

Publié en 1972 dans *L'interdisciplinarité: problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités*. Paris: OCDE.
Version électronique réalisée par les soins de la
Fondation Jean Piaget
pour recherches psychologiques et épistémologiques.
La pagination est celle de la version publiée en 1974 dans *Internationales Jahrbuch für Interdisziplinäre Forschung*.

JEAN PIAGET

L'Épistémologie des Relations Interdisciplinaires

Il conviendrait sans doute, pour se conformer aux usages, de commencer par fixer notre terminologie et notamment de préciser les distinctions éventuelles entre l'interdisciplinaire en un sens strict et les concepts voisins tels que le multidisciplinaire ou le transdisciplinaire. Mais les définitions étant relatives aux conceptualisations et celles-ci l'étant à la position même des problèmes, c'est par la discussion de ces derniers qu'il nous paraît utile de débiter, car ils sont complexes et relèvent dès l'abord de l'interprétation même que l'on se donne de l'activité scientifique.

1. Il importe, en premier lieu, de distinguer les sciences purement déductives, c'est-à-dire les mathématiques et la logique, et les disciplines expérimentales au sens large, qui sont soumises au contrôle des faits. Les premières bénéficient naturellement d'une autonomie particulière, d'où une situation spéciale quant aux relations interdisciplinaires : nous y reviendrons donc plus loin. Quant aux secondes, ce sont elles qui soulèvent le problème général dont nous paraît dépendre la signification même de l'interdisciplinarité.

En effet, dans la mesure où, avec le positivisme, on limite le champ de ces sciences à l'analyse des seuls observables, donc à la description, à la mesure et à la mise en relations des phénomènes, on aboutit seulement à la découverte d'un ensemble de lois fonctionnelles, plus ou moins générales ou spéciales. Mais, comme on se refuse à la recherche des causes, et même des modes d'existence pouvant caractériser les divers substrats dont les phénomènes seraient l'expression, il va de soi que l'on est conduit à morceler le réel en un certain nombre de territoires plus ou moins séparés ou d'étages superposés, qui correspondent alors à des domaines bien délimités des diverses disciplines scientifiques. Le modèle le plus clair d'une telle conception est fourni par la classification des sciences d'Auguste Comte, qui répartissait ces disciplines selon un ordre double de complexité croissante et de généralité décroissante. En une telle situation les corps étudiés par la chimie se prêtent bien à des dénombrements arithmétiques, à des descriptions géométriques et ils obéissent aux lois de la physique, mais ils compor-

tent en plus un certain nombre de caractères proprement chimiques (affinité, valences) censés irréductibles aux précédents. De même la biologie par rapport à la chimie, ou la sociologie par rapport à la biologie. Il en résulte que se trouve ainsi exclue d'avance toute recherche interdisciplinaire, dont le principe même est contradictoire avec celui des frontières considérées comme naturelles, qui sépareraient les unes des autres les diverses catégories d'observables. Au contraire, les théories modernes reposant sur les modèles électroniques des valences ioniques ou des covalences montrent assez combien subjectives demeuraient ces frontières entre la chimie et la physique et combien la recherche des explications causales est à la fois indispensable à l'activité scientifique et source de connexions interdisciplinaires.

D'où le renversement spectaculaire des conceptions contemporaines de la science par rapport à l'idéal positiviste. Les démarches initiales demeurent naturellement les mêmes, d'où le fait que de nombreux esprits croient lui rester fidèles : mesure des phénomènes, établissement des lois, contrôle continu subordonné aux observables, etc. Mais, tant le passage des expériences aux échelles extrêmes de l'observation (mécanique relativiste et microphysique) que les conquêtes sans cesse accrues de la déduction mathématique ont renforcé le besoin, d'ailleurs jamais éteint, de l'explication causale. Seulement, le fait nouveau est que la satisfaction d'un tel besoin a réussi à prendre une forme assez imprévue et restée même en partie imprévisible aux temps de la physique classique : alors que la recherche de l'explication en est longtemps demeurée à des essais de réduction, comme si des lois particulières trouvaient leur raison d'être une fois englobées en de plus générales, ou comme si, pour tout dire, le complexe ou le supérieur pouvait être sans plus ramené à l'inférieur (exemple, les essais innombrables, y compris de *Maxwell* lui-même, de réduction de l'électromagnétisme au mécanisme), le double progrès des constructions mathématiques et des techniques expérimentales a conduit à la découverte fondamentale des structures¹. Qu'une structure, comme celle, élémentaire, de groupe, soit explicative, cela va de soi puisqu'elle est un système de transformations comportant des invariants et qu'elle assure ainsi la compréhension de cette composition simultanée de productions et de conservations en quoi consiste la causalité. Mais du point de vue qui nous intéresse ici, et qui est celui des relations interdisciplinaires, une structure présente bien d'autres propriétés.

¹) De façon générale, une « structure » est un système de transformations présentant des lois en tant que système, indépendamment des propriétés des éléments, et susceptible d'un auto-réglage exprimant le fait que le produit de ses compositions demeure intérieur au système (voir notre ouvrage sur *Le Structuralisme*, PUF 1969).

En premier lieu elle introduit dans le réel un ensemble de connexions nécessaires alors que les lois à elles seules sont simplement constatées à titre de données factuelles. Il est vrai que le système total des lois a souvent été présenté comme nécessaire, en tant qu'impliquant un déterminisme général. Mais d'abord il y a déjà là la recherche d'un système. D'autre part présenter celui-ci comme nécessaire n'est encore qu'un postulat, tant que les éléments du système ne sont pas reliés entre eux par des transformations causales, c'est-à-dire précisément par des structures définies dans le détail.

