

L'ÉQUILIBRATION: CONCEPT CENTRAL DE LA CONCEPTION PIAGÉTIENNE DE L'ÉPISTÉMOGÉNÈSE

INTRODUCTION. LES SOURCES BIOGRAPHIQUES ET HISTORIQUES

Commençons par une prise de position très forte. À l'exception des premiers travaux de jeunesse, la notion d'équilibration occupe une place centrale dans toute l'œuvre de Piaget dans la mesure où elle apporte à son auteur la réponse la plus convaincante possible à l'une des questions fondamentales, à résonance philosophique, qu'il s'est posée dans ses années d'adolescence et qui ne cesseront de sous-tendre ses nombreux travaux de psychologie, d'épistémologie, de sociologie, de pédagogie et même de biologie. Comment expliquer l'universalité (ou la nécessité) et la fécondité de la raison humaine ? Pour entendre les implicites liés à ces deux termes d'universalité et de fécondité, désignons d'emblée deux auteurs qui ont marqué l'adolescence du jeune Piaget et qui ont posé à celui-ci les termes d'un dilemme dont la notion d'équilibration lui apportera une possible solution : Henri Bergson tout d'abord, qui a cerné avec une exceptionnelle clarté l'extraordinaire créativité du vivant et de la pensée. Cette créativité, Piaget saura plus tard la reconnaître en insistant de multiples manières sur les formes qu'elle prend dans le développement de l'intelligence et dans l'évolution des conduites et des connaissances (fécondité, ouverture sur de nouveaux possibles, etc.). Arnold Reymond ensuite, qui a su défendre la raison et sa rigueur auprès de son jeune élève Jean Piaget alors que celui-ci pouvait être tenté de céder à l'anti-intellectualisme de Bergson, qui voyait dans la raison logique et mathématique le produit inerte de la conscience créatrice. L'un des problèmes majeurs sous-tendant toute l'œuvre de Piaget sera ainsi de réconcilier ces deux caractéristiques apparemment contradictoires de la pensée humaine : le besoin de stabilité, de

permanence, d'universalité qui trouve dans la science et la morale des champs d'application privilégiés, mais aussi l'inévitable diversification des produits du vivant et de la pensée humaine, source de satisfaction bien sûr, mais aussi source de vives inquiétude.*

Lorsque Piaget rencontre ce problème vers l'âge de 16 ans environ, la scène intellectuelle francophone est partagée entre différents courants de pensée qui reflètent la tension entre ce besoin de permanence qui est le propre de la raison humaine et la prise en considération des idées évolutionnistes. Deux traditions en particuliers s'affrontent et c'est de leur synthèse que naîtra la première solution proposée par Piaget au terme de 3-4 années de lectures et d'intenses réflexions, mais aussi de crises intellectuelles et religieuses. La première tradition est celle des défenseurs de la raison, et plus particulièrement des héritiers français de la philosophie kantienne. La seconde est celle des héritiers du positivisme d'Auguste Comte qui octroie à la science la fonction de résoudre les anciens problèmes philosophiques. C'est dans cette seconde tradition que le jeune Piaget trouvera une première expression de cette notion d'équilibration à laquelle il fera subir dès le départ une transformation lui permettant de conserver l'essentiel des intuitions et des thèses acquises à la lumière des philosophes héritiers du kantisme. À la fin du 19^e siècle et au début du 20^e, un auteur inspire tous les scientifiques des sciences biologiques, psychologiques et sociales : Herbert Spencer. C'est ce dernier, que ce soit de manière la plus directe ou par la médiation de savants tels que le biologiste Félix Le Dantec, qui semble avoir offert au jeune Piaget l'illustration du rôle central possible de l'équilibration dans l'explication de la succession des formes observées dans les sciences de la nature.

* Voir aussi, sur l'influence sur le jeune Piaget des auteurs mentionnés dans ces pages, l'exposé qui en est fait dans Ducret 1984, 1990, ainsi que sur le site de la [Fondation Jean Piaget](#).

