système d'informations par feedbacks sur les réussites et les échecs de l'adéquation de ces recombinaisons avec le milieu. Donc, contrairement à la position de Dobzhanski, pour lequel la sélection aboutit à une rééquilibration[10] génétique nouvelle sans que les rééquilibrations du phénotype se répercutent jusqu'au génome individuel, Piaget considère que la réponse phénotypique constitue une «réponse à un problème nouveau posé par le milieu». Ainsi, les étapes du développement individuel constituent des occasions qui, au cours de la croissance, permettent aux processus de rééquilibration interne du génome «de s'informer par feedback des résultats successivement obtenus, de manière précisément à permettre la régulation dont le mécanisme demeure sans cela incompréhensible»[11].

Après l'initiative de Waddington, Piaget envisage donc l'hérédité de l'acquis dans la mesure où les régulations et rééquilibrations internes du génome se réalisent, en partie, d'après les informations que le milieu fait passer, grâce à ces circuits à feedback, au génome. Les exemples cités à l'appui de cette conception abondent. Waddington allègue l'interruption de la nervure transversale des ailes d'une race de Drosophile, l'élargissement de la papille anale de certaines larves de Drosophile, l'apparition d'une modification du troisième segment du corps etc. Piaget, de son côté, insiste longuement sur la fixation héréditaire de variations phénotypiques d'abord non fixées, sous l'influence cumulative du comportement et des mouvements de l'animal, chez certaines variétés de la Limnée des étangs. Mais ce sont surtout les découvertes retentissantes de Temin et de Spiegelman sur le passage de l'information de l'ARN d'un virus à l'ADN

---

[9] ouvrage cité p. p. 201 et 202
[10] ouvrage cité p. 407
[11] ouvrage cité p. 410

de la cellule parasitée, grâce à l'action d'une transcriptase inverse introduite de l'extérieur, qui encouragent la théorie nouvelle.

D'autre part, il faut souligner à l'appui de cette thèse que les adaptations cognitives héréditaires (par ex. les instincts), ainsi que celles des instruments organiques de connaissance (p.ex. le cerveau, l'oeil, la main), nécessitent également une information sur le résultat et se montrent irréductibles à un simple jeu de mort ou de survie. «Le comportement individuel par essais et erreurs suppose un mécanisme continu de feedbacks tels que les erreurs commises améliorent les conduites ultérieures, autrement dit, tels que le comportement soit sans cesse orienté par les résultats obtenus, les bons comme les mauvais[12].» D'après le néodarwinisme, les survivants n'apprennent jamais rien des individus éliminés. Or, «ce n'est pas par des successions de morts ou de survies qu'on explique pourquoi les araignées font des toiles si différentes d'une espèce à l'autre ou qu'on décidera si la perception de la troisième dimension chez l'homme ou les Primates est innée ou acquise peu après la naissance. Même sur le plan des organes héréditaires servant au comportement, on voit mal comment expliquer leurs différenciations, si un jeu de feedbacks par cascades ou niveaux distincts de rétroaction ne reliait le comportement au génome dans une direction centripète et non seulement centrifuge»[13]. D'ailleurs, si le génome se trouve informé de ses résultats dans son action morphogénétique, pourquoi le considérer comme aveugle à l'égard des problèmes sans cesse renouvelés que pose le milieu, «puisque le développement phénotypique se trouve précisément en présence de la tâche continuelle de concilier la programmation génétique avec les exigences nouvelles du milieu».

Essayons maintenant de comprendre l'action du milieu sur le système génétique. Supposons qu'un génome G comporte par rapport à un milieu M, changé en M', trois espèces d'éléments:

A, neutres, se traduisant par les caractères phénotypiques a;

B, favorables, se manifestant par les aspects b, et C défavorables, à l'origine des traits c. Certes, la sélection au sens traditionnel peut éliminer les phénotypes porteurs des éléments C et favoriser du même coup les deux autres groupes. Mais Piaget ajoute qu'en même temps «les facteurs ou éléments B peuvent bénéficier d'un fonctionnement renforcé par le milieu dans la production des caractères b, tandis que le fonctionnement des élements

[12] ouvrage cité p. 411
[13] ouvrage cité p. 412

C peut être constamment inhibé dans la production des caractères c à cause des obstacles opposés par le milieu pendant la croissance»[14].

Comme l'action morphogénétique des gènes se localise à plusieurs niveaux (ADN, ARN, protéines, hormones etc.), les résistances ou les renforcements systématiques conduisent à des rééquilibrations de proche en proche, en ordre régressif (p. ex. protéines → hormones → ARN → ADN), tenant compte, par feedback négatif, des résultats obtenus. La rééquilibration finale du génome équivaudrait à la «réponse» ou à «l'assimilation génétique» de Waddington. Mais, du même coup, on a abandonné le dogme de l'isolation et de l'inaccessibilité du génome individuel par rapport aux interactions avec le milieu. Pourtant, cette hypothèse ne constitue pas un retour au Lamarckisme, qui préconise la passivité de l'individu subissant les empreintes de l'extérieur, mais elle accorde à l'organisme actif un pouvoir de réaction aux influences du milieu avec puissance d'assimilation de ces pressions et de rééquilibration de ses structures au moyen des instruments génétiques disponibles.

En résumé, le problème consiste à comprendre comment, au sein du phénotype, se constitue un nouveau génotype par recombinaisons génétiques favorisant B et b sur C et c, ou à rendre compte de l'adéquation du nouveau génotype au phénotype non encore fixé héréditairement. Piaget pense qu'il faut invoquer, pour rendre compte de l'adéquation de ces recombinaisons avec le phénotype, «un système d'information par feedbacks sur les réussites et les échecs de cette adéquation». Au cours du développement ontogénétique se produisent donc des interactions avec le milieu qui, à la suite d'informations par feedback, renforcent les caractères et les potentialités B tout en inhibant les caractères c et les potentialités C. En effet, en l'absence d'une telle interaction, la sélection purement structurale, modifiant les proportions du pool génétique par simple élimination des caractères défavorisés, ne donne aucune garantie que les rééquilibrations et recombinaisons, auxquelles elle aboutit sous l'action du milieu, soient véritablement nouvelles. «Si les rééquilibrations du phénotype ne se sont pas répercutées de proche en proche jusqu'au génome individuel, la sélection des phénotypes se réduit donc à un triage au sein de ce qui existait auparavant et la recombinaison n'est qu'une sous-combinaison parmi l'ensemble des combinaisons déjà possibles. Au contraire, la réponse phénotypique est une réponse à un problème

[14] ouvrage cité p. 397

nouveau posé par le milieu et cette réponse est la seule garantie de la présence d'interactions nouvelles, si solidaires soient-elles des structures antérieures. C'est donc dans la mesure où le génome réagit à son tour aux problèmes posés par la réorganisation du phénotype qu'on peut être assuré de la nouveauté de la réponse[15].»

B) Interprétation biologique de la connaissance.

Les considérations précédentes permettent à Piaget d'avancer une interprétation cohérente de la connaissance.

À l'égard des problèmes biologiques qu'elles soulèvent, on peut distinguer trois sortes de connaissances. D'abord, les connaissances acquises par l'expérience, extension considérablement enrichie des conduites d'apprentissage constatées au niveau animal. Ensuite les connaissances structurées par programmation héréditaire (à l'exemple des instincts). Cette catégorie se révèle très étroite chez l'homme. Des montages héréditaires se trouvent avant tout dans les schémas sensori-moteurs et dans les organes héréditaires de connaissance (p.ex. le cerveau, les yeux). Enfin, voici l'immense gamme des connaissances logico-mathématiques, connaissances a priori que d'aucuns considèrent comme acquises par l'expérience, alors que K. Lorenz les juge comparables à des formes innées au même titre que les instincts.

Piaget par contre, convaincu que le néodarwinisme traditionnel ne saurait expliquer la naissance ni le fonctionnement de l'instinct, envisage un troisième type de formation des connaissances logico-mathématiques. «Si toute connaissance, innée ou acquise, suppose, à titre de condition nécessaire, un certain fonctionnement permanent, source des schémas assimilateurs et de leurs coordinations, alors les formes héréditaires de comportement cognitif, qui sont prédominantes chez l'animal (réflexes, instinct etc), tant que le champ d'adaptation ou d'équilibre est restreint, se dissocieront en deux directions complémentaires, lorsque ce champ s'élargira grâce à l'exercice de la représentation ou pensée: d'une part une direction d'extériorisation ou d'accommodation phénotypique avec le milieu, c.-à-d. d'apprentissages, d'expériences et de connaissances physiques de la première catégorie, d'autre part, une direction d'intériorisation ou de structuration formelle par abstraction réfléchissante à partir

[15] ouvrage cité p. 407

des conditions internes de tout fonctionnement[16].» Les connaissances logico-mathématiques résultent de l'éclatement des comportements héréditaires voués, chez l'homme, à la quasi-disparition. Ces comportements héréditaires se prolongeraient à la fois dans l'extension énorme des connaissances acquises par l'expérience physique et, d'autre part, dans le développement non moins important des structures logico-mathématiques. Une analyse plus détaillée mettra en lumière le statut de cette dernière catégorie.

