

**PSYCHOGENESE DE L'INTELLIGENCE ET HISTOIRE
DES SCIENCES : QUELQUES CONSIDERATIONS
CONCERNANT LEUR MODELISATION¹**

Edgar Ascher
Université de Genève

Depuis quelque temps, les philosophes ou théoriciens des sciences commencent à prendre au sérieux les travaux métahistoriques de Kuhn et ne s'en servent plus comme simple repoussoir. Le mérite en revient à Sneed (1971), dont la formalisation de la structure de la partie mathématique de théories mathématicophysiques permet aussi la formalisation de certains aspects du développement des sciences tel qu'il est vu par Kuhn, et à Stegmüller, praticien de la philosophie analytique ouvert à d'autres courants de pensée².

Par cette formalisation, les résultats de Kuhn sont devenus plus digestibles pour certains. Et si certaines particularités du travail de Stegmüller peuvent étonner ceux qui n'ont jamais trouvé que les conclusions de Kuhn étaient indigestes, il ne faut pas oublier que Stegmüller essaie de convaincre des lecteurs qui étaient habitués de voir les choses du point de vue de la philosophie analytique.

Tout ce que Sneed dit au sujet de la théorie des sciences montre qu'il lui assigne des tâches beaucoup plus importantes que celles d'une simple "institution de contrôle de théories" chargée de veiller sur l'observation de certaines normes de scientificité ou de rationalité. Il semble plutôt que pour lui la théorie des sciences est une science empirique (elle étudie les sciences telles qu'elles sont et non pas telles qu'elles devraient être), qui, bien entendu, peut se servir avec profit de divers modèles formalisés, tout comme d'autres sciences empiriques.

Récemment, Fetz (1980) a comparé l'épistémologie génétique de Piaget avec la reformulation par Stegmüller (1973) de la formulation de Sneed. Nous voudrions ici prolonger et élargir le débat.

¹ Ce travail fait partie d'une recherche financée par le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique, subside No. 1.723-78.

² "Les représentants de différentes écoles de pensée ne s'écoutent plus. [...] Il ne doit pas nécessairement en être ainsi, puisque cela n'était pas toujours ainsi" (Stegmüller, 1977, p. 286).

Kuhn, Sneed et l'épistémologie génétique

Déjà en 1971, Sneed était conscient des relations de sa théorie avec celle de Kuhn. Il constate que, tout au moins en ce qui concerne la structure des théories de physique mathématique, sa reconstruction de leur structure permet de clarifier quelques principes centraux du point de vue "holistique" de Duhem et de Kuhn. "Ceci fournira quelques raisons de croire que le point de vue sur la structure logique qui est proposé ici est correct" (Sneed, 1971, p. 70). Dès le départ, Sneed a donc pris au sérieux la théorie de Kuhn et a considéré comme un argument en faveur de sa formalisation le fait que celle-ci permet de rendre compte d'aspects importants des théories holistes. Mais, dit-il plus loin, "... le point de vue concernant les théories de la physique mathématique qui est suggéré ici, peut être considéré simplement comme cas spécial de la théorie de Kuhn".

Sneed ne veut ni sauver la théorie de Kuhn par une formalisation, ni limiter la portée de la formalisation à ce genre d'entreprise. "Je ne prétends pas que toutes les théories empiriques raisonnables ou qui ont d'autres qualités *doivent* montrer les traits logiques décrits ici. Je ne prétends non plus [...] que les théories qui ont ces traits sont raisonnables" (Sneed, 1979, p. XXV).

L'importance exceptionnelle des travaux de Kuhn et de Sneed n'a pas échappé à Stegmüller. Sneed "a esquissé une reconstruction rationnelle *partielle* de la théorie de Kuhn. Stegmüller a fourni une reconstruction *partielle* beaucoup plus détaillée et perspicace de la même théorie". La citation est de Sneed (1977, p. 247), et le mot "partielle" est mis en relief par lui. Les reconstructions sont partielles parce qu'elles concernent seulement des produits de la science, les théories scientifiques (de la physique mathématique) en l'occurrence.

Tout comme une théorie — selon Sneed — ne consiste pas en une classe d'énoncés, mais peut être utilisée à les obtenir, le phénomène science ne se réduit pas non plus aux produits scientifiques (mais englobe aussi les instruments de production et de reproduction).

A côté de cette limitation évidente, il y a aussi le fait que les travaux de Sneed (et de Stegmüller avec son école) fournissent un formalisme assez riche pour permettre la formalisation d'autre chose que de théories scientifiques conformes au schéma kuhnien. On peut croire que même des structures épistémiques autres que des théories scientifiques seront partiellement (!) formalisables et aussi les multiples relations qu'il peut y avoir entre ces structures, et en particulier entre des structures qui se succèdent.

Telle nous semble être, pour l'essentiel, la relation entre la théorie de Kuhn concernant le développement des sciences et la théorie de

Sneed concernant la structure formelle de théories de physique mathématique.

Par rapport à l'épistémologie génétique, nous en tirons deux conséquences.

