

## LE POINT DE VUE DE PIAGET

Version électronique réalisée par les soins de la  
Fondation Jean Piaget pour recherches  
psychologiques et épistémologiques

JEAN PIAGET

*Université de Genève*

Summarizing a summary is impossible if we want to avoid unacceptable schematizing. So let us merely state the theses very briefly developed in this article. (I) Knowledge deals with the transformations from a state into another one, each one being, at the same time, the point of arrival and the starting point of actual transformations. (II) Therefore knowledge is continuously being built up, and this progress does not come down to recordings of external informations, but includes an internal mechanism that (III) can be reduced or compared to self-regulations in the biological meaning. (IV) So the fundamental mode of relation could not correspond to the classical notion of association : it consists in processes of "assimilation" of the object to the subject's structures or schemes, with "accommodation" of these structures to the properties of the object. (V) The mental development includes stages that occur in a necessary sequential order, but without any fixed chronological date ; on an other hand, the possible hastenings or delays of these stages include an optimum speed, (VI) Even learning depends on these laws of development. (VII) Experience has a bipolar role with abstraction from objects in physical experience and from the subject's actions on the object in logical-mathematical experience. (VIII) The general actions of the subject are internalized into operations that are not derived from language, but determine the stages of its acquisition. (IX) Therefore, in addition to the classical factors of development, it is necessary to add a factor of equilibration based on self-regulation, the importance of which in explanation is due to systems of sequential probabilities and to the fact that self-regulation, at first semi-reversible, tends to result in complete reversibility. (X) At last, the elements of this construction are taken from structures of inferior level by a process of "reflecting abstraction" in the double meaning of a quasi-physical reflection on a new plane of organization and of a mental reflection that enriches the structure with new operations carried out on the previous operations or actions.

La conception du développement que nous défendons porte particulièrement sur les fonctions cognitives, et il est difficile de la comprendre si l'on ne part pas de ses présuppositions biologiques et si l'on ne considère pas les conséquences épistémologiques auxquelles elle aboutit. En effet, le postulat fondamental sur lequel reposent les idées que nous allons résumer est que l'on retrouve les mêmes

problèmes dans les trois domaines suivants : (1) l'adaptation de l'organisme à son milieu au cours de cette croissance et de ces autorégulations qui caractérisent le "système épigénétique" (l'épigénèse au sens embryologique étant sans cesse déterminée à la fois de l'intérieur et de l'extérieur) ; (2) l'adaptation de l'intelligence au cours de la construction de ses structures, qui dépendent autant de coordinations progressives internes que des informations acquises par l'expérience ; et (3) la constitution des relations cognitives ou épistémologiques en général, qui ne constituent ni une simple copie des objets extérieurs, ni un simple déploiement de structures préformées dans le sujet, mais un ensemble de structures progressivement construites par interaction continue du sujet et des objets.

### I. LA CONNAISSANCE PORTE SUR DES TRANSFORMATIONS

Pour le sens commun, la connaissance des objets semble simplement due à un ensemble d'enregistrements perceptifs, d'associations motrices, de descriptions verbales, etc., qui consistent tous à fournir une sorte de copie figurative des objets et de leurs liaisons, l'intelligence n'ayant plus qu'à classer, relier, etc., ces diverses informations en un système d'autant plus cohérent que les "copies" seront plus fidèles. En une telle perspective empiriste, tout le contenu de l'intelligence vient de l'extérieur et les coordinations qui l'organisent ne sont dues qu'au langage et aux instruments symboliques. Mais cette interprétation intellectualiste de l'acte de la connaissance est en réalité contredite à tous les niveaux du développement et en particulier aux niveaux sensori-moteurs et prélinguistiques de l'adaptation cognitive et de l'intelligence. En effet, pour connaître les objets, le sujet doit agir sur eux et par conséquent les transformer. A partir des actions sensori-motrices les plus élémentaires jusqu'aux opérations intellectuelles les plus raffinées qui sont encore des actions (réunir, ordonner, mettre en correspondance, etc.), mais intériorisées et exécutées en pensée, la connaissance est constamment liée à des actions ou à des opérations, c'est-à-dire à des *transformations*.

Or, s'il en est ainsi, la frontière entre le sujet et les objets n'est nullement tracée d'avance et surtout, n'est nullement stable. Toute action, en effet, fait intervenir les objets et le sujet d'une manière indissociable et la conscience que prend le sujet de son action comporte, entre autres, toutes sortes de caractères subjectifs dont il lui est impossible, sans un long exercice, de savoir ce qui relève de l'objet, ce qui relève de lui-même en tant que sujet actif et ce qui relève de l'action comme telle en tant que transformation d'un état initial en un état final. La connaissance à ses débuts ne part donc ni des objets ni du sujet, mais d'*interactions* d'abord inextricables entre le sujet et les objets. Comme l'avait déjà bien vu J.M. Baldwin, les attitudes mentales du nouveau-né sont très probablement "adualistiques", c'est-à-dire ignorent toute différenciation et toute frontière entre un monde extérieur qui serait formé d'objets indépendants du sujet et un monde intérieur, ou subjectif, opposé à celui des objets.

Le problème épistémologique est donc inséparable de celui du développement de l'intelligence et revient à se demander comment le sujet devient peu à peu capable de connaître les objets sous une forme indépendante de lui, c'est-à-dire devient capable de parvenir à l'objectivité. En effet, l'objectivité n'est nullement

une donnée première comme le croit l'empirisme et sa conquête suppose une série de constructions successives et toujours approximatives.

### II. LA NOTION DE CONSTRUCTION

Ceci nous conduit à une seconde réalité fondamentale qui est celle de *construction*, et qui résulte nécessairement des interactions dont nous venons de parler. Du moment que la connaissance des objets ne s'obtient pas par simple accumulation d'informations extérieures, mais qu'elle procède à partir d'interactions entre le sujet et les objets, elle suppose alors de façon nécessaire une double organisation : d'une part, une coordination des actions elles-mêmes et, d'autre part, une mise en relation entre les objets. Si la connaissance des objets est toujours subordonnée à certaines structures de l'action, ces structures doivent donc être *construites* et ne sont données ni dans les objets puisqu'elles dépendent de l'action, ni dans le sujet puisque celui-ci doit apprendre à coordonner ses actions qui ne sont pas programmées héréditairement (même si l'on admet un certain fonctionnement inné, car il reste toujours à le structurer).

Un exemple précoce de ces constructions, qui débute dès la première année, est celle qui permet à l'enfant de 9 à 12 mois de découvrir la permanence des objets en fonction de leur position dans les champs perceptifs, puis en dehors d'eux. Car, pour en arriver au schème de l'objet permanent et indépendant des actions du sujet, il faut alors construire une structure nouvelle qui est celle du "groupe des déplacements", au sens des géométries, dont la signification psychologique est la possibilité des conduites de retour et de détour. Une fois achevée, cette organisation, qui n'est nullement donnée au début du développement, mais qui doit être construite par coordinations nouvelles et successives, permet alors une structuration objective des mouvements de l'objet et de ceux du corps propre : l'objet devient un mobile indépendant pouvant être retrouvé en fonction de ses déplacements et de ses positions successives et le corps propre, au lieu d'être considéré comme le centre du monde, devient un objet comme les autres et parmi les autres, dont les déplacements et les positions sont corrélatifs à ceux des objets eux-mêmes. Il y a là, au cours des 12 à 18 premiers mois, comme une sorte de révolution copernicienne : alors qu'au début, le sujet se considérait, inconsciemment, comme le centre immobile de l'univers, il devient, grâce à cette organisation de l'objet permanent et de l'espace (avec en outre une organisation des séries temporelles et de la causalité) un petit mobile particulier parmi l'ensemble des autres mobiles de son univers.