Ingénieur de formation, connaissant donc relativement bien la physique mécaniciste du début du 19^e siècle, Spencer était par ailleurs intéressé par toutes les sciences de son temps, et – comme plus tard Piaget – ses écrits concerneront non seulement sa discipline d'origine, mais la sociologie, la psychologie, la biologie, la cosmologie, l'économie, les sciences morales et la pédagogie. Cette connaissance étendue des phénomènes étudiés par ces différentes sciences l'amèneront vers le milieu du 19^e siècle à proposer une vision synthétique évolutionniste de la totalité du réel qu'il conçoit comme le résultat d'un processus général d' "Équilibration" (titre du chapitre XXII du volume "Premiers principes" du "Système de philosophie synthétique" – écrit majeur de cet auteur). Toute réalité, que ce soit le cosmos, ou à une échelle plus réduite un système planétaire, ou à une échelle encore plus réduite, un organisme vivant, ou une société animale ou humaine, etc., tend vers l'équilibre. En effet, tous les systèmes naturels forment des agrégats qui, partant d'une homogénéité indéfinie des parties composantes, deviennent de plus en plus hétérogènes jusqu'à atteindre leur point d'équilibre ou, sinon, à s'anéantir. Pour l'organisme vivant, il y a ainsi spécialisation croissante, de plus en plus complexe, des parties qui le composent. Mais cette spécialisation est compensée par un mouvement contraire d'intégration qui assure la survie du tout. « l'hétérogénéité est atteinte lorsque l'équilibre d'un agrégat est complet, — que la redistribution de la matière ne peut continuer qu'autant qu'il reste du mouvement non équilibré », ce qui, pour l'organisme, implique que l'équilibre est atteint, que le processus d' *équilibration* s'arrête lorsque : « il y a autant de parties spécialisées qu'il en faut pour qu'elles puissent, ensemble ou séparément, contrecarrer les forces jointes ou séparées au milieu desquelles l'organisme existe » (Premiers principes, trad. française basée sur la réédition anglaise de 1867, Paris, Costès, 6^e éd. 1900, p. 458). Ces quelques lignes devraient suffire à tout lecteur averti de l'œuvre de Piaget à reconnaître un certain air de famille entre les thèses de ce dernier et celle de Spencer. C'est le cas tout au moins en ce qui concerne le niveau des systèmes biologiques, en dépit

d'une différence importante sur laquelle nous reviendrons. Mais le rapprochement n'est plus possible dès que l'on considère ce qui relève des réalités psychologiques, intellectuelles et morales, et des répercussions des thèses avancées par Piaget sur ces réalités par rapport au détail des conceptions qu'il se fera de l'équilibration sur le plan de l'organisation biologique. En ce qui concerne ces réalités, la conception de Spencer reste alors en effet, marquée par l'emprise très forte des thèses empiristes et associationnistes de la philosophie et de la psychologie britanniques, à laquelle le jeune Piaget a échappé, peut-être grâce à sa lecture de Bergson.

Quoi qu'il en soit, ce qui précède laisse entrevoir comment la problématique de l'équilibration a pu naître chez Piaget. Parcourons maintenant les étapes successives d'élaboration de sa conception de l'équilibration, en passant brièvement en revue les deux premières (la deuxième se subdivisant en deux sous-étapes), avant de nous arrêter un peu plus longuement sur la troisième et dernière étape.

LES DÉBUTS. UN MODELE SPECULATIF DES EQUILIBRES ORGANIQUES ET MENTAUX

En hiver 1916-1917 Piaget rédige son premier livre, *Recherche*. Cet ouvrage est d'abord un témoignage autobiographique sur la crise qu'il a vécue à la suite à la fois d'une période de travail trop intense, de difficultés familiales, mais encore du conflit entre la religiosité du jeune adolescent et la science de la nature vers laquelle l'avait conduit sa passion d'enfance pour l'histoire naturelle. Mais il est aussi et surtout l'exposé de la solution "scientifique" qu'il croit avoir trouvée au problème de la conciliation non plus seulement de la science et de la foi, mais également entre le positivisme de bien des savants de son époque et une interprétation du vrai, du beau et du bien qui ne réduise pas ces idéaux de la raison à un simple jeu de force mécani-

que, que ce soit à la manière de l'équilibre des champs de forces physiques ou selon le modèle qu'en propose une vision "darwinienne" rudimentaire réduisant toute l'évolution biologique, sociologique et morale à la loi de sélection des plus forts. Piaget ne rejette cependant pas le projet d'explication scientifique des valeurs de la raison. La solution qu'il propose et qui reprend les idées spencériennes de tout, de parties, d'équilibre entre tout et parties s'en distance toutefois, du moins en intention, en insistant sur l'irréductibilité des parties et des totalités vivantes et de pensée par rapport aux agrégats physiques qui obéissent aux lois de la mécanique. L'intuition toute bergsonienne des totalités psychiques non réductibles à la simple composition additive de leurs parties le conduit à une position proche de celle de la *Gestaltpsychologie*, dont il ignore cependant alors l'existence *. Le cœur de cette conception revient à opposer l'*équilibre idéal* vers lequel tend toute totalité biologique, y compris les totalités psychologique et sociologiques, aux *équilibres réels* que vivent les mêmes totalités en tant que plongées dans des milieux d'autant plus susceptibles de les déséquilibrer que leur équilibre intérieur est éloigné de l'équilibre idéal vers lequel chacune tend. Toute totalité biologique, psychologique ou sociale étant composée de parties qui sont elles-mêmes des totalités, l'équilibre idéal vers lequel elle tend obéit aux lois suivantes (non-applicables aux équilibres purement physico-chimiques). Chaque partie tend à se conserver en même temps qu'elle tend à conserver chaque autre partie. Plus essentiellement encore, chaque totalité, qui tend à se conserver, tend à conserver les parties qui la composent en même temps que chacune de ces dernières tend à conserver cette totalité dont elle est membre. On

