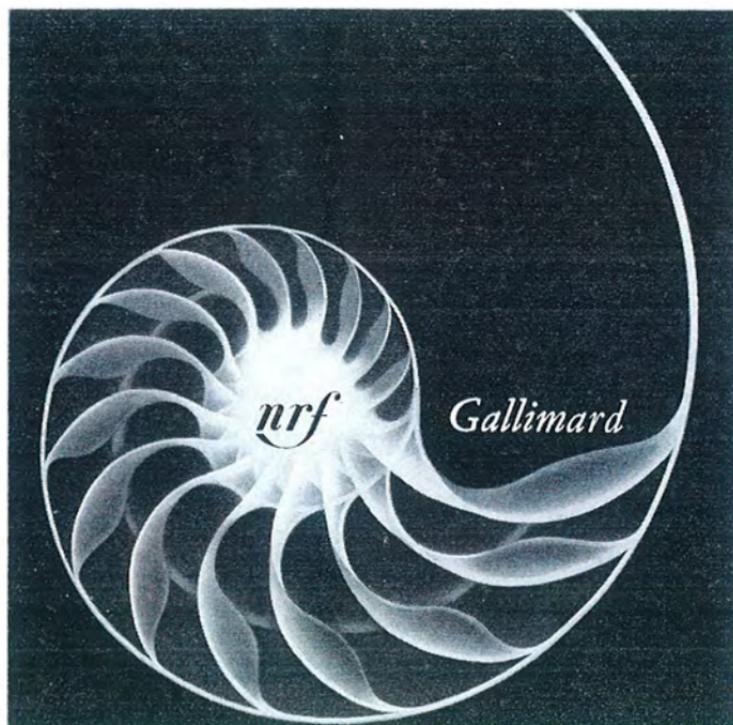


Logique et connaissance scientifique

sous la direction de Jean Piaget



ENCYCLOPÉDIE
DE LA PLÉIADE

si souvent discuté de la classification des sciences, mais cela dans le seul but de dégager les connexions épistémologiques éventuelles entre celles-ci procédant de leur diversité comme telle.

Il ne s'agira donc pas d'établir simplement une classification statique, problème sans intérêt parce que de telles classifications demeurent artificielles et peuvent être multipliées en nombre indéfini. La question est au contraire d'atteindre les liaisons formatrices, autrement dit les filiations épistémologiques et c'est en quoi il y a là une première méthode de synthèse en ce qui concerne le problème des conditions constitutives de la pensée scientifique.

La seconde méthode consistera au contraire à chercher s'il existe des analogies entre les différentes formes de connaissance scientifique, malgré leurs différences ou en plus de ces différences. Et comme ces analogies, si elles existent, se traduiront elles-mêmes par des interprétations épistémologiques générales, la question est alors de tenter de dégager les grands courants de l'épistémologie interne des sciences, entendant par « grands courants » ceux qui traversent des domaines multiples ou interdisciplinaires, par opposition aux courants spéciaux propres à chacun des ensembles de disciplines dont il a été question dans les parties précédentes. Cela ne signifie d'ailleurs pas que ces interprétations épistémologiques soient nécessairement convergentes, puisque nous avons constaté l'existence de conflits de tendances quant aux fondements de chacune des grandes disciplines particulières : mais cela signifie que ces conflits peuvent se retrouver en termes analogues ou correspondants d'une discipline à une autre.

Les deux chapitres qui suivent sont donc complémentaires, l'un portant sur le système des sciences, en tant que coordination des différences entre les multiples formes de connaissance, l'autre portant sur les interprétations épistémologiques communes à toutes les sciences, ou correspondant entre elles *mutatis mutandis* d'un groupe de disciplines à un autre.

LE SYSTÈME ET LA CLASSIFICATION DES SCIENCES

DÉTERMINER de quelles manières les sciences se relient entre elles conduit nécessairement à prendre position, au moins implicitement, sur leurs structures de connaissance. Cela reste vrai même si l'on cherche à demeurer au point de vue du seul objet des disciplines, car invoquer, avec Comte, des relations de complexité croissante et de généralité décroissante revient à établir des relations de dépendance ou d'indépendance, ce qui comporte une épistémologie; ou invoquer, avec Spencer, les caractères plus ou moins abstraits ou concrets du savoir revient dans son esprit à considérer toute connaissance comme tirée de l'expérience ce qui est encore une affirmation épistémologique. Nous allons donc explicitement chercher à dégager, des relations entre les sciences, la signification épistémologique que ces relations comportent, ce qui équivaut à interpréter l'effort de classification comme une recherche des filiations noétiques.

APERÇU HISTORICO-CRITIQUE

Sans remonter à Aristote ni aux Arabes (Al Farabi, etc.), il est d'un certain intérêt de comparer entre elles les classifications modernes des sciences, car, ou bien elles demeurent statiques (partant d'un compartimentage soit des « facultés » du sujet connaissant, soit des contenus objectifs à connaître), ou bien elles aboutissent, comme il convient, à dégager les relations de parenté des sciences entre elles, mais alors la multiplicité même

des classifications proposées montre l'impossibilité d'aboutir à une série linéaire ou même à un « arbre » à plusieurs branches, comme on l'attendrait dans le cas de filiations ou du déroulement d'un même processus cognitif.

DE BACON A AMPÈRE

Rappelons que Bacon classait les disciplines en fonction des « trois facultés de l'âme humaine qui est le siège propre de la science » : la raison, instrument des mathématiques, de la physique et de la philosophie; la mémoire, source de l'histoire et de l'histoire naturelle; et l'imagination qui engendre la poésie. Or, non seulement il est évident que l'histoire sous toutes ses formes comporte une part essentielle de reconstruction rationnelle, mais encore on sait aujourd'hui que la mémoire procède en partie de même et se trouve donc plus proche de l'histoire ainsi entendue que celle-ci ne l'est de la mémoire au sens d'un simple enregistrement automatiquement ordonné.

Ampère classe les sciences d'après leurs contenus, partant d'une grande dichotomie entre sciences cosmologiques et sciences noologiques. Les sciences cosmologiques sont réparties en quatre genres : sciences mathématiques, physiques, naturelles et médicales. Et les sciences noologiques en quatre également : sciences philosophiques, dialectiques, ethnologiques et politiques. Chacun de ces genres est composé de quatre espèces, par exemple, pour les sciences mathématiques : l'arithmologie, la géométrie, la mécanique et l'uranologie. Enfin chacune de ces quatre espèces des quatre genres est elle-même subdivisée en quatre sous-espèces, ce qui donne cent vingt-huit sciences en tout. Mais l'intérêt du système est que le classement de ces sous-espèces est cette fois commun à toutes les espèces, de telle sorte que l'on aboutit en fait à un tableau à deux dimensions et que l'on sort ainsi de la série linéaire ou de l'arbre à plusieurs branches suggérés par les seuls contenus. La dimension nouvelle qui intervient dans cette constitution des sous-espèces est, en effet, relative, non plus à ces seuls contenus, mais bien aux procédés de connaissance. Les quatre subdivisions communes à

toutes les sous-espèces sont : (a) les sous-espèces *autoptiques*, c'est-à-dire simplement descriptives; (b) *cryptoristiques*, c'est-à-dire dégageant les lois générales qui se dissimulent sous l'apparence immédiate; (c) *traponomiques*, c'est-à-dire dégageant les lois de transformation et non plus seulement les généralités statiques; (d) *cryptologiques* (cette quatrième catégorie étant à la troisième ce que la seconde est à la première), c'est-à-dire cherchant à atteindre ce qui est situé sous les lois de transformation, autrement dit encore poursuivant l'explication de telles lois.

Or, on voit d'emblée qu'une telle table à double entrée ne manquera pas de conduire à des relations circulaires ou à des développements en spirale relevant alors davantage d'une dialectique interne que d'une organisation statique. Bornons-nous à trois exemples. D'une part, la logique relève des sciences noologiques et, à leur intérieur, des sciences philosophiques : mais elle est par ailleurs indispensable à l'étude des fondements de la mathématique. D'autre part, la psychologie, située dans les sciences philosophiques, ne saurait être coupée ni de la biologie ni des sciences sociales. Enfin, la répartition même des sous-disciplines en catégories conduisant de la description simple aux lois de transformation et de là à la recherche de leurs raisons procède d'une réflexion sur la science que l'on classera selon Ampère dans les « sciences philosophiques ». Mais la question se pose par ailleurs de savoir si cette réflexion sur la science ne fait pas aussi partie de la science elle-même et ne dirige pas en partie ses propres destinées. On sait, par exemple, que la géométrie, après avoir été simplement « autoptique », puis « cryptoristique » (avec le niveau caractérisé par les *Éléments* d'Euclide et la démonstration des théorèmes statiques), est devenue « traponomique » et « cryptologique » à partir du moment où l'on a réussi à subordonner les diverses catégories d'espaces à des « groupes de transformation », puis à dégager les raisons internes des lois de tels « groupes ». Or, quand Félix Klein a énoncé le principe de cette géométrie moderne dans son célèbre *Programme d'Erlangen*, il travaillait assurément en tant que géomètre et nullement à titre de philosophe : néanmoins sa réflexion classificatrice, si proche sur ce point particulier de celle d'Ampère

(lui-même un grand savant et non point un philosophe de profession), devrait être considérée à la fois comme relevant de la classification des sciences (donc des « sciences philosophiques » d'Ampère) et comme constituant un instrument de recherche interne à la géométrie.

HERBERT SPENCER

Venons-en aux classifications qui cherchent plus ou moins explicitement à dégager les relations de dépendance entre les sciences et aboutissent ainsi à des séries linéaires : tel est le dessein des classifications de Comte et de Spencer mais nous commencerons par la seconde dont l'action a été plus faible sur les classifications ultérieures.

L'idée centrale de Spencer, due à son épistémologie empiriste, est que toute connaissance est tirée de l'objet, y compris les mathématiques qui portent alors sur les « formes » des objets ou des phénomènes, au lieu de procéder des formes de notre esprit. Ne portant que sur des formes, le propre des mathématiques comme de la logique est donc d'être « abstraites » de l'objet, par opposition aux autres sciences qui visent à atteindre les objets ou les phénomènes en leur réalité matérielle et non plus seulement formelle. Le principe de la classification des sciences est ainsi à chercher, selon Spencer, dans leur degré d'abstraction par rapport à l'objet, ce qui conduit à une série linéaire dont les termes extrêmes sont l'abstrait et le concret, avec entre deux les sciences « abstraites-concrètes » comme la mécanique ou la physique.

Mais, de l'abstrait au concret, il y a transformation à d'autres points de vue encore. Les sciences abstraites (logique et mathématiques) portent donc sur les formes sous lesquelles les phénomènes nous apparaissent, tandis que les autres sciences portent sur les phénomènes eux-mêmes. Seulement Spencer ajoute que les sciences abstraites-concrètes (mécanique, physique, chimie) recherchent les facteurs des phénomènes, c'est-à-dire qu'elles dissocient les phénomènes en leurs éléments, tandis que les sciences concrètes (astronomie, géologie, biologie, psychologie et sociologie) sont précisément plus concrètes

tes parce qu'elles ne concernent que les produits de ces facteurs, c'est-à-dire les ensembles complexes en tant que résultantes.

Mais si la série ainsi constituée en ses divers aspects corrélatifs est bien linéaire, ou plus précisément si elle correspond à un arbre généalogique dont les niveaux d'insertion des branches sont bien successifs, mais avec ramifications collatérales possibles à chaque niveau et surtout le long de chaque branche, cela ne tient qu'à l'épistémologie empiriste de Spencer pour laquelle il n'y a d'abstraction qu'à partir de l'objet. Or, même à un tel point de vue il y a déjà difficulté en ce sens que, si les mathématiques s'appuient sur la logique (point d'origine de la série), la logique n'est pas, dans une telle perspective, sans recourir en partie à la psychologie.

En effet, pour Spencer, la logique concerne les relations entre objets, mais considérées « indépendamment des termes » entre lesquels ces relations existent (tandis que les mathématiques portent sur les relations entre termes spécifiés du point de vue quantitatif). Les relations qualitatives entre termes quelconques, desquelles s'occupe la logique, sont cependant inhérentes aux phénomènes spatio-temporels dont l'esprit les abstrait, et l'on pourrait donc voir dans la conception spencérienne de la logique une anticipation de la formule de F. Gonseth, pour qui la logique est (entre autres et non exclusivement) une « physique de l'objet quelconque ». Seulement, pour Spencer, la logique est aussi l'expression des lois de la pensée, conformément au psychologisme de tous les empiristes du XIX^e siècle (par opposition à l'« empirisme logique » contemporain : voir pp. 47 et 49). Il est vrai que les lois de la pensée résultent pour lui d'associations d'idées copiant par ailleurs les liaisons du réel. Il n'y a donc aucune contradiction chez Spencer entre les deux thèses d'une « logique relations entre objets » et d'une « logique lois de la pensée », mais il n'y en a pas moins cercle au point de vue de la classification des sciences, car la logique est découverte dans l'esprit par le psychologue pendant que le logicien la formule à l'usage des mathématiques, etc., et de la psychologie elle-même.

Si maintenant nous confrontons la classification de Spencer avec ce que nous savons aujourd'hui, la situa-

tion est plus claire encore, puisque, nous l'avons vu (p. 385), il n'existe pas qu'un seul type d'expérience ni qu'un seul type d'abstraction : si les connaissances physiques élémentaires sont tirées de l'objet par abstraction simple, les structures logico-mathématiques élémentaires sont par contre tirées des actions du sujet sur l'objet, ce qui n'est nullement identique, et l'abstraction en jeu est donc « réfléchissante ». Les « sciences abstraites » de Spencer font donc nécessairement intervenir le sujet et non pas seulement l'objet, de telle sorte que le problème se pose, nécessairement aussi, des connexions entre la psychologie et la logique, quoique dans des termes tout autres que dans la perspective de psychologisme empiriste. Nous y reviendrons donc et nous contenterons pour l'instant de noter que le problème de la circularité se retrouve ainsi et met en danger ou en défaut toute classification linéaire.

AUGUSTE COMTE

Le plus bel exemple de classification purement linéaire est celui proposé par A. Comte. Les sciences peuvent, en effet, être sériées d'une manière telle, nous dit-il, que l'étude rationnelle de chacune (sauf la première) soit fondée sur les lois principales de la précédente et par conséquent que chacune (sauf la dernière) constitue le fondement de la suivante. Cette succession qui conduit des mathématiques à la sociologie en passant par l'astronomie, la physique, la chimie et la biologie, est alors caractérisée par les deux propriétés que Comte a eu le mérite de mettre en pleine lumière : la généralité décroissante, puisque chaque science a un domaine plus limité que les précédentes tout en appliquant à ce domaine les lois principales des domaines précédents ; et la complexité croissante, puisque chaque domaine nouveau, tout en étant plus restreint que les précédents, est en même temps plus riche qu'eux par l'adjonction de notions nouvelles et spécifiques. Par exemple la physique est plus générale que la biologie puisque les lois de la première s'appliquent au corps vivant, tandis qu'on ne saurait appliquer aux corps physiques toutes les lois biologiques. Mais par cela même, la biologie est moins simple ou plus

complexe que la physique, puisqu'elle fait intervenir le concept d'organisation (avec ses dérivés : nutrition, reproduction, etc.) inconnu de la physique.

On a reproché à Comte d'oublier la psychologie, mais cela n'est pas entièrement exact puisqu'il en veut seulement à l'introspection et qu'il fait une place aux fonctions mentales dont l'étude participe à la fois de la biologie et de la sociologie. On pourrait signaler une seconde lacune, encore plus importante en apparence puisqu'aucun casier général n'est réservé à la logique. Mais cela n'est pas grave non plus puisque Comte n'est adversaire que de la logique philosophique et qu'il invoque fréquemment une autre logique, qu'il appelle la « logique naturelle ». Seulement il ne la situe pas dans son tableau général, tout en s'y référant.

Voyons alors le rôle qu'il réserve à cette logique naturelle dans la constitution des mathématiques et demandons-nous à nouveau s'il n'y a pas risque de circularité par rapport aux disciplines s'occupant du sujet, peu importe qu'il s'agisse de la psychologie ou de la sociologie.

Or, dès les premières leçons du *Cours de philosophie positive*, Comte nous dit que la partie abstraite des mathématiques (par opposition à la géométrie et à la mécanique) ne constitue qu'« une immense extension admirable de la logique naturelle à un certain ordre de déductions ». Ce passage est essentiel, car la logique naturelle n'y est pas présentée comme une discipline autonome, à la fois plus « générale » et moins complexe que les mathématiques et qu'il faudrait donc mettre, avant celles-ci, en tête de la série totale des sciences. Cette « logique naturelle » est au contraire interprétée comme une sorte de source, plus modeste que le grand fleuve dont elle marque l'origine, mais une source, dont sort néanmoins ce fleuve grâce à un processus d'« extension », « immense et admirable... » Or, s'il s'agit d'une source, il faut bien la localiser quelque part, et si les mathématiques abstraites en constituent l'« immense extension » il faut bien qu'il existe des connexions entre ce point de localisation et ces mathématiques. Que la localisation soit alors à chercher dans le système nerveux (biologie) ou dans les interactions entre individus (sociologie), peu importe car Comte aurait sans doute admis, et avec

raison, les deux hypothèses. Mais il reste, en toute occurrence, qu'il s'agit alors de relier d'une manière ou d'une autre ces derniers chaînons de la série au premier, ce qui pose une fois de plus un problème de circularité.

Les logiciens d'aujourd'hui répondent que la « logique naturelle » n'est pas une logique, que la vraie logique est une axiomatique et qu'une axiomatique est libre de toute attache extérieure aux axiomes qu'elle a choisis, ce qui exclut toute circularité. Nous verrons plus loin pourquoi une telle réponse ne saurait suffire. Notons simplement pour l'instant que tel n'était nullement le point de vue de Comte, qui ignorait la formalisation. S'il parlait de « logique naturelle », c'était au contraire dans le but précis d'en faire un produit de la nature, et en ce cas le cercle est inévitable : dans la perspective comtienne, la logique naturelle ne peut constituer une donnée première ni introspective (en quoi il a bien raison), ni axiomatique et il ne reste alors, pour en fournir une connaissance suffisante, qu'à recourir aux méthodes objectives d'analyse du sujet, donc à la sociologie ou à la biologie du système nerveux.

Or, dans ses leçons de sociologie, Comte déclare explicitement que si l'humanité peut faire un usage fort différent de sa raison selon qu'elle interprète les phénomènes en recourant à des esprits, à des entités métaphysiques ou à des considérations positives (« loi des trois états »), la structure des raisonnements demeure par contre constamment la même. C'est assez dire que pour Comte il existe une nature humaine, à la fois biologique et sociale dont la « logique naturelle » constitue l'une des expressions. Le fondement des mathématiques est donc bien à chercher dans les chaînons supérieurs de la classification des sciences, ce qui confirme le cercle.

Le cercle devient d'ailleurs explicite chez Comte lorsqu'il explique par la sociologie comment l'« état positif » est issu des états métaphysique et théologique : la construction même des sciences apparaît alors comme un produit de l'évolution du sujet, étudié par la sociologie, tandis que la sociologie elle-même résulte, par généralisations et spécifications combinées, de cette construction des sciences.