— Il convient de comparer l'épistémologie génétique et la théorie de Kuhn sans passer, dès le départ, par la formalisation partielle de Sneed/Stegmüller. Dans ce cadre, il faut aborder les questions de principe que pose une comparaison de la psychogenèse de l'intelligence avec le développement des sciences au cours de l'histoire.

— Il est intéressant d'examiner la possibilité de formaliser des structures cognitives, leur coexistence et leur succession par un formalisme à la Sneed, sans vouloir y retrouver d'emblée une similitude avec les processus que Kuhn utilise pour décrire ou reconstruire l'histoire des sciences.

Ce travail constitue une première orientation dans cette double perspective.

En ce qui concerne la formalisation, il convient d'être tout à fait explicite au sujet de ses avantages et de ses limitations. "Quelles que soient ses limitations (et je les considère comme sévères), la représentation formelle fournit une des techniques principales pour explorer et clarifier des idées" (Kuhn, 1977, p. 289). Il faut donc se garder de l'illusion qu'une formalisation de processus historiques et génétiques puisse résoudre tous les problèmes. Mais il faut aussi distinguer les problèmes d'une formalisation particulière et même de la formalisation en général des problèmes non-formalisés desquels on est parti.

Assimilation et accommodation

Krohn analyse le passage d'un schème cognitif à un autre (et non pas à une suite de ces schèmes) en termes d'assimilation et d'accommodation (Krohn, 1977³). Tout particulièrement, il utilise cette description pour clarifier les opinions divergentes que l'on rencontre au sujet de l'existence ou non-existence de la (première) révolution scientifique et de sa localisation temporelle (en cas d'existence). Les grandes lignes de ce développement peuvent être décrites par une suite assimi-

³ Peut-être les termes de "stade" et "passage entre stades" correspondent-ils mieux aux dimensions des phénomènes décrits. Mais cela n'a pas une grande importance, puisque (comme nous le verrons) des processus de même forme peuvent être à l'œuvre à des échelles très différentes.

tion-accommodation-assimilation. Voici, en gros, la construction de Krohn.

Dans une *première* phase équilibrée (qui va de 1250 à 1350) les schèmes cognitifs ont une stabilité relative par rapport aux expériences objectives. Mais même si au cours de ces expériences on élargit la classe des objets cognitifs que l'on peut assimiler, cela n'oblige pas le sujet connaissant à des accommodations structurellement nouvelles. Les anomalies que l'on rencontre sont traitées par des constructions ad hoc. Ces essais, pourtant remarquables en tous points, restent isolés et ne donnent pas lieu à de nouvelles structures cognitives. Un certain nombre d'historiens, à commencer par Duhem dès 1906 (voir Duhem, 1959), situent les changements décisifs dans l'histoire des sciences à cette époque. Pour eux, l'épisode de la Renaissance ne constitue qu'une interruption regrettable dans le développement continu de la science.

Il est vrai que les deux siècles allant de 1350 à 1550 sont pauvres en résultats scientifiques (et en accomplissements philosophiques). La seule exception est l'astronomie (ce qui mériterait d'être discuté à part). C'est que, selon Krohn, cette *deuxième* phase, celle de la Renaissance, est une phase d'accommodation. Dans une telle phase, les anomalies périphériques de la phase précédente deviennent des expériences centrales et provoquent une réadaptation du sujet de la connaissance. Une nouvelle attitude de l'homme par rapport à lui-même et par rapport à la nature se développe. L'homme se donne de nouvelles compétences. Cette restructuration cosmologique n'est pas un processus qui concerne seulement les sciences (telles que nous les comprenons aujourd'hui), mais elle comporte une transformation de la conscience scientifique qui culmine vers la fin de la Renaissance (deuxième moitié du 16^{ème} siècle) dans une "science nouvelle" (dont sortira, par un processus de différenciation et d'intégration sociale, la science moderne). Les énergies sont absorbées par ce processus de restructuration rendu nécessaire par la prise de conscience des perturbations, et les processus d'assimilation sont entravés. Il y a peu de manifestations scientifiques remarquables. Les événements se situent sur un autre plan, celui de la thématization de nouveaux rapports du sujet connaissant avec les objets de la connaissance. C'est pour cette raison que Burckhardt (1860) et ceux qui le suivent voient dans la Renaissance, non seulement une époque culminante de l'histoire culturelle, mais aussi la phase décisive dans la formation de la science moderne.

Le fait historique d'une éclosion scientifique au 17^{ème} siècle n'est mis en doute par personne. Mais, tandis que pour certains, cette éclosion n'est qu'une continuation du mouvement scientifique des 13^{ème} et 14^{ème} siècles, malencontreusement interrompu par les mégalomanies de la Renaissance, et que pour d'autres, précisément, ces

nouvelles attitudes cosmologiques de la Renaissance constituent le fait décisif, un dernier groupe de chercheurs (dont Koyré, 1939) considère l'éclosion elle-même comme la seule révolution fondamentale depuis l'invention du cosmos par les Grecs.