* Quelque vingt ans plus tard, dans les années d'élaboration de son premier modèle scientifique de l'équilibration, Piaget soulignera au contraire une certaine similitude de son modèle de l'équilibre de la pensée logique avec les modèles additifs de la mécanique classique (l'équilibre de la balance par exemple). Mais l'irréductibilité subsistera cependant en raison des différences essentielles de statut entre le possible physique (tel qu'il intervient dans l'explication de l'équilibre de la balance) et le possible psychologique ou intellectuel, qui a un statut de réalité que n'a pas le possible physique.

retrouve ici une idée de cohérence que l'on peut certes trouver déjà chez Spencer, mais enrichie d'une intuition de la totalité ignorée de ce dernier, intuition qui doit beaucoup à Bergson, mais pas seulement. Ici vient en effet s'ajouter à l'influence bergsonienne celle de la philosophie kantienne dont Piaget commence à se nourrir à travers des philosophes tels que Émile Boutroux, philosophe français du début du 20^e siècle qui s'est efforcé de concilier la philosophie critique (= kantienne) et le positivisme des nouvelles sciences biologiques et sociales. À travers ces philosophes, et sans que Piaget en ait encore pleine conscience, c'est l'intellectualisme kantien qui vient colorer ce premier modèle spéculatif de l'"équilibration", sans que celle-ci trouve déjà sa désignation (peut-être Piaget eût-il déjà utilisé ce terme s'il avait eu l'opportunité de lire la version originale anglaise de l'ouvrage de Spencer mentionné plus haut ; "équilibration" est traduit par "équilibre" dans la traduction française des "Premiers principes"). Avant de décrire la première notion d'équilibration basée sur des faits psychologiques recueillis dans les recherches psychologiques réalisées par Piaget et ses collaborateurs entre 1920 et 1940 environ, ajoutons un mot sur l'auteur qui, par excellence, va lui permettre d'enrichir l'intuition philosophique donnant corps à l'intellectualisme auquel il va se rallier, à savoir Léon Brunschvicg – le dernier maître de Piaget en philosophie. Brunschvicg développe à la fin du 19^e siècle et dans les trois premières décennies du suivant une conception de la raison théorique et de la raison pratique qui apparaît comme l'héritage de tout ce que lui-même va appeler le "progrès de la conscience dans la philosophie occidentale". On retrouve chez lui non seulement le criticisme kantien avec le rôle essentiel attribué au sujet dans la constitution du savoir et de la conscience morale, mais aussi l'immanentisme de Spinoza, pour qui il n'y a rien au delà de notre réalité (ou plus précisément de la "Nature"), ainsi que l'intellectualisme mathématique de Descartes et, à l'origine, de Platon. Ce sont ces auteurs qui, à travers l'usage éclairé qu'en fait Brunschvicg, se retrouvent d'une certaine façon dans la conception toujours plus approfondie que, dès les années 1920, Piaget se fera de l'intelli-

gence humaine ; et ce sont ces auteurs qui permettront à celui-ci de creuser un fossé infranchissable entre la vision spencérienne de l'équilibration et la théorie que lui-même va construire par étapes successives, une fois réalisées les premières grandes découvertes de la psychologie génétique proprement piagétienne.

LES ANNÉES 1920 À 1940. LA GENÈSE DES STRUCTURES

Peu après avoir publié sa première conception, largement spéculative, de l'équilibration, Piaget se détourne de cette manière toute philosophique de procéder pour se consacrer presque entièrement à la science, comme il l'annonçait d'ailleurs dans *Recherche*. Après une brève mais très intense assimilation de la psychologie scientifique alors en vigueur dans les années 1910, et notamment de la psychologie de l'enfant, il s'engage dans une activité scientifique composée pour l'essentiel de nombreuses enquêtes sur le développement de l'intelligence et de la pensée enfantines, ainsi que d'élaborations théoriques reposant constamment sur les multiples faits recueillis lors de ces enquêtes. Des notions telles que celles d'équilibre, d'assimilation, d'accommodation, certes déjà présentes dans le modèle initial, sont reprises dans ces élaborations, mais alors toujours en lien avec les conduites, les jugements et les raisonnements des enfants interrogés sur des problèmes variés ou simplement observés alors qu'ils se livrent à différentes activités (jeux, échanges verbaux, etc.). Cette articulation constante du travail théorique et de l'enquête psycho-génétique permet à Piaget de différencier ces notions, de préciser leur portée explicative très concrète. Il n'est alors pas question de développer de manière anticipée un modèle général d'équilibration qui pourrait rendre compte du développement sensori-moteur, puis intellectuel et moral, comme cela sera fait dans les années 1950, ainsi qu'on le verra plus loin. Mais plusieurs passages des écrits de psychologie génétique, et ce dès le livre de 1924 sur "Le jugement et le raisonnement chez l'enfant", montrent que, en ar-