PROBLÈMES

Le cercle latent de la classification des sciences d'A. Comte n'a rien de vicieux, comme nous le verrons sous peu, si on le présente explicitement et en dégageant ses raisons. Il tient, en effet, au cercle épistémologique fondamental (ou, si l'on préfère, à la situation dialectique) du sujet et de l'objet : l'objet n'est connu qu'au travers des actions du sujet et celui-ci ne se connaît qu'en relation avec les objets, d'où cette double conséquence que pour fonder la logique et les mathématiques il faut bien, sous une forme ou sous une autre, recourir au sujet et que, pour construire une science du sujet, il faut recourir à la biologie, donc également à la physique et aux mathématiques. Mais, sous la forme implicite et diffuse où Comte a subi la circularité tout en croyant atteindre une série linéaire, deux grands problèmes demeurent en suspens dans son système des sciences.

Le premier est donc celui de la position de la logique, puisqu'elle est à la fois la source des mathématiques et le produit de la nature bio-sociologique de l'homme. Mais cette question ne constitue qu'un cas particulier d'un problème plus général qui est celui des relations entre les structures et les genèses : les structures sont-elles le résultat d'une genèse, et, si oui, comment expliquer les genèses sans faire intervenir des structures ?

Or, ce problème des structures et des genèses est l'un des principaux qu'ait à dominer une classification des sciences. Les premiers chaînons de la série (logique et mathématiques) consistent en sciences qui partent de structures considérées comme données (ou comme étant à reconstruire axiomatiquement, mais cela revient au même). Les derniers chaînons, au contraire, consistent en sciences des genèses et comportent des chapitres essentiels consacrés à ces problèmes (évolution biologique, psychogenèse et sociologie diachronique ou, pour parler comme Comte, « dynamique »), ce qui soulève les questions de la genèse des structures. Il s'agit donc, dans un système adéquat des sciences, de dégager ces relations de façon explicite.

Or, Spencer a manqué ce problème, bien qu'étant le

premier grand théoricien de l'évolutionnisme en ses aspects généraux, et il l'a manqué à cause de son épistémologie empiriste : négligeant le rôle du sujet, il a oublié les structures, considérées simplement comme des « formes » de l'objet, et a abouti à sa série linéaire procédant de l'abstrait au concret sans voir que l'« abstrait » était tiré des actions du sujet et non pas du seul objet. Comte a manqué le même problème, on vient de voir comment, faute d'avoir su faire une place à la logique (et peut-être aussi faute d'avoir suffisamment dominé la question de la psychologie).

ANTOINE AUGUSTIN COURNOT

C'est le grand mérite de Cournot d'avoir le premier, dans sa classification des sciences, non pas sans doute explicité de façon générale la question des structures et des genèses, mais distingué en toute lucidité la considération des lois de structure et celle de l'histoire sous toutes ses formes. En effet, il n'a pas présenté cette distinction comme le résultat d'une simple répartition des contenus des sciences ou des « facultés » du sujet (à la manière de Bacon dissociant les sciences historiques à titre de sciences, fondées sur la mémoire) : il l'a fondée, comme il convenait, sur une dualité de points de vue complétant la série linéaire de Comte, le point de vue historique étant nul en mathématiques mais prenant une ampleur croissante de la physique à la biologie et de celle-ci aux sciences de l'homme.

La classification des sciences de Cournot se présente, en fin de compte, sous la forme d'une table à double ou à triple entrée (triple parce que, à la série historique, s'ajoute la série technique ou pratique). L'une des dimensions de la table est fournie par la série linéaire de Comte corrigée : sciences (1) mathématiques, (2) physiques (y compris la chimie), (3) biologiques, (4) noologiques et (5) politiques. Quant à l'autre dimension de la table, elle comporte trois séries, correspondant aux trois points de vue auxquels peuvent se placer ces cinq sciences fondamentales et qui les diversifient alors en branches particulières : point de vue théorique indépendant de l'histoire, point de vue historique et point de vue

technique ou pratique. D'où les trois séries suivantes :

La série théorique : (1) Pour les sciences mathématiques : la théorie des nombres, l'algèbre, l'analyse, la géométrie et la mécanique rationnelle. (2) Pour les sciences physiques : la physique, la chimie physique et la chimie. (3) Pour les sciences biologiques : l'anatomie, la physiologie, l'embryogénie, la tératologie et la psychologie expérimentale. (4) Pour les sciences noologiques (et symboliques) : l'idéologie, la logique, l'esthétique, la théologie naturelle et l'éthique. (5) Pour les sciences politiques : la sociologie, la statistique et l'économie.

La série cosmologique ou historique comporte : (1) Pour les sciences mathématiques : rien, puisque les mathématiques sont en dehors du temps. (2) Pour les sciences physiques : l'astronomie, la physique du globe, la géologie, la géographie physique et la minéralogie. (3) Pour les sciences biologiques : la botanique, la zoologie, la paléontologie, l'anthropologie, l'ethnologie et la linguistique. (4) Pour les sciences noologiques et symboliques : la philologie, la mythologie, la symbolique religieuse, la théologie dogmatique et l'ethnographie. (5) Pour les sciences politiques : l'archéologie, la chronologie, la géographie politique, l'histoire (religieuse, politique, etc.), la biographie et la bibliographie.

La série technique ou pratique comporte enfin : (1) Pour les sciences mathématiques : le calcul, la métrologie, la géodésie, etc. (2) Pour les sciences physiques : la chronométrie, les arts de l'ingénieur, etc. (3) Pour les sciences biologiques : l'agronomie, les sciences médicales et la pédagogie. (4) Pour les sciences noologiques : la grammaire, la casuistique, le droit naturel, etc. (5) Pour les sciences politiques : les sciences juridiques, les finances, etc.

On voit ainsi le grand intérêt de la série historique, dont l'importance croît de la physique aux sciences politiques, mais on constate, d'autre part, que cette heureuse innovation n'a pas encore conduit Cournot à une conscience claire du problème de la structure et de la genèse, ce qui se reconnaît aux indices suivants. L'embryogénie, science de la genèse par excellence, est située dans la série théorique, tandis que la zoologie et la botanique systématiques sont placées (avec raison,

partiellement, mais à un moindre degré) dans les sciences cosmologiques et historiques. La psychologie expérimentale est très heureusement classée dans les sciences biologiques, mais, si elle comporte bien un aspect théorique, la psychologie génétique relève résolument de la série historique. La linguistique est, elle aussi, située dans les sciences biologiques (ce qui est fondé en partie, bien que, comme la psychologie, elle dépende aussi des domaines noologiques et sociaux, ce dernier aspect étant fondamental), mais dans la série historique seulement, alors qu'il existe aussi une linguistique synchronique, etc. Par contre, il est piquant de remarquer comment Cournot, qui, on saisit mal pourquoi, a voulu conserver la théologie parmi les sciences, finit par situer la théologie dogmatique dans la série historique entre la mythologie (plus l'étude des symboles) et l'ethnographie !

Mais le problème central que soulève cette classification par ailleurs si profonde est, par-delà la question générale des rapports entre les structures et les genèses, celui de la position de la logique. En progrès sur Comte, Cournot réserve une position explicite à la logique et il choisit dans les sciences noologiques, donc entre les domaines psycho-biologiques et sociaux : mais, comme il est hors de doute qu'elle se situe par ailleurs au point de départ des mathématiques, nous retrouvons ici la structure circulaire déjà entrevue et que l'organisation d'une table à double entrée ne suffit donc pas à écarter. C'est ce problème crucial que cherchent à résoudre les deux classifications suivantes.

ADRIEN NAVILLE

La solution proposée par A. Naville pour échapper à un tel cercle consiste à retirer la logique de la série théorique, au nom d'une distinction cardinale entre les lois et les règles, et à la situer dans la série pratique qu'il transforme alors en une série « canonique » c'est-à-dire normative (par opposition à la simple constatation des lois). L'économie générale de la classification de Naville demeure donc semblable à celle de Cournot : trois séries parallèles, qui aboutissent à compartimenter les sciences

fondamentales. Mais le contenu des séries est modifié et cela en vertu du principe suivant.

Selon A. Naville, on peut se poser trois sortes de questions, à l'égard des objets de la connaissance, et ce sont les trois seules possibles : (1) en quoi consistent les lois ? (2) qu'est-ce qui est réel ? et (3) qu'est-ce qui est bon et qui ne l'est pas ?

(1) Les lois sont des relations de dépendance que l'on peut établir sans s'occuper de ce que ces rapports unissent dans la réalité. L'analyse des lois ou « nomologie » caractérise donc une première série dite « théorématique » qui débute par la nomologie pure, partie de la logique, et se poursuit par les mathématiques, la physico-chimie, la biologie somatique, la psychologie et la sociologie.

(2) À la seconde question répond l'histoire au sens le plus large, en tant que science des faits auxquels s'appliquent les lois. Sur le terrain de la matière, cette seconde série comprend l'astronomie, la géologie, la zoologie et la botanique.

(3) Quant à la troisième question, les disciplines qui y répondent sont les sciences « canoniques », se répartissant elles-mêmes en « téléocanoniques » ou sciences des buts et des normes (morale, etc.) et « praxicanoniques » déterminant les règles de l'action en tous les domaines.

En ce qui concerne la position de la logique, la conception d'A. Naville est subtile et nuancée, ce qui montre assez la préoccupation qu'il a eue de la situer d'une façon plus complète que Spencer et surtout que Comte. En sa nature spécifique, la logique ne se réduit pas à un ensemble de lois. « La logique est un ensemble de règles, c'est le chemin qui mène à la connaissance, c'est-à-dire à un idéal... On dit qu'elle formule des lois de la pensée. Il manque un adjectif : la pensée qu'analyse la logique, c'est la pensée vraie... La pensée fautive est une réalité comme la vraie, mais elle est un mal, tandis que la pensée vraie est un bien. La logique est une discipline canonique, une théorie de la valeur » (*Classification des sciences*, 3^e éd., 1920, p. 228). Mais si le caractère normatif de la logique est ainsi respecté, il n'en reste pas moins que les lois de la pensée vraie ne sont pas que des normes et demeurent des lois et il est frappant que

Naville définisse sa nomologie pure dans les termes mêmes dont se servait Spencer pour distinguer la logique des mathématiques. La logique chevauche donc sur les lois et les règles et, de distinguer la nomologie pure et la logique canonique complète certes notre analyse sur cette branche du savoir, mais a pour effet de rompre son unité et de la situer à deux places à la fois.

Soyons néanmoins reconnaissants à A. Naville de cet effort, qui, sans doute plus qu'aucun autre, contribue à montrer les impasses où s'enferme toute classification des sciences lorsqu'elle n'est pas circulaire. Le remède à cette situation a été cherché depuis Cournot dans le principe des tables à double entrée ou des séries parallèles. Nous voyons avec l'essai de Naville qu'un tel système aboutit à perdre l'unité du savoir en dissociant trop complètement les règles par rapport aux lois et les lois par rapport aux faits eux-mêmes.

ARNOLD REYMOND

La classification des sciences d'A. Reymond se propose, en réaction contre les précédentes, de rétablir l'unité perdue. Il est artificiel, nous dit Reymond, de séparer les lois des faits, car c'est la nature des faits qui commande celle des lois. Il est également artificiel de trop opposer les valeurs aux faits, car tout jugement est, à des degrés divers, à la fois jugement d'existence et jugement de valeur. S'il est donc légitime de souligner le caractère normatif de la logique, il est difficile de contester qu'un tel aspect se retrouve en mathématique et Reymond considère par exemple la structure de « groupe » comme une norme à laquelle on en est venu à soumettre toute géométrie. Il est donc essentiel, pour situer la logique, de la dégager des apparences statiques qu'elle a revêtues dans l'histoire sous l'influence d'Aristote et il convient de mettre l'accent, en tous les domaines, y compris la logique et la morale, sur la recherche des « invariants fonctionnels » qui aboutit à rompre les cloisons étanches introduites par les classifications de Comte à Naville.

Mais, chose curieuse, partant de telles prémisses qui conduisent très directement à une organisation cir-

culaire ou d'interdépendances, A. Reymond aboutit à un nouveau dualisme qu'il croit justifier par l'analyse des jugements d'existence. Ceux-ci, en effet, se présentent d'après lui sous deux formes irréductibles : ou bien ils sont univalents, c'est-à-dire qu'ils ne confèrent à leur objet qu'« une seule manière d'être », comme un jugement géométrique, ou physique, etc.; ou bien ils sont bivalents, c'est-à-dire qu'ils attribuent à leur objet deux valeurs possibles et opposées : le vrai ou le faux, le bien ou le mal, etc. D'où résulte, en fin de compte, une dualité fondamentale entre les sciences univalentes (la série d'A. Comte) et les sciences bivalentes correspondant à ce qu'on appelle communément les sciences normatives.

Mais deux difficultés nous paraissent se présenter immédiatement. La première est que la logique (et pourquoi pas la morale ?) peut ne pas s'en tenir à deux valeurs mais en admettre trois (vrai, faux et indécidable), quatre, *n* et même une infinité (la logique intuitionniste), ce qui atténue quelque peu la différence entre une et deux. On répondra qu'il en faut au moins deux, mais alors surgit la seconde objection : ne retrouve-t-on pas sans cesse la bivalence dans les sciences dites univalentes ? La logique bivalente des propositions repose sur l'algèbre de Boole et celle-ci se traduit par une arithmétique dite « modulo 1 » en ce sens que ses seules valeurs sont 0 et 1. Or c'est l'arithmétique utilisée dans les machines à calculer électroniques, dont la structure est alors isomorphe à celle de la logique bivalente : la théorie de ces machines doit-elle donc être classée dans les sciences univalentes (puisqu'il s'agit de simples mécanismes) ou dans les sciences bivalentes (puisqu'elles résolvent des problèmes) ? D'une manière générale, la distinction entre l'être et le non-être n'est-elle pas bivalente ? Et c'est pourtant une distinction de signification physique et non pas normative, comme lorsque l'on affirme qu'un mouvement perpétuel de seconde espèce « n'existe pas ».

En bref, la distinction proposée par A. Reymond ne nous paraît présenter qu'une signification générale : c'est la distinction entre le normatif (bi- ou plurivalent) et les simples jugements d'existence, ce qui nous ramène à la difficulté de situer le normatif. A quoi Reymond répond que tout jugement est à la fois jugement d'exis-

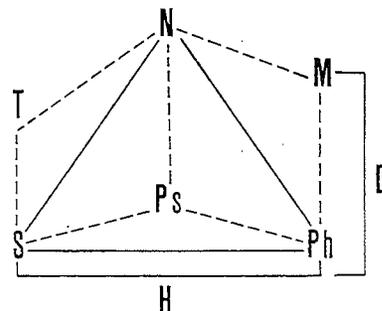
tence et jugement de valeur. Nous préférierions cependant exprimer cette union en disant que tout jugement d'existence s'accompagne de jugements de valeur : par exemple dire que les corps s'attirent en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de leur distance suppose effectivement un certain choix dans la définition des corps, des masses, des distances, etc., permettant d'énoncer et de vérifier ce fait général (ou loi); et qui dit choix dit jugement de valeur. Mais, s'il en est ainsi, il n'est plus aucune raison de maintenir séparées deux catégories de disciplines scientifiques et le problème soulevé par la position de la logique dans le système des sciences ne peut être résolu que par un changement radical de méthode : au lieu de maintenir à titre de lignes parallèles deux ou trois séries, — théorématique, historique ou génétique et normative — il s'agit au contraire (1) d'ordonner les deux premières en un ordre cyclique, puisque, nous l'avons vu (p. 587) les structures logico-mathématiques élémentaires dérivent génétiquement des coordinations générales de l'action qu'étudient les sciences bio-psychosociologiques (elles-mêmes appuyées sur les sciences physico-chimiques et mathématiques); et (2) d'expliquer le saut, sinon infranchissable, du domaine expérimental psycho-sociologique au domaine déductif logico-mathématique par une mise en correspondance, c'est-à-dire par une filiation réflexive et non plus directe ou simplement progressive, entre les structures internes et inconscientes des coordinations d'actions et les normes conscientes, autrement dit par une axiomatisation du structural en normatif.

B. KEDROFF

Mais, avant d'en venir là, examinons encore la plus récente en date des classifications des sciences, celle de l'épistémologiste soviétique B. Kedroff, qui a justement le mérite (à notre sens) de s'approcher de près d'un système cyclique, puisqu'elle est inspirée par le point de vue dialectique.

Kedroff commence par s'opposer aux classifications statiques qui admettent une « rupture » ou solution de continuité entre une science et la suivante, et aux classi-

fications conventionnelles fondées sur la commodité. Il convient donc, selon lui, d'adopter le « principe d'objectivité » et le « principe de subordination, ou, pour mieux dire, le principe de développement des formes supérieures... à partir des formes inférieures ». Kedroff note que F. Engels a déjà soutenu cette idée vers 1870 et il est exact que le principe de subordination d'A. Comte n'était pas un principe de développement en ce sens dialectique, puisque Comte admettait l'existence de notions irréductibles caractérisant chaque domaine (comme l'affinité pour la chimie et l'organisation pour la biologie).



Cela dit, Kedroff propose un système ingénieux à structure de fuseau qui aboutit presque à une circularité, mais à une réserve près à laquelle nous reviendrons. La partie centrale de cette structure est à deux séries parallèles : des sciences naturelles *N* procèdent symétriquement les sciences sociales *S* et les sciences philosophiques *Ph*. Mais l'intérêt est qu'entre les deux est située la psychologie *Ps*, qui dérive des sciences naturelles *N* et se relie simultanément aux sciences sociales *S* et philosophiques *Ph*. D'autre part, en plus de ces séries de base, il faut distinguer deux séries également essentielles : entre les sciences *N* de la nature (mais « plus près » d'elles) et les sciences philosophiques *Ph* se situent les mathématiques *M* et entre les sciences naturelles *N* et les sciences sociales *S* (mais « plus près » de ces dernières) se trouvent les sciences techniques *T*. Enfin les sciences philosophiques et sociales constituent ensemble les sciences humaines *H*, tandis que, la philosophie rejaillit sur le tout : « la philosophie se trouve dans une

situation particulière : elle pénètre toutes les sciences, elle les arme d'une méthode de recherche et de la théorie de la connaissance; sa partie la plus importante — la dialectique [D] — est la science des lois les plus générales du développement de la nature, de la société et de la pensée ».

Une telle disposition en fuseau (puisqu'une même origine N conduit à un même état final H par des chemins différents) complète heureusement les modèles par série simple, par arbres généalogiques et par tables à n entrées. Au premier abord elle semble éloignée d'un système cyclique, puisque chaque série conduit de N à H (par exemple la logique est placée dans les sciences philosophiques P_h et non pas au point de départ des mathématiques M , un simple chaînon intermédiaire étant prévu entre M et P_h , qui est la « logique mathématique »). Il y a cependant semi-circularité, puisque, si tout part de la physique (en N) comme le veut le matérialisme dialectique (du moins selon Kedroff), tout aboutit aux sciences humaines, mais à titre de première étape, car de celles-ci ressort une vaste branche, la dialectique D , qui recouvre l'ensemble du système par action en retour.

Seulement ce n'est là qu'une semi-circularité, car la dialectique joue alors simplement le rôle d'une métaphysique finale et ne revient pas à l'origine du système pour engendrer une logique au sens large (d'où procéderaient les mathématiques, puis les sciences naturelles), selon le schéma que nous aurions attendu d'une refonte aussi vigoureuse des idées sur le système des sciences. Il vaut donc la peine de méditer un instant sur ces deux fonctions possibles de la dialectique.