Pour Krohn, il ne s'agit que de la *troisième* phase d'un processus de passage d'un schème cognitif à un nouveau schème. Un niveau équilibré plus élevé a été atteint. A la suite de l'accommodation réussie de la deuxième phase, des expériences objectales, structurellement nouvelles, sont possibles et amènent des théories empiriques nouvelles.

Il semble donc, à première vue, que le recours à des notions empruntées à l'épistémologie génétique permette à Krohn de proclamer le match nul de cette partie à trois ; chaque partie attache de l'importance à une des phases inévitables d'un processus qui en comporte trois. En réalité cependant, cette reconstruction permet de montrer l'importance fondamentale des changements structuraux de la Renaissance, malgré le nombre restreint de résultats scientifiques.

L'esquisse précédente rend compte seulement d'un aspect, important il est vrai, du travail de Krohn. Elle passe sous silence, par exemple, son analyse détaillée du processus de restructuration pendant la Renaissance et son utilisation de la notion piagétienne de décentration.

D'autres aspects ne peuvent pas être discutés ici, dont celui de la succession ouverture-fermeture que l'on observe dans la période considérée. La phase d'accommodation et de restructuration de la pensée pendant la Renaissance est accompagnée d'une large ouverture sur de nouveaux possibles. Mais la "science nouvelle" qui en résulte et dont les ambitions dépassent largement celles de la science qui va lui succéder (essentiellement celle que nous connaissons aujourd'hui), n'aboutit pas à une stabilisation soit méthodologique soit sociale. Cette stabilisation s'opère au 17^{ème} siècle grâce à une fermeture de la science par rapport à de nombreuses possibilités désormais déclarées non scientifiques⁴. Cette fermeture va de pair avec une institutionnalisation du rôle social du scientifique (van den Daele, 1977). Dans son projet de statuts pour la Royal Society, Hook dit en 1663 : "L'objet et le but de la Royal Society sont d'améliorer par l'expérimentation la connaissance des choses naturelles et de tous les arts, procédés de fabrication, pratiques mécaniques, machines et inventions utiles (sans se mêler de théologie, métaphysique, morale, politique, grammaire ou logique)" (cité d'après van den Daele, 1977, p. 140).

On peut donc dire, en s'écartant légèrement de la description de Krohn, que le schème transitoire "science nouvelle" n'était pas stable,

⁴ J'ai parlé de cette fermeture dans la partie finale de mon exposé au 22^{ème} Symposium du Centre International d'épistémologie génétique, où j'ai aussi esquissé le modèle de Krohn. Voir également Ascher (1979).

qu'il se différencie obligatoirement et que l'intégration et la stabilisation des schèmes différenciés sont fournies par leur institutionnalisation. Cette intégration externe va de pair avec une coordination interne qui fixe les relations entre les différentes formes du savoir.

Quelle que soit la valeur de telles descriptions synthétiques, elles ne sauraient remplacer des études historiques détaillées. En ce qui concerne la description ci-dessus, il faut en tout cas prendre note du décalage horizontal considérable entre les deux groupes de sciences naturelles que distingue Kuhn (1975). Ces deux groupes sont les sciences classiques (et anciennes) : astronomie, statique (y compris l'hydrostatique), optique géométrique, mathématique et harmonie — et les sciences baconiennes (et nouvelles) : celles de l'électricité, de la chaleur, de la chimie, par exemple. Alors que les sciences classiques sont bouleversées dans le processus (à trois temps) de la révolution scientifique, les sciences baconiennes sont en gestation, naissent et font leur premiers pas.

Epistémologie génétique et histoire des sciences

Il s'agit maintenant de tirer quelques conséquences de ce qui précède.

Krohn prend les notions d'assimilation et d'accommodation qui ont un sens précis dans la psychologie génétique de Piaget et les utilise pour analyser des processus dans l'histoire des sciences. Est-ce que cela oblige, ou tout au moins permet, de conclure que les mêmes mécanismes sont à l'œuvre dans la genèse de l'intelligence (de l'intelligence scientifique, si l'on veut) du sujet (épistémique) d'une part et dans le développement de la pensée scientifique d'une culture (ou même de l'espèce humaine) d'autre part ? Faut-il croire à un isomorphisme (ou homomorphisme) entre ontogenèse et phylogenèse ? D'ailleurs, on ne saurait trop si l'ontogenèse récapitule, pour l'essentiel, la phylogenèse ou si elle la préfigure. Et — puisque "assimilation" et "accommodation" sont des notions prises à la biologie — ne faut-il pas aller plus loin et voir dans l'histoire des sciences un organisme qui se développe et qui meurt en suivant les lois biologiques — un peu à la manière de Spengler (1916) ? Je ne le pense pas⁵. Tout ce que l'on a mis en évidence en utilisant, avec succès, les notions d'assimilation et d'accommodation en biologie, en psychogenèse de l'intelligence et en histoire des sciences, c'est le fait que des processus importants dans ces trois domaines

⁵ Il ne s'agit pas ici du problème du prolongement des régulations organiques par les fonctions cognitives.

peuvent être décrits — judicieusement — d'une seule et même façon, que l'on y découvre les mêmes formes de processus, ou encore que certains phénomènes dans ces trois domaines peuvent être modélisés par le même type de modèle. Nous caractérisons plus loin ce type de modèle. Or, un modèle d'un phénomène n'est pas sa reproduction fidèle, mais une représentation dans laquelle on omet des entités et où on renonce à certaines distinctions. Les omissions et identifications sont dictées par l'intérêt spécifique (c'est-à-dire par des actions anticipées) que l'on porte au phénomène modélisé (Apostel 1961, Ascher 1973, 1975). Le fait de pouvoir utiliser le même modèle signifie seulement que d'un certain point de vue, les phénomènes considérés se ressemblent. Or, il faut aussi pouvoir changer de point de vue.