En second lieu une structure dépasse la frontière des phénomènes. En effet, seules ses manifestations sont observables tandis que, en tant que système, elle n'est atteinte que par déduction, donc par des liaisons non observables comme telles. Ce n'est nullement à dire qu'elle demeure subjective puisque ses transformations sont attribuées au réel. Mais comme l'a montré *Hume* de façon décisive, les séquences réduites aux simples observables ne consistent qu'en successions régulières sans causalité effective. Au contraire, les transformations d'une structure physique introduisent, par le double jeu des productions et des conservations, un ensemble de transmissions qui seules fondent la causalité, mais ne sauraient être constatées en elle-mêmes.

En troisième lieu, dans la mesure où une structure dépasse les observables, elle aboutit alors à modifier profondément notre notion de la réalité. Loin de monopoliser le privilège de l'objectivité, les observables deviennent au contraire, en leurs découpages, relatifs à nos instruments organiques (perceptions et actions) ou techniques d'enregistrement ou d'information et, sous les phénomènes, il devient nécessaire d'invoquer un substrat dynamique composé d'opérateurs et de transformations.

Les conséquences en sont alors claires : rien ne nous contraint plus à morceler le réel en compartiments étanches ou en étages simplement superposés correspondant aux frontières apparentes de nos disciplines scientifiques et tout nous oblige au contraire à nous engager dans la recherche des interactions et des mécanismes communs. L'interdisciplinarité cesse ainsi d'être un luxe ou un produit d'occasion pour devenir la condition même du progrès des recherches. La fortune relativement récente des essais interdisciplinaires ne nous paraît donc due ni au hasard des modes ni (ou ni seulement) aux contraintes sociales imposant des problèmes de plus en plus complexes, mais à une évolution interne des sciences sous la double influence des besoins de l'explication, donc de l'effort pour compléter par des « modèles » causaux la simple légalité, et du caractère du plus en plus « structural » (au sens mathématique du terme) que prennent de tels modèles.

2. Mais il y a plus. Une conséquence évidente de l'évolution que nous venons de rappeler trop sommairement est qu'aucune science ne saurait s'étaler sur un seul plan, et que chacune comporte des niveaux variés de conceptualisation ou de structuration. Il en résulte que toute discipline se doit tôt ou tard d'élaborer sa propre épistémologie. Or, si la recherche des « structures », au sens des systèmes sous-jacents de transformations, constitue déjà un facteur fondamental d'interdisciplinarité, il est clair que toute épistémologie interne, visant notamment à caractériser les relations existant, en une science, entre les observables et les modèles utilisés, sera très tôt solidaire de l'épistémologie des sciences voisines, non seulement parce que les mêmes problèmes épistémologiques se retrouvent partout, mais encore parce que les relations entre le sujet et les objets ne sauraient être dégagées que par des voies comparatives (ou, on le verra sous 4, par des méthodes génétiques).

Le « positivisme logique » contemporain, dont l'ambition est de fonder l'« unité de la science » sur des bases essentiellement phénoménistes, a déjà été obligé pour sa part, de distinguer deux niveaux en chaque science, et même sensiblement hétérogènes : l'enregistrement des observables, d'une part et leur traduction en formules logico-mathématiques, d'autre part, celles-ci ne constituant qu'un « langage », en lui-même tautologique quoiqu'adapté à la diversité du réel. Or, on voit d'emblée que, même réduite à cette dualité bien trop simple, la diversité de niveau soulève à elle seule des problèmes de vérification interdisciplinaire. En effet, soutenir que la logique et les mathématiques ne jouent qu'un rôle de langage, et non pas de conceptualisation ou de structuration, c'est d'abord énoncer une hypothèse linguistique touchant aux relations entre les signifiants et les signifiés : or, si *Bloomfield* a voulu abandonner allégrement aux littérateurs et aux théologiens la croyance vétuste qu'aux mots correspondent des concepts, *Chomsky* revient au contraire aujourd'hui à la subordination du langage à la pensée. C'est ensuite se référer à une hypothèse psychologique : or, sur ce terrain, les opérations logico-mathématiques semblent tenir bien davantage à la coordination générale des actions qu'à des comportements simplement linguistiques. C'est enfin soulever de graves difficultés quant aux relations entre les mathématiques et la physique, car si elles s'accordent si bien entre elles, c'est ou bien que la logique et les mathématiques ne sont pas tautologiques, ou bien que le réel l'est lui-même de son côté : or l'existence même des « structures » et la possibilité de leur attribution à l'univers des transformations physiques montre assez qu'il y a là une double synthèse et que la solution simplement « linguistique » de ce problème fondamental ne saurait nullement suffire.

Ceci nous ramène à la question laissée en suspens plus haut : si la logique et les mathématiques bénéficient d'une autonomie complète quant à la technique même de leurs démonstrations et semblent ainsi échapper aux nécessités de l'interdisciplinarité, cette situation prend fin sitôt que l'on passe de leurs procédures internes à leur épistémologie. Il y a d'abord le problème bien connu de leurs relations entre elles deux. Or ces relations sont très instructives, car elles ne se ramènent à une réduction ni dans un sens ni dans l'autre : les mathématiques peuvent être considérées comme une extension progressive de la logique, mais celle-ci fait partie de celles-là en tant que cas particulier des algèbres générales. Cette assimilation réciproque pourra même nous servir à caractériser l'interdisciplinarité.

Quant aux rapports épistémologiques entre les sciences déductives et les autres disciplines, le problème se pose nécessairement du fait que la méthode des premières est de nature formelle et qu'une formalisation est toujours l'axiomatisation de données intuitives antérieures à elle, même si ces dernières sont ensuite dépassées librement par voie de construction réflexive de plus en plus autonome. C'est ainsi que l'arithmétique s'est d'abord appuyée sur les nombres « naturels », la géométrie sur des intuitions spatiales élémentaires, la syllogistique d'*Aristote* sur une prise de conscience des raisonnements de la pensée commune, etc.