Ou bien, en effet, la dialectique est une méthode générale, ou bien elle est une philosophie comme une autre et risque comme les autres de devenir dogmatique. Si elle est une méthode (issue du kantisme puis illustrée par Hegel, Marx, etc.) elle est effectivement destinée à pénétrer toutes les branches du savoir, partout où il y a développement et construction, mais l'esprit dialectique aboutit précisément à introduire une telle perspective génétique jusque dans les disciplines qui lui semblent étrangères, comme les mathématiques. En effet, l'épistémologie mathématique que nous défendons ici (en

tant que construction continue de structures de plus en plus riches issues des structures bien plus étroites, mais elles-mêmes en évolution, de la coordination des actions) peut être considérée comme d'inspiration dialectique. D'autre part, bien des auteurs sont préoccupés par la possibilité de constituer une logique dialectique, en tant que formalisme, et il est fort probable que, ou bien on y parviendra, ou bien les développements internes de la logique actuelle (dont les crises périodiques sont des crises de croissance) en fourniront l'équivalent par la dialectique même de ces développements. Bref, de la dialectique comme méthode rien n'empêche de penser que, issue des sciences humaines ou psychosociologiques, elle puisse retourner au point de départ des sciences logico-mathématiques pour structurer ensuite les sciences physiques et contribuer au processus cyclique du système total des sciences.

Mais B. Kedroff voit en la dialectique un système philosophique dirigeant les sciences au lieu de la laisser surgir spontanément de l'évolution de chaque discipline scientifique en son épistémologie interne. Kedroff croit même que la philosophie « arme [les sciences] d'une méthode de recherche », comme si les chercheurs avaient à être guidés. Assurément, la philosophie est impérialiste à toutes les latitudes et sous tous les régimes, mais comment ne pas voir le danger qu'une dialectique promue au titre de philosophie chargée de supervision, de « science des lois les plus générales du développement de la nature, de la société et de la pensée », ne cesse précisément assez vite de poursuivre elle-même son évolution, c'est-à-dire ne risque de perdre son propre esprit dialectique ?

On voit ainsi l'enjeu, non pas de la structure à donner à une classification des sciences (car ce ne sont pas les classificateurs qui modifieront la réalité), mais de la structure linéaire et hiérarchique ou cyclique et d'interdépendance, que prendront les sciences en leur évolution spontanée : il est en réalité de savoir si les connaissances s'accroissent à la manière d'une organisation vivante dont les organes sont nécessairement solidaires, ou à la manière d'une subordination des branches du savoir à quelque discipline privilégiée, qu'elle soit située au départ ou au point d'arrivée.

CHARLES-EUGÈNE GUYE

Signalons enfin, car il s'agit peut-être là de la meilleure des introductions à une classification circulaire des sciences, les *Réflexions sur la classification et l'unification des sciences* que le physicien Ch. Eug. Guye (l'auteur de la première vérification expérimentale de la théorie de la relativité) a publiées dans les « Archives de Psychologie » en 1919. Guye ne présente pas une classification nouvelle, car il s'en tient à la série linéaire conduisant de l'arithmétique (nombre) à la géométrie (nombre et espace), à la cinématique (nombre, espace et temps), à la physique (*id.* plus matière), à la biologie (*id.* plus « vie ») et à la psychologie (*id.* plus « pensée »). Mais il soumet cette série linéaire à un examen critique qui en modifie totalement l'interprétation.

Guye part de deux remarques préalables. La première est que des notions initialement indépendantes peuvent devenir interdépendantes : exemple l'expression d'une longueur, en relativité, devient $d = d' \sqrt{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}$

ce qui la fait dépendre de la vitesse et par conséquent du temps lui-même, tandis que l'intervalle temporel dépend réciproquement de l'espace. Seconde remarque : il est plus facile d'expliquer un domaine plus simple à partir d'un domaine plus complexe, comme les phénomènes lumineux à partir de l'électromagnétisme, que de suivre la marche inverse (« expliquer l'électromagnétisme par les seules considérations mécaniques qui sont à la base de l'ancienne théorie de la lumière »).

La leçon de ces deux remarques est alors que la série linéaire ne procède du simple au complexe que par une simplification préalable et artificielle des domaines à classer. Par contre, si l'on tient compte de ce « caractère de simplicité volontaire et arbitraire de nos diverses sciences », chacune est solidaire des autres, la marche réelle vers « la science » étant assurée par le fait que l'introduction de nouveaux principes, comme celui de relativité « constitue un important élément d'unité entre divers domaines ».

Cela dit, Ch. Eug. Guye n'en vient pas seulement à

considérer le principe de « complexité croissante », invoqué par Comte, comme résultant donc d'un découpage subjectif : il retourne même le principe de « généralité décroissante » en soutenant de la manière la plus suggestive que, sans ces simplifications artificielles, d'ailleurs imposées par notre ignorance relative, les sciences se succéderaient alors, des mathématiques à la psychologie, dans un ordre de généralité effectivement croissante.

En tant que physicien, Guye ne développe pas cette idée en partant des interactions possibles des domaines mathématiques et psychologiques : ce sont les relations concevables entre les processus physiques et les processus biologiques ou même psychologiques qu'il se plaît à anticiper. Il insiste ainsi sur le fait que la physico-chimie ne porte que sur la matière non vivante et que ses lois négligent le chimisme de l'animal, de la plante et même des ferments malgré leur « immense intérêt ». La physico-chimie n'est donc qu'« une science simplifiée » et elle « ne constituera une science complète que le jour où nous connaissons ses relations avec les phénomènes vitaux et psychiques ». Quant à ces derniers, c'est en effet seulement à cause de notre ignorance et de nos limitations expérimentales actuelles que nous nous bornons à les mettre en relation avec leurs concomitants physiologiques. En droit, et pour constituer une psychologie vraiment « générale », nous devrions de plus déterminer pour chaque acte de pensée ses concomitants physico-chimiques effectifs, et cela nous conduirait vraisemblablement à affiner l'échelle actuelle de nos observations proprement physiques : tandis que celles-ci se bornent à considérer en un phénomène « le résultat statistique d'ensemble, actuellement seul accessible à nos déterminations », toute « corrélation précise entre la pensée et la matière » nous conduirait « plus profondément dans l'intimité du phénomène physico-chimique ». Bref, « l'étude simultanée du phénomène psychique et du phénomène physico-chimique qui l'accompagne pourrait nous amener à mieux comprendre la signification du phénomène physico-chimique lui-même ; comme nous concevons d'une façon plus intime le sens véritable de l'inertie dans la mécanique newtonienne si nous considérons cette science comme un cas particulier

de l'électromagnétisme et de la mécanique plus générale de la relativité ».

Ces déclarations du grand physicien sur le caractère essentiellement relatif de la série linéaire des sciences (relatif au sens d'une dépendance à l'égard de l'état actuel des connaissances et de notre volonté de simplification) sont particulièrement précieuses en ce qui concerne le complexe « physico-chimie — biologie — psychologie ». Seulement il subsiste tout le problème du complexe « mathématiques — logique — psychologie », dont on ne saurait faire le simple symétrique du précédent, puisqu'il comporte en plus la mise en relation de l'expérimental et du déductif. Mais leur comparaison suggère par contre un ordre circulaire entre ces deux sortes de « généralité », par opposition à la simple « généralité croissante » de Ch. Eug. Guye, qui retourne sans plus le sens de la série de Comte.

LE SYSTÈME CYCLIQUE DES SCIENCES

QUESTIONS GÉNÉRALES

Nous avons donc proposé, depuis une trentaine d'années (en 1929 et en 1949-1950), de reconnaître que le système des sciences présente une structure d'ordre nécessairement cyclique, et irréductible à toute forme linéaire. Si l'on distingue quatre grands ensembles de sciences, I : les sciences logico-mathématiques, II : les sciences physiques, III : les sciences biologiques et IV : les sciences psycho-sociologiques (y compris la linguistique, l'économie, etc.), l'ordre serait ainsi $I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV \rightarrow I$, avec possibilité d'interactions internes ($IV \rightleftharpoons II$ et $I \rightleftharpoons III$) et il ne se réduirait donc pas à une simple série fermée conduisant de I à IV. Encore faut-il préciser la signification de ces relations d'ordre, autrement dit la nature des relations (de filiation, de dépendance, etc.) entre une science et une autre, sans quoi il pourrait paraître résolument absurde de relier les mathématiques à la psychologie ($IV \rightarrow I$), alors que les premières ont trente siècles d'avance sur la seconde et que leurs méthodes déductives sont radicalement indépendantes

de l'expérimentation sur les conduites du sujet ou de l'observation mentale. Nous allons donc chercher à développer l'hypothèse cyclique en distinguant les différents sens possibles d'une classification des sciences et surtout en distinguant les divers types de dépendance, réduction ou filiation possibles entre une science et une autre, chacun de ces problèmes présentant une portée épistémologique évidente.

LES DIFFÉRENTS SENS POSSIBLES D'UNE CLASSIFICATION DES SCIENCES

Une première distinction fondamentale s'impose sitôt que l'on s'essaye à déterminer les relations de parenté entre les disciplines scientifiques et à fonder sur ces rapports une classification naturelle (le terme de « naturel » signifiant simplement adapté à la nature de ces rapports, sans référence à une distinction entre la Nature en général et des réalités conçues comme idéales ou transcendantes, etc.). C'est la distinction entre le « domaine matériel » d'une science, défini comme l'ensemble des objets sur lesquels elle porte (objets mathématiques tels que des nombres, fonctions, etc.; objets physiques ou biologiques tels que des corps, des énergies, des organes, etc.; objets psycho-sociologiques tels que des actions ou opérations mentales, etc.) et le « domaine conceptuel » de cette science, défini comme l'ensemble des théories ou connaissances systématisées élaborées par cette science sur son ou ses objets (théorie des nombres ou des fonctions; théorie des masses ou des énergies; description et interprétation des organes biologiques; analyse des faits mentaux, etc.). Appelons IA , IIA , $IIIA$, et IVA les domaines matériels des sciences mathématique, physique, biologique et psycho-sociologique; et IB , IIB , $IIIB$, IVB leurs domaines conceptuels correspondants.

On voit alors immédiatement qu'il n'y a rien d'absurde à relier (ce terme de relier devant naturellement être précisé, ce que nous ferons dans le paragraphe suivant) le domaine matériel logico-mathématique IA au domaine matériel psycho-sociologique $IV A$, puisque les empiristes logiques veulent réduire les structures logico-mathéma-

tiques à celles d'un langage (fait sociologique) et que nous cherchons pour notre part à les faire dériver des coordinations générales de l'action (faits bio-psychosociologiques). Par contre il serait dénué de toute vraisemblance de rattacher le domaine conceptuel logico-mathématique *IB* au domaine conceptuel psycho-sociologique *IVB*, car il est bien clair que pour construire la théorie des nombres transfinis ou des fonctions complexes (ou même la théorie du syllogisme ou la logique des relations) le mathématicien ou le logicien ne commencent pas par consulter les psychologues ni même par faire de l'introspection.

Il est donc dès l'abord évident que le système cyclique proposé n'a de sens que pour une classification des domaines matériels des sciences, soit $IA \rightarrow IIA \rightarrow IIIA \rightarrow IVA \rightarrow IA$, tandis que les domaines conceptuels continuent (sauf révolution actuellement imprévisible) à suivre l'ordre linéaire conduisant de *IB* à *IVB* sans retour.

On objectera en ce cas aussitôt que la seule classification des sciences acceptable, au sens où l'on a toujours parlé de classification des sciences, est celle des contenus conceptuels, tandis que le classement des contenus matériels est affaire d'interprétation épistémologique et soulève des problèmes aussi intéressants que l'on voudra mais étrangers au système interne des sciences. Or, il y a deux réponses à fournir.

La première est que les auteurs des classifications présentées jusqu'ici se sont précisément occupés des domaines matériels autant que conceptuels pour cette raison qu'on ne peut les dissocier entièrement. Par exemple, quand A. Naville distingue les lois et les règles pour classer la logique dans les sciences normatives, c'est une opinion sur le domaine matériel de cette discipline : en effet, il existe des logiciens qui écartent la notion du normatif (c'est le cas des positivistes logiques), ce qui ne modifie en rien les théories dans le « domaine conceptuel ». De même lorsque Comte supprime la psychologie pour en répartir l'objet entre la biologie et la sociologie, c'est un jugement porté sur le domaine matériel, les observations, expériences et théories du domaine conceptuel restant les mêmes, qu'on les classe sous une rubrique ou sous une autre. Et surtout Kedroff se réfère

exclusivement et très explicitement aux « domaines matériels », au nom de ce qu'il désigne sous le terme de « principe d'objectivité » et qui est, en fait, une référence à l'objet.

On dira peut-être que ces auteurs de classifications ont précisément eu tort de s'occuper de ces « domaines matériels », puisqu'ils ont dans certains cas commis des imprudences sur ce terrain. Nous ne le croyons pas et voici alors notre seconde réponse :

Une science ne distribue pas ses connaissances et ses recherches sur un seul plan, mais comporte, dès qu'elle est un peu élaborée, divers niveaux de connaissance procédant de la conceptualisation directe (« domaine conceptuel ») de ses objets (« domaine matériel ») à une réflexion sur cette conceptualisation qui aboutit à en faire la critique. L'exemple le plus clair est celui des mathématiques, au sein desquelles (nous l'avons rappelé sans cesse) on en est venu à soulever les problèmes de fondement en vertu même des démarches simultanément progressives et rétroactives du travail effectif. Même dans une science aussi peu avancée que la psychologie, on est bien obligé, en présence de crises ou de contradictions, de réfléchir sur les conditions mêmes de l'explication et notamment de faire la critique interne des concepts utilisés lorsqu'il s'agit d'établir les relations entre la conscience et les processus physiologiques. En bref, toute science, qu'on le veuille ou non, est conduite tôt ou tard à procéder à sa propre critique épistémologique, c'est-à-dire à constituer une épistémologie intérieure à son propre usage. Or, il y a là naturellement un nouvel étage à considérer en plus des niveaux précédents, qui sera celui du « domaine épistémologique interne » de la science considérée ou analyse des fondements de cette discipline. Nous désignerons par le symbole *C* ce troisième niveau et le définirons comme l'ensemble des théories ayant pour objet la recherche des fondements ou la critique des théories du « domaine conceptuel ». Nous avons donc à considérer maintenant l'ensemble *IC*, *IIC*, *IIIC* et *IVC* pour nos quatre classes de sciences fondamentales, en plus des ensembles *A* et *B*.

Mais ce n'est pas tout : sitôt que l'on soulève, même à l'intérieur d'une science et pour son usage propre, les problèmes de fondement, donc les questions épistémolo-

giques, on rencontre tôt ou tard des problèmes épistémologiques généraux tels que celui du rôle du sujet et des apports de l'objet dans la connaissance. La physique en est un bon exemple, puisque les physiciens ont été obligés de faire la critique de l'expérience à l'échelle intra-atomique et que L. de Broglie a accepté, pour ce volume même, de traiter en physicien du rôle de la représentation. Mais, s'il peut arriver au mathématicien et au physicien de s'occuper du rôle du sujet dans la connaissance (ne serait-ce que pour en nier la légitimité, comme ce sera le cas du mathématicien lorsqu'il se livre à une critique de l'intuition), il est par contre clair que le psychologue est en mesure de poser ce problème à titre d'objet d'études directes : en retraçant la psychogenèse ou la sociogenèse des connaissances, la psycho-sociologie peut donc fournir à l'épistémologie des données utilisables pour la solution des problèmes généraux et c'est dans cet esprit que nous avons écrit les chapitres génétiques de cet ouvrage (pp. 403, 599, etc.).

Il faut donc considérer, en une science, un quatrième domaine D que nous appellerons le « domaine épistémologique dérivé » et que nous distinguerons comme suit du précédent : tandis que le « domaine épistémologique interne » C comprend les théories qui font la critique du « domaine conceptuel » B , le « domaine épistémologique dérivé » D dégage la portée épistémologique plus générale des résultats obtenus par la science considérée, en les comparant à ceux des autres sciences : les problèmes ainsi posés sont alors celui des relations entre le sujet et l'objet dans la science considérée et, plus généralement, celui d'établir comment sa constitution a été rendue possible. Dans le cas des mathématiques et de la physique, ce domaine D prolonge simplement le domaine C , pour cette raison que de telles sciences ne portent pas sur le sujet connaissant comme tel (ce qui revient à dire que celui-ci ne fait pas partie de leurs domaines A ni B) : ce ne saurait donc être qu'à l'occasion des théories du domaine C , que les mathématiciens ou les physiciens peuvent être conduits à des confrontations épistémologiques plus générales qui entreront alors dans le « domaine dérivé » D . Par contre, sur le terrain psycho-sociologique (et ce sera le cas aussi sur le terrain biologique lorsque l'on aura serré de plus près les relations entre

la variation et le milieu), le domaine D peut être largement développé et ne prolonge pas le domaine C , mais tire son information du domaine B lui-même, puisque le sujet connaissant fait partie du « domaine matériel » A considéré en de telles disciplines.

Il est donc indispensable de considérer à part ce quatrième ensemble ID , IID , $IIID$, IVD , étant donné d'abord l'importance du terme IVD qui correspond à la psychogenèse et à la sociogenèse des connaissances et constitue ainsi une partie essentielle de l'épistémologie génétique, mais étant donné aussi, et surtout, le fait que l'épistémologie interne C d'une science est tôt ou tard conduite à établir des relations avec celles des autres sciences et par conséquent à se prolonger en épistémologie dérivée D . Or, il est évident que les épistémologies, tant internes C que dérivées D des sciences se réfèrent aux domaines matériels A autant que conceptuels B , puisque ces épistémologies consistent à faire la critique des concepts B en fonction de leur objet A . Il est donc nécessaire d'englober dans une classification complète des sciences les domaines matériels A , sans se limiter aux domaines conceptuels B , et c'est pourquoi nous pouvons suivre sur ce point bien d'autres classifications des sciences. Si d'autre part la série $IC \rightarrow IIC \rightarrow IIIC \rightarrow IVC$, correspondant aux « domaines épistémologiques internes » des ensembles fondamentaux de sciences peut, jusqu'à plus ample informé, être conçue comme demeurant linéaire, il est, par contre, aisé de retrouver une structure cyclique dans le cas des « domaines épistémologiques dérivés » $ID \rightarrow IID \rightarrow IIID \rightarrow IVD \rightarrow ID$, (et en prévoyant toutes les interactions internes) puisque l'étude du rôle du sujet dans la construction des structures logico-mathématiques est d'ores et déjà un objet de recherche dans le domaine psycho-sociologique IVD . Mais avant de juger si une telle hypothèse se vérifie, il nous reste naturellement à examiner de plus près le sens des relations \rightarrow exprimant la dépendance ou la filiation (voir le paragraphe suivant).

Pour l'instant, bornons-nous à conclure cet aperçu des divers niveaux de connaissances propres à toute discipline scientifique en soutenant qu'une classification des sciences soucieuse de marquer le dynamisme de la recherche doit tenir compte de tous ces niveaux respec-

tivement parce qu'ils sont en fait interdépendants. A commencer par les mathématiques et la logique (I), il y a évidemment solidarité entre les niveaux IA (délimitation du « domaine matériel »), IB (« domaine conceptuel » = le corps même de ces sciences, ou ensemble des théories portant sur IA) et IC (« domaine épistémologique interne » = problèmes des fondements). Quant au domaine ID (« épistémologique dérivé »), la grande majorité des mathématiciens en refuseraient l'existence et la petite minorité qui s'en occupe sera considérée comme franchissant les frontières positives au profit de la philosophie. Mais, si libre que soit le mathématicien à cet égard, il ne peut refuser à l'épistémologie génétique (IVD) d'utiliser le domaine IC pour le coordonner à ce qu'elle découvre sur le terrain de la psychogenèse des structures logico-mathématiques. Or, comme ce seul fait aboutit à conférer à cette épistémologie interne IC une portée plus générale et qu'il n'y a pas de frontières fixes, dans les sciences I et II, entre les domaines C et D , il faut bien qu'une classification des sciences prévoie de telles liaisons unissant IVD à ID tout en reliant ID à IA , B et C .