Pourquoi est-il peu satisfaisant de parler des mêmes mécanismes en psychogenèse de l'intelligence et en histoire des sciences ? Tout simplement, parce qu'une fois il s'agit du développement d'un sujet qui, après sa naissance, est biologiquement distingué de son environnement et le devient très vite aussi du point de vue épistémique et que l'autre fois, c'est une collectivité (productrice de science) qui se développe. Bien entendu, aussi bien le sujet que la collectivité ne sont pas des entités isolées ; mais elles sont plus ou moins nettement séparées de ce qui les entoure et capables de maintenir ou de renforcer cette séparation. Celui qui veut voir les mêmes mécanismes dans les deux cas, a alors *trois possibilités*. Chacune d'entre elles a son charme initial, parce qu'elle capte un aspect de la question, mais finalement ne mène pas très loin, parce qu'elle tente d'effacer une différence ineffaçable. En *premier lieu*, il y a la possibilité, déjà mentionnée, de traiter le sujet épistémique et le sujet de l'histoire des sciences comme un organisme, ou comme un système, si l'on veut être à la page. Mais alors, ou bien le système est un modèle (ayant certaines caractéristiques spécifiques) pour deux situations différentes, ou bien on retombe dans un organicisme malgré le jargon d'informatique que l'on utilise.

En *deuxième lieu*, on peut rendre semblables la psychogenèse de l'intelligence et l'histoire des sciences en négligeant complètement le caractère collectif de la science. Celle-ci serait alors le produit d'individus se succédant dans le temps. Cette histoire se réduirait alors entièrement à l'histoire des découvertes scientifiques (bien localisées dans le temps et l'espace). De ce fait, le développement qui en résulte peut être régi par les mêmes mécanismes que celui du sujet épistémique. Mais de ce point de vue, l'histoire des sciences se trouve vaporisée et devient invisible.

Au contraire, on pourrait, et c'est la *troisième possibilité*, considérer la psychogenèse de l'intelligence comme un processus essentiellement collectif, régi par des mécanismes qui agissent sur la collectivité et

dont une des conséquences serait de produire la même suite de stades de développement dans chaque membre de la collectivité, de sorte que l'on peut étudier ce développement, collectif par ses mécanismes, sur des individus qui représenteraient alors le sujet épistémique. Ce point de vue, qui nous semble tout à fait artificiel, ne pourrait être détaillé que grâce à une laborieuse traduction à partir de la position habituelle : le siège de la psychogenèse de l'intelligence est un sujet (en interaction avec d'autres sujets), le siège de l'histoire des sciences est une collectivité de sujets (en interaction avec d'autres collectivités). Les mécanismes à l'œuvre dans les deux cas sont donc différents. Malgré cela, les processus que l'on y observe peuvent avoir la même forme.

Tout ceci étant admis, le problème reste entier, à savoir par quels mécanismes — c'est-à-dire par quelles suites causales — des processus de même forme se réalisent dans des domaines aussi différents que la biologie, la psychogenèse et l'histoire des sciences. Le fait qu'à des échelles d'observation si différentes on puisse observer des processus de forme semblable n'a rien de choquant. Mandelbrot (1977) a étudié, en détail et avec l'appareil mathématique nécessaire, des systèmes dont la structure ne dépend pas de l'échelle d'observation ou de description (à l'intérieur d'un certain domaine d'échelles). Même à l'intérieur de la psychogenèse de l'intelligence on peut d'ailleurs trouver des similitudes formelles entre microgenèse et genèse, l'évolution des schèmes et la suite des stades. De la même façon on trouve dans l'histoire des sciences non seulement de grandes révolutions scientifiques mais aussi des micro-révolutions. Ces dernières sont à l'œuvre dans le "contexte de découverte" (qui — tout comme la psychologie — ne se réduit pas à l'anecdote) et dans le "contexte d'apprentissage". Une partie de la grande variété de sens que Masterman (1970) a trouvée pour le terme "paradigme" tel qu'il est utilisé par Kuhn (1962) est précisément dû au fait qu'il s'agit d'entités ayant une fonction semblable mais à différents niveaux de description.

Les processus indépendants de l'échelle sont du plus grand intérêt. Mais précisément cette indépendance d'échelle de la structure observée montre qu'elle n'est pas spécifique de l'une ou l'autre des échelles et que des mécanismes assez différents, et spécifiques, eux, des échelles respectives, peuvent être à l'œuvre pour réaliser la structure en question.