rière-plan, l'auteur n'oublie pas la première solution esquissée au problème de concilier fécondité et nécessité, évolution et permanence. Ainsi, dans l'avant-dernier chapitre de son ouvrage de 1924, soutient-il la thèse selon laquelle la pensée de l'enfant devient logique dès le moment où, au flux incessant et irréversible des « données immédiates de la conscience », s'opposent « un certain nombre de points fixes, d'états en équilibre, comme les concepts et les relations qu'ils supportent, bref, tout l'univers logique, qui est, au fur et à mesure qu'il se constitue, indépendant du temps et par conséquent en état d'équilibre » (*op. cit.*, 5^e éd. 1963, p. 140). Cet équilibre n'est en rien statique. Son caractère mobile est assuré « par la *réversibilité* des opérations équilibrées » (*id.*, p. 140; les italiques sont de l'auteur). De même encore, dans ses ouvrages si importants sur "La naissance de l'intelligence" et "La construction du réel chez l'enfant", Piaget souligne-t-il comment la naissance de cette intelligence et des catégories (objet, espace, temps, causalité) qui l'accompagnent dépendent de l'équilibre progressivement atteint entre assimilation et accommodation. Enfin, en 1941, alors qu'il vient de terminer avec ses collaboratrices Inhelder et Szeminska des travaux majeurs sur le développement du nombre et des quantités physiques chez l'enfant (d'autres sont encore en cours qui portent sur l'espace, le temps, le mouvement, etc.), il publie deux ouvrages qui vont profondément modifier la vision que l'on se faisait alors de la pensée de l'enfant : "La genèse du nombre" et "Le développement des quantités physiques chez l'enfant". Les faits recueillis, et notamment ceux observés chez des enfants qui n'ont pas encore une notion opératoire des quantités physiques et numériques, lui suggèrent une explication du passage à l'opératoire reposant pour l'essentiel sur la notion de *décentration*.

Dans ces années 20, 30 et 40, une chose est cependant prioritaire pour Piaget : l'étude psycho-génétique des formes de la pensée, en d'autres termes, la mise en évidence des étapes franchies par l'enfant pour atteindre l'équilibre des jugements et des raisonnements propre à la pensée rationnelle. Cette étude aboutit d'ailleurs à une décou-

verte tout à fait spectaculaire, qui apporte pour la première fois dans l'histoire des sciences une explication scientifiquement et épistémologiquement acceptable de la raison humaine (de l'entendement logico-mathématique comme de la raison éthique) : la découverte des structures opératoires de l'intelligence, découverte permise à la fois par les faits recueillis auprès des enfants, ainsi que par le travail de modélisation logique, qui aboutissent à mettre en lumière l'importance des "groupements" d'opérations logico-mathématiques (les notions piagétienne de "groupement" et d'"opération" devant s'entendre dans un double sens de réalité psychologique d'un côté, d'idéalité ou d'objet mathématique de l'autre). Les élaborations qu'il s'autorise alors à faire à propos des mécanismes de construction ne sont à ses yeux que des anticipations d'un travail d'envergure à accomplir une fois terminées les enquêtes sur la genèse des structures et des normes de l'intelligence et de la pensée. C'est du moins ce que laisse entendre Piaget au terme d'un long article de 1941 un peu curieusement intitulé "Le mécanisme du développement", dans lequel il expose une première synthèse des travaux sur les différentes étapes de développement de l'intelligence de l'enfant, de 0 à 13-14 ans (c'est au début des années 1950 que seront découvertes les structures logico-mathématiques de la pensée formelle, dont le groupe INRC rendant possible la composition des opérations de négation par inversion et par réciprocity logiques qui, indépendamment les unes des autres, rendent possible la réversibilité de la pensée concrète chez l'enfant entre 7 et 12 ans environ).

Révélatrice de la conception de Piaget jusque dans les années 1940, la question centrale discutée dans ce texte est celle du rapport entre les groupements mis en évidence dans les enquêtes psychogénétiques et l'évolution de l'intelligence (voir p. 218). La réponse toute provisoire qui en est alors donnée révèle une conception générale de l'évolution qui reste attachée au primat des équilibres terminaux sur le processus même d'évolution. À tous les niveaux, que ce soit sur le plan de la perception, de l'intelligence sensori-motrice, puis de l'intelligence intuitive et enfin de l'intelligence opératoire concrète puis