Au total, et pour en revenir aux remarques du début de cette section, on pourrait être tenté de soutenir qu'une classification des sciences doit se borner à considérer les « domaines conceptuels » B , c'est-à-dire le corps même de ces sciences, sans s'occuper ni de leurs « épistémologies » C et D ni surtout de coordonner les « domaines matériels » A , cette dernière coordination étant l'affaire ou des sciences elles-mêmes ou des épistémologies, mais pas des auteurs de classification. Mais (1), les « épistémologies » C et D procèdent du progrès même des sciences et on ne peut donc les exclure de la classification; (2) il est alors impossible d'analyser les connexions entre les « domaines conceptuels » B et les épistémologies C et D sans s'occuper des liaisons entre les « domaines matériels » A des sciences I à IV, puisque précisément toute épistémologie, interne ou dérivée, a pour fonction essentielle de faire l'examen critique des relations entre les conceptualisations (B) et les objets eux-mêmes (A) du savoir, le problème central étant celui des rapports entre les objets et le sujet, ce qui intéresse les sciences I à IV dans leur ensemble.

LES DIVERSES FORMES DE DÉPENDANCE ENTRE LES SCIENCES

Il s'agit maintenant de chercher à caractériser les relations de succession (\rightarrow) qui interviennent dans l'ordre, sériel ou cyclique, de la classification des sciences. Étant donné qu'il existe plusieurs niveaux ou « domaines » (A à D) de la pensée scientifique, pour chaque discipline particulière de quelque envergure, on peut s'attendre à ce que cette relation de succession (\rightarrow) recouvre des formes de dépendance assez différentes, d'autant plus que pour certains domaines (A et D) cet ordre paraît cyclique et pour d'autres (B et C) linéaire.

Notons d'emblée, pour nous orienter dans ce qui va suivre, que ce mélange d'ordres cycliques et linéaires soulève à lui seul un problème épistémologique assez fondamental et que l'on peut entrevoir sa solution en vertu des deux considérations suivantes.

D'une part, les sciences portent ou sur le monde extérieur ou objet physique ou sur le sujet psychologique et social, ou sur les instruments déductifs permettant au sujet d'assimiler les objets (logique et mathématiques) ou sur l'organisme qui fait partie du monde physique mais constitue la source et le siège du sujet (biologie). La question est alors de savoir s'il s'agit de formes de connaissances indépendantes ou s'il y a là un vaste cercle qui exprime l'interdépendance dialectique du sujet et de l'objet. Or, aucune connaissance ne provient de l'objet seul, puisqu'il est toujours assimilé grâce à des schèmes logico-mathématiques, ni du sujet seul puisque celui-ci ne se connaît qu'à travers les actions qu'il exerce sur les objets. La connaissance procède donc à partir d'une interaction indissociable entre le sujet et les objets et tend à s'en libérer par la double construction corrélatrice et complémentaire d'un univers objectif et d'instruments internes de déduction ou d'interprétation. Il est donc compréhensible que les niveaux de départ (« domaine matériel » A) et d'arrivée (« domaine épistémologique dérivé » D) reflètent ou expriment cette circularité dialectique fondamentale, tandis que les domaines intermédiaires (« conceptuel » B ou « épis-

témologique interne » C) s'en libèrent provisoirement grâce à un compartimentage suffisant.

D'autre part, et en vertu même de ce qui précède, la pensée naturelle naïve débute toujours par des situations circulaires, ne parvenant à organiser ou définir ses concepts qu'en les appuyant les uns sur les autres (on retrouve cet état de choses en bien des dictionnaires !), tandis que le propre de la systématisation, et finalement de son dérivé naturel qui est la formalisation, est de chercher à rompre de tels cercles, initialement vicieux, pour s'engager dans la direction d'un ordre linéaire. Il est donc à nouveau compréhensible que les domaines conceptuels (B) et épistémologiques internes (C) des différentes sciences s'orientent dans cette direction linéaire. Mais, comme cet ordre est solidaire de découpages provisoires et que la formalisation, même la plus poussée sur les terrains où elle est techniquement réalisable, comporte des limites inhérentes à sa nature même, il est également compréhensible que la circularité, initialement vicieuse, se retrouve, mais sous la forme d'une dialectique élaborée, dans la structure d'ordre des « domaines épistémologiques dérivés » D.

Ces remarques introductives sont de nature à faire comprendre pourquoi les relations de dépendance entre les sciences seront de types divers. La raison générale en est précisément que les différentes disciplines ne procèdent pas de façon identique, comme ce serait le cas si elles constituaient les étapes successives d'une même marche en ligne droite. Au contraire pendant que la biologie et la psycho-sociologie expliquent le sujet connaissant à partir des lois de l'univers physique ou à partir des actions exercées sur cet univers, la physique et les mathématiques expliquent l'univers à partir des structures opératoires et des instruments déductifs élaborés par le sujet en fonction des coordinations de ses actions. Il en résulte que les relations de dépendance entre une science ou une autre ou même entre un chapitre particulier et un autre ne se retrouveront pas sous la même forme, comme entre les marches d'un même escalier, mais se modifieront selon leur situation au sein de ce vaste cercle, suivant qu'il s'agit, par exemple, de mettre en relation une théorie relative aux propriétés du sujet connaissant avec une théorie portant sur un

système matériel (comme une théorie de la conscience avec une interprétation des mécanismes cérébraux) ou qu'il s'agit d'appliquer à des faits physiques des instruments jusque-là purement déductifs et formels (comme les nombres imaginaires, les quaternions et les fonctions complexes).

Nous distinguerons ainsi six types de relations de dépendance entre disciplines scientifiques, en nous fondant sur les considérations suivantes, étroitement liées à l'hypothèse d'un ordre cyclique des sciences (mais ne la présupposant pas logiquement et y conduisant au contraire). Les sciences de l'objet matériel (physiques et biologiques) reposent sur la liaison essentielle de causalité, qui s'étend jusqu'aux parties de la psychologie portant sur les comportements. Par contre, comme on l'a vu précédemment, les faits de conscience ne relèvent pas de la causalité (faute de structure spatiale, de substance, de masses, de forces, d'énergies, de travail, etc., si l'on prend ces notions en leur acception authentique et métrique, et non pas métaphorique) : ils sont essentiellement caractérisés par le fait de comporter des « significations », et l'on ne peut pas dire qu'une signification soit « cause » d'une autre, car elle l'entraîne ou l'implique, ce qui est tout différent. De même un sentiment, une valeur, une obligation, etc., ne sont pas des causes, en tant qu'état de conscience, mais ils entraînent d'autres sentiments ou valeurs par une sorte d'implication entre valeurs (que Kelsen appelle « imputations » dans le domaine juridique). Nous dirons donc que les faits de conscience relèvent d'une implication au sens large, dont les diverses formes d'implication logique ($p \supset q$, etc.) sont des cas particuliers. Notons d'emblée que l'ensemble des sciences mathématiques et logiques ignorent également la causalité (lorsque G. Bouligand emploie ce vocable, c'est dans le sens précis de la « raison » d'un théorème, etc., comme s'exprimait Cournot) : elles reposent tout entières sur des relations d'implication, ce qui est déjà une raison suffisante pour soupçonner qu'elles présentent des attaches avec le sujet !

Cela dit, on aperçoit d'emblée que les relations de dépendance entre les sciences vont consister, soit à intégrer ou réduire des systèmes de causalité à d'autres, soit à faire correspondre des systèmes de causalité à des

systèmes d'implications, par assimilation progressive (mathématisation de la réalité physique) ou par « isomorphisme » ou « parallélisme » (parallélisme psychophysique), soit enfin à tirer une science d'une autre par abstraction réfléchissante ou par axiomatisation, ce qui revient à réduire ou intégrer des systèmes d'implications à d'autres. Autrement dit, si le cercle du sujet et de l'objet aboutit à conférer une structure cyclique au système des sciences dans leur ensemble, c'est d'abord parce qu'il existe une relation dialectique ou circulaire entre les systèmes fondés sur l'explication causale et ceux qui relèvent de l'implication.

Voici donc les six types de dépendance que nous sommes conduits à distinguer :

(1) *Réduction unilatérale d'une science ou théorie causale à une autre.* Par exemple en 1789 encore, Macquer pouvait soutenir que le « principe huileux » était à jamais irréductible à la chimie minérale, parce que dû à l'action vitale. La synthèse des huiles, quoique relevant de la chimie organique, a écarté cette irréductibilité mais l'on ne peut pas dire que l'application de lois plus générales à ce domaine des hydrocarbures ait enrichi celles-là dans le même sens où nous allons parler d'une réduction par interdépendance.

(2) *Réduction par interdépendance de sciences ou théories causales.* En ce second cas, une science plus complexe peut être intégrée dans une autre plus simple, mais alors elle enrichit d'autant cette dernière pour la transformer en un nouveau système par interdépendance du supérieur et de l'inférieur. Le plus bel exemple est sans doute la réduction par Einstein de la gravitation aux courbures de l'espace physique de type riemannien, ce qui conduit à faire l'économie des actions instantanées à distance, mais entraîne une interaction entre le contenu physique et la structure spatiale (l'espace cessant donc d'être un simple contenant), l'action des masses produisant les courbures.

(3) *Mise en correspondance d'un système causal avec un système implicatif jusqu'à assimilation du premier au second.* C'est le mode général de dépendance qui relie les sciences

physiques aux sciences mathématiques. A comparer, par exemple, les notions de mouvement et de vitesse dans la physique d'Aristote (le premier comportant toujours l'intervention d'une force et d'un but et la seconde s'évaluant seulement en plus, en égal ou en moins) à ce qu'est devenu le mouvement rectiligne et uniforme depuis Galilée et Descartes, on voit que la mise en correspondance des données physiques avec les articulations de leur expression mathématique a pour résultat de fournir beaucoup plus qu'une traduction : le mouvement acquiert à la fois une relativité fondamentale et une capacité de conservation (mouvement inertial) en partie fondés sur la nécessité déductive, tandis que la vitesse acquiert une métrique généralisable indépendamment des systèmes de référence.

(4) *Mise en correspondance d'un système causal avec un système implicatif avec recherche d'« isomorphisme ».* L'une des difficultés les plus considérables rencontrées par le besoin de mise en relation de deux sciences voisines a été celle qu'ont éprouvée la psychologie et la physiologie pour coordonner l'interprétation des processus nerveux et celle des faits de conscience. Toute réduction unilatérale est en ce cas inacceptable et toute hypothèse d'interaction se heurte à l'impossibilité de comprendre, soit comment la conscience peut intervenir en des processus physico-chimiques sans contredire aux principes de conservation (de l'énergie, etc.), soit comment ceux-ci peuvent agir sur celle-là en l'absence de points d'application (résistances, etc.) homogènes à eux. On invoque alors un principe dit de « parallélisme » ou encore d'« isomorphisme » (sans référence au sens précis de ce terme en logique, mais pour indiquer qu'il y a correspondance de structure à structure et non pas d'élément à élément) : on postule ainsi qu'à toute structure consciente correspond une structure organique, sans que la réciproque soit toujours vraie. Or, si la conscience, consistant toujours en systèmes de significations, ignore la causalité mais relève comme on vient de le voir d'une liaison entre significations que l'on peut appeler l'implication au sens large, en ce cas la correspondance psycho-physiologique consisterait en fait en une sorte d'isomorphisme entre la causalité neurolo-

gique et les implications conscientes (voir le *Traité de psychologie expérimentale* de Fraisse et Piaget, fasc. I, chap. III). En un modèle mécanophysologique, dont les connexions sont caractérisées par une arithmétique binaire (donc par une logique bivalente), la structure logique des calculs effectués par la machine peut ainsi être traduite en termes d'implications conscientes, tandis que le mécanisme cybernétique lui-même relève de la causalité : il en est sans doute ainsi des relations entre un raisonnement conscient et son correspondant cérébral. De telles relations illustreraient donc ce quatrième mode de dépendance.

(5) *Interdépendance entre deux systèmes implicatifs par abstraction réfléchissante.* Cette relation de dépendance est l'équivalent, pour les systèmes implicatifs, de ce qu'est la réduction par interdépendance entre systèmes d'ordre causal. Mais, tandis que sur ce dernier terrain le problème est en général de réduire des phénomènes plus complexes à d'autres plus simples (puisque les phénomènes sont donnés et découverts du dehors), le problème des systèmes implicatifs est au contraire en général d'inventer des structures nouvelles plus riches en partant de plus pauvres (lorsqu'il s'agit de réduire, il y a d'ailleurs aussi une part d'invention et surtout d'abstraction réfléchissante). Le processus consiste alors à abstraire de la structure élémentaire ses caractères généralisables en les réfléchissant (au sens physique du terme d'une projection sur un nouveau plan comme au sens psychologique du même mot) sous la forme d'une structure plus large qui englobe tout ou partie de la première. Un exemple bien connu est la manière dont l'algèbre a été tirée de l'arithmétique par une abstraction qui a été effectivement réfléchissante, puisqu'elle s'est révélée constructive, d'où l'interaction qui en est résultée.

(6) *Réduction entre deux systèmes implicatifs par axiomatisation.* Cette dernière relation de dépendance est à la fois le prolongement de la précédente et le correspondant de la réduction entre systèmes d'ordre causal (1) mais sur le terrain implicatif. Si nous faisons de l'axiomatisation ou formalisation une relation de dépendance, c'est qu'une axiomatisation est toujours (même quand il n'y

paraît pas à première vue) l'axiomatisation de quelque chose, c'est-à-dire d'une théorie antérieure ou d'une « théorie naïve » empruntée au sens commun : ainsi Peano a axiomatisé l'arithmétique des entiers, Heyting a axiomatisé les mathématiques intuitionnistes de Brouwer, etc. Mais, une fois déclenchée, l'axiomatisation poursuit son chemin librement, sans plus s'occuper de la théorie mère dont elle est issue; il convient cependant de se rappeler que, avant d'être coupé, le cordon ombilical qui la rattachait à elle a réellement existé (ceci en vue de la discussion, que nous reprendrons, des relations entre la logique axiomatisée et la « logique naturelle » ou ensemble des structures opératoires du sujet). Si, d'autre part, nous parlons de « réduction », c'est que le but d'une axiomatique est de réduire les résultats les plus riches possibles aux axiomes les plus faibles et les moins nombreux possibles. Que la réduction échoue (et cela arrive parfois, comme celle du nombre cardinal à la classe, etc.), on retombe alors dans le domaine des interdépendances par abstraction réfléchissante avec formalisation limitée.

Ce tableau des modes essentiels de dépendance entre disciplines ou théories appelle deux remarques finales. La première est que, en vue de notre classification des sciences, nous n'avons recouru qu'à des dépendances dynamiques, c'est-à-dire visant la science qui se fait et se transforme, et non pas simplement la science déjà constituée et codifiée. À ne considérer que celle-ci, les dépendances se marquent, comme l'a lumineusement montré A. Comte, au degré de généralité : les mathématiques s'appliquent à toutes les sciences ultérieures dans l'échelle linéaire; la physique s'applique à la chimie et à la biologie mais pas aux mathématiques; la chimie s'applique à la biologie, etc., mais pas à la physique ni aux mathématiques, etc. Mais une telle dépendance exclusivement statique parce qu'unilatérale ne concerne que l'état des sciences à un moment donné de l'histoire et se traduit par des indépendances dans le sens inverse du parcours : les mathématiques sont indépendantes de la physique, etc.; celle-ci l'est de la chimie, etc.; la chimie l'est de la biologie, etc. Seulement, les indépendances peuvent être toutes provisoires : c'est ainsi qu'il

n'existe plus aucune frontière entre la physique et la chimie, c'est-à-dire que l'affinité chimique, considérée par Comte comme irréductible, a été réduite à des facteurs physiques. Il est donc intéressant de savoir comment les lois physiques s'« appliquaient » à la chimie, puisque cette « généralité » relative s'est transformée en une « réduction par interdépendance » (notre deuxième processus), tandis que l'application des mathématiques à la physique semble être d'une autre nature. D'une manière générale, partout où, dans la classification de Comte, la relation de dépendance s'exprime par le degré de généralité, donc par l'application d'une science antérieure dans la série à une science ultérieure, le vrai problème est de déterminer la nature de cette application ou de cette dépendance, donc de savoir comment elle s'est constituée. C'est pourquoi nous ne considérons, dans nos six types de dépendance, que des liaisons dynamiques et non pas statiques, c'est-à-dire des processus de réduction ou de construction.

En second lieu, il importe de remarquer qu'il existe une certaine filiation entre ces six processus. La réduction causale unilatérale, processus (1), aboutit tôt ou tard, lorsqu'elle s'élargit, à une réduction causale par interdépendance, processus (2), et toutes deux s'intègrent tôt ou tard dans des systèmes implicatifs, processus (3). Si l'on poursuit ce processus jusqu'au domaine vital ou biologique au sens large on retrouve finalement le problème de la conscience, d'où la nécessité d'une mise en correspondance entre les implications de la conscience et la causalité physiologique, processus (4). Or, ce processus (4) correspond aux débuts de la prise de conscience et toute prise de conscience aboutit à une abstraction réfléchissante dont le processus (5) n'est que la manifestation sur le terrain de la pensée scientifique. Enfin cette abstraction se prolonge naturellement en formalisation, processus (6).

Mais cette série (1 → 6) n'est linéaire qu'en apparence. Comme nous l'avons vu à propos de l'épistémologie physique, la causalité n'est, elle-même, qu'une interprétation des transformations objectives ou extérieures calquée sur les transformations opératoires, autrement dit une sorte de projection de nos systèmes implicatifs dans la réalité matérielle (ce qui est conforme à la concep-

tion rationaliste de la causalité, de Descartes à Kant ou à Brunschvicg et Meyerson). Il en résulte que les processus 1 et 2 portant sur les systèmes de nature causale (de la physique à la biologie et aux explications du comportement par opposition à la conscience) ne constituent nullement un commencement absolu, mais se déroulent en interaction avec les autres au cours de toute leur propre élaboration. Il y a donc circularité ou situation dialectique dès la classification des relations de dépendance.

LE SYSTÈME CYCLIQUE DES SCIENCES

EXPOSÉ DES HYPOTHÈSES

Les hypothèses que nous défendons sont les suivantes, que l'on peut maintenant préciser à la lumière des considérations précédentes :

I. — Les « domaines matériels » A des sciences présentent une structure d'ordre cyclique telle que :

I sciences mathématiques $A \rightarrow$ II sciences physiques $A \rightarrow$ III sciences biologiques $A \rightarrow$ IV sciences psychosociologiques $A \rightarrow$ I sciences mathématiques A .

Les raisons de cet ordre cyclique seraient (a) d'abord que le « domaine matériel » des sciences mathématiques repose sur une logique plus ou moins élaborée (cette relation « repose sur » étant une relation de dépendance du type 5 « interdépendance par abstraction réfléchissante » ou du type 6 « réduction par axiomatisation »); (b) ensuite que cette logique plus ou moins élaborée reposerait elle-même sur une « logique naturelle » (expression signifiant, comme celle de « nombres naturels », qu'il s'agit de connaissances spontanées se constituant antérieurement à leur élaboration scientifique), la relation « reposer sur » signifiant à nouveau, soit une dépendance par abstraction réfléchissante de type (5) soit une axiomatisation proprement dite de type (6) ; (c) enfin que cette « logique naturelle » appartient au « domaine matériel » des sciences psychosociologiques, puisque les psychologues en étudient la formation chez

l'enfant et les sociologues dans la société, quelles que soient les relations à établir entre l'ontogenèse et la société (dépendance dans un sens ou dans l'autre).