Signification biologique des structures logico-mathématiques.

L'opinion traditionnelle estime que les connaissances mathématiques (surtout la géométrie) s'acquièrent au contact avec les objets concrets, alors que les structures logiques seraient innées et héréditaires. Or, la logique, loin de s'imposer d'emblée au tout jeune enfant, se développe, entre 2 et 15 ans, par certains mécanismes qui deviennent nécessaires. D'autre part, il est impossible de tracer une frontière stricte entre la logique et les mathématiques (p.ex. le nombre est constitué sous toutes ses formes d'éléments logiques), de sorte qu'il est impossible de leur assigner une origine différente. Or, pour Piaget, les connaissances logico-mathématiques ne sont ni apprises par l'expérience ni héréditaires au sens ordinaire du mot.

Relevons d'abord qu'elles ne résultent point de l'apprentissage. En effet, «au point de vue biologique, les actions de réunir, d'emboîter, d'ordonner etc. ne sont nullement des produits d'apprentissage, puisque les liaisons d'emboîtement, d'ordre, de correspondance interviennent à titre de conditions préalables et pas seulement de résultats dans toutes les coordinations du comportement, par le système nerveux, du fonctionnement physiologique et de l'organisation vivante en général»[17]. Les sources de ces connaissances se trouvent dans l'organisme et non pas dans les objets de l'expérience.

Sont-elles donc héréditaires? Oui, en tant qu'elles tirent leur substance de l'organisation vivante qui se transmet de génération en génération. Non, en ce sens qu'elles ne correspondent pas à des caractères nettement délimitables, programmés d'avance dans le génome. Les notions logiques et mathématiques ne se transmettent pas par voie héréditaire comme une épine dorsale, mais l'aptitude à se les assimiler s'avère héréditaire. En outre, le caractère nécessaire de

---

[16] ouvrage cité p. 372
[17] ouvrage cité p. 439

ces structures peut fort bien provenir d'une équilibration progressive par auto-régulation.

En d'autres termes, pour Piaget, les structures logico-mathématiques, tout comme la création ou l'adaptation organiques et le développement de l'instinct, constituent, sur un autre plan, la réponse de la vie aux problèmes posés par le milieu. À l'exemple des modifications morphologiques ou physiologiques, elles ne représentent point une accommodation passive aux pressions externes, mais elles sont à considérer comme le résultat de cette tendance active à l'adéquation avec le milieu et à l'équilibre que la vie manifeste à tous les paliers. «Ce caractère d'équilibration interne de telles structures suffit pour en expliquer la généralité et surtout l'extension indéfiniment mobile, tandis que l'hérédité de l'instinct exclut à la fois sa généralité et sa nécessité, puisqu'il n'est propre qu'à une espèce et qu'il aurait pu être différent de ce qu'il est[18].»

Quelle est donc la source véritable des structures logico-mathématiques? En dissociant la pensée de ses aspects mentaux et en ne retenant que son effort constructeur, on voit que ce dernier correspond à un processus biologique général: l'intégration du milieu dans les structures propres de l'organisme. Tout comme l'animal, par la recherche de la nourriture, du milieu écologique ou du partenaire, intègre d'une certaine façon le milieu dans ses propres structures biologiques, l'application des mathématiques au réel constitue une assimilation du monde extérieur par les structures logico-mathématiques. Grâce à elles, l'homme étend son rayon d'action à l'univers. Mais, la nécessité, la généralité et l'étonnante plasticité de ces structures, qui excluent à la fois l'apprentissage et la rigide programmation génétique, nous obligent à voir la source véritable de ces structures et opérations dans le fonctionnement organisateur général que Piaget retrouve à l'origine de toutes les manifestations de la vie, et qui, tout en se conservant dans les transmissions héréditaires, constitue la condition nécessaire de toutes les organisations particulières que manifestent les organismes.

En effet, le génome, système de régulation avec ses gènes coadaptés, ses recombinaisons et rééquilibrations, exige pour son autoconservation un pouvoir organisateur fondamental qui, intervenant en toute organisation, demeure la condition nécessaire des transmissions héréditaires. Ce pouvoir organisateur poursuit son action

[18] ouvrage cité p. 439

partout où une organisation ou une réorganisation se manifestent par des formes organiques successives de plus en plus élaborées. Ainsi la constitution du système nerveux et le fonctionnement cérébral expriment et prolongent, à leur tour, des formes très générales d'organisation. De même, les structures logico-mathématiques, sans être inscrites d'avance dans l'organisation génétique, résultent du pouvoir organisateur fondamental dès qu'il s'applique à la solution de certains problèmes avec lesquels le milieu le confronte. Cette particularité des structures logico-mathématiques explique que la pensée de chaque homme part à zéro quant à son contenu conceptuel, mais qu'elle est préparée fonctionnellement par des coordinations sensori-motrices et nerveuses et, au-delà, par tout ce que le fonctionnement nerveux a hérité du fonctionnement organique tout court. «En un mot, les structures logico-mathématiques prolongent aussi bien plus étroitement qu'il ne semble le fonctionnement organisateur général commun à toute structure vivante, du seul fait que ce fonctionnement est à l'oeuvre dans l'action et le système nerveux aussi bien qu'en toute autre organisation[19].»

Les fonctions cognitives, organes de régulation spécifiques avec le milieu.

On vient de voir que pour Piaget, qui refuse toute dissociation entre le fonctionnement organique et le comportement, «les mécanismes cognitifs prolongent les régulations organiques dont ils représentent une résultante», une réponse aux problèmes posés par le milieu[20]. Il ajoute que les différentes formes de connaissances, tout en tirant leurs instruments (organes de sens, système nerveux, cerveau etc.) de l'organisation vitale sous ses formes générales, représentent des «organes différenciés et spécialisés de régulation dans le réglage des échanges avec l'extérieur»[21].

En effet, la vie se manifeste à tous les niveaux par une remarquable organisation. Mais cette organisation constitue un «système ouvert» qui ne conserve sa forme que par un flux continu d'échanges avec le milieu et qui se voit, par conséquent, continuellement menacé par l'extérieur. Face à cette menace, l'organisation fondamentale tend vers l'institution d'un système stable d'échanges avec le milieu et les fonctions biologiques, qui assurent la survie (surtout la nutri-

[19] ouvrage cité p. 468
[20] ouvrage cité p. 478
[21] ouvrage cité p. 478

tion et la reproduction), réalisent, à leur manière, une extension considérable du milieu, car elles se «prolongent en comportements ayant pour résultats d'étendre le milieu utile»[22], voire «d'étendre l'organisation à l'ensemble du milieu pour assurer la satisfaction de besoins fondamentaux». En effet, le comportement instinctif (p.ex. la recherche de la nourriture ou celle du partenaire) «n'est autre chose que l'organisation même de la vie, mais appliquée ou généralisée à un secteur plus large d'échanges avec le milieu . . . Ces nouveaux échanges consistent, comme tous les autres, en accommodations au milieu, tenant compte de ses événements et de leurs conséquences, mais surtout en assimilations utilisant le milieu et consistant même souvent à lui imposer des formes par construction ou arrangements d'objets en fonction des besoins de l'organisme»[23]. Or, ces accommodations et assimilations constructives exigent des régulations (autres que les réglages internes de l'organisme) et ces régulations sont assurées par les fonctions cognitives.