### III. L'AUTORÉGULATION

La construction des structures suppose, bien entendu, l'expérience physique et des informations empiriques. Mais elle suppose bien davantage encore puisque les coordinations des actions du sujet ne sont pas seulement un produit de l'expérience, mais dépendent aussi de facteurs de maturation et d'auto-exercice, et surtout d'une *autorégulation* continue et active. L'essentiel pour une théorie du développement est donc de ne pas négliger les activités du sujet, au sens épisté-

mologique du terme, et cela d'autant plus que le sens épistémologique comporte une signification profondément biologique : l'organisme vivant, lui aussi, n'est pas un simple reflet des caractères du milieu ambiant, mais il comporte une *structuration* qui, au cours de l'épigenèse, se construit peu à peu sans être entièrement préformée.

Ce qui est déjà vrai du stade sensori-moteur se retrouve à tous les stades, mais à des niveaux où les actions primitives se sont transformées en *opérations*, c'est-à-dire en actions intériorisées (*cf.* l'addition qui peut s'accomplir matériellement ou en pensée), réversibles (l'addition s'inverse en soustraction) et constituant des structures d'ensemble (les "groupements" additifs logiques ou les "groupes" numériques). Les processus d'autorégulation sont, en effet, essentiels au point de vue biologique puisqu'ils interviennent dans toutes les transformations de l'organisme et en particulier dès son développement ontogénétique. Il est donc naturel de les retrouver au plan des conduites et c'est le cas dès les premiers tâtonnements sensori-moteurs. Puis, avec l'aide de la fonction sémiotique et de la représentation, les autorégulations deviennent toujours plus largement anticipatrices et rétroactives (*feedbacks*) ; ce qui les oriente alors dans la direction de la réversibilité opératoire. A cet égard, on peut donc considérer l'opération comme une régulation "parfaite" (au sens cybernétique), c'est-à-dire qu'elle ne procède plus simplement par correction après coup des conduites déjà exécutées, mais par précorrection des erreurs autant que par construction.

Entre les analyses de la pensée de l'enfant et celles de la pensée scientifique, il ne saurait y avoir de discontinuité et c'est pourquoi la psychologie du développement se prolonge nécessairement en épistémologie génétique. Cela est particulièrement clair sur le terrain des structures logico-mathématiques considérées en elles-mêmes et non pas, comme en II et III, en tant qu'elles sont utilisées pour la structuration des données physiques. Ces structures supposent, en effet, essentiellement des liaisons d'emboîtements (ou inclusions), d'ordre et de correspondances. Or, ce sont là des liaisons d'origine assurément biologiques, car dès les structures du génome (du DNA) et à tous les niveaux de l'organisation épigénétique puis physiologique, on trouve des structures d'emboîtements, d'ordre et de correspondances avant qu'elles se manifestent et se reconstruisent aux différents paliers du comportement. Ce sont ensuite des structures fondamentales du comportement, puis de l'intelligence en son développement, avant de se retrouver sur le terrain de la pensée spontanée, puis de la pensée réfléchie et de fournir le point de départ de ces axiomatisations d'abstraction progressive que sont la logique et les mathématiques. Car si celles-ci constituent des sciences "abstraites", la question pour le psychologue est de savoir "abstraites de quoi?". Or elles ne le sont pas des objets ou des seuls objets. Elles le sont en partie, mais en faible partie seulement, du langage, mais le langage n'est pas tombé du ciel et relève lui aussi de l'intelligence (Chomsky (1965) dit même de structures intellectuelles innées). Le point de départ de ces structures logico-mathématiques doit donc être cherché dans les activités du sujet, c'est-à-dire dans les formes des coordinations les plus générales de ses actions, et, en fin de compte dans les structures organiques elles-mêmes. C'est pourquoi entre la théorie biologique de l'adaptation par autorégulation, la psychologie du développement et l'épistémologie génétique, il existe une parenté profonde ; et même si profonde que,

si on la néglige, on ne parvient pas à constituer une théorie suffisamment générale de la formation de l'intelligence chez l'enfant.

#### IV. ASSIMILATION ET ACCOMMODATION

La signification psychologique des considérations qui précèdent, est que les liaisons psychogénétiques fondamentales ne peuvent plus être considérées comme se réduisant à des "associations", mais qu'elles consistent en *assimilations*, et cela en un sens aussi bien biologique que relatif à la formation des connaissances. Au point de vue biologique, une assimilation consiste en l'intégration d'éléments extérieurs dans des structures de l'organisme, que celles-ci soient déjà achevées ou en voie de formation. Or, s'il en est ainsi, il va de soi que le processus général de l'assimilation intéresse également le comportement et non pas seulement la vie organique : en effet, aucun comportement, même nouveau pour l'individu, ne constitue un commencement absolu ; il se greffe toujours sur des schèmes antérieurs et revient par conséquent à assimiler des éléments nouveaux à des structures déjà construites, innées comme des réflexes ou antérieurement acquises. Même la "faim des stimuli" de Harlow (1962) ne consiste pas en une simple subordination au milieu, mais consiste à rechercher des "aliments fonctionnels" pouvant être assimilés aux schèmes ou structures qui fournissent les réponses.

Il convient à cet égard de relever combien est insuffisant le célèbre schéma stimulus-réponse à titre de schéma général des conduites, car il est évident que, pour qu'un stimulus déclenche une réponse, il faut d'abord que l'organisme ou le sujet soit sensible à ce stimulus, ou possède la "compétence" nécessaire, comme l'a dit Waddington (1957) en embryologie pour caractériser la sensibilisation à certains inducteurs. Or, dire qu'un organisme ou un sujet est sensibilisé à un stimulus et compétent pour y répondre, c'est dire qu'il possède déjà un schème ou une structure auquel ce stimulus est assimilé, au sens défini plus haut d'incorporé ou intégré. Et ce schème consiste précisément en une capacité de réponse, de telle sorte que, en fait, le schéma stimulus-réponse ne doit pas s'écrire sous une forme unilatérale  $S \rightarrow R$ , mais sous la forme,  $S \rightleftharpoons R$  ou  $S \rightarrow (AT) \rightarrow R$ , où  $AT$  est l'assimilation du stimulus  $S$  à la structure  $T$ .

Mais si l'assimilation était seule en jeu dans le développement, il ne se produirait jamais de variations, donc pas d'acquisitions et même pas de développement. L'assimilation est indispensable pour assurer la continuité des structures et l'intégration des éléments nouveaux à ces structures. Or, déjà sur le terrain biologique, l'assimilation n'est jamais pure, mais s'accompagne d'*accommodation*. En effet, au cours de la croissance d'un phénotype, l'organisme assimile les substances nécessaires à la conservation de sa structure génotypique, mais, selon que ces substances sont abondantes ou rares, ou que les substances habituelles sont remplacées par d'autres légèrement différentes, il se produit des variations plus ou moins grandes (changements de taille ou de forme), non héréditaires et liées au milieu, que l'on appelle souvent des "accommodats". De même, sur le terrain du comportement, nous appellerons "accommodation" le fait qu'un schème (ou une structure) d'assimilation est plus ou moins modifié sous l'effet des objets qui sont assimilés : par exemple, le nourrisson qui assimile son pouce au schème de la succion, fera d'autres mouvements pour sucer son

pouce que pour téter le sein maternel ; ou l'enfant de 8 ans qui assimile le sucre dissout dans l'eau à une substance qui se conserve, doit faire d'autres accommodations aux particules invisibles que s'il s'agissait encore de parties visibles.