II. — Les « domaines conceptuels » B des sciences, c'est-à-dire les descriptions, interprétations ou théories élaborées par ces sciences constituent une série linéaire telle que : I sciences mathématiques $B \rightarrow$ II sciences physiques $B \rightarrow$ III sciences biologiques $B \rightarrow$ IV sciences psycho-sociologiques B .

La première raison de cet ordre linéaire serait que la logique (au moins sous les formes spontanées ou élaborées qu'elle a prises jusqu'ici, réserve faite de la possibilité d'une logique dialectique non encore constituée) tend à éviter tous les cercles et à les considérer sans distinction comme vicieux. Que cet idéal soit réalisable ou non, c'est une autre question, qui relève des problèmes de fondements et notamment de la discussion des limites de la formalisation (ce qui renvoie aux domaines C et D).

La seconde raison (liée d'ailleurs à la première) serait qu'une science déductive tend à ne reposer que sur elle-même et par conséquent à ne faire appel à aucun fait d'expérience. Réciproquement l'expérience tend (nous disons bien « tend » dans les deux cas) à ne reposer que sur elle-même et se refuse à trancher une question de fait par la seule déduction. Il résulterait alors de ce double refus d'un passage de la norme au fait ou du fait à la norme que les théories psycho-sociologiques, tout en utilisant des théories logico-mathématiques, ne s'appuient pas exclusivement sur elles.

Ces deux raisons expliquant la recherche d'un ordre linéaire dans le domaine B ne sont pas invoquées de façon extérieure au système : la question subsiste (nous restons pour l'instant dans l'exposé des hypothèses) d'en rendre compte en fonction même des relations de dépendance entre les sciences, relations qui, par ailleurs, justifient la structure d'ordre cyclique dans les domaines A et D .

III. — Les « domaines épistémologiques internes » C des mêmes sciences fondamentales tendent à conserver l'ordre linéaire des domaines B (nous disons bien « ten-

dent » et au présent, ce qui ne préjuge ni l'avenir ni même la réussite actuelle) :

I Sciences mathématiques $C \rightarrow \dots \rightarrow$ IV Sciences psycho-sociologiques C .

La raison de cet ordre linéaire serait que le domaine de l'épistémologie interne d'une science est celui de la critique des méthodes et des fondements de cette science elle-même et qu'ainsi les mêmes mobiles qui conduisent à un ordre linéaire dans le cas de la série B aboutiraient à le conserver, dans la mesure du possible dans le cas de cette série C . En particulier l'épistémologie interne des sciences logico-mathématiques se constitue de plus en plus à titre de prolongement direct de ces disciplines et sous une forme déductive et axiomatisée qui en fait une partie intégrante des mathématiques. Dans une telle perspective il n'existerait donc pas d'occasion, pour cette épistémologie interne, de faire appel à des disciplines extérieures, comme à la psychologie.

Il existe cependant des exceptions : Poincaré, par exemple, recourait à la psychologie pour justifier son interprétation aprioriste de la structure de groupe et de l'intuition de nombre $n + 1$; Brouwer a fait de même pour appuyer son intuitionnisme sur l'idée de temps, puis sur l'idée, également « naturelle », de la pluriunité. F. Enriques s'est référé à la psychologie des perceptions spatiales pour rendre compte des diverses formes de géométrie et à la psychologie de l'intelligence pour interpréter la logique et la formation de nombre. Mathématicien également, Mannoury a même constitué une discipline particulière appelée « signifie » ou « psycholinguistique » pour servir de point de départ à son épistémologie mathématique interne; etc. Et si l'épistémologie de certains de ces auteurs a été depuis injustement décriée à cause de leur méfiance trop radicale à l'égard de la formalisation logistiquie, il est certain que depuis les théorèmes de Gödel (impossibilité de démontrer la non-contradiction d'une théorie par ses propres moyens ou par des moyens plus faibles) on peut parler d'un certain retour à Poincaré comme le pense le meilleur sans doute de ses continuateurs en épistémologie mathématique, S. Papert.

Mais ces quelques appels à la psychologie, qui font donc exception au caractère linéaire de l'ordre des

domaines C (puisqu'ils esquissent une liaison $IVC \rightarrow IC$), ne constituent en réalité qu'une faible exception pour cette raison qu'il ne saurait y avoir, dans les sciences mathématiques et physiques, de limites tranchées entre les épistémologies internes (C) et dérivées (D). Aussi bien, la « signifique » de Mannoury a-t-elle donné naissance à une Société de Signifique (qui publiait à Amsterdam la revue « Synthèse ») dont le cadre embrasse aujourd'hui l'épistémologie génétique en général, etc.

IV. — Avec les « domaines épistémologiques dérivés » D , nous retrouvons un ordre qui paraît résolument cyclique. Rappelons que ces domaines sont ceux des enseignements épistémologiques qu'une discipline scientifique peut tirer de ses propres résultats (donc de son « domaine conceptuel » B) pour autant que ces résultats intéressent l'épistémologie d'autres sciences et non pas seulement sa propre épistémologie interne. On aura alors : I Sciences mathématiques $D \rightarrow$ II Sciences physiques $D \rightarrow$ III Sciences biologiques $D \rightarrow$ IV Sciences psycho-sociologiques $D \rightarrow$ I Sciences mathématiques D .

En effet, si la frontière entre les épistémologies internes (C) et dérivées (D) reste floue dans les sciences mathématiques et physiques, elle est très nette dans les sciences psycho-sociologiques : en ces dernières disciplines le « domaine épistémologique interne » est l'étude critique de la connaissance psycho-sociologique, donc de la connaissance du sujet psychologue ou sociologue, tandis que le « domaine épistémologique dérivé » est l'étude faite par le psychologue ou le sociologue du sujet quelconque, individuel ou social, dont il analyse les représentations individuelles ou collectives. Or, ce que peut étudier ainsi la psycho-sociologie, c'est entre autre précisément la constitution de la logique naturelle, des opérations numériques, spatiales, cinématiques, etc., élémentaires et, d'une manière générale, les relations entre le sujet et les objets dans la formation des notions de base de la pensée scientifique. En un tel cas, il semble admissible que les résultats ainsi obtenus concerneront l'« épistémologie dérivée » D des mathématiques et de la physique : d'où l'ordre cyclique proposé.

Mais il est évident que cet ordre cyclique D demeure hypothétique, de même que l'ordre cyclique A , tant

que l'on n'a pas précisé le mode de dépendance (au sens des pp. 1181-1185) pouvant se présenter entre les sciences psycho-sociologiques et mathématiques et tant que l'on n'a pas démontré que ces dépendances existent. C'est donc de quoi il faut nous occuper maintenant.

LA POSITION DE LA LOGIQUE ET SES RELATIONS

AVEC LES SCIENCES PSYCHO-SOCIOLOGIQUES

Avant que la logique ait été formalisée et que les mathématiques aient suivi la même tendance, la situation paraissait simple. Personne ne niait l'existence d'une logique naturelle, en ce sens, par exemple, que chacun reconnaissait aux Grecs la capacité d'avoir utilisé des syllogismes avant qu'Aristote eût codifié après coup la syllogistique. Chacun admettait de même que les nombres naturels étaient donnés avant la constitution d'une science arithmétique, et Kronecker les considérait comme un cadeau du Bon Dieu, ayant permis aux mathématiciens d'y ajouter les autres classes de nombres. En 1854 encore, Boole, un des créateurs de la logique moderne, considérait son algèbre de la logique comme exprimant les « lois de la pensée ». Il allait donc de soi que les structures logico-mathématiques pouvaient en tirer des sciences déductives indépendantes, n'importe quelle psychologie parvenait à en constater l'existence et le fonctionnement spontané dans les conduites humaines quotidiennes.

Mais la situation s'est ensuite compliquée pour deux raisons complémentaires. La première est que les logiciens ont cherché à donner plus de précision à leur science et à la fonder axiomatiquement. Ils se sont alors aperçus de la liberté qu'ils avaient de choisir leurs axiomes comme ils l'entendaient, à condition d'aboutir à des résultats cohérents; et surtout de la liberté de les choisir sans consulter les faits psychologiques. Ils ont donc découvert que la vérité logique est affaire de norme et non pas de constatation et qu'ils pouvaient ainsi construire leurs axiomatiques sans plus s'occuper de la logique naturelle ni du sujet psychologique ou pensant.

La seconde raison est que les psychologues, en cher-

chant de leur côté à constituer ou préciser leur science, se sont aperçus du fait que le sujet quelconque ne pense pas toujours comme le logicien, ce qui les a conduits selon leurs tournures d'esprit à tirer deux sortes de conséquences, les unes raisonnables et les autres déraisonnables. Les uns en ont conclu que la psychologie est une science d'expérience et n'a donc rien de commun avec la logique. En étudiant les données de fait on doit certes constater que les sujets sains d'esprit, à partir d'un certain âge, se donnent ou reconnaissent des normes; seulement on étudiera celles-ci du dehors à titre de faits, sans rien dénaturer de la nécessité normative ressentie par le sujet, mais sans rien prescrire au nom de la psychologie. Et si l'on veut comparer (en différence comme en ressemblance) ces normes du sujet à celles de la logique, rien ne s'y oppose, mais ce ne sont pas ces dernières qui trancheront les questions de fait ni les premières les questions de droit. Seulement d'autres psychologues, ou plutôt des penseurs férus de psychologie, n'ont pas compris cette dissociation naissante du fait et de la norme et ont, sans plus, tenté de construire des logiques à base de psychologie. Leur but n'était pas d'axiomatiser la logique naturelle pour comparer le résultat à d'autres axiomatiques (ce qui eût donc été entièrement légitime, parce que respectant les règles du jeu) mais bien de prescrire des normes au nom des faits. Ce « psychologisme » (on appelle ainsi le passage du fait à la norme) a en réalité achevé de consommer la rupture entre les courants logistiques et psychologiques.

Mais aujourd'hui on est parvenu à deux sortes de résultats, qui, sans nous ramener à l'état d'innocence antérieur au péché des passages illégitimes, nous obligent cependant à des confrontations plus nuancées qu'une ignorance réciproque, involontaire puis volontaire.

I. — Le premier de ces résultats est que la formalisation axiomatique ne suffit pas à assurer ses propres fondements. D'une part, en effet, on démontre formellement qu'il y a des limites à la formalisation et qu'une théorie formelle ne peut pas prouver sa non-contradiction par ses propres moyens. D'autre part, les axiomatiques se sont multipliées et leur ensemble est trop divers pour assurer des fondements univoques, chaque système pris à part étant lui-même trop faible. Il est donc devenu

clair qu'une axiomatique résulte nécessairement de l'axiomatisation de quelque réalité qui lui est préalable et, pour atteindre cette réalité, le logicien ne peut que la chercher dans le domaine le plus proche de ses résultats techniques, c'est-à-dire dans son activité technique. En d'autres termes, pour fonder la logique, dont la totalité polymorphe est devenue informalisable en cette totalité comme telle, le logicien est obligé de se demander comment il la construit. Or, c'est là faire de la psychologie, même si ce mot n'est pas prononcé : c'est recourir à la psychologie du sujet logicien en son activité constructive.

II. — Le second résultat est venu de la psychologie. On s'est d'abord aperçu que l'étude de la pensée adulte moyenne restait peu féconde, d'abord parce que cette pensée est toute faite et qu'on n'en connaît plus les mécanismes constructifs (exception réservée pour l'adulte créateur, tels logiciens ou mathématiciens), et ensuite parce que l'introspection est une méthode peu sûre et très pauvre (« la pensée est une activité inconsciente de l'esprit » selon la boutade désabusée de Binet au terme d'une analyse conduite par des méthodes d'introspection provoquée). En étudiant alors les mécanismes constructifs par les méthodes psychogénétiques, on a été conduit à reconnaître que le fait fondamental pour la « logique naturelle » n'était pas à chercher dans les raisonnements conscients du sujet, toujours assez pauvres et très incomplets, mais dans des structures d'ensemble sur lesquelles ces raisonnements s'appuyent sans le savoir. Or, ces structures sont bien plus riches que l'on n'aurait pu le soupçonner (« groupements » de classifications, simples ou multiplicatives, de sériations simples ou multiples, « réseaux », « groupes » à deux ou quatre transformations, structures numériques, « groupements » d'opérations spatiales, etc. De plus ces structures peuvent être décrites dans le langage de l'algèbre générale, qu'utilise précisément la logique, et si l'on soutenait que de telles structures naturelles n'intéressent pas la logique, nous répondrions deux choses : tout d'abord que la structure de « groupement » qui n'avait pas retenu l'attention des logiciens, sans doute parce que trop élémentaire au sens de trop pauvre, a pu être

formalisée axiomatiquement depuis lors; ensuite que le « groupe » des quaternalités propre à la logique des propositions (voir p. 282) n'avait pas été signalé en ce domaine par les logiciens avant que nous ne l'ayons nous-même dégagé en 1950, et a donné lieu dans la suite à plusieurs travaux proprement logistiques indépendants de toute psychologie mais montrant l'importance d'une telle structure dont l'existence avait été découverte par une voie psychologique.

Ajoutons, avant de tirer la leçon de ces résultats (I) et (II), que la psychogenèse, en tant que construction des structures, n'est pas un processus se limitant aux stades dits primitifs (sans qu'il y ait d'ailleurs jamais de commencement absolu), mais bien un processus continu entrant tôt ou tard en relation d'interdépendance avec la sociogenèse et se prolongeant ainsi au cours de toute l'histoire des sciences, partout où il y a construction créatrice. Lorsque le logicien cherche à comprendre comment il construit la logique, le « sujet logicien » qu'il analyse ainsi, comme nous le notions à l'instant, relève donc toujours encore de la psychogenèse puisqu'il s'agit d'un sujet construisant authentiquement.

Cela dit, la conséquence de ces résultats (I) et (II) est, semble-t-il, qu'il existe des « structures » dont les racines plongent dans la vie mentale et que le logicien formalise sans avoir à s'occuper de leur origine. Ces structures étant formalisables, mais non d'emblée formalisées, rien n'empêche donc que la psychologie ne les étudie indépendamment de leur formalisation, c'est-à-dire en leur seule formation et à titre de faits, pendant que la logique élabore leur formalisation indépendamment de leur genèse (ou en s'intéressant éventuellement à la construction même de cette formalisation, ce qui n'est qu'un stade bien dérivé et très supérieur de cette genèse). Mais ce sur quoi il faut encore insister, et avec soin (pour prévenir un malentendu fréquent), c'est que, les normes étant indépendantes des faits et l'axiomatisation étant donc autonome, sitôt constituée, grâce à un détachement méthodologique rigoureux à l'égard des structures lui servant de matière initiale, les structures formalisées deviennent beaucoup plus riches que les structures naturelles. Il en résulte que toute structure naturelle peut

être formalisée à des degrés d'ailleurs divers et acquérir ainsi un caractère normatif (ce qui est déjà le cas lorsque le sujet en « prend conscience », puisque la conscience est un système d'implications au sens large et comporte ainsi des normes naïves, mais peu intéressantes en comparaison des structures dont elles sont le reflet); mais que la réciproque n'est pas vraie et toute structure formalisée ne correspond plus à une structure naturelle, puisque l'axiomatisation peut construire librement et poursuit indéfiniment le travail amorcé à propos de modèles restreints mais réels.

Il était indispensable de rappeler ces préambules qui, seuls, permettent de décider entre un ordre cyclique ou un ordre linéaire des disciplines scientifiques; il convenait en effet d'y insister à nouveau dans la perspective qui est la nôtre ici. Cherchons donc à les préciser en procédant domaine par domaine.

A. — Dans les « domaines matériels » *A*, le domaine logique soutient avec le domaine psycho-sociologique une relation de « dépendance par axiomatisation », en ce sens (*a*) que les objets de la logique (propositions, classes, relations, fonctions, opérations ou foncteurs, etc.) sont posés par définitions ou postulats, points de départ d'une axiomatisation et (*b*) que cette axiomatisation ne les a pas créés *ex nihilo* mais se les est donnés en formalisant des structures opératoires du sujet (inutile de revenir ici sur la nature de ces structures, que les positivistes logiques veulent réduire à celles d'un pur langage, car, même en ce cas, la proposition *b* resterait vraie; rappelons seulement que le sujet, en général, comprend en particulier le logicien lui-même).

Si la logique est à concevoir de façon générale comme l'étude des conditions formelles de la vérité, ce qui lui permet d'assurer, en partie tout au moins, les assises des mathématiques, il reste qu'elle est donc, par ailleurs, à concevoir en son départ comme une axiomatisation des structures opératoires du sujet. Nous disons bien des « structures » opératoires et non pas de la pensée consciente à elle seule, car celle-ci constituerait un tremplin trop étroit, tandis que ses structures opératoires, parvenues au palier d'équilibre atteint à l'adolescence, comprennent l'essentiel de l'algèbre de Boole et la

dépassent sur plusieurs points. Nous disons bien également axiomatisation des « structures » elles-mêmes et non pas de la psychologie de la pensée qui les étudie expérimentalement, car une formalisation de la psychologie comme théorie concernerait son « domaine conceptuel » *B* et non pas le « domaine matériel » *A* dont nous parlons ici.

Répétons enfin que la richesse des structures formalisées comparée à la pauvreté relative des structures naturelles n'est point une objection à cette thèse. De même que l'arithmétique ou la théorie des nombres partent de cette réalité relativement pauvre qu'est la suite des premiers nombres naturels, pour les prolonger d'abord à l'infini puis les enrichir indéfiniment d'autres classes de nombres issues de la réflexion sur les entiers, de même la logique formalisée peut partir d'éléments très restreints et multiplier ensuite ses structures, car, à la relation de dépendance initiale par axiomatisation, s'ajoute aussitôt, dans son travail interne, la relation de « dépendance par abstraction réfléchissante » qui nous conduit alors aux « domaines conceptuels » *B*.

B. — Dans les « domaines conceptuels » *B*, c'est-à-dire du point de vue du corps même des théories logiques ou psycho-sociologiques, il n'existe aucune dépendance de la logique par rapport aux sciences psycho-sociologiques et une faible dépendance de ces dernières par rapport à la logique (beaucoup plus faible que par rapport aux mathématiques proprement dites). En effet :

(*a*) La logique, procédant par axiomatisation, ne dépend que d'elle-même dans l'élaboration de ses théories (ainsi que des mathématiques mais par mutuelle dépendance). La raison en est qu'une axiomatique est par nature formelle et fermée, et ne dépend d'aucune considération de fait ni de contenu. Sans doute peut-elle porter à l'occasion sur une structure naturelle, telle qu'elle est décrite par une théorie psychologique, et en essayant de caractériser formellement les limitations de cette structure particulière (comme lorsque J. B. Grize a formalisé la structure de « groupement »). Ne pourrait-on pas alors soutenir que, sur ce point particulier, une théorie logique s'est enrichie et même constituée à partir d'une théorie psychologique et qu'elle en dépend

par conséquent sous la forme d'une « dépendance par axiomatisation » ? Nullement, car, en ce cas, le psychologue a simplement posé un problème au logicien, qui le résout par ses propres méthodes sans qu'aucune de ses déductions « dépende », dans sa valeur de vérité, du contenu à formaliser. On dira qu'elle en dépend cependant en partie, puisqu'elle en tire son objet. En ce sens, sans doute, mais cela nous ramène à une dépendance des « domaines matériels » *A*, et non pas des théories conceptuelles *B*. Et encore s'agit-il ici d'un objet occasionnel, tandis qu'au point de départ, c'est-à-dire dans les éléments indispensables à la mise en marche de la formalisation, il s'agissait d'une source sans laquelle celle-ci n'eût point été possible.