Mais alors nous sommes conduits à deux sortes de considérations interdisciplinaires, les unes concernant la nature de ces intuitions préscientifiques dont la formalisation est partie, les autres se rapportant à la place de la logique dans le système des sciences et aux difficultés de tout ordre linéaire dans la classification de ces dernières.

En ce qui concerne le premier de ces deux points, on pourrait soutenir que la question relève de la seule épistémologie et n'intéresse pas les sciences en elles-mêmes ni leur relations interdisciplinaires, mais ce serait méconnaître la portée d'un ensemble de discussions très actuelles et de signification résolument intérieure à la recherche scientifique. Par exemple le problème de la nature des intuitions géométriques élémentaires, en tant que résultant soit des propriétés spatiales des objets soit des actions et opérations du sujet soit des deux à la fois, n'est pas seulement une question de psychologie et d'épistémologie génétiques : c'est naturellement aussi un problème de rapports entre les espaces de la physique et ceux de la mathématique, ces rapports pouvant être éclairés sur certains points par l'analyse psychogénétique, de même que celle-ci a, cela va de soi, besoin d'être informée par les épistémologies physique et mathématique. Or, ces dernières ont été renouvelées par les théories de la relativité avec leur géométrisation de la mécanique, mais aussi avec l'opposition qu'elles ont introduit entre le continu spatio-temporel propre à l'espace des objets et l'espace

intemporel de la géométrie « pure ». Et la discussion a rebondi en ces dernières années avec les travaux de *Misner* et *Wheeler* sur la dynamo-géométrie aboutissant à une géométrisation du réel plus complète encore que celle d'*Einstein*, mais maintenant malgré tout la dualité du temporel propre à l'objet et de l'intemporel formel. On voit ainsi qu'il n'est pas dénué de sens de soutenir que toute analyse de l'épistémologie des sciences déductives elles-mêmes débouche sur des problèmes interdisciplinaires intérieurs aux recherches spécialisées en leur technicité.

D'où un autre problème, lié aux précédents : celui de la position de la logique dans le système des sciences. Du point de vue de sa technique de formalisation et de démonstration, la logique ne repose assurément que sur elle-même et ne connaît donc pas d'autres problèmes interdisciplinaires que celui de ses rapports avec les mathématiques. Elle est donc, en cette première perspective, à situer à la base du système des sciences. Mais dès que l'on se demande de quoi elle est la formalisation, la situation change. Or, ce problème ne peut plus être considéré, ainsi qu'il l'était jadis, comme purement épistémologique, donc extérieur au corps des théories internes de la logique : en effet, depuis que nous connaissons, grâce à ces théories elles-mêmes, l'existence des limites de la formalisation, il est devenu nécessaire de préciser les rapports entre celle-ci et ce qui s'impose au-delà, et par conséquent, en deçà de ses frontières. A ne considérer que ce second point, on retrouve une fois de plus le problème des structures : sous les propositions indémontrées jouant le rôle d'axiomes et les notions non définies servant à définir les autres, on ne saurait trouver un état de chaos ou de désordre même relatif, sans quoi la formalisation elle-même ne saurait fonctionner. On y découvre alors des structures exprimant non pas des contenus de conscience ou des évidences subjectives, mais l'ensemble d'opérations déjà coordonnées dont le sujet est capable. C'est en s'appuyant sur elles qu'*Aristote* a fondé la syllogistique et il aurait même pu faire davantage s'il avait également pris conscience des structures de relations, qui lui ont échappé (en tant que logique des relations, au sens de celle de *Morgan* en 1860). Mais alors quelle est la nature de telles structures ? Sont-elles psycho-sociologiques, psycho-neurologiques, biologiques ou tout cela à la fois ? Elles tiennent en tout cas à la nature de l'homme et, dans cette perspective, la logique est donc liée de près ou de loin aux domaines supérieurs du système des sciences.

S'il en est ainsi, deux conclusions paraissent s'imposer. L'une est que même en ce qui concerne la plus formelle et déductive des sciences, son épistémologie impose les considérations interdisciplinaires. La seconde est que celles-ci semblent nous contraindre à concevoir le système des sciences comme non linéaire mais revenant sur lui-même en une spirale sans fin,

sans parler des connexions multiples entre chaque terme et chacun des autres. Il suffit pour s'en convaincre d'examiner les nombreuses tentatives de classifications des sciences et d'analyser les flottements qui, d'un auteur à un autre, ont caractérisé les efforts pour situer la logique au sein de toutes les disciplines qui en dépendent, mais dont elle doit bien à son tour tirer les informations nécessaires à sa propre épistémologie.

3. Ceci nous conduit aux sciences humaines et sociales qui, du point de vue interdisciplinaire soulèvent des séries de problèmes particuliers.