Autrement dit — puisqu'ici nous nous intéressons à des phénomènes de genèse et d'histoire — la même cinématique (la forme que prend la succession des étapes) peut être le résultat de dynamiques (de forces en jeu) assez diverses.

Quelle est maintenant la caractéristique essentielle d'un modèle, comme celui de Krohn, qui utilise les notions d'assimilation et d'accom-

modation ? A notre avis, le trait fondamental est celui d'un *modèle à deux composantes* : le comportement qui établit la relation avec le monde, et la structure opératoire à l'œuvre dans le comportement (il n'est pas nécessaire d'inclure 'le monde' comme troisième composante, puisque nous ne modélisons pas la structure du monde, mais la structure des modélisations du monde).

Le modèle que Sneed nous donne de la structure formelle de théories de la physique mathématique est aussi un modèle à deux composantes. Selon Sneed (1971, 1977) un *élément de théorie* est un couple ordonné (K, I) où K est un *cœur d'élément de théorie* et I le *domaine des applications envisageables*, ce sur quoi peut porter la théorie. Evidemment, K et I sont reliés. Puisqu'ici, nous ne pouvons pas entrer dans les détails, assez complexes, du modèle de Sneed, contentons-nous de dire que le cœur K lui-même est un quadruple ordonné (M_p, M_{pp}, M, C) . Ici, M_p est l'ensemble de modèles possibles de la théorie complète et M_{pp} est obtenu de M_p par une *projection* qui identifie tous les modèles possibles qui ont la même partie pratique. Le domaine I est un sous-ensemble de M_{pp} ⁶.

Au cours du temps, le domaine des applications envisageables peut changer, sans que le cœur K change (assimilation, science normale). Ou bien le cœur lui-même change (accommodation, dans certains cas, révolution scientifique). Il est inutile d'insister ici longuement sur le fait que l'épistémologie génétique utilise les deux composantes dans ces explications, d'une façon essentielle et sans subordonner l'importance de l'une à l'autre : les structures internes du sujet et ses interactions avec le monde. En épistémologie, il ne fait pas de doute que les deux composantes s'influencent mutuellement. Dans ce domaine, le tertium entre l'empirisme radical (lamarckisme radical) et le darwinisme radical (innéisme radical) fournit bien la solution naturelle (mais dont la découverte constitue une révolution scientifique). Sans pouvoir développer ici une discussion, mentionnons cependant d'autres couples qui sont à la base de modèles à deux composantes. Dans le domaine de la biologie, il y a le couple génotype/phénotype de Johannsen qui a remplacé celui de facteur/caractère de Mendel. Dans le domaine linguistique, il y a, entre autres évidemment, le fameux couple compétence/performance de Chomsky (critiqué et modifié par d'autres linguistes) et, par exemple, celui de schéma/usage de Hjelmslev⁷. En

⁶ Nous omettons la caractérisation de M et de C . Sneed voit la relation entre M_p et M_{pp} comme une *restriction*. Le changement de point de vue permettra une clarification supplémentaire de la structure du modèle de Sneed ; nous espérons le montrer ailleurs.

⁷ En fait, on pourrait considérer avec Hjelmslev non pas ce couple mais le triplet schéma/norme/usage.

psychologie, mentionnons seulement le couple latent/manifeste que l'on trouve chez Freud (mais aussi chez Koffka). En présentant toutes ces théories comme exemples de théories qui utilisent un modèle à deux composantes, on n'a pas épuisé — et de loin — leur contenu théorique. Mais une telle présentation permet de clarifier certaines questions.

On peut, par exemple, caractériser certaines attitudes théoriques que l'on rencontre dans tous ces domaines, malgré la diversité considérable des contenus de la théorie. Ainsi, une position consiste à attribuer à la composante latente une réalité purement formelle en tant que formalisation utile, mais facultative, de la composante manifeste (ou observable) et dont l'évolution entraîne alors une évolution de la composante latente. A l'autre extrême, on trouve le point de vue que la composante latente, innée ou éternelle, engendre l'infinie variété de la composante manifeste. Entre les deux, la troisième voie met les deux composantes en interaction (mutuelle !) et ainsi permet à chacune des deux composantes une évolution ou histoire qui est autre chose qu'un simple reflet de ce qui se passe dans l'autre.

Nous avons mentionné tous ces exemples de modèles à deux composantes, parce que probablement, une formalisation à la manière de Sneed pourra être développée dans certains de ces cas. Dans les cas où on connaît déjà des formalisations (comme en linguistique et en biologie), ces formalisations pourraient s'enrichir mutuellement. Induit en erreur par la similitude formelle que confèrent ces modèles à deux composantes à des domaines d'expérience ou de connaissance les plus variés, on pourrait croire que les phénomènes de l'un des domaines répètent ou préfigurent ceux de l'autre. Certains, parce qu'ils rejettent ces relations factices, rejettent aussi (sans raison valable) les similitudes formelles.