L'*adaptation* cognitive, comme l'adaptation biologique, consiste donc en un équilibre entre l'assimilation et l'accommodation. Comme nous venons de le voir, il n'y a pas d'assimilation sans accommodation. Mais il faut insister avec force sur le fait qu'il n'existe pas non plus d'accommodation sans assimilation. Au point de vue biologique, ce fait s'exprime par l'existence de ce que la génétique moderne appelle les "normes de réaction" : un génotype est susceptible de présenter un éventail plus ou moins large d'accommodations possibles, mais toutes intérieures à une certaine "norme" statistiquement définie. De même, au point de vue cognitif, le sujet est capable d'accommodations variées, mais dans certaines limites imposées par la nécessité de conserver la structure correspondante d'assimilation.

La notion d'"association", dont ont abusé les diverses formes d'associationnisme de Hume à Pavlov ou à Hull, ne résulte ainsi que d'un découpage artificiel au sein d'un processus d'ensemble défini par l'équilibre entre l'assimilation et l'accommodation. Lorsque l'on dit que le chien de Pavlov "associe" un son à la nourriture qui déclenche son réflexe salivaire, cela n'est pas faux, mais c'est très incomplet, car si les sons ne sont plus jamais suivis de nourriture, le conditionnement s'éteindra faute de toute stabilité intrinsèque : le conditionnement ne dure qu'en fonction du besoin de nourriture, donc d'un schème total d'assimilation, et de sa satisfaction, donc d'une certaine accommodation à la situation. En fait, une "association" s'accompagne toujours d'une assimilation à des structures antérieures et c'est là une première nécessité à ne pas négliger ; d'autre part, dans la mesure où l'"association" apporte une information nouvelle, cela est dû à une accommodation active et non pas à un simple enregistrement, et cette activité de l'accommodation due au schème d'assimilation est un second facteur nécessaire à ne pas négliger. Seulement, selon les niveaux de développement et les nouveaux problèmes qui se posent au sujet, cet équilibre fondamental entre l'assimilation et l'accommodation est plus ou moins facile ou difficile à atteindre, et surtout plus ou moins stable et durable. Cependant un tel équilibre se retrouve à tous les niveaux, qu'il s'agisse du développement de l'enfant ou de la pensée scientifique elle-même.

A commencer par celle-ci, il est clair que n'importe quelle théorie physique (ou biologique, etc.) consiste à assimiler les phénomènes à un certain nombre de modèles qui ne sont pas exclusivement tirés de ces phénomènes, mais qui comportent, en plus, un certain nombre de coordinations logico-mathématiques dues aux activités opératoires du sujet lui-même. Il serait très superficiel de considérer, ainsi que le fait le positivisme logique, ces coordinations comme consistant en un simple "langage", car elles constituent en fait un instrument de structuration proprement dite. Chez l'enfant, on trouve donc de nombreux types d'équilibre entre l'assimilation et l'accommodation, selon les niveaux de développement et les problèmes à résoudre. Aux niveaux sensori-moteurs (avant 1 an 1/2 - 2 ans), ces problèmes ne sont que pratiques en un espace proche et l'intelligence sensori-motrice parvient à un équilibre remarquable dès la seconde année (conduites instrumentales ; groupe des déplacements, etc.). Mais cet équilibre a été laborieusement acquis et, durant les premiers mois, l'univers entier est

centré sur le corps et l'action propres en fonction d'une assimilation déformante, parce que non encore accompagnée d'accommodations suffisantes. Lorsque débute la pensée, avec ses multiples problèmes de représentation (à distance et non plus seulement dans l'espace proche), sans plus se limiter à ceux de réussite pratique, l'intelligence commence à nouveau par une phase d'assimilation déformante parce que les événements et les choses sont conçus par assimilation à l'action et au point de vue propres et que les accommodations possibles ne consistent encore qu'en fixations sur les aspects figuratifs du réel, donc sur les états par opposition aux transformations. Pour ces deux raisons d'assimilation égocentrique et d'accommodation incomplète parce que surtout figurative, l'équilibre n'est point atteint, tandis que la formation des opérations avec leur réversibilité à partir de 7-8 ans, assure un accord stable entre l'assimilation et l'accommodation, en tant que portant toutes deux sur les transformations autant que sur les états.

D'une manière générale, cet équilibre progressif entre l'assimilation et l'accommodation traduit l'existence d'un processus assez fondamental dans le développement des connaissances et que l'on peut exprimer en termes de centration et de décentration. L'assimilation assez systématiquement déformante des stades sensori-moteurs ou représentatifs initiaux, déformante parce que ne s'accompagnant pas d'accommodations suffisantes, signifie que le sujet demeure centré sur ses actions et son point de vue propres, tandis que l'équilibre graduel entre l'assimilation et l'accommodation résulte de décentrations successives permettant au sujet de se placer aux points de vue des objets ou des autres sujets. Nous avons jadis décrit ce processus en termes d'égocentrisme et de socialisation, mais il est bien plus général encore et plus fondamental pour la connaissance sous toutes ses formes, car le progrès des connaissances ne consiste pas seulement en une addition d'informations et suppose nécessairement une décentration systématique en tant que condition de l'objectivité elle-même.

## V. LA THÉORIE DES STADES

S'il existe des structures propres au sujet et que celles-ci se construisent, et même de façon progressive, il doit donc exister des stades du développement. C'est ce que la plupart des auteurs admettent, mais avec des critères et des interprétations si différentes qu'il est nécessaire de discuter ce problème. Les stades de Freud, par exemple, ne sont distingués les uns des autres que par un caractère dominant (oral, etc.), mais qui existe par conséquent aussi dans les stades précédents ou suivants, de telle sorte que la "dominance" risque toujours de demeurer arbitraire. Les stades de Gesell sont fondés sur une hypothèse du rôle quasi exclusif de la maturation, de telle sorte qu'ils garantissent bien un ordre constant de succession, mais risquent de négliger le facteur de construction progressive. Il s'agit donc, pour caractériser les stades du développement cognitif, de concilier les deux conditions nécessaires, mais qu'il faut concilier sans contradiction, d'un ordre de succession constant et d'une construction continue sans préformation intégrale, puisque la connaissance suppose assurément les apports extérieurs de l'expérience, en plus des structures internes du sujet et que celles-ci semblent se construire sans être entièrement prédéterminées.

En fait, le problème des stades en psychologie du développement est donc analogue à celui des stades de l'embryogenèse, car les questions qui se posent en ce dernier domaine, sont aussi de faire la part de la préformation génétique et d'une "épigenèse" éventuelle, dans le sens de constructions par interactions entre le génome et le milieu (d'où ce que Waddington a appelé le "système épigénétique", et d'où la différence entre le génotype et l'"épigénotype"). Or, les caractères principaux d'un tel développement épigénétique ne sont pas seulement ceux que chacun connaît, d'une succession en ordre séquentiel et d'une intégration progressive (segmentation, détermination avec les "compétences" et enfin "réintégration"), mais encore ceux qu'a signalés Waddington : l'existence de "créodes" ou chemins nécessaires, avec leur "*time tally*", et surtout l'intervention d'une sorte de régulation évolutive ou "homéorhésis", telle que, si une influence extérieure écarte l'organisme en développement de l'une de ses "créodes", un travail en résulte qui tend à le ramener à son itinéraire normal, ou, à défaut, à lui faire adopter une nouvelle créode, mais s'éloignant le moins possible de la précédente.

Or, chacune de ces notions se retrouve sur le terrain des stades de l'intelligence, mais à la condition de distinguer soigneusement la construction des structures elles-mêmes et l'acquisition de certains contenus par apprentissage (par exemple, apprendre à lire à un âge plutôt qu'à un autre, etc.). La question se pose naturellement, et l'on ne saurait la trancher autrement que par de nombreuses expériences, de savoir si le développement se réduit à une simple somme d'apprentissages successifs ou si, au contraire, l'apprentissage est lui-même subordonné à des lois de développement, qui existeraient alors de façon autonome. Mais, quelle que soit la solution, il reste possible de distinguer certaines grandes structures, comme les "groupements" opératoires, et certaines acquisitions particulières. Il convient alors de chercher si la construction des premières obéit ou non à des critères de stades, après quoi il deviendra possible de déterminer leurs relations avec les lois de l'apprentissage.