3a. Le premier d'entre eux est l'absence de hiérarchies qui caractérise ces disciplines, en opposition avec les dépendances en partie asymétriques que l'on observe entre les sciences de la nature. En effet, à s'en tenir aux disciplines expérimentales, la chimie repose sur la physique davantage que l'inverse et la biologie dépend de la physico-chimie bien plus que le contraire. Il est vrai que de telles situations sont peut-être provisoires et nous reviendrons sur le fait que les relations interdisciplinaires authentiques conduisent plus ou moins nécessairement à des services réciproques, mais les hiérarchies existent et elles tiennent vraisemblablement à des questions de filiations des structures. Or, sur le terrain des sciences de l'homme, si l'on voit assez bien l'appui que la psychologie recherche fréquemment dans la neuro-physiologie et même la biologie en général (notamment par l'intermédiaire de l'éthologie), on ne saurait pas contre parler de hiérarchie entre cette psychologie, la linguistique, les sciences économiques, la démographique, l'ethnologie ou la sociologie elle-même. Il est vrai que de pseudo-hiérarchies ont été recherchées parfois, mais dues à des tendances impérialistes davantage que fondées sur des raisons objectives. C'est ce que l'on a connu, par exemple, aux temps de la sociologie de *Durkheim* et ce que l'on retrouve chez certains partisans de la dialectique d'ailleurs plus philosophes qu'hommes de science. Récemment *R. Jakobson* a manifesté des espoirs analogues en ce qui concerne la linguistique, mais si l'on distingue avec rigueur les signifiants (objets spécifiques de la recherche du linguiste) et les signifiés, il n'est pas certain que l'on puisse identifier la linguistique avec la théorie de l'information, même si l'on désire faire de celle-ci une science des sciences gouvernant l'ensemble des disciplines biologiques et humaines (alors qu'elle est le produit d'une intersection entre elles).

Or ce manque de hiérarchie qui aurait dû, en principe, favoriser les échanges bilatéraux, les a en fait plutôt retardés faute des contacts obligatoires existant grâce à elle entre les sciences de la nature. Par contre, ici

comme ailleurs, ce sont les progrès du structuralisme qui semblent constituer le facteur principal de l'interdisciplinarité croissant depuis une date récente. Nous en donnerons trois exemples.

Le premier est celui des relations entre la linguistique et la psychologie qui caractérise la jeune discipline connue sous le nom de psycholinguistique. Le structuralisme linguistique remonte pourtant à *F. de Saussure*, mais dans sa doctrine il demeurait de nature essentiellement synchronique, en se réclamant de l'« arbitraire » du signe qui rend la signification actuelle des mots relativement indépendante de leur histoire. Dans les domaines de la psychogenèse des normes, par contre, en particulier du développement de l'intelligence, les formes finales d'équilibre sont le produit d'une équilibration progressive, de telle sorte qu'il y a liaison entre les facteurs synchroniques et diachroniques, et non pas indépendance ou conflit comme dans le cas des systèmes de signes. Il en est résulté une absence assez systématique de contact entre la linguistique et la psychologie, et même une dévalorisation délibérée du rôle possible de celle-ci par les continuateurs de *F. de Saussure*. En revanche, à partir des travaux de *Harris* et *Chomsky* sur l'aspect créateur de la langue et sur les grammaires transformationnelles permettant aux sujets locuteurs de construire sans cesse de nouvelles combinaisons verbales, la connexion entre ce nouveau structuralisme linguistique et les recherches psychogénétiques devient légitime et ces travaux interdisciplinaires de plus en plus féconds. En ce qui concerne, par exemple, les travaux que *H. Sinclair* a déjà publiés et ceux qu'elle dirige actuellement à Genève, nous avouons avoir été de plus en plus surpris par les résultats obtenus qui établissent entre le développement du langage et la formation des opérations intellectuelles des relations bien plus nombreuses et précises que nous n'aurions osé prévoir.

Un second exemple porte sur les structures de régulations et non plus sur les systèmes de signes et les structures d'opérations. De telles régulations interviennent par exemple dans les problèmes de valeurs et de choix ou de décisions quant aux conséquences anticipées des échanges ou des stratégies entre joueurs. *Von Neumann* et *Morgenstern* en ont tiré une méthode d'analyse économique reposant sur ce que l'on appelle la théorie des jeux ou de la décision. Or cette méthode a permis la constitution d'une série de recherches psycho-économiques assurant une liaison entre deux disciplines jusque là beaucoup trop séparées (exception faite pour les considérations psychologiques quelque peu élémentaires dont se sont contentés *Pareto* et les marginalistes). De plus la théorie des jeux a pu être appliquée à d'autres secteurs de la psychologie (perception, etc.).

Un troisième exemple est naturellement celui du structuralisme ethnographique de *Cl. Lévi-Strauss* qui coordonne les structures linguistiques,

juridiques (structures de la parenté revêtant une forme quasi algébrique) et économiques, en cette discipline virtuellement interdisciplinaire dès ses débuts qu'est l'anthropologie culturelle (mais encore fallait-il actualiser ces potentialités et ne pas en demeurer au stade simplement multidisciplinaire).

3b. Un second problème général que soulèvent les sciences de l'homme est celui de leurs rapports avec celles de la nature. Certains esprits métaphysiques ont voulu les opposer, mais il ne reste pas grand-chose des antithèses imaginées, sinon que les premières de ces disciplines sont bien plus complexes, exigent une décentration bien plus grande de la part du sujet de la recherche (puisque son objet consiste encore en sujets) et qu'elles sont donc assez en retard par rapport aux secondes. Les handicaps principaux des sciences de l'homme sont en particulier, en de nombreux domaines, l'absence d'unités de mesure (sauf en économie et en démographie) et les difficultés de l'expérimentation (sauf en psychologie et en psycholinguistique), mais ce sont là des obstacles que l'on retrouve en bien des sciences de la nature (géologie et en partie biologie, pour les unités de mesure, astronomie pour l'expérimentation, etc.) et ils n'ont point empêché leurs progrès.

Il n'en est que plus frappant de constater l'existence d'un certain nombre de relations interdisciplinaires naissantes entre les sciences de la nature et celles de l'homme, et même de relations à double sens puisque certains modèles d'origine humaine ont pu servir à des analyses de type physique. Sans remonter jusqu'aux inspirations que *Darwin* a tirées de la vie sociale pour ses hypothèses relatives à la sélection naturelle, on peut citer le parallélisme entre l'« information » et les notions d'entropie ou de négentropie sur lequel a notamment insisté *L. Brillouin*, ainsi que les applications physiques de la théorie des jeux.