Ainsi, les fonctions cognitives deviennent des organes, des instruments au service de la conquête du milieu. Cette extension du milieu est réalisée, chez l'animal, grâce à l'instinct, toujours au service de ces trois besoins fondamentaux que sont la nutrition, la protection contre l'ennemi et la reproduction. Elle trouve son expression la plus efficace dans les structures logico-mathématiques, surtout dans les théories scientifiques et leurs applications, qui permettent l'assimilation de l'univers entier et en conditionnent l'investigation par l'intellect et la technique. Chaque progrès réalisé dans le développement des structures logico-mathématiques comporte une conquête plus ample et plus approfondie de notre milieu qui, entre-temps, est devenu coextensif avec l'univers. Du même coup, il devient évident en quel sens les régulations cognitives dépassent en ampleur et même en efficacité les régulations proprement organiques. En effet, quel que soit le rôle formateur et organisateur des gènes dans la création d'organes physiques, les recombinaisons génétiques, de même que les échanges matériels (p.ex. nutritifs)entre l'organisme et le milieu, ne constituent qu'un secteur très limité d'adaptation et de régulation. La première extension véritable des régulations se réalise par l'instinct lié aux instruments dont se sert «l'adaptation organique en général, c.-à-d. l'hérédité avec ses variations limitées et l'accommodation phénotypique». Certes, l'instinct entraîne des régu-

[22] ouvrage cité p. 484
[23] ouvrage cité p. 502

lations nouvelles et comporte certaines régulations cognitives. Mais le comportement instinctif, rigide et stéréotypé à l'intérieur d'un cadre de programmation héréditaire, se montre en grande partie incapable de faire face à des situations imprévues et ne comporte que des possibilités restreintes, sinon insuffisantes de régulation.

Ce n'est qu'avec la cérébralisation des vertébrés supérieurs que commence la zone d'apprentissage proprement dit et que les possibilités de régulation s'accroissent. Et, encore un pas, ce n'est qu'avec les anthropoïdes et surtout avec l'homme que l'instinct, demeuré prépondérant jusque-là dans l'évolution du comportement animal, s'éclipse, ou plutôt «éclate», pour se prolonger en de nouvelles formes de régulation qui, tout en se substituant à la précédente, la dissocient en deux directions complémentaires: la formation de structures logico-mathématiques et celle de la connaissance expérimentale qui, toutefois, demeurent encore indifférenciées dans l'intelligence pratique des anthropoïdes et dans l'intelligence technique de l'homme préhistorique. En effet, la programmation héréditaire du comportement s'efface au profit de «deux sortes nouvelles d'autorégulations cognitives, mobiles et constructives». Déjà l'instinct, produit lui-aussi des formes les plus générales de l'organisation vitale, connaît, par l'intermédiaire du comportement individuel des vertébrés supérieurs, une certaine marge d'accommodation apprise rappelant de loin des conduites intelligentes. Ce qui s'évanouit avec l'instinct, ce sont les montages héréditaires, la régulation programmée, tandis que les sources fondamentales d'organisation continuent à agir et que, de l'autre côté, les possibilités d'ajustements individuels par apprentissage se développent. En d'autres termes, la vie élabore la pensée conceptuelle, source des structures logico-mathématiques permettant l'assimilation de l'univers; de l'autre côté, elle développe les organes de la connaissance empirique, condition de l'exploration individuelle du milieu et de l'assimilation du donné expérimental aux schèmes opératoires constriuts par la pensée théorique.

En même temps, cet «éclatement de l'instinct» déclenche une nouvelle évolution cognitive de nature sociale. Certes, le système nerveux cérébralisé et l'intelligence, c.-à-d. la capacité d'apprendre, demeurent héréditaires. Mais, la disparition des montages innés de l'instinct place chaque homme dans l'obligation de recommencer son évolution intellectuelle à zéro, d'acquérir, parfois au prix d'efforts prolongés, les connaissances indispensables au comportement humain et à l'exercice de son métier. Or, du point de vue cognitif, le groupe social joue pour l'homme le même rôle que la «population» du point

de vue génétique. Dans la société humaine l'individu ne parvient à ses «constructions intellectuelles», à ses inventions que par des interactions collectives avec la communauté (écoles, équipes de recherche) dont le niveau dépend de celui de la société, unité suprême. À son tour, la société demeure en dernière analyse un produit de la vie et les interactions collectives présupposent l'existence de systèmes nerveux et d'organes cognitifs chez les membres du groupe.

Ces considérations suffisent à confirmer les deux thèses de Piaget: «que les fonctions cognitives prolongent les régulations organiques et qu'elles constituent un organe différencié de régulation des échanges avec l'extérieur. L'organe en question n'est qu'en partie différencié au niveau des connaissances innées, mais il l'est de plus en plus avec les constructions logico-mathématiques et avec les les échanges sociaux aussi bien qu'inhérents à toute expérience».

Il reste à ajouter que les régulations cognitives réussissent en un certain sens mieux que l'équilibration vitale. En effet, l'évolution organique paraît comme «une suite ininterrompue d'assimilations du milieu à des formes de plus en plus complexes», sans qu'une accommodation définitive ait été obtenue. Mais justement les structures logico-mathématiques, schémas assimilateurs en progrès continuels et utilisés tant dans le comportement journalier que dans les sciences expérimentales et les réalisations techniques, permettent l'obtention d'un équilibre à la fois dynamique (susceptible de progrès) et assez stable (à l'abri des changements incessants du milieu). Cette supériorité des structures logico-mathématiques résulte de la possibilité d'une dissociation entre la forme et le contenu. Alors que la forme organique se montre inséparable de la matière qu'elle organise, les schèmes opératoires des opérations hypothético-déductives propres aux structures logico-mathématiques se révèlent applicables à n'importe quel contenu et concilient ainsi la stabilité vainement recherchée jusque-là par la vie avec la possibilité de progrès continuels.

Ces considérations nous permettent d'éclaircir l'accord des mathématiques et du réel. Cet accord est un fait et, dans une certaine mesure, tout le réel est mathématisable. Mais l'empirisme, incapable d'expliquer l'universalité et la nécessité des mathématiques, s'avoue encore impuissant à rendre compte de la prévision des phénomènes et de l'application de formules mathématiques à des domaines nouvellement découverts. Pour l'apriorisme, par contre, cet accord relève d'une harmonie préétablie, donc mystérieuse.

Mais, dans la perspective interactionniste, d'après laquelle les structures logico-mathématiques sont tirées des coordinations générales de l'action, et, par l'intermédiaire des coordinations nerveuses et autres, relèvent finalement des fonctionnements organisateurs fondamentaux de la vie, cet accord s'éclaire d'une manière satisfaisante. Certes, l'accord des cadres logico-mathématiques et des contenus expérimentaux ne résulte point d'une adaptation réciproque réalisée progressivement par tâtonnements mécaniques poursuivis jusqu'à l'établissement passager d'un équilibre physique. L'indépendance des mathématiques pures par rapport à la physique s'y oppose. Mais alors, la source ultime des coordinations, qui aboutissent aux structures logico-mathématiques et à leur accord avec le milieu, se trouve dans le fonctionnement le plus général de l'organisation vivante. Toute organisation vivante consiste dans l'établissement d'un système d'échanges en continuelle adaptation active. À cet effet, tout fonctionnement organisateur, à quelque niveau qu'il se manifeste, tend à un accord avec le milieu, celui entre les mathématiques et l'expérience n'en constitue qu'un cas particulier, mais spécialement significatif. L'efficacité de la pensée, elle aussi, relève du contact, de l'interaction entre l'organisme et le milieu et elle contribue à son tour à l'établissement de l'accord et de l'équilibre entre les deux facteurs.

C) La conception interactionniste et le progrès scientifique contemporain.

Piaget considère donc la création et la transformation organiques comme une réponse active de l'organisme aux problèmes posés par le milieu avec lequel il vit en interaction. À leur tour, les fonctions cognitives demeurent la résultante des régulations organiques et, à cet effet, elles prolongent le pouvoir d'organisation fondamentale dont elles constituent une réponse aux problèmes du milieu. Forme spécifique et différenciée de régulation des échanges avec l'extérieur, les fonctions cognitives assurent à l'organisation vivante la stabilité et l'extension que ni les régulations purement organiques ni le comportement instinctif ne pouvaient garantir.

La théorie interactionniste et la structure de la raison.

Or, dans cette perspective, la raison ne saurait être considérée comme un simple dispositif d'enregistrement, démuni de tout pouvoir d'organisation propre, de toute activité autonome fournissant

un apport positif et indispensable à l'élaboration des connaissances (donc aussi à l'extension de notre milieu vital). Pour constituer la connaissance, et en tant que prolongement de l'organisation fondamentale, la raison doit être pourvue d'une constitution à priori, de principes, de catégories, de règles d'exploitation des données sensibles, qui représentent également une réponse du pouvoir d'organisation vitale aux problèmes posés par le milieu et qui, face à des problèmes inconnus, à des domaines nouveaux et fondamentalement différents des champs d'application traditionnels, exigent des adaptations, des modifications, voire des changements profonds pour s'acquitter de leur tâche. Il est clair qu'à cet égard une différence considérable sépare le rationalisme actuel des traditions rationalistes avec lesquelles l'histoire de la philosophie nous a familiarisés.