Or, à ne considérer que les grandes structures, il est d'abord frappant de retrouver un caractère *séquentiel* dans les stades de l'intelligence, c'est-à-dire qu'ils suivent un ordre de *succession* constant parce que chacun est nécessaire à la formation du suivant. A s'en tenir aux principales périodes, on peut, en effet, en distinguer trois : (a) une période sensori-motrice (jusque vers 1 an 1/2) avec une première sous-période de centration sur le corps propre (jusque vers 7-9 mois) et une seconde sous-période d'objectivation et de spatialisation des schèmes de l'intelligence pratique ; (b) une période d'intelligence représentative aboutissant aux opérations concrètes (classes, relations et nombres portant sur les objets) avec une première sous-période préopératoire (ni réversibilité ni conservations, mais constitutions des fonctions orientées et identités qualitatives), qui débute vers 1 an 1/2 - 2 ans avec la formation des instruments sémiotiques (langage, image mentale, etc.), et une seconde sous-période caractérisée dès 7-8 ans par la constitution des groupements opératoires en leurs diverses variétés concrètes et avec leurs diverses formes de conservation ; (c) enfin une période des opérations propositionnelles ou formelles, débutant elle aussi par une sous-période d'organisation (11 - 13 ans), et une sous-période de réalisation de la combinatoire et du groupe *INRC* des deux réversibilités.

Or, il est évident, à rappeler ce tableau, que chacune de ces périodes ou sous-

périodes est nécessaire à la constitution de la suivante. Pour prendre un premier exemple, pourquoi le langage et la fonction sémiotique n'apparaissent-ils qu'au terme d'une longue période sensori-motrice où les seuls signifiants ne sont encore que des indices ou des signaux, mais sans encore de symboles ni de signes? Si l'acquisition du langage n'était due qu'à des conditionnements comme on le dit parfois, elle serait bien plus précoce. Par contre, pour que s'acquière le langage, deux conditions au moins doivent être remplies : (1) un contexte général d'imitation permettant l'échange interpersonnel et (2) les différents caractères structuraux qui constituent le monoïde, intervenant dans les grammaires transformationnelles de N. Chomsky. Or la première de ces deux conditions suppose, en plus de la technique de l'imitation acquise par étapes longues et laborieuses, toute cette décentration objectale, spatio-temporelle et causale qui s'effectue durant la deuxième sous-période sensori-motrice. Quant à la seconde condition, notre collaboratrice, la psycho-linguiste H. Sinclair (1967), montre, en de nouveaux travaux, que les structures transformationnelles de Chomsky sont préparées par le fonctionnement des schèmes sensori-moteurs et ne reposent donc ni sur des programmations innées comme le croit Chomsky, ni sur des "apprentissages" skinneriens ou autres, comme Chomsky l'a d'ailleurs montré lui-même en des critiques décisives.

Les stades présentent donc un ordre constant de succession, ce qui donne à penser qu'ils englobent quelque composante biologique de maturation. Mais ils ne comportent aucune programmation héréditaire comparable à celle des instincts, et la maturation en jeu se borne à ouvrir des possibilités, ou à expliquer des impossibilités momentanées, mais il reste à les actualiser et cette actualisation lorsqu'elle est régulière, obéit à des lois de "créodes", c'est-à-dire de cheminement constant et nécessaire, mais tel que les réactions endogènes trouvent de quoi s'alimenter dans le milieu et l'expérience en général. Il serait donc absolument erroné de voir, dans la succession de ces stades, le produit d'une prédétermination innée, car il y a construction continue de nouveautés.

Les deux meilleures preuves en sont la possibilité de déviations, mais avec régulation par homéorhésis, et les variations du "*time tally*" avec possibilité d'accélération ou retards. Pour ce qui est des déviations, il en peut exister de toutes sortes selon qu'elles sont causées par des expériences imprévues dues à l'activité de l'enfant ou à des interventions pédagogiques adultes. Quant au grand problème des durées ou vitesses du déroulement des stades, il est évident que, selon les milieux (richesse ou pauvreté des activités et expériences spontanées, milieux scolaires ou culturels, etc.), on observe des accélérations ou retards dans les âges chronologiques moyens, l'ordre de succession restant observé. Pour certains auteurs une accélération indéfinie serait donc possible et souhaitable et J. Bruner (1961) est allé jusqu'à écrire, ce qu'il ne semble d'ailleurs plus croire, qu'en s'y prenant bien on peut apprendre n'importe quoi à des enfants de n'importe quel âge. Mais deux sortes de travaux récents de H. Gruber doivent être cités ici. L'un montre qu'on retrouve chez les petits chats nos premiers stades du développement de l'objet permanent et que les chatons parviennent à 3 mois au niveau des bébés humains de 9 mois ; mais ils ne vont pas plus loin et on peut se demander si la moins grande vitesse de développement du petit de l'homme n'est pas en ce cas un facteur de progrès ultérieurs. L'autre recherche à citer de Gruber porte sur la lenteur remarquable avec laquelle Darwin a découvert

certaines de ses idées qui résultaient pourtant logiquement des précédentes : la lenteur d'une invention n'est-elle pas en ce cas facteur de fécondité ou ne constitue-t-elle qu'un accident regrettable? Il y a là de grands problèmes qui restent à résoudre, mais l'hypothèse que nous proposerons semble assez plausible : c'est que, pour chaque sujet, la vitesse de passage d'un stage au suivant correspond sans doute à un *optimum*, ni trop lent ni trop rapide, la solidité et même la fécondité d'une organisation (ou structuration) nouvelle dépendant de connexions qui ne peuvent être ni instantanées ni indéfiniment retardées, sous peine de laisser échapper leur pouvoir de combinaisons internes.

#### VI. LES RELATIONS ENTRE LE DÉVELOPPEMENT ET L'APPRENTISSAGE

Si l'on appelle apprentissage n'importe quelle forme d'acquisition, il va de soi que le développement ne consiste qu'en une somme ou une succession d'apprentissages. Mais on réserve, en général, ce dernier terme aux acquisitions essentiellement exogènes, soit que le sujet se borne à reproduire des réponses en fonction de la répétition de séquences extérieures (conditionnement, etc.), soit qu'il découvre une réponse répétable, mais en fonction d'un dispositif dont il utilise simplement les séquences sans avoir eu à les structurer lui-même par une activité organisatrice avec constructions progressives (apprentissage dit instrumental). Si l'on définit ainsi l'apprentissage, la question se pose alors nécessairement d'établir si le développement se réduit à une suite d'apprentissages (ce qui reviendrait à une subordination systématique du sujet aux objets), ou si l'apprentissage et le développement constituent deux sources distinctes et séparées d'acquisition, ou, enfin, si tout apprentissage n'est en réalité qu'un secteur ou une phase de développement, expérimentalement découpés (donc avec possibilité de déviation locale, par rapport aux "créodes" ordinaires), mais demeurant subordonnés au stade considéré du sujet soumis à l'expérience.