3c. Mais le chaînon essentiel qui relie les sciences de la nature à celles de l'homme est sans conteste fourni par la biologie, à tel point que la psychologie qui est une discipline en bonne partie biologique est aussi souvent considérée comme une science naturelle que comme une science de l'homme : preuve en soit l'existence de la psychologie animale ou éthologie, que les zoologistes annexent à leur domaine et les psychologues au leur (ce qui est légitime dans les deux cas et montre simplement que la classification des sciences doit prévoir les situations opératoires d'intersection).

Il est, en effet, évident que toute analyse psychologique un peu poussée, qu'il s'agisse de perception, de motricité, d'affectivité et même d'intelligence

doit tôt ou tard faire appel à la physiologie et nous n'y insisterons pas. Ce que l'on oublie par contre davantage est que les structures les plus générales de l'organisation vivante, qui sont celles des systèmes autorégulateurs (puisque'ils dominent même les mécanismes de la transmission héréditaire et qu'on les retrouve à tous les niveaux de l'organisme), constituent les modèles les plus explicatifs en ce qui concerne le développement des fonctions cognitives et en particulier des opérations logiques. Entre les processus généraux de la variation évolutive ou de l'équilibration des états qui en résultent et les facteurs fondamentaux de l'élaboration des connaissances rationnelles existe donc une parenté fonctionnelle dont l'analyse ne fait que débiter.

On peut ainsi se demander si, en tant que discipline charnière entre les sciences de la nature et celles de l'homme, la biologie ne caractériserait pas une catégorie particulière d'interdisciplinarité. Cela ne signifierait sans doute pas que les échanges entre l'information biologique et les autres formes du savoir soient par nature d'un type étranger aux liaisons déjà connues. Mais cela reviendrait à dire que, si les applications des mathématiques ou de la logique aux diverses sciences suivent la direction conduisant du sujet aux objets, les enseignements tirés de la biologie en faveur des sciences de l'homme comporteraient une direction inverse conduisant de l'objet (car l'organisme demeure soumis à la physico-chimie) au sujet, ce qui serait conforme à l'ordre circulaire des connaissances déjà signalé.

4. A cette particularité de constituer la source du sujet agissant et pensant, l'organisation vivante ajoute un caractère fondamental qui lui est lié de façon indissociable : elle comporte une histoire progressive et fournit donc le modèle initial de ces « développements » que l'on retrouve à tous les paliers étudiés par les sciences de l'homme. Comme ces dernières, la biologie impose donc déjà la considération d'un lien nécessaire entre les structures et les genèses. Or, s'il est exact que le point de vue structuraliste constitue un moteur permanent d'interdisciplinarité, ne faut-il pas en conclure qu'il en sera *a fortiori* de même des structuralismes génétiques communs^[*] à la biologie et aux sciences humaines ?

Une raison évidente pour laquelle toute approche génétique favorise l'interdisciplinarité est que le déroulement même d'une genèse exclut tout commencement absolu et oblige donc le chercheur à relier les paliers les plus éloignés avec ce que cela comporte de connexions entre les disciplines particulières pouvant être affectées à l'étude de ces niveaux différents. C'est ainsi qu'à l'intérieur d'une même science, mais bien différenciée en ses diverses spécialités, l'étude du développement oblige sans cesse à établir

[*Note FJP: Nous avons substitué «communs» à «comme».]

des liens entre les chapitres initialement sans contacts : par exemple, en biologie une analyse un peu complète de l'ontogenèse appelle nécessairement celle des pouvoirs de synthèse du génome, celle de la transmission héréditaire, puis de la variation évolutive et de la phylogenèse en son ensemble sans que sur aucun point on puisse parler de commencement proprement dit.

Qu'on nous permette ici de prendre un autre exemple qui nous tient de plus près, celui de l'« épistémologie génétique », et de signaler d'emblée que ce recours à nos propres intérêts est moins immodeste qu'il ne semble car il nous servira surtout à montrer ce qui resterait à faire et n'a point encore été accompli. Le but de ces recherches est de préciser la signification des connaissances en fonction de leur mode de construction : toute connaissance demeurant inachevée et tendant à s'accroître par correction, par complément ou par intégration en un système plus large et plus cohérent, il nous a paru que l'analyse trop négligée des stades élémentaires était de nature à projeter quelque lumière sur la nature de tels processus, dans l'hypothèse selon laquelle les voies d'accession seraient l'expression de celles de la constitution elle-même ; d'où une série d'analyses expérimentales sur la formation des structures logiques et mathématiques, sur les notions de conservation, les notions cinématiques et dynamiques, les idées de hasard et de probabilité, etc.

Le premier problème interdisciplinaire qui s'est alors posé a été celui des rapports entre la psychologie, servant ici de méthode d'approche, et l'épistémologie en tant que but de la recherche ; et il s'est naturellement trouvé de nombreux esprits critiquant que nous ne quitterions pas le premier de ces domaines et n'atteindrions jamais le second. Or, s'il est facile, lorsqu'on ne considère qu'un seul stade (par exemple, l'état adulte) de dissocier les problèmes psychologiques de fonctionnement et les problèmes épistémologiques de structures normatives ou de relations entre le sujet et les objets, la succession même des stades oblige au contraire sans cesse à préciser comment le sujet passe d'une connaissance à une autre ou d'une norme (ou absence de norme) à une autre considérée tôt ou tard comme nécessaire : toutes les questions épistémologiques sont alors inextricablement liées à celles du développement jusqu'aux niveaux où le sujet raisonne de façon logiquement valable et rejoint à l'occasion tel ou tel stade de la pensée scientifique à ses débuts. Cette analyse génétique ne constitue ainsi qu'une extension de la méthode historico-critique, dont elle s'est d'ailleurs inspirée.