Abstraction réfléchissante et révolutions scientifiques

Revenons maintenant plus spécifiquement à la psychogenèse de l'intelligence et à l'histoire des sciences. Les activités du sujet épistémique sont basées sur deux modes de construction distincts mais en relation étroite : les modes assimilatif et accommodatif ; et c'est du côté des accommodations que l'on doit situer les innovations conceptuelles. La forme par excellence de l'accommodation aux stades supérieurs du développement est l'abstraction réfléchissante. C'est cette abstraction réfléchissante qui constitue un pont important entre l'épistémologie génétique et les théories de Kuhn.

Kuhn dit en 1959 (cité dans Kuhn, 1978, pp. 309-310) : "A l'opposé d'une conception prédominante, la plupart des découvertes et théories dans les sciences ne sont *pas de simples compléments* à l'état

des connaissances existantes. Pour les intégrer, le scientifique doit d'ordinaire *réordonner* ses outils théoriques et pratiques, en *abandonner une partie*, reconnaître de *nouvelles significations* et de *nouvelles relations* pour d'autres. Puisque l'ancien doit être *réévalué* et *réarrangé* lors de l'incorporation du nouveau, les découvertes et les inventions sont généralement en principe *révolutionnaires*" (c'est nous qui soulignons).

Il ne faut probablement pas insister ici longuement sur les similitudes frappantes avec l'abstraction réfléchissante que Piaget distingue dès 1950 de l'abstraction simple ou empirique. Relevons néanmoins quelques formulations caractéristiques.

"L'abstraction réfléchissante [. . .] *sort de leur contexte* pour les retenir certaines coordinations et *écarter* le reste." Cela "exige une *reconstruction* sur le palier supérieur de ce qui était donné sur le précédent" (Piaget, 1977, pp. 308, 307). "Il faut seulement préciser que cette abstraction ne se borne pas à utiliser une succession de paliers hiérarchiques dont la formation lui serait étrangère : c'est elle qui les engendre [. . .]" (Piaget, 1975, p. 41)." Chaque palier nouveau comporte une *différence qualitative* en plus d'une différence de degré [. . .]. Si les éléments A, B, C . . . peuvent rester les mêmes du point de vue de l'observateur, leur connexions n'en exigent donc pas moins *des instruments différents et chaque fois nouveaux*" (Piaget, 1977, pp. 305, 308). "L'abstraction réfléchissante [conduit] à des généralisations par cela même constructives et non *pas simplement inductives ou extensionnelles* comme l'abstraction empirique" (Piaget, 1977, p. 316). "C'est pourquoi le *progrès intellectuel n'est ni linéaire ni simplement cumulatif*, mais simultanément constructif et réflexif parce que dû à un double mouvement d'intégration externe et de coordination interne" (Piaget, 1950, p. 112). "Dans le développement, des phases de continuité alternent avec celles de discontinuité" (Inhelder, 1962, p. 24). (C'est toujours nous qui soulignons).

Notez, en particulier, l'aspect de *reconstruction partielle*, qui assure, après coup, une continuité partielle. La continuité n'est pas une simple continuation ; elle n'est pas obtenue par-dessus le marché mais grâce à un effort cognitif majeur. Elle est due à la refonte d'une partie de ce qui précédemment avait le statut de l'acquis, et c'est cette partie seulement qui sera appelée "l'acquis". D'autres possibilités cognitives sont déclarées des "pseudo-acquis", ou illusions perdues, et semblent disparaître pour toujours jusqu'au jour où certaines renaissent entièrement renouvelées. Les reconstructions majeures sont accompagnées par une diminution temporaire des performances. Ainsi (l'exemple est de Kuhn), il y avait dans la théorie phlogistique la possibilité d'expliquer les propriétés communes à tous les métaux. Avec l'abandon de cette

théorie, disparaît aussi cette possibilité, pour réapparaître seulement beaucoup plus tard, avec la théorie électronique des métaux.

Kuhn demande : "... il faut expliquer pourquoi la science — notre exemple le plus sûr de connaissance rationnelle — progresse, comme elle le fait, et tout d'abord il faut mettre au clair, comment elle le fait au juste. Étonnamment peu est connu au sujet de cette question descriptive" (Kuhn, 1970, p. 20)⁸. L'épistémologie génétique a étudié une série de processus — dont celui de l'abstraction réfléchissante — qui peuvent servir à cette tâche.

Conclusion

Si, comme dit Piaget (1950, p. 12) "seule une comparaison systématique entre la psychogenèse des notions et leur développement dans les sciences peut aboutir à des conclusions épistémologiques valables" il faut se livrer, outre évidemment à des études génétiques et historiques, aussi à un examen critique des instruments de comparaison. La modélisation de la psychogenèse et de l'histoire par des modèles de même type est un tel instrument.

Le modèle de Sneed de théories de la physique mathématique est un modèle qui pourrait être aussi utile en épistémologie génétique. La convergence entre ces deux théories a déjà été constatée par Fetz (1980).

Par la nature même d'une modélisation, chaque modèle a des limitations. Outre ces limitations de principe, chaque modèle particulier a ses lacunes particulières, ses défauts de base et ses imperfections remédiables.