Avant d'examiner ce qu'il en est sur le terrain des faits expérimentaux, rappelons qu'un behavioriste de talent, D. Berlyne (1960) a cherché, sur le terrain de la théorie, à ramener notre conception au schéma de l'apprentissage selon Hull. Mais pour aboutir à cette réduction, il a été obligé d'ajouter deux concepts nouveaux à la théorie de Hull : celui d'une généralisation réponse  $\times$  stimulus, prévue mais non utilisée par Hull, et surtout celui de "réponses transformatrices" qui ne se bornent pas à des répétitions, mais effectuent des transformations réversibles à la manière des "opérations". Quant aux facteurs d'équilibration ou de régulation, Berlyne ajoute aux renforcements extérieurs, la possibilité de "renforcements internes" dus à des impressions de surprise, d'incohérence ou de cohérence, etc. Mais si ces modifications de la théorie de Hull en changent déjà passablement la structure, il n'est pas certain qu'elles suffisent. La question principale demeure, en effet, de savoir si les "réponses transformatrices" sont de simples copies des transformations extérieures constatables, ou si le sujet transforme réellement l'objet en agissant sur lui ou en le soumettant à ses opérations. Or la signification essentielle de notre théorie est que la connaissance aboutit à des interactions entre le sujet et l'objet qui sont plus riches que ce que fournissent les objets à eux seuls, tandis que l'esprit des théories de l'apprentissage comme celle de Hull revient à réduire la connaissance à de simples "copies

fonctionnelles", comme l'a dit Hull, qui n'enrichissent pas la réalité. Le problème à résoudre, pour expliquer l'acquisition des connaissances est donc un problème *d'invention* et non pas de simple copie, et ni les généralisations stimulus  $\times$  réponse, ni les "réponses transformatrices" n'expliquent les nouveautés, ni l'invention, tandis que les notions d'assimilation  $\times$  accommodation et de structures opératoires, dues aux activités du sujet et non pas simplement découvertes, sont orientées dans le sens de cette construction inventive qui caractérise toute pensée vivante.

Le Centre international d'Épistémologie génétique s'est donc posé, il y a quelques années, les deux problèmes suivants : (1) quelles sont les conditions de l'apprentissage des structures logiques et sont-elles identiques à celles de l'apprentissage d'une séquence empirique quelconque ? Et (2) même en ce dernier cas (séquences probabilistes ou même arbitraires), l'apprentissage comporte-t-il lui-même une logique, analogue, par exemple, à la logique des coordinateurs d'actions, dont on constate l'existence dès l'organisation des schèmes sensori-moteurs ? Sur le premier point, des travaux comme ceux de P. Gréco (1959), d'A. Morf (1959) et de J. Smedslund (1959) ont montré, à l'évidence, que, pour apprendre à construire et à dominer une structure logique, il faut que le sujet parte d'une autre structure logique plus élémentaire qu'il parviendra à différencier ou à compléter : autrement dit, l'apprentissage n'est alors qu'un secteur du développement plus ou moins favorisé ou accéléré par l'expérience. Par contre, un apprentissage par simples renforcements externes consistant à faire connaître au sujet, par constatation ou information verbale, etc., les résultats du raisonnement qu'il aurait dû faire, n'aboutit qu'à des résultats très pauvres. Quant au second problème abordé par notre Centre, Apostel et Matalon (1966), entre autres, ont montré que tout apprentissage, même empirique, suppose une logique en tant qu'organisation des actions du sujet par opposition à la simple lecture des données extérieures, et Apostel a même commencé d'en analyser l'algèbre et les opérations nécessaires.

Après ces travaux du Centre d'Épistémologie génétique, B. Inhelder (1966) à Genève, avec ses collaborateurs M. Bovet et H. Sinclair (1967), puis M. Laurendeau à Montréal, avec ses collaborateurs E. Fournier-Choninard et M. Carbonneau (1966), se sont livrés à des expériences plus détaillées destinées à dissocier les différents facteurs susceptibles de favoriser une acquisition opératoire, et à mettre en lumière leurs relations possibles avec les facteurs intervenant au sein du développement spontané dans la construction "naturelle" des mêmes notions (de conservation, etc.). Or le principal enseignement de ces expériences est que le succès de l'apprentissage est nettement subordonné au niveau de développement des sujets considérés : lorsqu'ils sont au seuil du niveau opératoire, c'est-à-dire en état de comprendre les rapports quantitatifs, les comparaisons que provoque l'apprentissage suffisent à les conduire aux compensations et aux conservations, tandis que, plus ils sont éloignés de cette quantification possible et moins l'apprentissage a de prise et moins ils aboutissent à la conservation. Autrement dit, l'apprentissage paraît subordonné aux mécanismes du développement et ne réussit de façon stable que dans la mesure où il utilise certains aspects de ces mécanismes, autrement dit les instruments mêmes de quantification que l'enfant parvient par ailleurs à construire spontanément.

## VII. LE ROLE DE L'EXPÉRIENCE

Un facteur classiquement invoqué pour expliquer le développement cognitif est celui de *l'expérience acquise* en fonction du milieu physique extérieur. Mais ce facteur est en réalité très hétérogène et comporte au moins trois significations ou variétés possibles au sein desquelles nous distinguerons deux pôles.

(a) La première de ces variétés est celle du simple *exercice*, qui suppose bien la présence d'objets sur lesquels s'exerce l'action, mais sans que la connaissance soit nécessairement tirée de ces objets. On observe, en effet, déjà des effets d'exercice dans la consolidation d'un réflexe ou d'un groupe de réflexes complexes, comme la succion qui devient plus habile en se répétant dès les premiers jours. Il peut, d'autre part, y avoir exercice d'opérations intellectuelles s'appliquant à des objets sans être non plus tirées d'eux. Par contre, l'exercice d'une activité perceptive d'exploration ou d'une conduite d'expérimentation peut fournir des informations exogènes nouvelles tout en consolidant des activités du sujet. Il y a donc déjà deux pôles à considérer dans l'exercice lui-même : un pôle d'accommodation à l'objet, laquelle seule aboutit alors à des acquisitions provenant de celui-ci, et un pôle d'assimilation fonctionnelle, c'est-à-dire de consolidation par répétition active et, de ce second point de vue, l'exercice s'oriente davantage dans la direction de ce que nous appellerons le facteur d'équilibration ou d'autorégulation qui intéresse les structurations dues aux activités du sujet plus que l'accroissement des connaissances d'origine extérieure.

Quant à l'expérience proprement dite, en tant qu'acquisition de connaissances nouvelles par des manipulations variées d'objets (et non plus par simple exercice), il faut encore distinguer deux pôles, qui correspondront aux variétés (b) et (c). — (b) Il y a, d'une part, ce que nous appellerons *l'expérience physique* et qui consiste à tirer la connaissance des objets eux-mêmes par une abstraction simple revenant, sans plus, à dissocier des autres la propriété nouvellement découverte et à négliger les autres : c'est ainsi l'expérience physique qui permet à l'enfant de découvrir le poids des objets en négligeant leur couleur, etc., ou à découvrir que pour des objets de même nature, leur poids sera d'autant plus grand qu'ils sont plus volumineux, etc. — (c) Mais, en plus de l'expérience physique (b) et de l'exercice simple (a), il existe une troisième variété, qui est fondamentale mais que, chose curieuse, on a presque toujours oublié de distinguer : c'est ce que nous appellerons *l'expérience logico-mathématique* et qui joue un rôle considérable à tous les niveaux où la déduction logique ou le calcul sont encore impossibles, ou en présence de tous les problèmes à propos desquels le sujet tâtonne avant de découvrir ses instruments déductifs. Cette expérience consiste elle aussi à agir sur des objets (car sans cette action matérielle ou imaginée il n'y aurait pas expérience, faute de contact avec l'extérieur) mais la connaissance à laquelle elle aboutit n'est pas tirée de ces objets comme tels : elle est tirée des actions qui s'exercent sur les objets, ce qui n'est nullement pareil, et, lorsqu'elle paraît extraite des objets, c'est qu'elle découvre sur ceux-ci des propriétés que l'action y a introduites et qui ne leur appartenaient pas avant cette action ou indépendamment d'elle. Par exemple, un jeune enfant compte des cailloux et pour cela les met en une rangée linéaire : il découvre alors qu'en les comptant de gauche à droite, il trouve 10 et qu'en les comptant de droite à gauche, il trouve, de nouveau, 10 ; il les met

alors en cercle, etc., et trouve encore 10 ! Il a donc découvert par l'expérience que la somme est indépendante de l'ordre, mais c'est là une expérience logico-mathématique et non pas physique, parce que ni l'ordre, ni même la somme n'étaient dans les cailloux avant qu'il les ait rangés d'une certaine manière (donc ordonnés) et qu'il les ait réunis en un tout : ce qu'a découvert le sujet, c'est donc une relation, nouvelle pour lui, entre l'action d'ordonner et celle de réunir (donc entre deux futures opérations) et non pas ou *pas seulement* une propriété des cailloux.