Mais, s'il y a ainsi connexion, dès le départ, entre l'expérimentation psychologique et la recherche épistémologique, bien d'autres collaborations deviennent nécessaires. D'abord celle du logicien, cela va sans dire, car si le passage d'un stade à un autre marque un progrès de la connaissance, il y

a là un processus relevant de la validité normative autant que de la succession de fait : il s'agit donc de formaliser dans la mesure du possible les états de départ et d'arrivée, en marquant les lacunes comme les apports positifs, et de comparer ces semi-formalisations de formes relevant de la pensée naturelle aux structures logiquement valables. Quant aux passages en tant que successions temporelles et que séquences factuelles, ils soulèvent un problème d'équilibration progressive donc d'autorégulation et le recours à la cybernétique s'impose pour en dégager des modèles cohérents. Reste la nature des notions ou opérations étudiées et, sur ce point, une collaboration est indispensable avec des spécialistes du domaine considéré (mathématiques, physique, etc.) et surtout avec des connaisseurs de l'histoire de la pensée scientifique en ce domaine particulier. Enfin, comme les structures en jeu, ou plutôt ce dont le sujet en prend conscience en des conceptualisations très incomplètes (car ici encore les structures dépassent les observables) se traduisent par des expressions verbales, la collaboration des psycholinguistes est aussi nécessaire pour dégager les connexions entre le langage et la pensée.

Cela dit, (et l'on aperçoit déjà le large éventail des relations interdisciplinaires indispensables à ce genre d'études), revenons à notre problème du commencement absolu. A vouloir découper une ou des tranches de la genèse, comme nous le faisons ici, on demeure en plein arbitraire, car cette genèse se poursuit sans cesse vers le haut, et, d'autre part, ne comporte aucun point de départ assignable. Vers le haut, nous nous arrêtons en général entre 12 et 15 ans, car, jusque là, l'enfant (de 4 à 11-12 ans) est sans cesse créateur et invente en bonne partie ses propres notions tandis qu'au-delà il répète des leçons puis s'insère dans le courant social de la pensée contemporaine : c'est pourquoi le seul complément valable trouvé jusqu'ici de la psychogenèse est un appel à l'histoire des sciences, mais il est nécessaire.

Vers le bas, les choses se présentent tout autrement. Les structures étudiées au plan de la pensée représentative présentent, en effet, presque toutes des racines sensorimotrices, antérieures au langage. C'est ainsi que les sources des opérations logiques sont à chercher non pas dans la syntaxe verbale, mais bien au-delà dans les coordinations générales de l'action (emboîtement des schèmes d'action, ordre des actions, correspondances, intersections, etc.). La genèse en est donc déjà bien reculée, mais d'où proviennent de telles coordinations ? Le recours à la neurologie devient alors indispensable et chacun connaît la célèbre analyse de *McCulloch* et *Pitts* sur les opérateurs intervenant dans les connexions neuroniques (synapses) et leur isomorphisme avec les foncteurs propositionnels. Ce n'est certes pas à dire que la logique soit innée ou préformée, car il faudra un ensemble

considérable d'abstractions réfléchissantes et de reconstructions sur de nouveaux paliers pour que fonctionnent au plan de la pensée ces mêmes opérations propositionnelles (vers 11-12 ans). Mais à titre de potentialités qui restent à actualiser, ces voies nerveuses témoignent déjà d'une organisation, dont il reste à retracer la genèse, ce qui est un problème de biologie générale et non plus de psychogenèse. On voit alors en quoi l'impossibilité d'un commencement absolu conduit ici comme ailleurs à relier les niveaux éloignés et par conséquent, dans le cas particulier, à rendre indissociable la soudure entre la psychogenèse et la biogenèse.

On peut même aller plus loin, dans l'attente de cette transdisciplinarité que nous appelons de nos vœux (voir sous 5c). Un des grands mystères de relations entre les sciences est l'accord surprenant des constructions purement déductives propres aux mathématiques et les résultats de plus en plus fins de l'expérimentation physique (les remarques sur l'espace contenues au § 2 n'en sont qu'un exemple très restreint). Or, du point de vue génétique il semble impossible d'expliquer cet accord par la très faible part d'expérience intervenant lors de la formation des opérations logico-mathématiques. D'autre part invoquer avec *Poincaré* ou *Hilbert* des cadres *a priori* (notions de groupe, etc.) ou une harmonie préétablie ne fait que reculer le problème. Par contre, si l'on recourt à la fois aux structures de l'organisation vivante et aux pouvoirs d'autorégulation permettant de reconstruire et d'élargir sur chaque nouveau palier ce qui est tiré des paliers antérieurs, on peut considérer que la liaison du réel et de la construction logico-mathématique est assurée à l'intérieur même de l'organisme du fait qu'il est à la fois un objet physico-chimique parmi les autres et la source des activités du sujet. Si cette hypothèse présente quelque vraisemblance, rien ne saurait mieux montrer en quoi les perspectives génétiques débouchent nécessairement tôt ou tard sur la collaboration interdisciplinaire.

5. A vouloir enfin tirer de ce qui précède quelques conclusions sur la nature de l'interdisciplinarité, nous serions portés à distinguer à cet égard trois niveaux, selon le degré d'interaction atteint entre les composantes.