formelle, le développement est une marche vers des équilibres successifs de plus en plus stables, réalisée grâce à un processus général de décentration, en d'autres termes une marche progressive vers des bonnes formes perceptives, des regroupements d'actions sensori-motrice, des compositions de représentations intuitives, et enfin des groupements d'opérations (d'abord concrètes puis formelles), ces derniers groupements ayant pour particularité d'obéir à des lois de structures mises en évidence en mathématiques et, par Piaget lui-même, en algèbre logique, ce qui se traduit chez les individus par l'apparition d'une véritable conscience intellectuelle ou logique de la pensée (avec la dimension sociale qui nécessairement s'y rattache). La conclusion qu'en tire Piaget rappelle le rôle central qu'il accordait à la notion d'équilibre idéal dans son modèle spéculatif exposé dans *Recherche*. Ainsi affirmera-t-il à la page 222 de ce long article la thèse selon laquelle le groupement apparaît « comme la loi immanente d'équilibre qui détermine les formes d'organisation revêtues sur chaque nouveau palier par la pensée en déséquilibre », les groupements opératoires terminaux atteignant cependant seuls un équilibre non soumis aux contingences de l'action matérielle, ce qui, dans *Recherche* déjà, était reconnu au seul équilibre idéal, contrairement aux équilibres réels.

En dépit de cette centration sur les groupements, comme « loi immanente... qui détermine les formes d'organisation » successives, et donc sur l'équilibre final, notons enfin, pour en terminer avec cette période, que cet article annonce tout de même les futures recherches dans lesquelles l'équilibration prendra le pas sur l'équilibre. Dans ses conclusions en effet, Piaget pose le problème qui l'occupera de plus en plus dans les trois décennies suivantes, à savoir celui des « régulations ou "déplacements d'équilibre" » (p. 278). Après un résumé approfondi de la théorie des équilibres thermodynamiques et de leurs propriétés éminemment statistiques, auxquels il tend à rapprocher les équilibres encore peu stables des "bonnes formes" perceptives – ce contrairement aux groupements, qui eux sont plus proches des équilibres propres aux compositions idéalement réversible de la mé-

canique classique –, il souligne combien il y aurait intérêt à viser une sorte de « morphologie comparée des régulations qui permettrait de discuter les rapports entre ces diverses régulations ou déplacements d'équilibre et le "groupement lui-même" ou permanence de l'équilibre » (p. 284). Ce qu'il ne pouvait prévoir, c'est que la réalisation de ce programme s'accompagnera d'une sorte de déplacement du centre de gravité de sa théorie : celle-ci ne focalisera plus de manière privilégiée sur les points d'arrivée – les opérations logico-mathématiques en tant qu'aboutissement des régulations, réalisant l'équilibre (relatif) de la pensée –, mais sur les processus créateurs de nouveauté qui seront la marque de l'équilibration *majorante* décrite dans les années 1970. Mais avant d'en arriver là, une étape intermédiaire sera nécessaire lors de laquelle Piaget abordera cette fois de front la modélisation du processus d'équilibration qui aboutit aux structures (et constances) perceptives, puis aux groupements pratiques de l'intelligence sensori-motrice et à l'objet permanent qui en est l'une des conséquences, enfin aux groupements et groupes de la pensée logico-mathématique, ainsi qu'aux nombreux invariants opératoires qui manifestent leur fermeture – tous ayant été mis en lumière dans les très nombreuses recherches sur le développement non seulement de l'intelligence et des catégories de l'esprit, mais aussi des perceptions et des échanges sociaux. On va cependant voir à propos de ce premier modèle scientifique que, si l'équilibration, cette fois nommée désignée, est au centre même de l'interrogation, ce sont néanmoins toujours les équilibres auxquels elle conduit qui restent au cœur de la conception piagétienne générale de la raison humaine (et tout spécialement, bien sûr, l'équilibre propre aux structures logico-mathématiques).

LE PREMIER MODÈLE SCIENTIFIQUE DE L'ÉQUILIBRATION

Ce premier modèle est exposé dans le volume II des *Études d'épistémologie* imprimé en 1956 et publié en 1957 (le premier exposait le

programme général de recherches du Centre International d'Épistémologie Génétique créé en 1955). Ce volume contient un premier chapitre dans lequel le mathématicien français, Benoît Mandelbrot, père de la théorie des fractales, se penche "Sur la définition abstraite de quelques degrés de l'équilibre", et des notions de perturbation, de stabilité et de réversibilité qui permettent de caractériser ces degrés. La présence auprès de Piaget de ce brillant spécialiste de la statistique mathématique, de la théorie des équilibres physiques et de la cybernétique est significative de l'attention croissante apportée par Piaget dès la fin des années 1940 et le début des années 1950 aux déplacements d'équilibre, au passage d'un état de moindre équilibre vers un équilibre plus grand, bref, au processus d'"équilibration". Ce terme, notons-le, est utilisé peut-être pour la toute première fois par Piaget, mais sans aucun développement, dans les dernières lignes d'un article de 1949 dans lequel est montré comment le double usage du langage logistique et du langage de l'équilibre pour décrire la genèse des structures de l'intelligence n'est pas contradictoire avec la description qui pourrait être faite par ailleurs du fonctionnement du cerveau en termes de réseau de neurones (Piaget y esquisse une description très voisine d'esprit, quoique bien moins précise, de celle que McCulloch a proposée de son côté au début des années 1940). Le même terme est à nouveau présent dans un article de 1953 sur les "Structures opératoires et la cybernétique", mais cette fois en référence à l'usage qu'en fait W.R. Ashby dans sa conception cybernétique des systèmes auto-organiseurs. Manifestement, au début des années cinquante, Piaget multiplie les lectures et les contacts scientifiques lui permettant d'aborder de front le problème de l'équilibration des structures, et ceci en plein synchronisme avec ce que les cybernéticiens sont en train d'entreprendre de leur côté.