## VIII. LANGAGE ET OPÉRATIONS

Quant à la question des relations entre le langage et les opérations logiques, nous avons soutenu depuis longtemps que la source de celles-ci était à chercher en des régions plus profondes que le langage et génétiquement antérieures à lui, c'est-à-dire dans les lois de la coordination générale des actions qui domine toutes les activités, y compris le langage lui-même : on discerne, en effet, les ébauches d'une logique dès la coordination des schèmes sensori-moteurs (voir, sous I, le groupe des déplacements, la conservation de l'objet, etc.), c'est-à-dire en une forme d'intelligence qui n'est encore ni verbale ni même symbolique. Mais il restait à établir de façon plus précise les relations entre le langage et les opérations logiques au niveau de la pensée intériorisée.

C'est ce qu'a fait récemment H. Sinclair (1967) en des analyses à la fois linguistiques et psychologiques qui nous paraissent extrêmement instructives. Elle a étudié, par exemple, deux groupes d'enfants en dessous et au-dessus de 7 ans environ, l'un nettement préopératoire et ne parvenant pas aux notions de conservation, l'autre possédant nettement les opérations qui aboutissent aux conservations. Elle a alors constaté que leur langage différait, en moyenne, assez notablement lorsqu'on les interroge non pas sur les conservations, mais qu'on leur demande simplement de comparer deux ou plusieurs objets, par exemple un crayon long et mince et un crayon court et gros, etc. Le groupe préopératoire utilise surtout des "scalaires" : "celui-là est grand et celui-là petit, celui-là est gros et celui-là est mince, etc.". Le groupe opératoire utilise au contraire surtout des "vecteurs" : "celui-là est plus petit et plus gros", etc. Il y a donc une relation assez nette entre le niveau du langage et le niveau opératoire (et cela à d'autres points de vue encore), mais en quel sens ? H. Sinclair a encore soumis les jeunes sujets à un apprentissage linguistique pour leur faire employer les formes verbales des grands : une fois cet apprentissage achevé, elle a déterminé à nouveau leur niveau opératoire et elle a pu constater que 1/10 seulement avait fait des progrès, ce progrès minime pouvant même être attribué au fait qu'il s'agissait sans doute de cas intermédiaires ou déjà proches du seuil des opérations. On voit ainsi que le langage ne semble pas constituer le moteur du progrès opératoire, mais un instrument au service de l'intelligence elle-même.

## IX. L'ÉQUILIBRATION

Il ne semble pas que les facteurs classiques du développement (maturation, expérience acquise et influences sociales) suffisent à en rendre compte : il faut

leur ajouter un quatrième facteur qui est celui de l'*équibration*, et cela pour deux raisons. La première est que trois facteurs hétérogènes ne permettent pas d'expliquer un développement séquentiel s'ils ne s'équilibrent pas entre eux et qu'il faut donc un facteur organisateur qui les relie les uns aux autres sans contradictions. La seconde raison est que tout développement biologique comporte des processus d'autorégulation et qu'on en retrouve encore plus nettement au plan du comportement et de la constitution des fonctions cognitives. Il nous faut donc considérer à part ce facteur principal. L'essentiel dans la théorie du développement cognitif est en effet de comprendre comment se constituent les structures opératoires d'ensemble et c'est ce problème que nous paraît seule résoudre l'hypothèse d'une *équibration* progressive. Mais, pour le comprendre, il faut d'abord dire quelques mots des structures opératoires elles-mêmes. Les structures propres à l'intelligence sont des structures formées d'opérations, donc d'actions intériorisées et réversibles, comme l'addition ou réunion, la multiplication logique ou composition de plusieurs relations ou classes considérées "à la fois". Ces structures se développent très spontanément dans l'action et la pensée de l'enfant : par exemple, les sériations (ordonner les objets selon des différences croissantes), les classifications, les correspondances un à un, ou un à plusieurs, les matrices multiplicatives, etc., qui se constituent toutes entre 7 et 11 ans, c'est-à-dire au niveau de ce que nous appelons les "opérations concrètes" portant directement sur les objets. Il s'en constitue d'autres à partir de 11-12 ans, comme la combinatoire et le groupe de quaternarité, dont nous parlerons dans la suite.

Si l'on veut dégager les lois de ces structures d'opérations concrètes, il faut faire appel au langage de la logique des classes et des relations, mais cela ne signifie pas qu'on cesse de faire de la psychologie. Quand le psychologue fait un calcul de variance ou utilise les formules de l'analyse factorielle, il ne fait pas des mathématiques, mais de la psychologie. Pour analyser les structures, il faut faire de même, mais, comme il ne s'agit pas de mesures mais de caractères qualitatifs, il faut simplement utiliser un calcul plus général, qui est alors celui de l'algèbre générale ou de la logique, mais c'est là simplement un instrument d'analyse qui rejoint les réalités authentiquement psychologiques que sont les opérations en tant qu'actions intériorisées ou que coordinations générales des actions. C'est dans cet esprit que nous avons cherché à analyser les structures élémentaires de "groupements" propres aux classifications, sériations, etc., entre 7 et 11-12 ans. Le problème est alors de comprendre comment les structures fondamentales de l'intelligence peuvent se constituer et se développer avec toutes celles qui en dérivent dans la suite. Or, ce ne sont pas des structures innées, ce qui empêche de les expliquer par la maturation seule. Elles ne sont pas tirées simplement de l'expérience physique, puisque, dans une sériation, une classification, une mise en correspondance, etc., les activités du sujet ajoutent aux objets des relations nouvelles d'ordre, de totalité, etc. Quant à l'expérience logico-mathématique, elle tire ses connaissances (comme déjà vu) des actions mêmes du sujet, ce qui suppose une autorégulation de ces actions. Il semble donc très probable que la construction des structures résulte essentiellement d'un facteur d'*équibration*, si l'on définit l'équilibre, non pas simplement par une balance de forces contraires, mais par une autorégulation, c'est-à-dire, par un exemple de réactions actives du sujet aux perturbations extérieures, réelles ou anticipées à des degrés

divers. L'équilibre se confond donc avec la réversibilité, mais lorsqu'on nous a objecté (comme, par exemple, J. Bruner) que l'équilibre est alors inutile et que la réversibilité suffit, on oublie que ce n'est pas l'équilibre à titre d'état final qui est à considérer seulement, mais que l'essentiel est dans l'*équibration* à titre de processus autorégulateur conduisant à cet équilibre final, donc à la réversibilité caractéristique des structures à expliquer.