En effet, dans notre civilisation régnait, jusqu'à une date récente, la croyance en une raison universelle et immuable, apanage de tout homme et n'admettant pas de degrés. Pour Platon, l'âme a contemplé, avant son union avec le corps, les Idées éternelles du monde intelligible. Descartes voit dans les idées innées, les mêmes pour tous, le continu a priori de la pensée, et l'évidence s'impose à tout esprit attentif comme critère de la vérité. Aux yeux de Spinoza, la pensée humaine n'est qu'un mode de la pensée divine et, vu le parallélisme des attributs divins, l'ordre et la connexion des idées sont les mêmes que l'ordre et la connexion des choses. Même pour les philosophes du siècle des lumières, la structure de l'esprit, calquée sur celle des choses, est la même pour tous. Ainsi Leibniz, ayant abandonné la conception cartésienne de la raison-réservoir de connaissances toutes faites, considère pourtant cette raison comme un système de règles formelles auxquelles tout homme obéit spontanément et toujours.

Enfin, chez Kant, la raison, active, dynamique, dotée d'un pouvoir structurant s'exerçant selon des règles fixes et définitives, se révèle d'une constitution complexe comportant des degrés hiérarchisés. «Sous l'autorité des principes logiques, condition de la pensée en général, fonctionnent d'autres principes organisateurs, comme ceux de substance et de cause, qui caractérisent notre raison humaine[24].» En fait, l'a priori se répartit, selon Kant, sur trois enveloppes concentriques: le noyau est constitué par les principes logiques en dehors desquels aucune pensée n'est concevable. Autour d'eux se localisent les principes de la permanence de la substance et de la succession selon le schéma cause-effet, principes constitutifs de

[24] R. Blanché, La science actuelle et le rationalisme, p. 3

l'expérience sans lesquels aucune connaissance des phénomènes ne serait possible. Puis viennent les formes spatio-temporelles de la sensibilité appelées à ordonner les phénomènes d'après des a priori propres à l'espèce humaine. Certes, toute connaissance doit débuter par l'expérience sensible, et les sensations, variant avec le domaine et l'étendue de l'expérience, fournissent la matière indispensable à la connaissance. Il n'en reste pas moins que l'esprit impose à la connaissance la forme tout aussi indispensable, grâce aux règles d'exploitation et d'élaboration des données empiriques. Si les contenus de nos connaissances sont donc variables, la raison elle-même, conçue comme simplement structurante, demeure universelle et immuable. Du même coup, il reste inimaginable que les vicissitudes de l'expérience «puissent un jour démentir les principes qui commandent précisément l'organisation de l'expérience ou que les progrès de la pensée aient jamais pour effet de rendre périmées les règles mêmes sans lesquelles aucune pensée n'est possible»[25]. La pérennité de la raison semblait assurée.

Or, ce sont justement les progrès bouleversants de la science à notre époque qui mettent en question la thèse de l'immutabilité et de l'absolue nécessité des principes de la connaissance tels que les avaient conçus Leibniz, Kant, Hamelin, Renouvier et tant d'autres. D'abord, le transformisme biologique nous habituait à l'idée d'une lente évolution de la raison sous une apparente fixité. En outre, l'évolution de la logique formelle et des mathématiques, les progrès révolutionnaires réalisés par la théorie de la relativité et par la physique des quanta nous ont amenés à contester la validité absolue de principes jugés définitifs, immuables, constitutifs à jamais de la raison.

Les grandes conquêtes de la science contemporaine.

En tout cas, l'évolution de la science semble donner raison aux thèses de Piaget. En effet, si les facultés cognitives prolongent, sur un autre plan, le pouvoir d'organisation fondamental de la vie, la conception empiriste d'une raison passive, instrument enregistreur et conservateur des impressions sensibles, s'avoue définitivement inadéquate. La raison, dotée de principes et de catégories, exerce une activité structurante indispensable.

Mais, si ces principes constituent, à l'instar de l'invention et de la transformation organiques, des réponses du pouvoir organisateur

[25] R. Blanché, p. p. 113 et 114

aux pressions externes ou aux problèmes posés par le milieu, la structure a priori de notre raison doit se révéler adaptée et adéquate à notre milieu actuel. Mais les problèmes insoupçonnés posés par l'extension ou l'investigation plus poussée de ce milieu, donc par le progrès des sciences, entraînent probablement une adaptation, sinon une modification des principes de la raison. Les principes perdent donc tout caractère immuable et absolu.

Enfin, si les facultés cognitives constituent des organes spécifiques de régulation visant une extension des structures de la vie à un milieu toujours plus étendu, il est à prévoir que les théories élaborées par l'activité scientifique se montrent toujours plus englobantes et leur champ d'application ne cesse de gagner en étendue. Vu que le progrès scientifique résulte d'une tendance constante et active d'adéquation au milieu et à ses problèmes, il semble naturel que l'évolution de nos connaissances et des principes constitutifs de notre pouvoir de connaître prenne l'allure d'un progrès dialectique.

Les faits confirment nos prévisions.

Les géométries non-euclidiennes et leurs répercussions.

Commençons par l'élaboration de géométries non-euclidiennes. Selon Kant, l'espace euclidien, homogène, isotrope, infini, contigu, tridimensionnel et homaloïdal, relève d'une forme a priori de la sensibilité et constitue nécessairement l'espace des phénomènes auxquels elle fournit d'ailleurs le cadre immuable propagé par la physique newtonienne. Par conséquent, il était impensable que l'homme pût jamais élaborer une autre géométrie que celle d'Euclide, c.-à-d. celle de la forme a priori de nos intuitions externes.

Or, si les axiomes d'Euclide revêtaient tous un caractère d'évidence et que les postulats parussent provenir de l'extrapolation de vérités d'expérience, le 5e postulat, stipulant que par un point hors d'une droite on ne peut mener qu'une seule parallèle à cette droite, restait tellement moins évident que les autres qu'on essayait, vainement d'ailleurs, d'en fournir la démonstration. C'est finalement l'échec de toute tentative de démonstration par l'absurde de la proposition en question qui amena le développement de géométries cohérentes, mais rejetant le postulat des parallèles sous sa forme euclidienne. Ainsi Lobatchevski construisit, en 1826, une géométrie admettant une pluralité de parallèles à une droite donnée, véritable pan-géométrie qui, dans les cas de figures suffisamment petites, comprend celle d'Euclide comme cas limite. À son tour, Riemann,

refusant la possibilité de mener une parallèle à une droite donnée, élabora, en 1854, une géométrie plus abstraite encore, celle de la courbure de multiplicités à n dimensions définies d'après le nombre des équations caractéristiques. Dans cette multiplicité à n dimensions, l'espace tridimensionnel ne constitue qu'un cas particulier. D'autre part, abstraction faite de la distinction entre multiplicités à courbure constante ou variable, les espaces tridimensionnels à courbure constante peuvent être à coubure positive ou riemannien, à courbure nulle ou euclidien, à courbure négative ou lobatchevskien. Ici encore la géométrie d'Euclide ne représente qu'un cas particulier d'une pangéométrie, construction abstraite et symbolique.

En effet, les trois géométries mentionnées se révèlent l'une aussi cohérente que l'autre, de sorte que chacune est parfaitement valable en tant que construction axiomatique. À chaque théorème de l'une correspond dans l'autre un théorème différent certes, mais se laissant traduire dans le langage de la première, comme l'a montré Henri Poincaré[26].

Genre de géométrie	nombre des parallèles	Somme des angles d'un triangle	rapport circonférence du cercle en diam.	rayon courbu
Lobatschevski	∞	$< 180^0$	$> \pi$	< 0 (—)
Euclide	1	180^0	π	0
Riemann	0	$> 180^0$	$< \pi$	> 0 (+)

D'autre part, l'exemple des géométries non-euclidiennes[27] nous oblige plus que jamais à faire la distinction entre les géométries pures, théories axiomatiques cohérentes qui ne doivent rien à l'expérience sensible, et l'application de l'un ou de l'autre système géométrique au réel, ce qui constitue un problème expérimental. Contrairement à Kant, des géométries non-euclidiennes se révèlent donc possibles et réalisables sans contradiction interne.