5a. Le palier inférieur pourrait être nommé « multidisciplinaire » et se rencontre lorsque la solution d'un problème requiert des informations empruntées à deux ou plusieurs sciences ou secteurs de connaissance, mais sans que les disciplines mises à contribution par celle qui les utilise soient modifiées ou enrichies pour autant. Un tel état de choses peut constituer un stade de départ, dépassé dans la suite mais durant plus ou moins longtemps

et c'est ce que l'on observe souvent en des groupes de chercheurs réunis dans un but interdisciplinaire et qui en restent d'abord à un niveau d'information mutuelle et cumulative mais sans interactions proprement dites. Les psychologues de l'enfance qui font appel à d'autres spécialistes connaissent ce genre d'expériences collectives : tel invité occasionnel se fera un plaisir de les renseigner sur sa spécialité ou de remédier à leurs ignorances et écoutera même avec politesse les résultats psychogénétiques qu'on lui expose, mais sans y voir d'intérêt pour ses préoccupations, jusqu'au moment où un ensemble de faits lui suggérera un rapprochement possible avec un niveau antérieur quelconque de l'histoire de sa discipline et où un début d'échange deviendra possible. Mais il est des domaines entiers où le niveau multidisciplinaire ne saurait être dépassé, du fait de l'hétérogénéité durable des informations utilisées. C'est le cas, par exemple, en géologie où un tectonicien pour reconstituer l'histoire et expliquer la formation d'une chaîne de montagnes a besoin de données paléontologiques et de connaissances minéralogiques de manière à déterminer les étages des terrains. Or, si ces informations lui sont indispensables au point qu'il a dû s'initier lui-même à de telles disciplines, il n'y a pas d'action en retour, en ce sens que ce n'est pas la tectonique comme telle qui expliquera la filiation des lignées paléontologiques ni la structure des minéraux. Les faits tectoniques jouent certes un rôle dans le métamorphisme des roches mais ne sauraient rendre compte, par exemple, du groupe des rotations, etc., qui détermine la forme des 32 variétés possibles de structure cristalline.

5b. Nous réserverons au contraire le terme d'interdisciplinarité pour caractériser un second niveau où la collaboration entre disciplines diverses ou entre des secteurs hétérogènes d'une même science conduit à des interactions proprement dites, c'est-à-dire à une certaine réciprocité dans les échanges, telle qu'il y ait au total enrichissement mutuel. Mais il s'agit alors d'analyser et de classer les divers types possibles d'interactions, ce qui n'est point une tâche aisée. Seulement, si notre hypothèse de départ est justifiée, c'est-à-dire si le morcellement des sciences tient aux frontières des observables, tandis que l'interdisciplinarité résulterait d'une recherche de structures plus profondes que les phénomènes et destinées à expliquer ceux-ci, on peut supposer que les types d'interactions interdisciplinaires se conformeront aux diverses variétés de relations entre structures, c'est-à-dire à des formes de liaisons qui sont certes multiples, mais aisément intelligibles et deviennent même déductibles une fois connues les structures qui sont en jeu.

La forme la plus simple de liaison est celle de l'isomorphisme et l'on peut déjà parler d'une collaboration interdisciplinaire fructueuse lorsque

les spécialistes de deux domaines différents s'aperçoivent du fait que leurs analyses aboutissent à dégager des structures semblables, le détail de ces analyses dans l'un de ces domaines étant alors susceptible d'éclairer l'autre. Lorsque, par exemple, les ethnographes se servent du structuralisme linguistique pour débrouiller un ensemble de mythes, il n'y a pas action à sens unique car ces analyses contribuent à rendre compte du caractère symbolique des mythes et s'orientent donc dans le sens de la constitution d'une sémiologie générale, prévue et désirée par les linguistes.

Mais encore faut-il distinguer deux grandes catégories d'isomorphismes entre structures. Il y a ceux que l'on peut dégager lors des interactions entre deux sciences de faits, et l'exemple précédent en constitue un cas particulier parmi d'innombrables possibles. Mais il y a aussi, et c'est là une situation encore bien plus générale, les cas d'isomorphismes entre une structure déductive ou formelle et un ensemble de faits expérimentaux, ce qui se produit lors des rapports entre les mathématiques et la physique ou toutes les autres disciplines factuelles. Or ces rapports sont d'un type à la fois si général et si spécifique que l'on ne parle habituellement pas de relations interdisciplinaires entre les mathématiques et la science qui les utilise, puisque celles-là constituent en fait pour celle-ci un instrument indispensable de travail et même le seul instrument possible (y compris la logique) d'analyse et d'intelligibilité. Seulement, il faut s'entendre et distinguer deux situations différentes, dont nous ne visons que l'une, plus particulière que l'autre. Le cas général est celui où les opérations logico-mathématiques sont simplement « appliquées » à la mesure et à la description d'un ensemble de faits, et aboutissent alors à la formulation d'un système de lois. En ce cas général il n'y a naturellement pas de relations interdisciplinaires mais services à sens unique, encore que parfois la complexité des faits pose au mathématicien des problèmes nouveaux et favorisent son travail en l'obligeant à des formulations non prévues jusque-là. Mais il existe un second cas, où le travail de physicien dépasse la légalité, donc la description des observables et s'oriente vers la recherche des structures ou modèles explicatifs. En cette situation les opérations et structures du mathématicien ne sont plus simplement appliquées au réel, mais (on l'a dit sous 1, pour caractériser la causalité) lui sont en fait « attribuées », comme si les objets agissaient eux-mêmes en tant qu'opérateurs et comme si les structures préexistaient dans le réel avant que la construction déductive du sujet ne les reconstitue. C'est alors que l'on peut parler d'isomorphisme ou au moins de correspondance entre les structures physiques et les structures mathématiques, d'où la série des échanges entre la physique théorique et la physique mathématique, si bien analysées et distinguées par *Lichnerowicz*, à titre d'échelons intermédiaires entre la physique expérimentale et les mathéma-

tiques pures. En ce cas passionnant, tantôt les structures mathématiques étaient déjà construites et préparées avant toute utilisation, tandis que les structures physiques préexistaient naturellement avant d'être connues, mais tantôt les structures physiques découvertes sous une forme imprévue obligent le mathématicien à des reconstitutions et réinventions jusqu'à adaptation adéquate au réel : il en résulte alors un double problème interdisciplinaire, l'un épistémologique qui est celui de l'équilibration entre les formes et les contenus jusqu'à isomorphisme, l'autre technique qui est celui de l'enrichissement mutuel dû aux interactions entre deux disciplines, l'une subordonnée au contrôle des faits, l'autre retrouvant ceux-ci parmi l'ensemble des possibles et leur conférant une nécessité par cette insertion même.