(*b*) Les disciplines psycho-sociologiques ne dépendent que peu de la logique parce qu'elles ne sont pas assez avancées pour donner lieu à des formalisations fructueuses et que le psychologue ou le sociologue se fient à leur logique naturelle, suffisamment affinée socialement tandis que, pour formuler leurs lois et vérifier leurs statistiques, ils ont besoin de mathématiques plus nuancées que l'arithmétique des nombres naturels. Il existe cependant deux sortes d'exceptions. D'une part certaines théories psychologiques ont été relativement formalisées, comme la théorie de l'apprentissage de Hull, axiomatisée avec Fitch. D'autre part la psychologie génétique des structures intellectuelles, telle que nous la pratiquons, l'ethnographie structurale de Lévi-Strauss, la linguistique structuraliste et surtout la cybernétique recourent sans cesse à la logique pour trouver des modèles de structures, mais cela dans le but de structurer les phénomènes étudiés et non pas de formaliser les théories portant sur ces phénomènes.

C. — Les « domaines épistémologiques internes » *C* de la logique et des sciences psycho-sociologiques ne présentent pas non plus de rapports de dépendance cyclique. Dans le cas de la logique, ce domaine *C* fait entièrement corps avec le domaine *B*, sans que l'on puisse introduire de coupures entre les deux (car les distinctions entre « métalangage » et « langage », etc., demeurent intérieures aux théories *B* elles-mêmes). La raison étant que la logique avant surtout pour fonction

d'analyser les problèmes de fondements, les fondements de la logique sont étudiés par les méthodes logiques : on ne saurait sans arbitraire décider si les théorèmes de Gödel sur la non-contradiction ou de Tarski sur la vérité appartiennent aux domaines *B* ou *C* : le « domaine épistémologique interne » (*C*) de la logique débute donc en toute indépendance par rapport aux théories psychosociologiques (*B*) et à leur propre épistémologie interne (*C*). Par contre, dès que sont généralisés les problèmes *C* de la logique, jusqu'à vouloir, par exemple, décider si l'on peut fonder la logique sur des systèmes cybernétiques auto-organiseurs, comme le proposent Apostel ou Papert, ou sur des considérations probabilistes tirées par exemple de la théorie de l'information, ou sur une analyse de langage (néo-positivisme et psycholinguistique), etc., il va de soi que de telles discussions sont alors dépendantes, en tout ou en partie, des théories psychosociologiques : mais nous entrons par le fait même dans le « domaine épistémologique dérivé » *D*.

Quant au « domaine épistémologique interne » *C* des sciences psychosociologiques, il s'agira, par exemple, de la théorie de l'explication en psychologie, en sociologie ou en linguistique, etc. : sur de tels terrains, il va de soi que la dépendance par rapport à la logique est ou sera de plus en plus étroite.

D. — Pour ce qui est enfin des « domaines épistémologiques dérivés » *D*, nous retrouvons une relation de dépendance entre ce domaine *D* de la logique et les domaines *B* ou *D* psychosociologiques.

Commençons par rappeler que, dans ces dernières disciplines, le domaine *D* est bien distinct de leur épistémologie interne *C* : le domaine *D* sera, en effet, celui de tous les enseignements épistémologiques que l'on peut tirer de l'étude du sujet lui-même, en tant que ce dernier est précisément analysé par ces sciences : ce sera donc l'épistémologie du sujet quelconque ou du sujet considéré aux diverses phases de son évolution cognitive, et non plus comme en *C* l'épistémologie du psychologue ou du sociologue, etc.

Quant à la logique, son « domaine épistémologique dérivé » *D* ne sera plus simplement l'étude des fondements de la logique en tant qu'il s'agit de la valeur de

vérité (cohérence, etc.) de celle-ci (c'est là le problème *C*) : ce sera plus largement l'étude de la nature de la logique et notamment de la nature ontologique des êtres logiques par rapport aux diverses sphères possibles de réalités (idéaux platoniciens, réalités physique, mentale, linguistique, etc.). Or, une telle investigation n'est pas surajoutée du dehors au corps même de la logique, pour des raisons de spéculation philosophique ou d'intérêt épistémologique général : elle prolonge, au contraire, nécessairement le domaine *C* qui est lui-même issu intérieurement du domaine *B*. En effet, puisqu'il est démontré que la formalisation (*B*) a des limites excluant qu'elle se fonde sur elle-même de façon univoque (*C*), et puisque la non-contradiction des systèmes ne peut être prouvée qu'en s'appuyant sur des systèmes supérieurs plus forts et non pas sur les systèmes considérés eux-mêmes ou sur des inférieurs plus faibles, on est alors bien obligé de se demander à quoi se rattachent ces systèmes et, de façon générale, ce que sont les êtres logiques à l'intérieur des systèmes formalisés mais surtout une fois dépassées les frontières de leur formalisation. L'idéal platonicien, qui correspond au penchant naturel de tous les logiciens, est en un tel cas en mauvaise posture, puisqu'il n'y a plus hiérarchie de systèmes immobiles reposant sur leur base de départ, mais construction continue de systèmes, dont chacun doit attendre, pour être assuré de sa consistance interne, que le suivant soit achevé. D'où la nécessité d'en venir aux problèmes d'épistémologie dérivée, c'est-à-dire de mettre en relation ce que nous apprend la logique avec ce que nous tirons d'autres disciplines.

Or, si le platonisme se trouve en défaut, il ne reste qu'à relier les êtres logiques aux réalités physiques ou au sujet biologique, mental ou social (y compris linguistique). Mais si l'on désirait revenir à la conception d'êtres logiques tirés par abstraction des phénomènes physiques, il resterait à montrer comment cette abstraction s'effectue, et il faudrait passer pour cela par la psychologie. Si l'on cherche, d'autre part, à fonder la logique sur l'organisation biologique (et c'est ce que l'on fait dans l'abstrait lorsqu'on recourt à des modèles cybernétiques auto-organiseurs schématisant les connexions nerveuses), il resterait à passer par l'intermédiaire des conduites, c'est-à-dire de nouveau à passer par la psycho-

logie. L'alternative est donc stricte : ou interprétation platonicienne se référant à un sujet transcendantal qui construit sans cesse des systèmes pour compléter chacun par le suivant (et qui ressemble ainsi de plus en plus à un sujet pensant au sens psycho-sociologique) ou relation de dépendance par rapport aux sciences psychosociologiques. Cette dernière relation, dans la mesure où elle paraît s'imposer, relèverait alors simultanément de la dépendance par axiomatisation.

Ainsi se trouve justifiée, quant aux domaines A (domaines matériels) et D (épistémologie dérivée), la dépendance des disciplines logiques par rapport aux disciplines psychosociologiques, ce qui vérifie par cela même le caractère cyclique du système des sciences. Pour ce qui est, d'autre part, des domaines B et C , c'est-à-dire du corps même des axiomatisations logistiques y compris la formalisation de leurs fondements, ils tendent à l'indépendance complète, puisque toute axiomatisation procède selon un ordre linéaire, mais cette indépendance ne saurait précisément être intégrale si le domaine D ne peut être séparé de façon absolue du domaine C ni celui-ci des théories B . Il n'est donc pas exagéré de considérer la logique comme une axiomatisation des structures opératoires du sujet, ce qui revient simplement à dire que, malgré l'épistémologie positiviste, il n'existe pas de « logique sans sujet ».

RELATIONS ENTRE LES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PSYCHO-SOCIOLOGIQUES

Nous pouvons être brefs sur ces relations, puisque les mathématiques et la logique se trouvent en interdépendance étroite et que tout ce qui précède s'applique donc également ici. Nous ne reprendrons donc pas, domaines par domaines (A à D), l'examen de ces relations généralisées. Il importe cependant de rappeler que le parallélisme entre les problèmes axiomatiques de structures abstraites et les problèmes génétiques de structures opératoires (sur lequel nous fondons notre hypothèse que la logique, et l'on peut donc aller jusqu'à dire les sciences logico-mathématiques, constituent une

axiomatisation des structures de la pensée) se retrouve d'une manière particulièrement frappante lorsque l'on examine les différentes branches des mathématiques.

Au premier abord, on pourrait supposer que, si les sciences logico-mathématiques dérivent, en leurs points de départ, d'une abstraction réfléchissante ou d'une axiomatisation à partir des structures opératoires du sujet, alors chaque nouveau chapitre élémentaire (d'un côté la logique, de l'autre l'arithmétique, ou la géométrie métrique, ou la géométrie projective, ou l'algèbre, etc.) va donner lieu pour sa part à une abstraction nouvelle et distincte, d'où résulterait une multiplicité de filiations selon les diverses catégories d'activités mentales que l'on pourrait invoquer. Or, c'est bien dans une telle perspective que se sont placés ceux des mathématiciens qui admettaient (en opposition avec les logiciens formalistes) de pouvoir faire appel à la psychologie. Par exemple chacun invoquait au XIX^e siècle les « nombres naturels » comme source de l'arithmétique et H. Poincaré encore fait l'hypothèse d'une intuition primitive du $n + 1$, qui serait irréductible à la logique. Chacun croit pouvoir reconnaître sous une forme distincte une intuition de la métrique euclidienne et Enriques l'interprète en fonction des perceptions tactilo-kinésthésiques, pendant que Poincaré explique le caractère *a priori*, selon lui, du groupe des déplacements par les conditions préalables de toute organisation sensori-motrice. Enriques fait dériver des perceptions visuelles la géométrie projective. Etc.

Sans relation avec ces tendances psychologisantes, nous voyons au contraire les mathématiques abstraites s'orienter dans les deux directions complémentaires d'une liaison avec la logique et d'une subordination des chapitres traditionnels particuliers de la mathématique à des structures très générales qui abolissent les cloisons et compartimentages pour dégager les mécanismes communs indépendamment de l'intuition.

Or, le fait remarquable sur lequel nous avons pu insister (pp. 412-417 et p. 419) est que la construction génétique est plus conforme à ce dernier tableau (avec bien entendu les réductions d'échelle et de généralité qui s'imposent) qu'aux interprétations intuitionnistes, et cela précisément parce qu'elle est une construction structurale

continue tandis que l'intuitionnisme fait appel à divers produits tout élaborés, donnés dans la conscience et sans liaison entre eux (exception faite pour l'hypothèse du groupe des déplacements sensori-moteurs de Poincaré, qui reste entièrement valable, une fois corrigée son interprétation aprioriste dans le sens d'une élaboration progressive).

En ce qui concerne le nombre, par exemple, il existe certes une arithmétique naturelle portant sur le début de la série des entiers, mais nous avons vu (pp. 405 à 412) qu'il ne s'agissait pas là d'une intuition primitive et irréductible du $n + 1$: il s'agit au contraire d'une construction structurale dont tous les éléments sont logiques (classes et relations asymétriques transitives) mais combinés entre eux selon une synthèse nouvelle et formellement axiomatisable.

En ce qui concerne la mesure (voir à la p. 412), elle ne résulte pas sans plus d'un affinement des perceptions tactilo-kinésthésiques, mais résulte d'une structure opératoire isomorphe à celle du nombre : synthèse entre la partition (isomorphe à l'inclusion des classes, mais portant sur des parties voisines et continues) et du déplacement (en tant qu'opération qualitative modifiant l'ordre des positions et portant donc sur des relations asymétriques transitives).

En ce qui concerne les diverses variétés d'espace (pp. 417-422), l'ordre génétique n'est point conforme à l'ordre historique (géométrie euclidienne d'abord, puis projective puis seulement topologique) mais au contraire à l'ordre théorique : c'est d'intuitions puis d'opérations topologiques élémentaires que procèdent parallèlement une métrique euclidienne et une organisation projective, (celle-ci irréductible à la seule perception et comportant des opérations de coordination des points de vue : réciprocity, etc.), avec entre les deux constructions d'affinités et de similitudes.

Mais ce qui est frappant en ces constructions spatiales spontanées (c'est-à-dire antérieures à tout enseignement) est que, au lieu de donner lieu à un ensemble de genèses séparées les unes des autres et surtout séparées de celle du nombre, d'un côté, et des structures logiques, de l'autre, elles procèdent au contraire toutes d'un même mouvement d'ensemble qualitatif et logique : chaque

opération spatiale élémentaire n'est qu'une opération « logique » de classes ou de relations, mais qui, au lieu de porter sur des ensembles discontinus quelconques, fonctionne selon les voisinages et la continuité. Il y a donc unité structurale remarquable des constructions génétiques logico-mathématiques, et comme nous l'avons vu (pp. 414-417), il est même possible de retrouver, au sein de ce système, les trois aspects distincts correspondant aux « structures mères » bourbakiistes : structures algébriques, structures d'ordre et structures topologiques.

En bref, supposer que les disciplines logico-mathématiques procèdent d'une axiomatisation des structures naturelles, exprimant elles-mêmes les coordinations des actions et opérations du sujet agissant sur les objets, ne consiste pas à se contenter d'une déclaration de principe vide de tout contenu : il est d'ores et déjà possible d'établir des correspondances structurales assez poussées entre les processus génétiques conduisant à ces structures naturelles et les démarches théoriques qui, procédant par abstraction réfléchissante et axiomatisation, débouchent précisément sur les mathématiques pures ou abstraites sans passer par le détour d'intuitionnismes divers, plus proches peut-être de la conscience du sujet, mais inaptes à rendre compte des mécanismes génétiques réels.

RELATIONS ENTRE LES SCIENCES LOGICO-MATHÉMATIQUES ET LES SCIENCES PHYSIQUES

Toutes les classifications des sciences sauf celle de Kedroff placent les mathématiques en tête de leurs séries et avant la physique, parce que les mathématiques ne recourent pas à la physique pour vérifier leurs démonstrations tandis que la physique utilise les mathématiques pour structurer son propre domaine. Même Spencer, qui croit, comme empiriste, que les êtres mathématiques sont tirés par abstraction des êtres physiques, respecte cet ordre parce que les mathématiques, étant totalement « abstraites » de ces derniers (par opposition à la physique, qui est « abstraite-concrète »), peuvent fonctionner

par leurs propres moyens sans s'appuyer sur la physique. Pour Kedroff, au contraire, la classification doit observer un « principe d'objectivité » c'est-à-dire porter sur ce que nous appelons des « domaines matériels » *A*, et, comme pour lui les êtres mathématiques sont également abstraits des êtres physiques, il place la mathématique après la physique, entre les sciences naturelles et les sciences philosophiques (logique et épistémologie). Mais « plus près » des premières.

Mais, à examiner le texte de Kedroff, on voit surgir un curieux problème. Cet épistémologiste distingue en effet deux principes de classement qu'il croit convergents : « objectivité » et « subordination ou développement ». Or dans le cas des relations entre les mathématiques et la physique, ou bien les deux principes ne convergent pas, ou bien il faut renoncer à tirer l'être mathématique de l'objet physique. En effet, (1) pour ce qui est de la subordination, les mathématiciens ne recourent pas aux physiciens pour leurs démonstrations, et (2) pour ce qui est du développement, les mathématiques comme science sont nées quelques bons siècles avant la physique expérimentale. Il reste alors à expliquer (3) comment le domaine mathématique peut être tiré du domaine physique.

Ces remarques préalables soulignent une fois de plus, nous semble-t-il, la nécessité de distinguer les domaines *A — D*; du point de vue « matériel » *A*, Kedroff peut soutenir l'antériorité de la physique, et la retrouver dans son « épistémologie dérivée » *D*, tandis que ces suppositions n'auraient pas de sens en ce qui concerne les domaines « conceptuels » *B* ni « épistémologiques internes » *C*.

Cela dit, procédons à l'examen des relations entre sciences mathématiques et physiques du point de vue de ces quatre domaines séparément.

A. — Pour ce qui est des « domaines matériels » *A*, il semble que, en première approximation, les êtres logico-mathématiques et les êtres physiques procèdent de deux origines distinctes. Tous deux se constituent en fonction des actions du sujet sur l'objet, cela reste entendu, et il convient d'insister une fois de plus sur cette position réaliste fondamentale en science, car,

avant qu'il y eût des mathématiques « pures » une mathématique naturelle permettait déjà de dénombrer et de mesurer des objets. Mais la connaissance physique est tirée par abstraction à partir des objets eux-mêmes, par l'intermédiaire d'actions spécialisées et différenciées en fonction de ces objets : peser, pousser, lancer, etc. Par contre la connaissance logico-mathématique est, comme on l'a vu, obtenue par abstraction à partir des actions exercées sur ces objets, ce qui ne revient pas au même, et plus précisément à partir des coordinations générales de ces actions : c'est ainsi que les actions d'ordonner les objets, les réunir ou les dissocier, les mettre en correspondance, etc., présentent dès le départ un aspect logico-mathématique, par ce qu'en toute action il existe déjà des coordinations comportant un ordre des mouvements, des réunions, correspondances, etc. Cela ne signifie pas que ces liaisons logico-mathématiques proviennent du « sujet pensant » car les actions mathématisent le réel bien avant la pensée et dès leurs racines biologiques, mais cela signifie que, si toute connaissance débute par une interaction indissociable entre le sujet et les objets au sein des actions, il y a bipolarité dans les formes possibles d'abstractions à partir de cette interdépendance initiale.

Mais, en seconde approximation, il y a dépendance de la connaissance physique par rapport à la connaissance logico-mathématique sans que la réciproque soit vraie. Toute connaissance physique, quoique tirée de l'expérience des objets, est, en effet, relative à un cadre logico-mathématique, pour les deux raisons fondamentales suivantes. Sur le terrain de la pensée, tout contenu a une forme, et celle-ci est logico-mathématique (relations, etc.); et sur le terrain de l'action déjà, toute action différenciée en fonction des objets comporte des coordinations, dont les structures générales sont logico-mathématiques. Par contre, la connaissance logico-mathématique ne repose pas sur des connaissances physiques. En son point de départ, elle implique certes la présence d'objets, mais il s'agit d'« objets quelconques » au sens de Gonseth : or, une « physique de l'objet quelconque » n'est, dans notre perspective, précisément plus une physique. Au cours de leur développement les sciences logico-mathématiques sont, d'autre part, (non

pas de façon contingente, mais en conséquence même de leur situation d'origine) susceptibles de se passer de toute référence à l'objet : à ce niveau on les dit alors « pures » en ce sens qu'elles ne s'accompagnent plus de connaissances physiques comme au niveau de l'action (sans en dépendre jamais); mais il n'y a pas de connaissances physiques pures, au sens où il ne s'agirait que d'un enregistrement immédiat de l'expérience sans passer par une forme logico-mathématique, car même la perception présente des « formes » qui comportent un schématisme logico-mathématique.