De toute façon, nous constatons que les progrès de la science ont conduit d'abord à une modification de la conception kantienne des formes spatio-temporelles de la sensibilité. Sur le plan purement théorique, les structures euclidiennes perdent leur caractère définitif, immuable et exclusif. Mais Kant jugeait encore que la

[26] H. Poincaré, La science et l'hypothèse
[27] voir: R. Carnap: Philosophie der Naturwissenschaft p. 133

géométrie euclidienne demeure nécessairement celle des phénomènes. Or, l'histoire de la science montre également que, si la géométrie d'Euclide convient parfaitement au domaine de notre expérience habituelle, celle de Riemann par contre rend compte de l'infiniment grand et elle est devenue, avec la Relativité Générale, la géométrie d'un univers fini mais illimité. Visiblement, l'esprit explore systématiquement toutes les possibilités théoriques de progrès et, à mesure que les champs d'investigation de la science s'élargissent et que surgissent des problèmes nouveaux, la Raison se forge des instruments de recherche, des théories plus adéquates et elle adapte son armature intellectuelle à la situation nouvelle.

Certes, ces géométries se dérobent à l'intuition sensible incapable de se représenter une figure tridimensionnelle non euclidienne. Mais, de toute façon, notre espace intuitif, non isotrope, fini et limité, ne répond pas non plus à celui d'Euclide. On constate par contre que l'homme cultivé et versé dans la géométrie classique tend à adapter son intuition à l'espace euclidien. Il en résulte que ce ne sont pas nos cadres intuitifs qui déterminent une fois pour toutes une géométrie qui puisse prétendre à un statut d'exclusivité, mais ces cadres s'adaptent progressivement aux exigences de la raison qui s'obstine à rendre compte de problèmes posés.

En tout cas, la conception de Piaget sur l'origine, le rôle et l'évolution de nos facultés cognitives trouve dans l'élaboration et l'application des géométries non-euclidiennes un argument sérieux à son appui.

La mesure des longueurs, des durées et des simultanéités

La physique classique, qui avait adopté le cadre spatial de la géométrie euclidienne, nous a certes habitués à la relativité des vitesses par rapport à différents systèmes de coordonnées, mais elle attribue un sens absolu aux mesures de longueur (p. ex. la distance entre A et B), de durée (p.ex. le temps écoulé entre t et t') et de simultanéité à distance. Cinq minutes pour le paresseux enfoui dans son fauteuil sont également cinq minutes pour l'automobiliste qui brûle les limites de vitesse.

Or, la Relativité restreinte, reconnaissant la vitesse de la lumière comme vitesse limite, se voit obligée de relativiser les mesures de distances et de durées, de sorte qu'il nous faut admettre autant de distances entre A et B, autant de durées entre t et t' qu'il y a de

systèmes de coordonnées, c.-à-d. d'observateurs en mouvement relatif les uns par rapport aux autres. Pour deux quelconques de ces observateurs, les distances de l'un se raccourcissent par rapport à l'autre, et cela réciproquement. Les durées mesurées par l'un se contractent pour l'autre, et les simultanéités de l'un se traduisent pour l'autre en successions, et cela réciproquement. Les notions de longueur, de durée, de simultanéité n'ont donc de sens que par rapport à un système de références précis. Ces exemples montrent que nos notions spatiales et temporelles fondamentales qui, en apparence, jouissent d'un statut immuable et définitif, sont en réalité des instruments d'adaptation de la pensée au réel et subissent des modifications à mesure que l'expérience nous confronte avec des problèmes à la solution desquels les anciennes structures se révèlent inadéquates.

Les discontinuités de la physique des quanta.

Une des propriétés les plus remarquables de l'espace newtonien est la continuité, c.à-d. l'absence d'éléments ultimes. Cette même continuité revenait au mouvement, dont rendait compte le calcul infinitésimal, et à l'émission de l'énergie. Or, dès 1900, Max Planck, étudiant le rayonnement du corps noir, s'est vu obligé, afin de faire accorder la répartition spectrale théorique de ce rayonnement avec les données de l'expérience, d'admettre, au niveau microphysique, la discontinuité de l'échange d'énergie entre la matière et le rayonnement, c.-à-d. de proposer l'émission de l'énergie par quanta indissécables, d'après la célèbre formule $e = h \cdot v$. Quelques années plus tard (1905), Einstein introduit à son tour la discontinuité, sous forme de photons, au sein de la lumière. En 1913, Bohr conçoit les sauts quantiques de l'électron d'une orbite à une autre comme des passages effectivement instantanés, de sorte que la discontinuité s'installe encore dans la durée même, ce qui échappe à toute représentation.

Que la constante de Planck assigne une limite à la divisibilité des longueurs et des durées, que l'espace et le temps prennent donc en microphysique un caractère granulaire ou bien que l'on les considère comme formés d'éléments infratemporels et infraspatiaux, rien ne nous autorise plus à appliquer dans l'infiniment petit les propriétés de notre espace et de notre temps intuitifs. Les lois de la nature, et par conséquent les lois de la géométrie qui en demeurent indissociables, ne sont pas les mêmes aux diverses échelles de grandeur. Et la raison, pour rendre compte des problèmes posés par l'investigation de ce milieu nouveau qu'est la microphysique, doit

modifier ses principes de recherche. Mais voici que cette même microphysique nous révèle des conséquences plus révolutionnaires encore.

Les relations d'incertitudes et l'indéterminisme quantique.

La raison apparaît surtout comme un ensemble de principes relatifs aux démarches de notre propre pensée et relatifs au réel qu'elle essaye de connaître et de comprendre. La connaissance consiste moins dans la découverte d'un ordre des choses conforme à celui de l'esprit que dans l'effort d'introduire dans le réel un ordre en vertu de certains principes. Or, la révolution relativiste, atteignant les formes de l'intuition sensible, ne modifiait point les principes que Kant assignait à l'entendement. Par contre, la révolution quantique s'attaque de front aux principes constitutifs de l'expérience: au déterminisme causal et à la conservation de la substance.

Un des principes les plus profondément ancrés dans notre esprit, même dans la mentalité préscientifique, est certainement celui de causalité que Leibniz dérive du principe de raison suffisante. La cause «engendre», «produit» l'effet, et un lien nécessaire unit l'effet à la cause. «Ex data causa necessario sequitur effectus, note Spinoza.»

Or, sous l'effet de la critique humienne et des analyses critiques de Kant («tout ce qui arrive suppose avant lui q.ch. dont il résulte suivant une règle»), ainsi qu'à la suite de l'élaboration de la pensée scientifique, la notion de succession régulière se substitue à celle de lien nécessaire, et le principe de causalité, du moins dans l'esprit scientifique, cède la place à celui de légalité, de déterminisme. «Dans les mêmes circonstances, les mêmes antécédents sont suivis par les mêmes conséquents», stipule l'énoncé populaire de ce principe, alors que Lalande en propose une version dans les termes suivants: «Caractère d'un ordre de faits dans lequel chaque élément dépend de certains autres de façon tel qu'il peut être prévu, produit ou empêché à coup sûr suivant que l'on connaît, que l'on produit ou que l'on empêche ceux-ci.» Et Stegmuller d'ajouter: «Pour chaque événement il existe une explication causale adéquate[28].» Ce principe fondamental de la science stipule, selon Globot, qu'il existe un ordre dans la nature et que cet ordre est à la fois universel et constant. En tout cas, c'est le principe de déterminisme qu'on considérait comme le fondement de la légalité et comme le garant des prévisions que la science nous permet de faire. En mécanique classique, il présuppose

[28] Wissenschaftliche Erklärung und Begründung, p. 466

la possibilité d'une mesure simultanée et précise de la position et de la vitesse d'un corps, données à partir desquelles, compte tenu des circonstances particulières, le calcul permet la déduction de la position et de la vitesse de ce corps à un moment ultérieur. Toutes ces considérations trouvent une expression à la fois grandiose et universelle dans un passage célèbre de Laplace: «Nous devons envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui va suivre. Une intelligence qui pour un instant donné connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle et l'avenir comme le passé seraient présents à ses yeux[29].»