La modélisation qu'il réalise alors a deux aspects qui la distinguent des travaux qu'il entreprendra quinze ans plus tard, dans les années 1970. Le premier a trait à l'objet modélisé ; le second à la démarche de modélisation elle-même, ou à la nature des instruments utilisés.

Première aspect : la modélisation faite en 1954-1955 reprend toutes les grandes étapes du développement de l'enfant, de la genèse des constances et des structures perceptives, jusqu'à celle des structures opératoires concrètes puis formelles. Chacune de ces grandes étapes est marquée par le passage d'un état d'équilibre instable à un état d'équilibre stable, et qui plus est d'autant plus stable d'un niveau à l'autre que les régulations assurant cet équilibre se rapprochent puis atteignent la complétude propre aux opérations des structures de la pensée logico-mathématique. L'exemple prototypique qui sous-tend toute la démarche de modélisation est celui des comportements observés par les enfants en réponse aux problèmes de conservation, par exemple celui de la conservation de la substance. Ces comportements révèlent un passage progressif, grâce au processus de décentration, entre (1) des réponses d'apparence stable, centrées initialement sur une caractéristique de l'objet considéré, sans mise en relation avec d'autres caractéristiques de l'objet (par exemple la seule longueur du boudin de pâte à modeler, sans considération de l'épaisseur) susceptibles alors de faire basculer l'enfant vers une réponse opposée, mais dont il n'aperçoit initialement pas l'opposition ; puis (2) des réponses qui oscillent entre telle caractéristique et telle autre (la longueur activement mise en balance avec l'épaisseur) et créant ainsi une instabilité féconde du jugement, et enfin (3) des réponses opératoires qui intègrent les transformations reliant les états successifs de telle manière que toute modification observée ou anticipée dans l'une des caractéristiques est conçue comme complètement ou parfaitement compensée par la modification d'une ou de plusieurs autres caractéristiques (diminution de l'épaisseur du boudin contre augmentation de la longueur, soustraction contre addition de la matière déplacée d'un endroit à l'autre, etc.). Ce qu'il s'agit de modéliser est donc le passage successif et progressif des centrations exclusives, non rapportées les unes aux autres, à des mises en relation de ces centrations en fonction de la plus ou moins grande prégnance des données perçues, puis le passage de ces mises en relation – source d'oscillations des réponses – aux opérations permettant d'an-

tipier les transformations possibles et se compensant parfaitement des caractéristiques de la réalité considérée (dans l'exemple, une boule de pâte à modeler modifiée de différentes manières). Mais encore une fois, ce double passage mis en évidence dans toutes les recherches sur le passage de la pensée préopératoire à la pensée opératoire, qu'elles concernent le temps, l'espace, le nombre, les classifications et les sériations logiques, etc., se retrouve dans la genèse de l'intelligence sensori-motrice et des catégories spatiales, temporelles, causales chez l'enfant de 0 à 2 ans, ainsi que dans la genèse des structures perceptives, les seules différences étant l'étendue plus ou moins grande des domaines sur lesquels portent ces activités et leurs régulations, la stabilité plus ou moins grande des équilibres atteints à chacun des étapes successives du développement cognitif, ainsi que le degré croissant de leur mobilité.

Le deuxième grand aspect qui caractérise le modèle de l'équilibration exposé en 1957 concerne la démarche même de modélisation, le choix de ses instruments, à savoir essentiellement le recours à une analyse de la probabilité des réponses successivement observées dans ce double passage d'équilibres ponctuellement stables mais figés et fragiles, vers des équilibres instables lié à l'oscillation du jugement, puis de ces équilibres instables et donc perturbant vers les équilibres tout à la fois stables et mobiles, tout d'abord des groupements pratiques – centrés sur l'action présente – de l'intelligence sensori-motrice, puis des structures de la pensée opératoire concrète puis formelle ou hypothético-déductive. Pour chacun de ces passages, et sur les quatre plans aboutissant (1) à des structures perceptives, (2) aux groupements pratiques d'actions sensori-motrices, (3) aux groupements et groupes d'opérations concrètes, (4) aux structures de la pensée formelle, Piaget démontre que chacun des types de réponses données au point de départ, au point médian et au point d'arrivée de ces doubles passages ont tour à tour la probabilité la plus grande d'être produits, étant donné le niveau du développement atteint par l'enfant (= "loi de probabilités séquentielles"). En d'autres

termes pour chaque étape atteinte, les réponses de plus en plus probables deviennent celles de l'étape qui lui succède.