Or, l'*équibration* est un facteur explicatif, car elle repose sur un processus à probabilités séquentielles et croissantes. Un exemple fera comprendre la chose : comment expliquer, lorsqu'on transforme une boulette d'argile en une saucisse, que l'enfant commence par nier la conservation de la quantité de matière et qu'il finisse par la considérer comme nécessaire ? On peut, à cet égard, distinguer quatre étapes dont chacune est ou *devient la plus probable*, non pas *a priori*, mais en vertu de la situation actuelle ou immédiatement précédente : — (a) Au point de départ, l'enfant ne considère qu'une seule dimension, par exemple la longueur, mettons 8 fois sur 10 : il dit alors que la saucisse contient plus de matière parce qu'elle est plus longue. Parfois, admettons 2 fois sur 10, il dit qu'elle est plus mince, mais oublie la longueur, et conclut que la quantité a diminué. Pourquoi ces raisonnements ? Simplement parce qu'il est plus probable de ne considérer qu'une seule dimension et non pas les deux : en effet, si la probabilité pour la longueur est de 0,8 et pour l'épaisseur de 0,2, les deux à la fois donnent une probabilité de seulement 0,16, puisque, en l'absence de compréhension des compensations, elles sont indépendantes. — (b) Si l'on modifie encore la saucisse, de plus en plus longue, ou que l'enfant se lasse de répéter la même chose, le plus probable *devient* alors, mais ne l'était pas au début, qu'il remarque l'autre dimension, et oscille entre les deux. — (c) S'il y a oscillation, le plus probable *devient* ensuite (troisième étape) que le sujet remarque une solidarité quelconque entre les deux variations : si la saucisse s'allonge, elle s'amincit, etc. Or, dès qu'il y a pressentiment d'une solidarité, le raisonnement acquiert un caractère nouveau : il ne porte plus simplement sur les *configurations*, mais commence à s'attacher aux *transformations* elles-mêmes : la saucisse n'est pas simplement "longue", elle peut "s'allonger", etc. — (d) Dès que la pensée s'attache aux transformations, l'étape qui *devient* alors la plus probable est celle où le sujet comprend, simultanément ou alternativement suivant les cas, que la transformation peut être inversée (réversibilité) ou que les deux transformations solidaires d'allongement et d'amincissement se compensent en vertu même de cette solidarité pressentie (en a).

On voit ainsi que l'*équibration* progressive constitue effectivement un facteur explicatif. L'étape (a), que les auteurs qui ont contrôlé nos travaux ont bien retrouvée, ne constitue pas une situation en équilibre, parce que l'enfant a remarqué seulement une dimension et pas l'autre : en ce cas, les "travaux virtuels", comme disent les physiciens depuis le principe de d'Alembert, ne comportent pas une somme algébrique nulle, puisque l'un de ces travaux qui consiste à remarquer l'autre dimension n'a pas encore été accompli et le sera tôt ou tard. Le passage d'une étape à la suivante constitue donc bien une *équibration*, au sens le plus classique du terme : principe des vitesses ou travaux virtuels. Mais comme ces travaux sont des activités du sujet, et comme chacune de ses activités consiste à corriger la précédente, cet *équibration* constitue une suite d'autorégulations dont les processus rétroactifs aboutissent finalement à la réversibilité opératoire. Celle-ci dépasse alors les valeurs du simplement

“ probable ” pour aboutir à une probabilité de 1, c’est-à-dire à la nécessité logique proprement dite. Il n’est donc pas exagéré de considérer l’équilibration comme le facteur fondamental du développement, et même nécessaire à la coordination des trois autres.

Pour ce qui est des fonctions, on se rappelle qu’il s’agit d’ “ applications ” au sens du mathématicien, mais à sens unique, parce que ce sont, psychologiquement, comme on l’a vu, les liaisons propres aux schèmes d’actions orientées vers un but. Supposons, par exemple, un bout de ficelle  $b$  dont un segment  $a$  est à angle droit par rapport au segment  $a'$  (rotation partielle autour d’un clou lorsqu’un poids tire  $a'$  et qu’un ressort retient  $a$ ) : tous les enfants de 4 à 7 ans comprennent déjà que si l’on tire  $b$ , alors  $a$  se raccourcit en fonction de l’allongement de  $a'$ . Mais ils n’ont pas encore la conservation de la longueur totale,  $b = a + a'$ , et ce n’est donc pas une opération doublée de quantification, mais une simple liaison qualitative ou ordinale (plus long = plus loin). De même, pour l’identité, tous les enfants (ou presque) admettent, on s’en souvient, que, quand on transforme une boulette en saucisse, il s’agit du “ même ” morceau de pâte, quand même il n’y a pas conservation de la quantité. Ces identités sont très précoces et il faut considérer comme une simple identité le schème de l’objet permanent (dont nous avons parlé sous II). J. Bruner, dans un livre récent (1966), considère ces identités comme le point de départ des conservations quantitatives. C’est vrai en un sens (condition nécessaire mais pas suffisante), mais il demeure entre elles une grande différence : les qualités dont relève l’identité qualitative peuvent se constater perceptivement, tandis que la quantité suppose une longue élaboration structurale, dont nous venons de constater toute la complexité.

En réalité les fonctions et l’identité qualitatives ne constituent ainsi qu’une demi-logique préopérateur et qualitative, qui prépare la logique des opérations réversibles et quantifiables, mais ne suffit pas à en rendre compte. Cette quantification des opérations concrètes, par opposition à la nature qualitative des fonctions préopérateurs et des identités du même niveau, se marque en particulier par la construction, vers 7 et 8 ans, des opérations de nombre et de mesure, qui sont, en partie, isomorphes les unes aux autres, mais bien différentes de contenu. La construction du nombre entier cardinal ne s’explique pas, comme le voulaient Whitehead et Russell, par une simple correspondance bi-univoque entre classes équivalentes, car l’opération de correspondance qu’ils employaient fait abstraction des qualités, contrairement à la correspondance qualifiée entre objets individuels de mêmes propriétés, et faisait donc intervenir l’unité, donc le nombre, et s’enfermait ainsi en un cercle. En réalité, les entiers cardinaux sont, dans le fini, indissociables des entiers ordinaux et supposent les trois conditions suivantes : (1) une abstraction des qualités qui rend tous les objets singuliers équivalents d’où  $1 = 1 = 1 \dots$ , (2) une intervention de l’ordre  $1 \rightarrow 1 \rightarrow 1$ , nécessaire pour les distinguer, sinon on aurait  $1 + 1 = 1$ , (3) une inclusion de (1) dans  $(1 + 1)$ , puis de  $(1 + 1)$  dans  $(1 + 1 + 1)$ , etc. Le nombre entier est donc la synthèse de l’ordre (sériation) et de l’inclusion ou emboîtement (classification), rendue nécessaire par l’abstraction des qualités. Il n’utilise ainsi que des éléments logiques (sériation et classification), mais selon une synthèse nouvelle permettant de les quantifier par itération :  $1 + 1 = 2$ , etc. De même, la mesure d’un continu (ligne, surface, etc.) suppose : (1) d’abord sa partition en secteurs, dont l’un est choisi comme unité et rendu équivalent à d’autres par congruence  $a = a = a \dots$ ,

(2) mais pour le rendre congruent à d’autres, il s’agit de le déplacer selon un certain ordre  $a \rightarrow a \rightarrow a$ , etc., (3) il importe enfin d’emboîter cette unité dans ses compositions additives, soit  $a$  en  $(a + a)$  et  $(a + a)$  en  $(a + a + a)$ . Cette synthèse de la partition avec emboîtements et de l’ordre dans les déplacements de l’unité, est donc isomorphe à la synthèse de l’ordre et de l’inclusion qui caractérise le nombre, d’où l’application possible de celui-ci à la mesure. On voit ainsi que sans recourir à autre chose qu’à la synthèse de “ groupements ” élémentaires d’emboîtements ou de relation d’ordre, le sujet parvient à une quantification numérique ou métrique, qui dépasse de loin, en ses pouvoirs, la quantification élémentaire (relations de partie à tout) de l’extension des classes ou de la sériation selon des différences évaluées simplement en “ plus ” et en “ moins ”.