Kuhn (1977) met en évidence les limitations, lacunes et imperfections du modèle de Sneed, tout en soulignant ses mérites. Sneed (1979), de son côté, fait le point de la situation. A partir de ces deux travaux, on peut formuler quelques remarques qui peuvent se rapporter à la compréhension et la modélisation aussi bien de la psychogenèse de l'intelligence que de l'histoire des sciences.

Un problème important en soi, mais de la solution duquel dépend beaucoup d'autres, est celui des relations non transitives de similitude qui permettent de déterminer d'une façon intensionnelle la ressemblance à un paradigme ou l'appartenance à un ensemble d'applications envisageables d'une théorie. Avec raison, Fetz (1980) voit dans cette "intensionnalité" un domaine de convergence entre l'épistémologie géné-

⁸ Comment certains arrivent à l'affirmation que selon Kuhn la science est une entreprise non rationnelle, reste un sujet de recherche intéressant.

tique et la conception selon laquelle une théorie n'est pas une classe d'énoncés (non-statement view) mais permet de produire des énoncés.

En premier lieu, il faut remarquer que cette "intensionnalité par ressemblance" (ou rassemblement par ressemblance) se trouve déjà chez Kuhn (1962) et est traitée par lui par la suite (1970, 1974). En deuxième lieu, que la discussion chez Sneed (1971) et Stegmüller (1973) est éclairante, mais qu'elle n'apporte pas de progrès décisif, ni, surtout, une formalisation.

Le problème de la ressemblance reste entier depuis les "Philosophische Untersuchungen" et il joue un rôle en beaucoup de domaines (voir par exemple Rosch et Mervic, 1975). Kuhn (1977) discute le cas (des rapports entre mécanique newtonienne et classique) où les éléments de l'intersection de deux ensembles d'applications envisageables se ressemblent de deux manières tout à fait différentes, c'est-à-dire "sont déterminés par des techniques distinctes et ont ainsi des structures distinctes et correspondent à des concepts distincts" (p. 306). Il s'agit là d'un exemple qui montre combien il est important de progresser dans le problème des ressemblances pour pouvoir voir plus clair dans la question des relations entre théories successives et donc aussi des discontinuités scientifiques (ou révolutions).

De toute manière, le concept de réduction introduit par Sneed semble trop faible, puisqu'il "permet l'existence de relations de réduction là où intuitivement on ne s'attend pas à les trouver" (Sneed, 1979, p. XIX).

La filiation des schémas, la filiation des structures est une des questions auxquelles l'épistémologie génétique s'intéresse depuis longtemps. Une formalisation à la Sneed ne pourra contribuer à sa solution avant d'avoir résolu les problèmes relatifs à la succession de théories (ou schémas ou stades). Seulement alors pourra-t-on parler de cinématique des théories. La dynamique des théories est encore tout autre chose.

Pour finir, mentionnons seulement un groupe de phénomènes, qui, à cause de son étendue et de son importance, devra être traité séparément : celui lié aux problèmes d'incommensurabilité (ce problème a été abordé par Fleck déjà en 1927) et d'incommunicabilité et celui, apparenté, de l'indétermination de la traduction de Quine auquel Kuhn se réfère dès 1972, mais où aucun progrès significatif n'a pu être fait. Aucune étude psychogénétique non plus n'a été faite sur ce complexe de questions.

L'étude psychogénétique de l'intelligence et l'histoire des sciences ont encore à apprendre l'une de l'autre et peuvent les deux contribuer d'une façon importante à l'épistémologie.

RESUME

Il y a une similitude remarquable entre des processus mis en évidence par Piaget dans la psychogenèse de l'intelligence et ceux trouvés par Kuhn dans l'histoire des sciences. Ces convergences existent indépendamment de la modélisation par Sneed de la structure formelle de la partie mathématique de théories de physique mathématique et des relations entre ces théories. Mais ce modèle à deux composantes pourrait fournir un modèle formel utile pour certains aspects du développement des instruments de l'intelligence. Des problèmes importants se trouvent encore sur la voie de l'application du modèle de Sneed aux révolutions scientifiques ou à la psychogenèse de l'intelligence.

ABSTRACT

There is a remarkable resemblance between processes revealed by Piaget in the psychogenesis of intelligence and those found by Kuhn in the history of sciences. This convergence exists independently of the modelling by Sneed of the formal structure of the mathematical part of theories of mathematical physics and of the relations between such theories. This two-component model could provide useful formal models for some aspects of the development of the instruments of intelligence. Important problems remain, however, to be solved before Sneed's model can be applied to scientific revolutions or to the psychogenesis of intelligence.

ZUSAMMENFASSUNG

Zwischen Prozessen, die Piaget in der Psychogenese der Intelligenz entdeckt hat und jenen von Kuhn in der Geschichte der Wissenschaften vorgefundenen besteht eine bemerkenswerte Ähnlichkeit. Diese Konvergenz existiert ganz unabhängig von Sneed's Modell der formalen Struktur des mathematischen Teils von Theorien der mathematischen Physik und der Beziehungen zwischen solchen. Dieses zweikomponentige Modell könnte aber nützliche formale Modelle für wichtige Aspekte der Entwicklung der Instrumente der Intelligenz liefern. Manches wichtige Problem muss jedoch noch gelöst werden, bevor Sneed's Modell wissenschaftliche Revolutionen oder die Entwicklung der Intelligenz beschreiben kann.