Le choix d'une modélisation basée essentiellement sur l'examen de la transformation de la probabilité des réponses lors du passage à chaque niveau du développement cognitif au suivant a pour conséquence de ne s'intéresser, à quelques considérations près qui anticipent d'une certaine manière les futures recherches des années, qu'à ce qui se prête à un tel instrument, à savoir la statistique, serait-ce grossièrement constatée, des centrations des enfants sur tel ou tel aspect de la réalité qu'ils considèrent, et à la coordination croissante de ces centrations. La réussite indéniable d'un tel choix méthodologique a cependant un prix : le refoulement à l'arrière-plan de tout ce qui échappe au modèle, et en particulier les processus de création cognitive que l'on ne saurait réduire à la seule extension du champ et à la seule composition des centrations perceptives puis intellectuelles. Déjà dans ses recherches des années quarante Piaget avait pu constater la présence de mécanismes, tels que l'abstraction logico-mathématique ou encore la prise de conscience, qui ne trouvent pas de place autre que marginale dans le modèle présenté en 1957. On comprend donc que Piaget, peut-être sous la pression de ses collègues et collaborateurs, dont Bärbel Inhelder, ne pourra se contenter de ce modèle trop exclusivement probabiliste de l'équilibration et qu'il en arrivera, dans les années septante, à faire pour les mécanismes de construction liés à l'équilibration ce qu'il a fait dans les années 20 à 50 pour connaître la genèse de l'intelligence et des structures cognitives (ainsi que perceptives) : rechercher des faits susceptibles d'enrichir la connaissance concrète de ces mécanismes, y compris le processus d'équilibration lui-même, tout en effectuant parallèlement une analyse épistémologique de cette notion de régulation, et plus précisément cette morphologie comparée des régulations étudiées par les différentes sciences de la nature, qu'il annonçait déjà dans ses écrits des années quarante. Nous retrouverons ce second axe de recherche en conclusion de notre chapitre. J'en viens maintenant à la dernière conception piagétienne de l'équilibration expo-

sée de façon magistrale dans le 33 volume des *Études d'épistémologie génétique* paru en 1975.

L'ÉQUILIBRATION MAJORANTE ET SES VARIÉTÉS

Dès la fin des années 1960, Piaget engage le programme de recherche de son Centre international d'épistémologie génétique dans une toute nouvelle direction : l'étude des mécanismes du développement lors de laquelle seront successivement étudiées les mécanismes de la prise de conscience et du passage de l'action à sa conceptualisation (ou du réussir au comprendre), du rôle nécessaire ou non des contradictions dans le développement des connaissances, des processus d'abstraction et de généralisations empiriques ou au contraire constructives, du rôle de l'ouverture sur de nouveaux possibles ou encore de la recherche des raisons dans l'évolution cognitive, et des différentes variétés de formes dialectique de pensée accompagnant et intervenant dans l'équilibration des structures cognitives (ce dernier aspect en lien avec l'élaboration d'une toute nouvelle "logique des significations" devant compléter les modèles créés par Piaget dans les années 1935 à 1950). Interrompu pour des raisons de santé pendant quelques mois de l'année universitaire 1974-1975, Piaget, qui avec l'aide de ses nombreux collaborateurs a déjà bien avancé dans ce programme de recherche, en profite pour rédiger son important ouvrage de 1975 sur "L'équilibration des structures cognitives", une équilibration qui est à ses yeux le problème central de toute théorie du développement (non seulement de la pensée de l'enfant, mais des sciences).

Ce qui frappe le plus dans la nouvelle approche alors présentée de l'équilibration en tant que mécanisme central de construction des structures cognitives est l'extraordinaire extension et généralisation que cette notion prend dans la vision piagétienne du fonctionnement des systèmes cognitifs – pratiques autant que théoriques –, cela quel que soit leur niveau de complexité et de développement. Elle ne s'applique plus seulement aux effets structurants des décen-

trations perceptives ou cognitives. Sous des formes variées selon les champs d'application, et selon des niveaux de développement plus ou moins avancés, elle s'applique partout où s'activent des schèmes élémentaires (de succion ou de préhension par exemple), des systèmes composés de schèmes coordonnés, voire de sous-systèmes coordonnés (comme le système numérique, composé d'opérations d'ordre et d'emboîtement) cherchant à assimiler les objets qu'ils rencontrent ou qu'ils produisent (les symboles mathématiques par exemple), en leur donnant une signification, en les faisant apparaître en tant qu'*observables* déformés ou non par les présupposés du sujet, en les coordonnant les uns avec les autres, en fonction de finalités que le sujet se donne (construire une tour, lancer une balle pour atteindre un lieu précis, introduire un objet dans une boîte, etc.).