A la suite des structures opératoires concrètes dont il a été question plus haut, se constituent, entre 11 et 15 ans, deux autres structures opératoires qui rendent possible le maniement des opérations propositionnelles comme les implications ( $p \supset q$ ), les incompatibilités ( $p / q$ ), les disjonctions non exclusives ( $p \vee q$ ), etc.

#### X. L’ABSTRACTION RÉFLÉCHISSANTE

Nous avons vu qu’avant le niveau où les opérations logico-mathématiques se constituent et deviennent donc déductives, on peut parler d’une “ expérience logico-mathématique ” qui tire ses informations, non pas des objets eux-mêmes, mais des actions qui s’exercent sur ces objets, ce qui n’est nullement la même chose. Il y a donc là, en opposition avec l’abstraction simple, un nouveau type d’abstraction que nous appellerons *l’abstraction réfléchissante* et qui fournit la clef du problème du caractère constructif de l’équilibration par autorégulation.

En effet, pour abstraire une propriété d’une action ou opération quelconque, il ne suffit pas d’une dissociation entre cette propriété et celles qu’on néglige, par exemple d’une dissociation entre la “ forme ” qu’on veut retenir et le “ contenu ” dont on ne tiendra plus compte : il faut encore que cette propriété ou cette forme retenue soient reportées quelque part, c’est-à-dire sur un plan différent d’action ou d’opération. Dans le cas de l’abstraction simple, la question ne se pose pas, puisqu’il s’agit d’une propriété tirée de l’objet et assimilée par le sujet. Dans le cas de l’abstraction réfléchissante, au contraire, si le sujet tire d’actions ou d’opérations situées à un plan  $P_1$  une propriété ou une forme, il faut alors la reporter à un plan supérieur  $P_2$  et c’est là une “ réflexion ” en un sens quasi physique (comme la réflexion d’un rayon lumineux, etc.). Mais pour que cette propriété ou forme soit assimilée sur ce nouveau plan  $P_2$ , il faut la reconstruire sur ce nouveau plan et la soumettre à un nouveau travail d’intelligence ou de pensée qui constituera cette fois une “ réflexion ” en un sens cognitif (pensée réfléchie, etc.). C’est donc en un double sens du mot réflexion qu’il y a là “ abstraction réfléchissante ”. Mais si un nouveau travail est nécessaire sur le plan  $P_2$  pour assimiler les propriétés ou formes tirées du plan  $P_1$ , c’est donc que de nouvelles actions ou opérations vont s’ajouter, sur le plan  $P_2$ , à celles qui fonctionnaient au plan  $P_1$  et dont on a tiré, par abstraction, la connaissance cherchée. Par conséquent, l’abstraction réfléchissante est nécessairement *constructive* et elle *enrichit* donc de nouveaux éléments les structures tirées du plan  $P_1$ , ce qui revient à dire qu’elle construit de nouvelles structures. On comprend alors pourquoi les opéra-

tions concrètes tirées de schèmes sensori-moteurs sont plus riches qu'eux et pourquoi les opérations formelles ou propositionnelles tirées d'opérations concrètes sont plus riches qu'elles : en tant qu'opérations effectuées sur des opérations, elles y ajoutent un nouveau mode de composition (combinatoire, etc.).

Or, cette abstraction réfléchissante constitue le procédé courant de construction propre aux mathématiques : c'est par exemple de cette manière que l'algèbre a été tirée de l'arithmétique, à titre d'opérations sur des opérations. C'est de cette manière que Cantor a construit le transfini : en mettant en correspondance la série 1, 2, 3, 4... et la série 2, 4, 6, 8... On aboutit, en effet, à un nombre nouveau (aleph zéro) qui exprime simplement cette "puissance (ou nombre) du dénombrable", mais sans que ce nombre appartienne ni à la première, ni à la seconde des deux séries. C'est de cette manière que la théorie actuelle des fonctions par "applications" construit les "morphisms" ou les "catégories", etc., ou que les Bourbaki ont construit leurs "structures-mères" et les structures dérivées d'elles. Il est donc très remarquable que le procédé de construction des structures que nous découvrons dans les stades séquentiels du développement de l'enfant et dans les mécanismes de l'équilibration par autorégulation, aboutissant à cette autorégulation par *feedbacks* de rang supérieur que constituent les opérations réversibles, coïncide avec le procédé constant de construction qu'utilisent les mathématiques en leur développement indéfiniment fécond : il y a là une solution qui ne se réduit ni à un processus empiriste de découverte de réalités extérieures "toutes faites", ni à un processus de préformation ou prédétermination (a priorisme) qui reviendrait aussi à croire que tout est "tout fait" depuis le point de départ ; la vérité nous paraît située entre ces deux solutions extrêmes, c'est-à-dire dans un constructivisme qui atteint la manière dont s'élaborent sans cesse de nouvelles structures.

#### RÉFÉRENCES

- APOSTEL, L., MAYS, W., MORF, A., PIAGET, J. avec la collaboration de MATALON, B. *Les liaisons analytiques et synthétiques dans les comportements du sujet*. Tome IV des *Etudes d'épistémologie génétique*. Paris : PUF, 1957.
- BERLYNE, D.E. Les équivalences psychologiques et les notions quantitatives. In *Etudes d'épistémologie génétique*. Tome XII : *Théorie du comportement et opérations*. Paris : PUF, 1960. Pp. 1-76.
- BRUNER, J.S. *The process of education*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press, 1961.
- BRUNER, J.S., OLVER, R.R., GREENFIELD, P.M. *et al. Studies in cognitive growth*. New York : Wiley, 1966.
- CHOMSKY, N. De quelques constantes de la théorie linguistique. *Diogenes*, 1965, **51**, 14-21.
- CHOMSKY, N. *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, Mass. : MIT Press, 1965.
- GRECO, P. L'apprentissage dans une situation à structure opératoire concrète : les inversions successives de l'ordre linéaire par des rotations de 180°. In *Etudes d'épistémologie génétique*. Tome VII : *Apprentissage et connaissance*. Paris : PUF, 1959. Pp. 68-182.
- GRUBER, H. Communication personnelle.
- HARLOW, H.F. Development of affection in primates. In E.L. Bliss (Ed.), *Roots of behavior*. New York : Harper, 1962. Pp. 157-166.
- INHELDER, B. Développement, régulation et apprentissage. In *Psychologie et épistémologie génétique. Thèmes piagétiens*. Paris : Dunod, 1966. Pp. 177-188.
- INHELDER, B., BOVET, M. & SINCLAIR, H. Développement et apprentissage. *Revue Suisse de Psychologie Pure et Appliquée* 1967, **26**, 1-23.
- LAURENDEAU, M. & PINARD, A. Réflexions sur l'apprentissage des structures logiques. In *Psychologie et épistémologie génétique. Thèmes piagétiens*. Paris : Dunod, 1966. Pp. 191-210.

- MORF, A. Apprentissage d'une structure logique concrète (inclusion) : effets et limites. In *Etudes d'épistémologie génétique*. Tome IX : *Apprentissage des structures logiques*. Paris : PUF, 1919. Pp. 15-83.
- PIAGET, J. *Biologie et connaissance*. Paris : Gallimard, 1967.
- SINCLAIR, H. *Acquisition du langage et développement de la pensée*. Paris : Dunod, 1967.
- SINCLAIR, H. Sensory-motor action-schemes as a preparation for language acquisition. *Ciba Foundation Publication* (in press).
- SMEDSLUND, J. Apprentissage des notions de la conservation et de la transitivité du poids. In *Etudes d'épistémologie génétique*. Tome IX : *Apprentissage des structures logiques*. Paris : PUF 1919. Pp. 85-124.
- WADDINGTON, C. *The nature of life*. London : Allen & Unwin, 1957.
- WADDINGTON, C. *The strategy of genes*. London : Allen & Unwin, 1957.