BIBLIOGRAPHIE

- APOSTEL, L. Towards the formal study of models in non-formal sciences. In *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences*. Dordrecht : Reidel, 1961, pp. 1-37.
- ASCHER, E. Modèles mathématiques et problèmes contemporains. *Revue Européenne des Sciences Sociales*, 1973, 11, 27-36.
- ASCHER, E. Limites à la croissance : considérations méthodologiques au sujet du "modèle du monde" proposé par Forrester. *Revue Européenne des Sciences Sociales*, 1975, 13, 5-44.
- ASCHER, E. Nécessité et fermeture : quelques aspects. *Archives de Psychologie*, 1979, 47, 123-130.
- BURCKHARDT, J. *Die Cultur der Renaissance in Italien : Ein Versuch*. Basel : Schweighauser'sche Verlagsbuchhandlung, 1860.
- DUHEM, P. *Le système du monde, vol. 6*. Paris : Hermann, 1959.
- FETZ, R.L. Histoire des sciences et épistémologie génétique : à propos des thèses de Kuhn et de leur "reconstruction logique". *Archives de Psychologie*, 1980, 48, 201-214.
- FLECK, L. O niektórych swoistych cechach myślenia lekarskiego. *Archiwum Historij i Filozofji Medycyny oraz Historji Nauk Przyrodniczych*, 1927, 6, 55-64.
- INHELDER, B. Some aspects of Piaget's genetic approach to cognition. In W. Kessen & C. Kuhlman (Eds.), *Thought in the young child. Monographs of the Society for Research in Child Development*, 1962, 27, 19-34.
- KOYRE, A. *Etudes galiléennes*. Paris : Hermann, 1939.
- KROHN, W. Die neue Wissenschaft der Renaissance. In G. Böhme et al., *Experimentelle Philosophie*. Frankfurt : Suhrkamp, 1977, pp. 13-128.
- KUHN, T.S. *The structure of scientific revolutions*. Chicago : University of Chicago Press, 1962.
- KUHN, T.S. Logic of discovery or psychology of research ? In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge : University Press, 1970, pp. 1-23.
- KUHN, T.S. Second thoughts on paradigms. In F. Suppe (Ed.), *The structure of scientific theories*. Urbana : University of Illinois Press, 1974, pp. 459-482.
- KUHN, T.S. Tradition mathématique et tradition expérimentale dans le développement de la physique. *Annales*, 1975, 30, 975-998.
- KUHN, T.S. Theory-change as structure-change: Comments on the Sneed formalism. In R.E. Butts & J. Hintikka (Eds.), *Historical and philosophical dimensions of logic*. Dordrecht : Reidel, 1977, pp. 289-309.
- KUHN, T.S. *Die Entstehung des Neuen*. Frankfurt : Suhrkamp, 1978.
- MANDELBROT, B. *Fractals*. San Francisco : Freeman, 1977.
- MASTERMAN, M. The nature of a paradigm. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge : University Press, 1970, pp. 59-89.
- PIAGET, J. *Introduction à l'épistémologie génétique : II, La pensée physique*. Paris : Presses Universitaires de France, 1950.

- PIAGET, J. *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement*. Paris : Presses Universitaires de France, 1975.
- PIAGET, J., et coll. *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*. Paris : Presses Universitaires de France, 1977.
- ROSCH, E., & MERVIC, C.B. Family resemblances : Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 1975, 7, 573-605.
- SNEED, J.D. *The logical structure of mathematical physics*. Dordrecht : Reidel, 1971.
- SNEED, J.D. Describing revolutionary scientific change : A formal approach. In R.E. Butts & J. Hintikka (Eds.), *Historical and philosophical dimensions of logic*. Dordrecht : Reidel, 1977, pp. 245-268.
- SNEED, J.D. Introduction. In *The logical structure of mathematical physics* (Second edition). Dordrecht : Reidel, 1979, pp. XVII-XXV.
- SPENGLER, O. *Der Untergang des Abendlandes : Umriss einer Morphologie der Weltgeschichte*. München : Beck, 1916.
- STEGMÜLLER, W. *Theorienstruktur und Theoriendynamik : Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie*. Band II, *Theorie und Erfahrung*, Halbband 2. Berlin-Heidelberg-New York : Springer, 1973.
- STEGMÜLLER, W. Accidental ("non-substantial") theory change and theory dislodgement. In R.E. Butts & J. Hintikka (Eds.), *Historical and philosophical dimensions of logic*. Dordrecht : Reidel, 1977, pp. 269-289.
- VAN DEN DAELE, W. Die soziale Konstruktion der Wissenschaft. In G. Böhme et al., *Experimentelle Philosophie*. Frankfurt : Suhrkamp, 1977, pp. 129-182.

Adresse de l'auteur :
Département de Physique Théorique
Université de Genève
1211 Genève 4, Switzerland