Ce principe du déterminisme strict était considéré comme la condition sine qua non de la science expérimentale. Ainsi Claude Bernard n'hésitait pas à proclamer que «le principe absolu des sciences expérimentales était un déterminisme nécessaire dans les conditions des phénomènes» et que «le déterminisme absolu des phénomènes dont nous avons conscience a priori est le seul critérium et le seul principe qui nous dirige et nous soutienne[30]». Et Poincaré répétait que «la science sera déterministe ou elle ne sera pas». Il est vrai qu'à la suite des travaux de Gibbs, montrant que la notion de chaleur est une donnée statistique, et de Boltzmann, ramenant l'entropie à des considérations de probabilité, la théorie cinétique des gaz nous a habitués à des mesures et des prévisions statistiques relevant du calcul des probabilités. Mais, à l'époque, aucun physicien ne mettait en doute l'existence ni l'efficacité d'un déterminisme strict sous-jacent; seule l'impossibilité pratique d'effectuer des mesures simultanées et précises des positions et des vitesses des innombrables molécules d'un gaz nous imposait le recours à des valeurs statistiques permettant d'ailleurs des prévisions largement suffisantes.

Or, les relations d'incertitude de Heisenberg mettent justement en question les bases mêmes du déterminisme classique en fixant une limite, infime il est vrai, mais nette, à la possibilité d'une mesure simultanée et précise de la position et de la vitesse d'une entité microphysique. En effet, il découle de la célèbre formule $\Delta p \cdot \Delta q \geqslant \frac{h}{4\pi}$

[29] Laplace: Essai philosophique sur les probabilités, p. 3

[30] Cl. Bernard: Introd. à l'étude de la médecine expérimentale, p. p. 125 et 126 (éd. Bordaz)

que la constante de Planck assigne une limite à l'accroissement de la précision de nos mesures. Une mesure absolument précise de la position, fût-elle possible, entraînerait une incertitude absolue sur la vitesse du corpuscule et réciproquement. Voilà pourquoi le physicien doit se contenter d'attribuer des valeurs probabilitaires à l'état initial d'un système microphysique et de faire des précisions exprimées, elles aussi, en termes de probabilité. Peut-on maintenir alors l'hypothèse d'un déterminisme sous-jacent?

Pour l'école de Copenhague, les relations d'incertitude énoncent une indétermination résidant dans la nature même. En effet, si le réel physique se limite à ce qui est saisissable par les procédés de la science, le concept de déterminisme, qui se soustrait, au niveau microphysique, à toute possibilité de confirmation expérimentale, n'a aucun droit de cité dans cette science. En outre, les interactions microphysiques se font par quanta indissécables, inanalysables, au niveau desquels les implications spatio-temporelles classiques n'ont plus aucun sens, de sorte que le déterminisme classique, en tant que détermination d'un état subséquent à partir d'un état initial, y perd toute signification. Les interactions élémentaires, inanalysables, sont imprévisibles dans le sens ordinaire du terme, et cette limitation ne saurait être levée par les progrès ultérieurs de la science.

Mais, contrairement à certaines déclarations, les relations d'incertitude ne mettent point en question la possibilité même de la science. Il est vrai qu'aucune science ne saurait renoncer à la prévision, sous peine de s'abandonner elle-même. Il est vrai encore que les interactions microphysiques particulières, de même que la trajectoire d'un corpuscule isolé, restent soumises à une indétermination foncière. Mais, vu le nombre incroyablement élevé des entités microphysiques en jeu, les valeurs statistiques assignées à l'état initial d'un système permettent le calcul de ses états futurs exprimables, eux aussi, en valeurs statistiques mais suffisant largement aux exigences de toute prévision scientifique.

Il n'en reste pas moins vrai que, face au réel, confrontée avec les problèmes spécifiques d'un domaine nouveau (celui de la microphysique), la raison, cherchant à éclairer les énigmes de l'infiniment petit et à le rendre intelligible, a considérablement assoupli un de ses principes rigides qui avait fait ses preuves dans l'investigation des phénomènes à notre échelle, mais qui, appliqué à des ordres de grandeur différents, risquait de devenir une entrave au progrès de la raison. La science n'est pas sortie diminuée de cette accommodation, mais elle a connu un essor nouveau et impressionnant.

L'effritement du principe de substance.

Un autre principe traditionnel de la pensée métaphysique et réaliste, c'est celui de la substance dont la notion unit l'idée de substrat, réalité profonde qui soutient les qualités observables, à celle de la permanence de ce support sous le changement incessant des phénomènes. L'application concrète de ce principe présuppose la connaissance de ce qui se conserve et la possibilité de vérifier la constance de cette quantité. En fait, la jonction des deux principes de la conservation de la masse et de celui de la conservation de l'énergie paraissait conduire à la réalisation de l'idéal conservatif (en dépit des réserves formulées par le principe d'entropie).

Or, de nos jours, les physiciens parlent volontiers de la désubstantialisation de l'univers physique (A. March) et refusent même tout rôle au concept de substance (H. Weyl). Qu'on cesse donc de considérer le corpuscule comme un petit corps, comme une masse permanente, substrat de qualités. Comment une même substance pourrait-elle d'ailleurs manifester des propriétés opposées, s'étendre tantôt dans l'espace comme une onde et se localiser tantôt en un point comme un corps? Ce sont autant d'images empruntées à notre échelle et illustrant, d'une manière intuitive et à des moments successifs, le comportement de la particule. Le principe de permanence de la substance, pour demeurer valable, exige la possibilité de contrôler l'identité de la particule qui, au cours de son évolution, devrait se prêter à une observation continue, possibilité qui nous est précisément refusée en microphysique. Lorsque la masse d'une particule se convertit en rayonnement, elle se conserve peut-être en tant qu'énergie, mais, se dispersant à travers l'espace, elle ne se laisse plus reconnaître et perd ainsi le caractère principal d'une substance. «Et quand le rayonnement se transforme de nouveau en particule, cette particule ne pourra jamais être reconnue comme identique à celle qui s'est évanouie antérieurement[31].»

Pour la physique actuelle, le corpuscule n'est plus un substrat, porteur de qualités, mais une structure abstraite, une expression mathématique, un système d'équations. C'est de ce point de vue que le principe de Pauli, énonçant que deux électrons différents d'un même atome neutre ne peuvent avoir le même groupe de nombres quantiques caractérisant leur mouvement autour du noyau, se laisse comprendre. Tout se passe comme si l'électron savait quels sont les

[31] A. March: La physique moderne et ses théories, p. 208.

états interdits et ceci n'est intelligible que si l'électron, produit d'une théorie, est considéré comme une structure pure représentée par une certaine fonction (x y z). «Il n'y a qu'une seule façon d'interpréter le principe d'exclusion de Pauli: les électrons n'ont pas de substance. Un électron est composé de ses qualités et de rien d'autre. Il ne possède pas de noyau immuable qui préserverait son identité et auquel ses qualités seraient accrochées comme des vêtements dans une armoire. Voilà pourquoi nous ne pourrons jamais affirmer que la particule que nous rencontrons est la même que celle déjà rencontrée auparavant[32].»

Ainsi s'effrite la notion réaliste d'une substance matérielle, sujet de permanence. Encore une fois, la raison, confrontée avec les problèmes que lui pose le réel, abandonne un principe considéré jadis comme indispensable à la construction de la science. Elle maintient la seule exigence de la permanence de q.ch. face à un réel dont la nature «est infiniment plus déliée, plus impalpable qu'un grossier substrat matériel»[33]. Et c'est à ce prix que la science progresse et qu'elle nous conduit à des accommodations toujours plus étendues et toujours plus efficaces.

Les principes régulateurs de la pensée.

Au cours de son cheminement, la raison ne s'est pas bornée à modifier des principes jugés indispensables pour la constitution de l'expérience, mais elle s'est vue confrontée avec des tendances mettant en question les principes les plus fondamentaux, les exigences de notre pensée vis-à-vis de ses propres démarches, les principes logiques dont, pensait-on, il était même impossible de concevoir la négation.

Selon Brouwer et les intuitionnistes, ce n'est pas la logique qui se substitue à l'intuition, mais cette dernière s'érige en juge de la validité des règles de la logique. D'emblée, la validité du principe du tiers exclu se voit expressément contestée pour les ensembles infinis. En effet, dans la perspective intuitionniste, si la proposition universelle et la proposition existentielle contradictoire ne sauraient être vraies toutes les deux, elles pourront être toutes les deux fausses: le tiers n'est plus exclu. Du même coup, la démonstration par l'absurde de la fausseté de l'universelle contradictoire n'est plus admise pour

---

[32] A. March, ouvrage cité p. 214
[33] R. Blanché, ouvrage cité p. 79

établir la validité de l'existentielle. Dans le même ordre d'idées, la loi logique stipulant qu'une double négation correspond à l'affirmation ne demeure plus valable.