Il semble donc nécessaire de conclure que, du point de vue des « domaines matériels » *A*, il y a relation de dépendance entre les sciences physiques et les sciences logico-mathématiques sans que la réciproque soit vraie. Mais de quelle dépendance s'agit-il alors ? Les sciences physiques portant sur des questions de fait ou d'expérience, leur domaine relève donc de la causalité, tandis que les liaisons entre objets logico-mathématiques sont constituées par des implications au sens large : dire qu'un fait physique n'est jamais constaté que par l'intermédiaire d'un cadre logico-mathématique signifie ainsi au minimum qu'il y a mise en correspondance entre les éléments du système causal et ceux du système implicatif. Mais cette mise en correspondance est encore susceptible d'interprétations variées, s'étageant entre la simple traduction linguistique (« coordonner des symboles aux données immédiates » comme dit Ph. Frank au nom de l'empirisme logique) et l'assimilation proprement dite. C'est l'examen du domaine *B* qui doit permettre de décider.

B. — En ce qui concerne les « domaines conceptuels » *B* des sciences physiques et logico-mathématiques, deux sortes de données nous ont paru démontrer qu'il s'agit bien d'une assimilation progressive de celles-là à celles-ci.

Les premières sont les transformations progressives d'un fait physique quelconque, à partir des formes élémentaires de constatation, jusqu'au moment où il est incorporé dans des théories de plus en plus élaborées. Il est entièrement banal d'insister sur cette métamorphose du fait brut en fait physique, mais il est presque aussi

courant d'en sous-estimer la signification, puisque l'empirisme n'y voit qu'une accumulation de constatations de plus en plus fines, symbolisées de plus en plus finement. Or, la question est de savoir si la constatation est la même avant sa symbolisation ou si celle-ci transforme et souvent permet seule celle-là, auquel cas on ne saurait plus parler de simple traduction et c'est bien d'une assimilation qu'il s'agirait. Bornons-nous à titre d'exemple de rappeler trois niveaux de l'évolution de la notion de vitesse : (1) est plus rapide un mobile qui en dépasse un autre, la comparaison ne pouvant plus se faire s'il n'y a pas dépassement constaté ou anticipé (et en cas de perception de la vitesse d'un seul mobile, nous croyons avoir montré que le mécanisme de cette perception cinétique repose, lui aussi, sur des dépassements, l'un des deux mouvements comparés pouvant être celui de l'œil, etc.); (2) est plus rapide un mobile parcourant le même espace en moins de temps; etc., les cas « plus loin \times plus de temps » ou l'inverse restant indécidables; (3) vitesse = espace divisé par durée. Dans les trois cas on a affaire à des constatations, d'une part, et à leur expression logico-mathématique, d'autre part (relations ordinales pour 1, multiplication logique de relations qualitatives pour 2 et rapport métrique en 3). Mais dans le cas (1) les constatations possibles sont très limitées, en (2) elles s'étendent et en (3) elles sont généralisables à toutes les situations. Dira-t-on que les constatations étaient les mêmes aux trois niveaux, mais qu'elles n'ont simplement pas été interprétées identiquement, faute de langage logique ou mathématique équivalent ? Mais non, puisque si des mouvements étaient constatés, leurs vitesses ne l'étaient pas, et que, si le langage modifie l'interprétation, il est alors plus qu'un langage et constitue en fait un instrument de compréhension. En bref, l'appareil logico-mathématique transforme la compréhension et celle-ci transforme la constatation, ce qui nous paraît signifier qu'il y a assimilation du physique au logico-mathématique à toutes les étapes et non pas simplement symbolisation.

La seconde donnée à considérer est qu'il y a transition insensible de la physique expérimentale aux mathématiques par l'intermédiaire de la physique théorique et de la physique mathématique. Si la constatation du fait

est indissociable d'un minimum d'interprétation, donc de déduction, et si les faits en jeu sont suffisamment élaborés pour que le cadre logico-mathématique servant à les assimiler soit lui-même finement différencié, il est certes naturel que tout ensemble de constatations physiques suffisamment précises puisse se traduire en un système déductif fournissant un modèle abstrait et formalisable à des degrés divers, correspondant aux données expérimentales. Mais, dans le cas de la physique, il s'y ajoute d'abord ce fait très remarquable que bien souvent l'instrument principal servant à l'élaboration déductive des lois constatées a été élaboré par les mathématiciens bien avant d'être non seulement appliqué mais encore applicable aux données physiques, constituant ainsi comme un cadre tout préparé que les faits sont venus remplir après coup. Un premier exemple est celui de la géométrie euclidienne, qui n'était pas celle de la physique d'Aristote (dont l'espace n'est pas isotrope) et qui n'a servi d'instrument de structuration des lois du monde physique qu'avec Galilée et Newton. Un second exemple parallèle est celui de la géométrie riemannienne, née de pures généralisations théoriques et qui est devenue le cadre de la gravitation avec Einstein. La microphysique contemporaine a multiplié ces points de rencontre entre des opérateurs imaginés dans l'abstrait et un contenu expérimental découvert bien après.

Or, cette apparente harmonie préétablie entre certains cadres mathématiques et le contenu expérimental venant les remplir après coup (nous disons bien « apparente », car si les structures logico-mathématiques procèdent des coordinations générales de l'action, leurs racines sont à chercher jusque dans la morphogenèse biologique qui est elle-même en interaction avec l'univers physico-chimique) témoigne assurément d'une assimilation du physique au mathématique dans le sens indiqué à l'instant, et explique le processus historique, sur lequel S. Bachelard a insisté, dans *la Conscience de rationalité, étude phénoménologique sur la physique mathématique*, d'une dissociation entre la physique théorique, ne travaillant que dans l'attente d'une vérification expérimentale (p. 30) et la physique mathématique : celle-ci, tout en s'attachant à « des problèmes posés par le réel » (p. 31), n'en resterait pas moins une mathématique, car « déjà, dans son déve-

loppement historique, elle connaît la régularité propre à la pensée mathématique » (p. 30). Mais il faut ici distinguer deux questions, l'une de succession historique et l'autre d'interprétation. Dans l'ordre historique, il arrive bien, et même fréquemment, qu'un problème soit d'abord posé par le réel et qu'il donne lieu ensuite à une théorie purement mathématique. Seulement, faut-il interpréter la chose comme « un passage du fait à la norme » (p. 27) ainsi que le propose S. Bachelard ? Or, si le fait physique est, à tous les niveaux, assimilé à des structures (ou normes) logico-mathématiques, il est plus simple de penser qu'aux niveaux où l'assimilation est suffisamment poussée, le cadre assimilateur peut donner lieu à toutes les constructions déductives qu'il comportait en tant précisément que cadre mathématique, sans que les suggestions émanant de son contenu physique témoignent pour autant d'une filiation illégitime du fait à la norme. Telle serait donc la dernière phase de l'assimilation du physique au logico-mathématique : celle où le contenu physique et son cadre assimilateur évoluent concurremment parce que la correspondance est devenue complète.

C et D. — Pour ce qui est de leurs « domaines épistémologiques internes » C, les sciences physiques dépendent à nouveau des disciplines logico-mathématiques en leurs domaines C et même B. En effet, si l'épistémologie interne de la physique ne soulève que des problèmes spécifiques sur son propre terrain (raccorder les théories portant sur des champs distincts d'adéquation, comme la relativité et les quanta, réviser les notions fondamentales de déterminisme, de mesure, de grandeur physique, de corpuscule, d'observateur et d'« observable », de prévision, etc., dégager le rôle fondamental des structures [de « groupe », etc.] dans la formulation des théories, etc.), il reste encore que pour formaliser et même pour formuler ces problèmes un appareil logico-mathématique est constamment nécessaire, dont il s'agit tout à la fois de régler l'emploi et d'estimer la valeur.

D'autre part, ces problèmes d'épistémologie interne sont inséparables de questions d'« épistémologie dérivée » (domaine D), ce qui conduit d'un tel point de vue à concevoir des liens entre l'épistémologie physique et

les terrains où l'épistémologie logico-mathématique « dérivée » est inséparable de l'épistémologie « dérivée » de source psycho-sociologique. Dans une conférence intitulée « Considérations sur le débat actuel concernant la connaissance physique », J. L. Destouches qui, comme on sait, s'est fait une spécialité de l'étude « épithéorique » (au sens de Curry) des théories physiques, ou « physico-logique » (ce terme à lui seul est déjà significatif), s'exprime comme suit à propos des rapports entre les théories physiques et la réalité : « Je pourrais dire mot pour mot la phrase de M. Piaget : la connaissance exprime non les propriétés de l'objet mais les conditions de l'action portant sur son objet et des coordinations des actions entre elles » (*Actes du II^e Congrès international de l'Union internationale de Philosophie des Sciences*, Zurich, 1954, vol. I, *Exposés généraux*, p. 130). Or, il est intéressant de constater que Destouches utilise ainsi notre interprétation de la connaissance logico-mathématique (le mot est oublié dans sa citation !) et précisément pas de la connaissance expérimentale... Cet exemple n'en montre que mieux qu'en voulant faire une épistémologie générale de la théorie physique, on retrouve des problèmes analogues à ceux de l'épistémologie logico-mathématique dérivée, mais sur les points précisément où il y a connexion possible avec les actions du sujet.

RELATIONS ENTRE LES SCIENCES PHYSIQUES ET LES SCIENCES BIOLOGIQUES

C'est à partir des disciplines biologiques que la nécessité s'impose de distinguer les domaines épistémologiques internes (C) et dérivés (D) et que la réduction du plus complexe au plus simple cesse d'être à sens unique mais laisse entrevoir les débuts de la circularité.

A et B. — Du point de vue de leurs domaines matériels (A) et conceptuels (B), les disciplines biologiques dépendent naturellement des sciences physico-chimiques et logico-mathématiques, ce qui ne signifie pas (nous l'avons vu souvent) une réduction unilatérale du supérieur organisé à l'inférieur inorganisé, mais une réduction par interdépendance, c'est-à-dire enrichissant le

système inférieur de propriétés nouvelles dans la mesure où il parvient à rendre compte de celles du système supérieur (comme en témoigne la biophysique contemporaine).

C. — Quant à l'épistémologie interne (C) des sciences biologiques, il en va de même, mais avec deux possibilités nouvelles. La première est celle d'un court-circuitage pouvant relier directement les études épithéoriques du biologiste à des considérations logico-mathématiques. C'est ainsi que dans l'effort de L. von Bertalanffy pour constituer une « théorie générale des systèmes », il n'intervient pas seulement une mise en relation entre des systèmes biologiques et des systèmes physiques (par exemple une mise au point de la notion d'équilibre organique ou « état stable en un système ouvert », en liaison avec des considérations thermodynamiques), mais encore des tentatives de mathématisation directe des notions biologiques les plus générales, sans passer par l'intermédiaire de leurs substrats physiques : voir les équations de Rashevsky, etc. (d'ailleurs encore peu significatives). Il arrive, au reste, que les mathématiciens aillent de leur côté à la rencontre de tels essais, par exemple Volterra avec sa « mécanique héréditaire » (encore que celle-ci en demeure à un degré d'approximation si général qu'elle intéresse les faits physiques de dépendance temporelle plus que l'hérédité biologique), Fantappiè avec sa « théorie unitaire physico-biologique », etc.

La seconde possibilité, plus exploitée jusqu'ici, consiste en tentatives pour préciser la signification épistémologique interne de notions biologiques en cherchant les références, dans les domaines non pas inférieurs ou physico-chimiques, mais supérieurs ou psycho-sociologiques. On peut citer, par exemple, tout le finalisme de tant de biologistes, qui relève assurément du domaine épistémologique interne (C) de la biologie, et non pas de ses domaines matériel (A) ou conceptuel (B), puisque jamais la finalité n'intervient dans le corps même des lois ou des explications causales, mais qu'elle est invoquée à titre d'interprétation générale (et souvent aussi, pour combler les lacunes momentanées de l'explication causale, mais de nouveau à titre de critique épistémologique interne); or, il va de soi que la notion de finalité

est d'origine psycho-sociologique (domaine *B*) mais en tant qu'empruntée aux contenus de l'introspection ou des représentations collectives (domaine *A*). D'autres exemples, montrant également les dangers de cet appel aux domaines « supérieurs », pourraient être tirés de l'histoire des essais de localisations cérébrales qui ont été classiquement calqués sur les doctrines psychologiques du jour.

On ne saurait cependant juger de cette tendance à structurer des notions biologiques en s'inspirant de concepts psychologiques par ces tentatives non toujours réussies, sans doute parce que trop générales. Des exemples plus positifs sont à chercher dans les applications à des domaines biologiques ou mécanophysiologiques de structures plus limitées, tels des modèles de « Gestalts » utilisés en embryologie causale et surtout des modèles de comportements (y compris des modèles opératoires) dont les constructeurs de « machines » s'inspirent dans leurs réalisations cybernétiques (de la « tortue de Grey Walter, capable d'apprentissage, au « génétron » de Papert imitant le développement mental en ses paliers successifs d'équilibre).

Seulement ces derniers exemples soulèvent aussitôt la question suivante : les structures invoquées sont-elles purement psychologiques ou ne sont-elles pas utilisables sur les terrains biologiques et mécanophysiologiques dans la mesure seulement où il s'agit de structures suffisamment élaborées d'un point de vue, ou physique (les « Gestalts », sans doute d'ailleurs réductibles à des structures probabilistes), ou logico-mathématique (modèles probabilistes pour l'apprentissage et les paliers d'équilibre, et purement algébriques pour ce qui est des structures opératoires) ? Dans cette seconde perspective, les mises en relation apparentes entre la mise au point de concepts biologiques et les domaines d'ordre supérieur, entre autres psychologiques, se réduisent en fait, ou bien encore à des court-circuitages avec les domaines logico-mathématiques, ou bien à un nouveau type de liaison, que nous allons trouver sur le terrain épistémologique dérivé (*D*).

D. — En ce qui concerne ce « domaine épistémologique dérivé » (*D*) la nouveauté fondamentale des dis-

plines biologiques par rapport au terrain physico-chimique est que, portant sur l'organisation vivante, elles s'intéressent par cela même à l'ensemble des facteurs et conditions concernant la préparation de la connaissance et la formation du sujet connaissant : développement du système nerveux, de la motricité et de la sensibilité, etc., à la cérébralisation progressive de la série des vertébrés jusqu'à l'homme.

Or, même si les biologistes ne s'intéressaient en rien (ce qui est loin d'être toujours le cas) aux problèmes épistémologiques généraux, c'est-à-dire aux relations entre le sujet et les objets dans le mécanisme de la connaissance, tout ce qu'ils nous apprennent de la formation du sujet connaissant sur les terrains phylogénétique, génétique au sens strict (hérédité et variation) et embryogénétique, en particulier quant aux relations, encore si mystérieuses, entre la morphogenèse vitale et les actions du milieu, serait toujours davantage (et se trouve déjà de plus en plus) d'une importance capitale pour l'épistémologie. On pourrait tirer toute une théorie de la connaissance de ce simple fait que le système nerveux s'est différencié à partir de l'ectoderme et non pas du mésoderme ou de l'endoderme, sa fonction fondamentale étant de préparer les informations sur les objets et non pas sur les processus internes, et des informations liées aux déplacements par rapport aux objets et aux actions exercées sur eux, depuis les échanges alimentaires jusqu'aux actions les plus spécialisées à tous les niveaux du développement. On tirera bien plus encore des théories de l'évolution en général, lorsque son mécanisme cessera de demeurer aussi obscur, puisque les relations entre le sujet et les objets ne sont qu'un cas particulier des relations entre l'organisme et le milieu : or, sous l'angle de la variation héréditaire, ce sont justement ces relations générales dont nous ne savons encore que bien peu quoiqu'elles dominent toutes les interprétations, du préformisme intégral (équivalent biologique de l'apriorisme) au néo-lamarckisme le plus radical (équivalent biologique de l'empirisme).

Cela dit, si l'on appelle « domaine épistémologique dérivé » (*D*) l'ensemble des informations épistémologiques que l'on peut tirer des domaines *A*, *B* et *C* d'une science, il va alors de soi que la biologie comporte déjà

un large domaine *D*, et qu'il est bien distinct de son « domaine épistémologique interne *C* », puisque celui-ci est relatif à la connaissance du biologiste, tandis que le domaine *D* est relatif à celle du sujet en général, dont la biologie étudie la structure organique. Il est, d'autre part, bien clair que ce domaine *D* ne peut par contre être étudié avec fruit qu'en relation avec les sciences psycho-sociologiques, c'est-à-dire que, sur ce terrain *D* (mais sur ce terrain seulement, du moins pour l'instant), il existe une interdépendance nette entre les niveaux biologiques et psycho-sociologiques, dans le sens d'une interaction réellement réciproque. Or, comme il s'agit de connaissance, ou de la formation du sujet connaissant, cette interdépendance n'est pas seulement de la forme 2 (interdépendance entre systèmes d'ordre causal, envisagée précédemment à la page 1182) mais surtout de la forme 4, c'est-à-dire d'interdépendances entre systèmes dont l'un est causal et l'autre implicatif.

*RELATIONS ENTRE LES SCIENCES
PSYCHO-SOCIOLOGIQUES
ET LES SCIENCES BIOLOGIQUES*

Les situations sont à nouveau bien différentes selon que l'on envisage les domaines *A* à *D*.

A et *B*. — Les « domaines matériels » *A* de la psychologie, de la sociologie et des sciences humaines particulières constituent des cas particuliers du domaine matériel (*A*) des sciences biologiques, puisqu'il s'agit en tous ces cas des réactions d'êtres vivants (humains ou animaux en général, la sociologie animale faisant partie de la sociologie tandis que la discipline dite « phytosociologie » n'est qu'une étude des « associations » écologiques sans aucun rapport avec la vie de société). Par contre, si le « domaine conceptuel » *B* de la psychologie est encore étroitement lié à celui de la biologie, ceux des sciences sociales s'en éloignent de plus en plus parce que les sociétés humaines ne dépendent que peu des transmissions internes ou héréditaires entre les organismes et reposent essentiellement sur des transmissions externes

(éducatives, linguistiques, contraintes sociales, etc.) présentant leurs lois propres.

Rappelons donc surtout la situation de la psychologie, dont l'une des tendances essentielles est la réduction des faits de comportements à des lois neuro-physiologiques, réduction aboutissant aux explications dites « organicistes ». Il est exact que, dans la plupart des cas, cette réduction n'est encore que très partielle et que, dans de nombreuses situations (qui sont les plus importantes pour nous, comme celle des opérations intellectuelles) elle est à peine amorcée du point de vue proprement neurologique et doit se satisfaire de réductions mécano-physiologiques. Mais la tendance organiciste n'en est pas moins générale et n'en présente pas moins un caractère de nécessité reconnue par chacun. Quant à l'obstacle à ce réductionnisme que constitue l'existence de la conscience, il est levé de deux manières : d'abord en constatant que la conscience n'intéresse qu'un aspect partiel des « conduites », objet plus général de la psychologie; ensuite en admettant un principe de parallélisme ou isomorphisme permettant la mise en correspondance des séries de faits de conscience à des séries causales ou physiologiques.