A revenir à des cas plus spéciaux, les relations interdisciplinaires peuvent conduire à bien d'autres interactions, en principe comparables aux liaisons possibles entre « structures ». Il faut naturellement considérer les situations de mise en hiérarchie, non pas par simple superpositions d'étages comme lorsqu'on s'en tient aux observables, mais par emboîtements structurés comparables aux relations entre groupes et sous-groupes (comme dans la série bien connue des « groupes fondamentaux » de la géométrie conduisant de celui des homéomorphies à celui des déplacements en passant par les groupes projectifs, les affinités et les similitudes). C'est à un tel mode qu'ont abouti les relations interdisciplinaires entre la chimie et la physique et on peut s'attendre à une intégration analogue de la biologie dans la même hiérarchie. C'est ainsi que *Weisskopf* a décrit les niveaux d'énergies décroissantes caractérisant les particules élémentaires, les noyaux atomiques, l'organisation des atomes, celle des molécules et enfin des macro-molécules susceptibles de reproduction, cette hiérarchie énergétique situant donc les liaisons étudiées par la chimie dans un système complet et cohérent de niveaux qui, par ailleurs, correspond vraisemblablement à leur formations historiques et cosmologiques.

Mais à côté des emboîtements hiérarchiques de structures et sous-structures auxquels peuvent donc aboutir les recherches interdisciplinaires, il faut distinguer d'autres types d'interactions tels que les combinaisons ou les intersections entre structures différentes. Le cas des combinaisons est courant entre chapitres distincts des mathématiques, comme dans l'exemple de la topologie algébrique, qui combine deux des « structures mères » de Bourbaki. Mais, à part la rigueur déductive, on trouve des situations semblables lors des interactions entre sciences de faits. L'exemple déjà cité de la psycholinguistique en relève notamment, sur le terrain du développement, puisque l'objet même de cette recherche interdisciplinaire est l'ensemble des connexions possibles entre les structures linguistiques et d'autres

structures d'un type différent, telles que les systèmes opératoires de l'intelligence.

Quant aux intersections, on peut citer l'exemple de la praxéologie qui est l'étude des conditions d'économie de la conduite en général. Certains économistes ont voulu y réduire toute leur discipline, tandis qu'on s'accorde à n'y voir aujourd'hui que l'un des aspects des actions économiques. Mais c'est un aspect commun à de nombreux domaines et recouvrant entre autres les régulations que *P. Janet* a décrites dans le domaine des sentiments élémentaires (effort, fatigue, etc.) ainsi que, bien entendu, l'économie de l'organisme en ses fonctionnements physiologiques. C'est même peut-être l'expérience praxéologique humaine (moindre effort pour un résultat maximal) qui a suggéré à *Maupertuis* son principe physique de moindre action.

5c. Enfin, à l'étape des relations interdisciplinaires, on peut espérer voir succéder une étape supérieure qui serait « transdisciplinaire », qui ne se contenterait pas d'atteindre des interactions ou réciprocitys entre recherches spécialisées, mais situerait ces liaisons à l'intérieur d'un système total sans frontières stables entre les disciplines.

S'il s'agit encore d'un rêve, il ne semble pas irréalisable et deux sortes de considérations conduisent à le justifier. La première est l'échec du réductionnisme partout où l'on a tenté de réduire le supérieur à l'inférieur (ou l'inverse) et la réussite de ce que l'on pourrait appeler une assimilation réciproque. Nous l'avons déjà noté à propos des relations entre la logique et les mathématiques. Un autre exemple aussi banal est celui des rapports entre les théories mécaniques et ondulatoires avec coordination finale sous la forme de la mécanique ondulatoire. Mais on peut s'attendre à des processus analogues dans les régions encore obscures des relations entre l'organisation vivante et les structures physico-chimiques : entre les réductions prématurées et l'anti-réductionnisme vitaliste, il y a place, en effet, pour des solutions de dépassement où la connaissance du vital enrichira de propriétés nouvelles les structures physiques ou chimiques déjà connues, tout en supprimant les frontières au profit de systèmes imprévus de transformations.

En second lieu, et cela revient peut-être au même, il faut se rappeler comme y insistait souvent *Ch. Eug. Guye*, que nos sciences demeurent actuellement incomplètes du fait des délimitations purement phénoménistes : nous connaissons la physique de l'inanimé, mais pas encore suffisamment celle d'un corps en train de vivre et encore moins celle du système nerveux d'un individu en train de penser, de telle sorte que, disait ce

physicien, la physique redeviendra réellement « générale » qu'après avoir englobé la biologie et même la psychologie. Il va de soi que, si la chose était possible, nous serions alors en plein niveau du transdisciplinaire.

Quant à préciser ce que peut recouvrir un tel concept, il s'agirait évidemment d'une théorie générale des systèmes ou des structures, englobant les structures opératoires, celles de régulations et les systèmes probabilistes, et reliant ces diverses possibilités par des transformations réglées et définies. Mais c'est au mathématicien à nous en dire davantage et *Lichnerowicz* nous éclairera sur cet avenir.