De toutes parts on propose des loqiques différant de celle d'Aristote. Heyting, en accord avec Brouwer, rejette le principe du tiers exclu et l'équivalence de la double négation avec l'affirmation correspondante. Lukasiewicz construit un système trivalent qui admet une tierce valeur entre le vrai et le faux (p. ex. au sujet des événements futurs contingents). Du coup, un tel système rejette, en dehors de la loi du tiers exclu, le principe de contradiction qui ne s'applique plus au cas de la tierce valeur. L'emploi de logiques trivalentes est également préconisé en physique quantique[34] (P. Février, Weizsäcker etc.), alors que d'autres considèrent la logique bivalente comme un cas spécial d'une panlogique, tout comme la géométrie d'Euclide ne constitue qu'un cas particulier d'une géométrie générale.

Au fond, le surgissement d'une pluralité de logiques n'est que la conséquence inévitable de l'axiomatisation de la logique. Désormais, chacun fixe librement les axiomes du système qu'il entend adopter, c.à-d. les règles fondamentales de la logique qu'il construit, à condition que l'énumération de ces axiomes soit complète et que le système demeure cohérent. Les propositions de la logique deviennent donc à leur tour de simples tautologies, valables en l'absence de tout contenu concret et ne disant rien sur le réel.

Il est vrai que toute axiomatisation présuppose une logique ancrée dans un intuitif préalable pour régler les opérations d'axiomatisation. Voilà pourquoi, l'apparition de logiques non-aristotéliciennes, qui semblait d'abord impliquer une relativisation dangereuse, voire scandaleuse pour la raison, entraînait finalement des conséquences moins révolutionnaires qu'on ne l'avait redouté. Les règles métalinguistiques servant à élaborer des logiques non classiques (en tant que langues ou calculs purs) restent en effet celles de la logique classique. Il n'en reste pas moins vrai que, même à l'égard de ses règles les plus fondamentales, la Raison, confrontée avec des problèmes nouveaux, envisage la possibilité d'une modification des principes qui paraissaient indispensables à l'exercice même de la pensée.

---

[34] G. Bachelard: La philosophie du non, p. 105 et suiv.

D) Le rationalisme contemporain.

Le rationalisme du type kantien confiait à la raison, système de principes a priori, la tâche purement formelle de structurer notre savoir d'après des règles immuables, sans enrichir la matière de nos connaissances. D'une certaine manière, l'empirisme logique actuel, séparant radicalement le donné empirique, a posteriori, des énoncés logico-mathématiques, a priori, se montre l'héritier du kantisme. Condamnant la raison à la passivité, rejetant toute synthèse a priori, il impose au donné empirique les formes du discours logico-mathématique qui, tout en permettant une certaine variation dans l'expression, n'ajoutent rien au contenu de la connaissance.

Le nouvel esprit scientifique.

Le rationalisme actuel, par contre, rejette cette séparation radicale entre la forme et le contenu du savoir pour en faire une opposition relative à tel niveau de la connaissance. Certes, il faut à chaque palier un a priori, c.-à-d. des règles indispensables pour interpréter l'expérience, mais, à la différence de l'empirisme, le rationalisme actuel considère la raison comme un foyer d'activité qui, loin de s'endormir dans l'immutabilité et la soi-disant perfection de ses principes, s'acharne à les mettre en oeuvre, à s'adapter activement à l'expérience et n'hésite pas à imposer à ses règles d'appréhension les révisions et les réadaptations qu'exige l'ouverture à l'expérience.

Dans cette perspective, la connaissance ne consiste pas dans la saisie d'un objet tout donné par un esprit constitué d'avance, mais elle s'acquiert progressivement selon des échanges réciproques entre le sujet et l'objet engagés dans un dialogue perpétuel dans lequel le besoin de cohérence rationnelle doit constamment tenir compte de l'apport continuellement renouvelé de l'expérience. Alors que cette dernière impose à l'esprit des énigmes toujours nouvelles à déchiffrer, la raison, dont l'activité est réglée par une structure logico-mathématique, recourt à des structures rationnelles librement élaborées qu'elle confronte avec l'expérience pour en maîtriser les difficultés. «Maîtrise et soumission sont les deux rôles du rationnel[35].»

Ainsi, le progrès scientifique se caractérise par l'alternance obligatoire de l'a priori et de l'a posteriori, par la liaison inextricable du rationalisme et de l'empirisme. «En effet, l'un triomphe en

[35] G. Bachelard: La philosophie du non, p. 5 et suiv.

donnant raison à l'autre: l'empirisme a besoin d'être compris, le rationalisme a besoin d'être appliqué. Un empirisme sans lois claires, sans lois coordonnées, sans lois déductives ne peut être ni pensé, ni enseigné; un rationalisme sans preuves palpables, sans application à la réalité immédiate ne peut pleinement convaincre... La science, somme de preuves et d'expériences, somme de règles et de lois, somme d'évidences et de faits, a donc besoin d'une philosophie à double pôle[36].» Pour l'épistémologie scientifique, l'empirisme et le rationalisme, compléments effectifs, s'achèvent l'un l'autre; pour ce rationalisme, l'application n'est ni une mutilation ni une défaite, mais une source de confirmation et de progrès, même s'il conduit à un dépassement de ses principes.

En tout cas, aucun secteur de la connaissance scientifique n'est totalement réductible ni au donné empirique ni à la pure construction théorique[37].

En d'autres termes, le progrès scientifique est de nature dialectique. «D'une connaissance qui accepte sa propre révision comme faisant partie de la loi de son progrès..., nous dirons qu'elle est dialectique[38].» Dans cette incessante polémique entre la raison et le réel, chaque notion, chaque concept est continuellement mis en question, dialectisé par référence à la notion contraire. Les intuitions premières ne restent jamais valables, la soi-disant évidence ne saurait passer comme critère de certitude. Que reste-t-il de l'atome ou de la particule - corpuscule conçue à l'image de masses macrophysiques? Que reste-t-il du schéma de Bohr assimilant l'atome à un système planétaire? «Nous dirions volontiers que l'atome est exactement la somme des critiques auxquelles on soumet son image première... Les intuitions sont très utiles; elles servent à être détruites... Le schéma de l'atome proposé par Bohr a agi comme une bonne image: il n'en reste plus rien. Mais il a suggéré des non assez nombreux pour garder un rôle pédagogique indispensable dans toute initiation. Ces non se sont heureusement coordonnés; ils constituent vraiment la microphysique contemporaine[39].»

Or, cette évolution dialectique et polémique de nos connaissances entraîne des modifications, parfois insensibles parfois brusques, des règles de la recherche, voire des principes de la connaissance.

---

[36] J. Ullmo: La pensée scientifique moderne, p. 209
[37] G. Bachelard: Le nouvel esprit scientifique p. 4
[38] Ferdinand Gonseth: Dialectica, 1947, p. 298
[39] G. Bachelard: La philosophie du non, p. p. 139 et 140

«On ne peut manquer de voir que cette allure révolutionnaire de la science contemporaine doit réagir profondément sur la structure de l'esprit[40].» En effet, la science consiste dans un effort continuel pour serrer la réalité toujours de plus près. Or, «il était téméraire, remarque Blanché, d'affirmer que le moule qui avait jusqu'ici servi à informer nos connaissances continuerait de convenir à toutes les matières que nous pourrions jamais y verser. Car il n'est pas vrai que les principes tenus jusqu'ici pour universels et nécessaires commandent à ce point toute expérience possible qu'il ne serait même pas concevable que la pression de celle-ci pût jamais inviter à les réformer»[41].

En fait, les découvertes effectuées aux postes avancés de la recherche sont susceptibles d'entraîner une révision des principes mêmes qui commandent cette recherche et réclament parfois des modifications profondes de nos habitudes de penser. Face à des théories divergentes, faut-il obstinément s'attacher aux schémas de pensée traditionnels et déclarer les théories contradictoires? Ou bien, va-t-on unifier les théories «en modifiant convenablement les règles de raisonnement élémentaires qui paraissent solidaires d'une structure invariable et fondamentale de l'esprit»[42]? Aujourd'hui, nous admettons que c'est l'exigence de cohérence qui réclame parfois un remaniement des notions de base et même des principes. Ainsi Einstein, confronté avec les manifestations ondulatoires et corpusculaires de la lumière, mais décidé à dépasser l'opposition de deux théories incompatibles entre elles-mêmes, a élaboré la conception du photon, qui, tout en heurtant nos intuitions traditionnelles, constitue une synthèse à la fois cohérente et fertile. C'est ainsi que se sont élaborées les géométries non-euclidiennes, la mécanique non-newtonienne, la chimie non-lavoisienne, les logiques non-aristotéliciennes.