C. — Mais cette réduction du psychologique au physiologique est loin d'être simple et ne consiste pas seulement en une réduction du supérieur à l'inférieur au sens de la relation 1 (p. 1182). Il y a à cela trois raisons principales. La première est que, si l'on se place au point de vue du « domaine épistémologique interne » *C* de la psychologie (lequel comporte avant tout la mise au point de ce que sont les « explications » en psychologie), le « parallélisme » entre les faits de conscience et les séquences physiologiques équivaut (on l'a vu plus haut) à un isomorphisme entre structures implicatrices et structures causales, ce qui confère aux faits de conscience une spécificité indéniable (implications au sens large entre significations noétiques ou entre valeurs de nature affective) et une spécificité intéressant directement les domaines matériels (*A*) logico-mathématiques. La seconde raison est que la tendance organiciste des psychologues se double de plus en plus (notamment aux U.S.A., l'une des patries de l'empirisme psychologique)

d'un recours aux modèles abstraits, empruntés à la théorie des probabilités en général, aux théories de l'information et des « jeux » ou de la décision, à l'algèbre générale (et à ses relations avec la topologie, la théorie des graphes, etc.) et à la logique proprement dite ; or ces « modèles abstraits » constituent des systèmes implicatifs et on peut les considérer à juste titre comme complétant, sous une forme scientifique et sous une forme intéressante le comportement dans son ensemble, les systèmes implicatifs « naïfs » et limités qui s'élaborent sur le terrain de la conscience. La troisième raison est enfin que la neurologie elle-même présente actuellement la même tendance à recourir à des modèles abstraits, tendance discrète (mais néanmoins réelle) sur le terrain de la neurologie effective ou physiologique, et tendance irrésistible sur le terrain de la mécanophysiologie ou des modèles cybernétiques du comportement nerveux. Il va donc de soi que, dans la mesure où la neurologie deviendra « exacte », elle se structurera de façon toujours plus logico-mathématique.

En ce qui concerne la réduction des explications psychologiques à des explications neurologiques, loin de constituer une réduction simple ou unilatérale, elle s'oriente donc dans la direction d'une interaction complexe entre le psycho-physiologique, d'une part, et le logico-mathématique, d'autre part, avec court-circuitages continus, mais aussi possibilité d'un passage par l'intermédiaire de la physique.

D. — La circularité devient alors évidente en ce sens que le problème suivant se pose nécessairement : ces court-circuitages du psycho-physiologique b au logico-mathématique a sont-ils à considérer comme des réductions de ce niveau « supérieur » b à ce niveau « inférieur » a (les termes de supérieur et inférieur étant alors relatifs à une série linéaire des sciences, comme dans la classification d'A. Comte), ou au contraire comme des réductions d'un autre terme supérieur a , logico-mathématique, à un autre inférieur b , psycho-physiologique ? Notre réponse est évidemment que les deux interprétations sont vraies l'une et l'autre, selon que l'on se place au point de vue des « domaines épistémologiques internes » (C) de la psychologie et de la biolo-

gie, ou à celui de leurs « domaines épistémologiques dérivés » (D), ce qui vérifie une fois de plus la nécessité de distinguer sur ces terrains (mais non pas sur les terrains mathématiques et physiques) les domaines C et D .

Du point de vue de l'épistémologie interne C , c'est-à-dire en se référant aux modes de connaissance du biologiste ou du psychologue comme tels, il va de soi que le recours aux modèles abstraits consiste à s'appuyer sur les connaissances logico-mathématiques : et par conséquent la réduction se fait dans le premier sens (de b à a). Mais, en appliquant ces modèles abstraits au système nerveux ou aux comportements du sujet, le biologiste ou le psychologue confèrent à celui-ci ou plus précisément découvrent dans celui-ci (c'est-à-dire les lui « confèrent » objectivement et non pas par projection subjective) des propriétés plus ou moins isomorphes ou correspondantes à celles des modèles utilisés : quand McCulloch et Pitts se servent des opérateurs ou foncteurs de la logique des propositions pour décrire les différentes formes de connexions neuroniques, ils attribuent à ces connexions une structure d'algèbre de Boole (et parlent même, pour forcer l'imagination des « idées immanentes » au système nerveux !); quand Tanner interprète les seuils perceptifs au moyen de la théorie mathématique des jeux ou de la décision, il attribue à la perception même (et cette vue s'est révélée fort féconde) une capacité de décision; et quand nous avons essayé nous-même d'élaborer une théorie des « groupements » de classes et de relations aboutissant à un « groupe » interpropositionnel de quatre transformations, ce n'était pas (ou pas seulement) pour mieux structurer notre propre connaissance de sujet-psychologue : c'était essentiellement pour comprendre les structures inhérentes à la pensée des sujets étudiés, c'est-à-dire des enfants et adolescents aux divers niveaux de leur développement opératoire. Il en résulte alors que, découvrant des structures réelles (grâce à leurs modèles « abstraits ») dans le système nerveux ou la pensée des sujets quelconques (et non plus des sujets biologistes ou psychologues), l'explication par modèles abstraits relève par cela même du « domaine épistémologique dérivé » D et non plus de l'épistémologie interne C : en ce cas la réduction se fait dans le sens $b \rightarrow a$ (et non plus $a \rightarrow b$), c'est-à-dire

qu'elle contribue à expliquer des structures logico-mathématiques *a* (sous leur perspective *A* ou *D* et non pas *B* ou *C*) à partir de structures psycho-physiologiques *b* et non plus l'inverse.

LE CERCLE DES SCIENCES —
LES COURTS-CIRCUITS
ET LES INTERACTIONS CROISÉES

En tenant compte des différents « domaines » *A* à *D* et des différents types de liaisons 1 à 6, nous aboutissons donc à un système cyclique, tel que si les quatre groupes fondamentaux de sciences se succèdent dans l'ordre I à IV pour ce qui est des « domaines conceptuels » *B* et des épistémologies internes » *C*, il y a au contraire circularité IV → I dès que l'on envisage aussi les « domaines matériels » *A* et les « épistémologies dérivées » *D*.

Mais avant de conclure, il reste à compléter ce tableau par l'introduction des « courts-circuits » dont nous avons déjà vu des exemples et des « interactions croisées » qu'il nous reste à caractériser.

Il y a « court-circuit » lorsqu'une relation de dépendance conforme à l'ordre hiérarchique I à IV (celui des domaines *B* et *C*), brûle une étape et relie directement III à I (ou IV à I ou à II) sans passer par les disciplines intermédiaires. C'est le cas banal où, par exemple, une théorie psycho-sociologique utilisera les mathématiques sans passer par la biologie, ni par la physique, etc.

Nous appellerons par contre interactions croisées le cas où il y a échange d'influences entre deux disciplines non contiguës dans un ordre quelconque. Rappelons, par exemple, que la théorie de l'information, primitivement destinée à interpréter les télécommunications et appliquée aujourd'hui sur une échelle assez large dans les disciplines psycho-sociologiques, s'appuie très directement sur des notions thermodynamiques (entropie, etc.). En les joignant à la théorie des jeux on obtient des schémas de gains et coûts d'information qui s'appliquent aux « stratégies » utilisées dans la solution des problèmes d'intelligence, etc. Or, ce complexe de notions, dont certains éléments (l'entropie d'information) sont bien tirés de la physique, mais dont d'autres ont une origine

essentiellement sociologique (la théorie des jeux est née d'une mathématisation des processus économiques par von Neumann et Morgenstern), a pu être adapté par action en retour à un problème purement physique : celui du fameux « démon de Maxwell » qui, en triant les molécules, s'opposait à l'accroissement de l'entropie et semblait ainsi faire échec aux principes thermodynamiques; si l'on fait intervenir le « coût » du triage, le processus redevient au contraire intelligible, comme l'avait déjà montré Szilard.

Un second exemple est celui des relations entre la vitesse et le temps. On sait qu'il a toujours existé un cercle vicieux à leur sujet du point de vue proprement physique, en ce sens que pour définir la vitesse on fait appel à la durée ($v = e : t$), mais que pour mesurer la durée on est obligé de recourir à des vitesses (astronomiques, chronométriques, etc.). D'autre part, en mécanique classique la vitesse apparaît comme un rapport entre deux termes mesurés absolument (*e* et *t*), tandis que dans la théorie de la relativité le temps est relatif et la vitesse de la lumière est absolue. Einstein, qui s'intéressait à tout, nous avait conseillé jadis (en 1928) d'étudier la formation psychologique de ces notions de temps et de vitesse, notamment pour établir s'il pouvait exister une intuition de la vitesse indépendante de la durée. C'est bien ce que nous avons trouvé (voir plus haut pp. 604 et 606). Bien avant d'acquérir une notion métrique de vitesse ($v = e : t$) l'enfant parvient à une notion purement ordinale qui suffit à ses besoins : est plus rapide celui de deux mobiles qui dépasse l'autre. Or la notion de dépassement ne fait appel qu'à l'ordre spatial et à l'ordre temporel, mais pas à la durée : *A* dépasse *B* si, à un moment antérieur, il était derrière *B* et à un moment ultérieur il se trouve devant lui, dans l'ordre de parcours. Cela dit, il est à noter que le résultat de cette recherche psychologique, suggérée par le créateur de la théorie de la relativité, est retournée à cette dernière sous la forme suivante. Un physicien et un mathématicien français, F. Abelé et Malvaux, cherchant à restructurer les notions de base de la physique relativiste, ont projeté notamment d'éviter le cercle du temps et de la vitesse. Se demandant alors comment cette notion se construit effectivement dans l'esprit (préoccupation psychogéné-

tique qui nous paraît un signe des temps dans le « domaine épistémologique interne » *C* de la physique) ils ont alors recouru aux travaux de psychologie de l'enfant sur ce sujet (souci de technicité bien plus rare que la préoccupation psychogénétique elle-même, que l'on satisfait trop souvent par des considérations simplement spéculatives). Ils ont donc utilisé nos résultats sur la formation ordinaire de la notion de vitesse et ont généralisé cette conception par l'adjonction d'une loi logarithmique et d'un groupe abélien permettant à eux deux l'addition des vitesses, et ont retrouvé, en partant de loi, le groupe de Lorentz et les notions nécessaires à leur reconstruction.

On relève une référence analogue aux données de la psychologie de l'enfant dans l'ouvrage récent de D. Bohm sur la relativité.

Ces seconds cas constituent donc un exemple d'interaction croisée entre la physique et la psychologie.

CONCLUSIONS

Au total, si l'on distingue les niveaux *A* à *D* communs à toutes les grandes disciplines, le système des sciences présente une forme circulaire aux niveaux *A* et *D* (sans reparler des courts-circuitages ni des interactions croisées) et une forme linéaire aux niveaux *B* et *C*. Il convient donc, pour conclure, de chercher à rendre compte de ces deux sortes de caractères.

I. — La raison de la circularité des niveaux *A* et *D* est que le sujet ne connaît les objets que par l'intermédiaire de ses propres actions et ne se connaît lui-même que dans la mesure où il est affecté par les objets (ou les autres sujets, mais en tant également qu'extérieurs à lui). La connaissance ne procédant donc jamais de l'objet seul, selon un schéma empiriste, ni du sujet seul, selon un schéma aprioriste, mais de l'interaction entre des objets et un sujet indissociables aux points de départ, deux grandes constructions sont ainsi nécessaires pour sortir de cette indissociation initiale : l'une orientée vers la conquête de l'objectivité et l'autre vers l'élaboration des instruments de l'interprétation. La première de ces constructions vise la connaissance des objets en

purifiant l'expérience de ses innombrables adhérences subjectives par un effort continu de décentration : l'objectivité s'obtient ainsi par la constitution de liaisons causales décentrées eu égard au sujet, avec ce qu'elles comportent de structuration spatio-temporelle et d'élaboration d'invariants.

La seconde construction d'ensemble consiste à tirer des coordinations générales de l'action des instruments de déduction toujours mieux épurés par rapport aux actions immédiates du sujet : la déduction formelle ou logico-mathématique s'obtient ainsi par l'élaboration de systèmes implicatifs fondés sur une formalisation des structures opératoires dérivées de l'action, mais en s'éloignant toujours plus des implications « naïves » liées à la conscience immédiate qu'en peut prendre le sujet. Or, il se trouve que ces deux grands mouvements de construction et de décentration, l'un de direction objectivante et l'autre formalisante, demeurent en réalité solidaires, de par leur origine commune, au point de donner lieu à tous les niveaux à une apparente harmonie préétablie entre les données de l'expérience et les formes de la déduction. D'une part, en effet, les liaisons causales fournissant les caractéristiques de l'objet ne sont atteintes que par une mathématisation du réel, comportant une mise en correspondance des séquences objectives ou causales et des séquences implicatives. D'autre part, la réussite de la déduction ne saurait s'expliquer sans recourir au fait que les structures implicatives ou déductives dérivent des coordinations générales des actions du sujet sur les objets, ces actions du sujet sur les objets constituant elles-mêmes la résultante causale d'une histoire biologique ininterrompue : celle des relations entre l'organisme et son milieu ou de la communauté de nature entre l'organisation vivante et les réalités physico-chimiques au niveau biophysique. C'est cette circularité du sujet et de l'objet, issue de la circularité de l'organisme et du milieu et source de la circularité de l'implication et de la causalité, qui rend compte de la forme circulaire du système des sciences.

II. — En effet, les sciences physiques tendent à assimiler les réalités matérielles aux cadres logico-mathématiques en dehors desquels la lecture même de l'expé-

rience est impossible, ce qui constitue donc une « mise en correspondance des systèmes d'ordre causal avec des systèmes de nature implicative » et revient ainsi à traduire les transformations matérielles en termes de transformations opératoires. Pendant ce temps les sciences biologiques tendent à réduire les processus vitaux à des processus physico-chimiques plus généraux : il y a ainsi soit réduction unilatérale soit réduction par interdépendance de systèmes de nature causale (processus 1 et 2). Mais, par le fait même (ou parfois avec court-circuit plus direct), s'esquisse une tendance à l'assimilation des réalités biologiques à des cadres logico-mathématiques, à la manière dont procède la physique elle-même. De leur côté les sciences psycho-sociologiques se livrent à trois sortes de réductions d'apparence indépendantes et en fait corrélatives : réduction causale (mêmes processus 1 et 2) à des mécanismes biologiques de certains processus inhérents aux comportements élémentaires; réduction par mise en isomorphisme des systèmes implicatifs de la conscience à des systèmes de nature causale neurologiques ou mécanophysiologiques (processus 4); enfin réduction directe de structures opératoires mentales ou de structures sociales à des structures implicatives logico-mathématiques.

III. — L'ensemble des réductions précédentes sont ainsi orientées, sous des formes diverses, vers l'assimilation directe ou indirecte des réalités expérimentales (de la mécanique céleste aux données psychosociologiques) à des schèmes logico-mathématiques. Mais ceux-ci ne constituent pas eux-mêmes l'expression d'un commencement absolu, car, pendant que s'effectuent les assimilations précédentes, les disciplines psychosociologiques expliquent, d'autre part, comment les structures logico-mathématiques « naturelles » procèdent des coordinations des actions du sujet (au sens le plus large y compris les syntaxes et sémantiques verbales) et comment la connaissance logico-mathématique devient possible à partir de ces structures, par « abstraction réfléchissante » et axiomatisation (processus 5 et 6). Ces derniers processus rendent alors compte de la manière dont les systèmes implicatifs sont construits par la pensée consciente en s'appuyant sur les structures causales de

la coordination des actions, pendant que les assimilations décrites tendent à réduire les systèmes de nature causale à des systèmes implicatifs.

IV. — Mais, si la circularité des niveaux *A* et *D* est ainsi imposée par la nature même des relations entre le sujet et les objets, ou entre l'implication noétique et la causalité matérielle, il reste à comprendre la structure d'ordre linéaire des niveaux *B* et *C*. Or, toute la différence entre l'ordre circulaire des niveaux *A* et *D* et l'ordre linéaire des deux autres tient à l'opposition entre les réalités données et la formalisation. Les « domaines matériels » *A* des disciplines scientifiques comportent une situation circulaire du fait que ces domaines étant ceux des objets mêmes sur lesquels portent ces disciplines, l'interdépendance du sujet et de l'objet impose à ces réalités cet ordre cyclique. Les « domaines épistémologiques dérivés » *D* concernant, d'autre part, les problèmes épistémologiques généraux que soulèvent les sciences, et ceux-ci se rapportant tous en définitive aux relations entre le sujet et les objets, on retrouve par conséquent nécessairement la même situation circulaire à ce niveau *D*. Par contre, les « domaines conceptuels » *B* des différentes sciences et ces théories sont, à des degrés divers, solidaires d'un processus de formalisation ou d'élaboration déductive. Or, le propre de la déduction et surtout de sa forme affinée qu'est la formalisation, est précisément de mettre un terme à l'analyse régressive, par le procédé consistant à rompre les attaches avec les réalités qu'il doit élaborer, et choisir par voie de décision un point de départ considéré arbitrairement comme absolu pour la théorie considérée : l'axiomatisation est ainsi linéaire par sa méthode même. Mais ce n'est là qu'une méthode, c'est-à-dire que le compartimentage qu'elle introduit est précisément « introduit » par nécessité méthodologique et non pas en vertu des réalités ainsi formalisées. Dès le moment, par contre, où l'on cherche à « fonder » une telle formalisation, l'analyse régressive reprend ses droits et réaffirme ses exigences, de telle sorte que du niveau *C* on passe insensiblement au niveau *D* (au-delà des limites de la formalisation), ce qui fait réapparaître la situation circulaire.

Mais un tel cercle n'a rien de vicieux puisqu'il ne se

ferme jamais et qu'à le parcourir on augmente à chaque tour le niveau des connaissances : le processus effectif est donc celui d'une montée en spirale ou, si l'on préfère, d'une marche dialectique, telle que chaque nouvel échange entre le sujet et l'objet ouvre la perspective d'un nouveau progrès possible soit dans la conquête du réel soit dans l'affinement des instruments déductifs.

Jean PIAGET.

BIBLIOGRAPHIE

A. M. AMPÈRE, *Essai sur la philosophie des sciences*, Mallet-Bachelier, Paris, 1834-1843.

A. A. COURNOT, *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique*, Hachette, Paris, 1851.

B. KEDROFF, *La Classification des sciences*, dans *Actes du II^e Congrès de philosophie scientifique*, Zurich, 1954.

A. NAVILLE, *Classification des sciences*, 3^e éd., Alcan, Paris, 1920.

J. PIAGET, *Les Deux Directions de la pensée scientifique*, dans « *Archives des Sciences physiques et naturelles* », vol. 11, pp. 145-162, Genève, 1929.

J. PIAGET, *Introduction à l'épistémologie génétique*, t. III, *la Pensée biologique*, P.U.F., 1950.

A. REYMOND, *Philosophie spiritualiste*, 2 vol., Vrin, Paris, 1942.

LES COURANTS DE L'ÉPISTÉMOLOGIE SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE

Le chapitre précédent nous a permis de constater que, en fonction même des différences qui caractérisent les multiples formes de la connaissance scientifique, il existe un système des sciences, dont l'unité est attestée par la forme circulaire qu'il présente lorsque l'on cherche à structurer la classification des diverses disciplines. Le moment est venu de chercher au contraire à dégager les tendances communes aux épistémologies de ces disciplines variées.

À nous référer aux différents niveaux ou « domaines » que nous avons distingués au chapitre précédent à l'intérieur de chaque science, nous n'avons donc plus à traiter ici des « domaines matériels » *A* ni des « domaines conceptuels » *B* des sciences, c'est-à-dire du corps même de ces disciplines envisagées en leurs objets et en leurs théories, mais exclusivement des « domaines épistémologiques internes » *C* et « dérivés » *D*. Rappelons que l'« épistémologie interne » *C* d'une science consiste à faire l'examen critique de ses propres méthodes et de ses propres fondements, tandis que son « épistémologie dérivée » *D* consiste à étudier les conditions rendant possible cette science, ce qui conduit à la mettre en relation avec les autres disciplines et à soulever les questions épistémologiques générales des apports du sujet et des objets dans le mécanisme des connaissances.

Cela dit, les buts de ce chapitre de conclusion sont de chercher tout d'abord s'il existe des tendances communes aux épistémologies internes des différentes sciences, malgré leur diversité, et de dégager ensuite les grands courants se manifestant au sein des épistémologies dérivées, donc dans l'épistémologie des sciences en général.