Or, cette évolution qui, selon Bachelard, fait passer la raison du «pourquoi» au «pourquoi pas», constitue un progrès réel inséparable d'une généralisation englobante. Dans tous les domaines, elle s'oriente dans le sens d'une cohérence rationnelle accrue. En outre, cette incessante action polémique de la raison ne relève nullement d'une volonté aveugle de négation. Elle ne nie jamais sans arguments et n'accepte point la contradiction interne, mais recherche partout la complémentarité, base d'une généralisation dialectique qui inclut

---

[40] G. Bachelard: Le nouvel esprit scientifique, p. 173
[41] R. Blanché: La science actuelle et le rationalisme, p. 114
[42] G. Bachelard: La philosophie du non, p. 142

ce qu'elle nie. Ainsi, la géométrie non-euclidienne enveloppe celle d'Euclide, la mécanique ondulatoire enveloppe celle d'Einstein, la microphysique inclut la physique traditionnelle, l'annulation de h dans les formules de la mécanique ondulatoire permettant de retrouver celles de mécanique classique. «La physique classique est une non-physique particulière correspondant à la valeur zéro attribuée à h[43].»

Ce mouvement de généralisation dialectique fait même fusionner des courants indépendants au départ, comme le montre l'emploi de la géométrie de Riemann en Relativité Générale et l'application de formules relativistes en physique quantique. «La compréhension a un axe dynamique, c'est un élan spirituel, c'est un élan vital. La mécanique einsteinienne ajoute à la compréhension des concepts newtoniens. La mécanique broglienne ajoute à la compréhension des concepts purement mécaniques et purement optiques. Entre ces deux derniers groupes de concepts, la physique nouvelle détermine une synthèse qui développe et achève l'épistémologie cartésienne[44].»

Raison constituante et raison constituée.

Ces considérations, qui concilient le caractère normatif, a priori des notions servant à structurer l'expérience avec la possibilité d'une modification de leur signification sous la pression de l'expérience, illustrent la célèbre distinction faite par Lalande entre la raison constituante et la raison constituée[45]. La seconde, système rigide d'idées et de principes communs qui, dans une civilisation donnée, à telle époque et pour tel groupe d'hommes, font autorité au point de paraître incarner la raison même, demeure essentiellement statique et dogmatique. L'individu ne saurait les modifier, sinon par détails insignifiants, mais, dans toutes ses activités (discussions, comportement moral etc.), il lui faut se soumettre ou faire appel à ces principes qui, représentant la cité et la communauté, par opposition à la mobilité et à la divergence, possèdent, pour les gens de telle aire de civilisation, une puissance de conviction immédiate. Ainsi, pour le physicien de la première moitié du 19e siècle, l'univers se réduit à un espace tridimensionnel infini, dans lequel évoluent des masses inertes reliées par des forces d'attraction et de répulsion, soumises au flux uniforme du temps, à un déterminisme rigoureux et aux prin-

---

[43] G. Bachelard: La philosophie du non, p. 138
[44] G. Bachelard: Le nouvel esprit scientifique, p. 179
[45] A. Lalande: La raison et les normes, p. 11 et suiv.

cipes de conservation. Toute la mécanique relève des principes d'inertie, d'attraction, d'action et de réaction, ainsi que, plus tard, des principes de conservation. Personne ne s'imaginait que ce modèle pût jamais changer.

La première par contre, qui est élan dynamique vers la compréhension, exigence d'intelligibilité, effort critique vers l'unification, conçoit les règles d'appréhension et de systémation, mais, refusant de se laisser emprisonner dans des formes déterminées et des systèmes rigides qu'elle a pu revêtir à tel niveau, elle modifie activement ses propres principes, afin de parvenir à un maximum d'intelligibilité et, par là, d'efficacité.

Cette raison constituante, le véritable «intellectus ipse» de Leibnitz, est plutôt un ensemble d'exigences et de tendances qu'un système fixe de règles. Dans la plupart des domaines, elle commence par éditer des formules exagérément simples et rigoureuses, reflets de ses aspirations intellectuelles plutôt que de connaissances certaines et étendues. Ainsi, selon les Mégariques, le principe d'identité, c.-à-d. le principe fondamental posé par l'esprit, autorise uniquement l'énoncé de tautologies (le cheval est cheval) et interdit des propositions telles que le cheval est blanc. Mais Platon, relevant le caractère relationnel de toute pensée, montrait que, sous peine de renoncer à tout jugement, il nous faut assouplir ce principe et admettre la communication des idées entre elles.

De même, l'évolution des mathématiques fournit un bel exemple du comportement de la raison opposée à des difficultés ou orientée vers l'extension de son champ d'application. En dépit d'objections rationnelles sérieuses, la raison a conçu les nombres incommensurables, les nombres négatifs, transcendants et complexes. A chaque pas, elle effectuait une remarquable généralisation en même temps qu'elle réalisait un progrès étonnant dans l'application pratique, dans la conquête du réel. Et pourtant, l'introduction des nombres imaginaires a suscité des cris de scandale. De même, la soudure des conceptions corpusculaires et ondulatoires a ouvert à la science un champ d'extension stupéfiante, tout en soulevant l'indignation de maint penseur sérieux, mais prisonnier d'habitudes mentales trop rigides. A mesure que le progrès scientifique devient plus rapide, plus bouleversant, les répercussions sur nos structures mentales se font plus ébranlantes, et la raison, face aux problèmes nouveaux, modifie en conséquence ses règles de conduite, pour inébranlables qu'elles paraissent: Ainsi, «le physicien a été obligé trois ou quatre fois depuis vingt ans de

reconstruire sa raison et, intellectuellement parlant, de se refaire une vie»[46].

Bref, la raison constituante, l'intellectus ipse, n'est point un système de règles, mais la capacité d'en instituer en nombre indéfini et l'effort scientifique consiste à construire de nouveaux systèmes de règles d'opérations mentales qui puissent s'adapter aux opérations expérimentales, donc permettre notre action sur le réel et la prévision des phénomènes[47].

La véritable raison se situe en deçà des structures, mais se manifeste comme exigence de structuration. Elle se montre aspiration, élan, dynamisme organisateur «qui se crée à lui-même les moyens de sa fin»[48], activité immanente qui élabore et modifie les systèmes de règles opératoires indispensables. Ces règles sont à considérer, à l'exemple de la création et de la transformation organiques, mais à un niveau supérieur, comme une réponse active de l'esprit aux problèmes posés par le réel, et la raison constituante, source de l'activité rationnelle orientée vers la conquête du monde et l'organisation de la société, est la résultante des régulations organiques, le prolongement de ce pouvoir d'organisation fondamentale qui constitue l'essence même de la vie. Ainsi, certaines théories biologiques récentes et telles théories cognitives s'intègrent dans un ensemble cohérent dans lequel s'harmonisent l'évolution organique, créatrice d'une infinité de formes toujours plus complexes, et son produit le plus noble: la connaissance humaine.

---

[46] G. Bachelard: Le nouvel esprit scientifique, p. 175 (1934)
[47] J. Ullmo: La pensée scientifique moderne, p. 206
[48] R. Blanché: ouvrage cité p. 120.

Sommaire:

Paroles introductives du président M. Carlo Hemmer 3

Théories biologiques et théories cognitives 5

A) *Parallélisme et opposition des théories* 5

1) Le lamarckisme - l'empirisme.
2) Le néodarwinisme - le kantisme et le conventionnalisme.
3) La génétique des populations (Waddington).
4) La théorie interactionniste (Piaget).

B) *Interprétation biologique de la connaissance* 16

1) Signification biologique des structures logico-mathématiques.
2) Les fonctions cognitives, organes spécialisés de régulation avec le milieu.

C) *La conception interactionniste et le progrès scientifique* . . 23

1) La théorie interactionniste et la structure de la raison.
2) Les grandes conquêtes de la science contemporaine.
   a) Les géométries non-euclidiennes.
   b) Les notions de longueur, de durée, de simultanéité.
   c) Les discontinuités de la physique des quanta.
   d) Les relations d'incertitude et l'indéterminisme quantique.
   e) L'effritement du principe de la substance.
3) Les principes régulateurs de la pensée.

D) *Le rationalisme contemporain* 36

1) Le nouvel esprit scientifique.
2) Raison constituante et raison constituée.