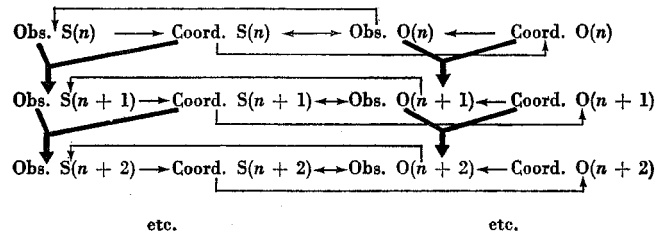
Les réalités sur lesquelles portent maintenant l'équilibration sont ainsi composées d'observables (résultat d'assimilations plus ou moins déformantes) sur l'objet ou sur le sujet (ses actions propres, mais aussi ses intentions saisies par prise de conscience), ainsi que de coordinations d'actions ou de significations produites par le sujet, mais aussi appliquées aux objets (sériation, etc.), ou attribuées par inférences conscientes ou non aux objets (causalité).

Bien sûr, dans cette nouvelle perspective qui porte sa plus grande attention au *fonctionnement* (et co-fonctionnement) des systèmes cognitifs, les structures opératoires conservent toute leur importance dans l'édifice piagétien. Ce sont les seuls systèmes cognitifs qui atteignent un équilibre permanent, quand bien même chacun de ces systèmes est appelé à être dépassé par de nouveaux, plus puissants (à la fois en extension, quant à la quantité d'objets traités, et en compréhension, quant aux rapports que les objets traités ont les uns par rapport aux autres). Mais, pour bien comprendre la nouvelle conception de l'équilibration, il faut d'une certaine manière les ignorer (elles seront inmanquablement retrouvées, puisqu'elles sont le résultat de régulations elles-mêmes régulées de manière à atteindre un équilibre permanent, en d'autres termes, de *régulations parfaites*), pour s'intéresser aux activités très concrètes des sujets, y compris quand il s'agit des activités du mathématicien le plus formaliste, travaillant sur des êtres mathématiques, dont le seul support matériel, les seuls

observables extérieurs sur lequel s'appuient ses constats, sont des symboles qui ne peuvent qu'apparaître ésotériques aux yeux des non-mathématiciens. Ces observables sur l'objet vers lesquels se tourne prioritairement l'attention du sujet, ces observables sur l'action propre, résultats de prises de conscience plus ou moins approfondies et précises, ces coordinations de l'action propre ou des opérations propres et de leurs significations, ces coordinations lues sur l'objet par application des opérations (par exemple lors de la comparaison de la grandeur ou longueur de deux objets) ou attribuées aux liens de causalité entre objets sont, comme l'assimilation et l'accommodation, présents partout, quelle que soit l'activité dans laquelle le sujet s'engage. Et c'est donc entre ces observables sur l'objet (effet d'une action physique ou logico-mathématique du sujet sur un ou des objets) et ces observables sur l'action propre (l'action de lancer une balle par exemple, ou de sérier des objets), mais aussi entre les coordinations du sujet et les coordinations appliquées ou attribuées aux objets, et de manière tout aussi générale entre observables et coordinations, que des processus variés de régulations compensatrices ou d'équilibration vont agir en rétablissant ou remplaçant de manière plus ou moins durable l'équilibre ébranlé ou détruit à la suite d'une mise en relation entre observables et/ou coordinations induisant des perturbations ou la mise en évidence de lacunes de l'ancien ou des anciens systèmes d'assimilation. C'est au cours de cette recherche d'un nouvel équilibre que les systèmes de départ se verront complétés voire remplacés par de nouveaux (dans le cadre des situations perturbantes ou révélatrices de lacunes), enrichissant ainsi le bagage cognitif et pratique général que possède le sujet pour organiser, comprendre et même enrichir les réalités avec lesquelles il interagit de multiples façons.

Donnons un seul exemple du nouveau modèle proposé par Piaget dans son ouvrage de 1975. Cet exemple couvre la totalité ou la quasi totalité des situations où interviennent les types d'observables et de coordinations possibles, que ces dernières portent sur l'objet ou le sujet, que les actions du sujet soit de type physique ou mathématique, que les coordinations relatives aux objets soit simplement appliquées ou au contraire attribuées à ceux-ci (seule n'est pas figu-

rées par ce modèle la situation où le sujet considère exclusivement les actions causales d'un objet sur un autre, indépendamment de toute action propre). Voilà le modèle qui synthétise les rapports possibles, les flèches indiquant comment se rattachent les unes aux autres ces observations et coordinations, mais aussi les points où doivent intervenir des régulations aboutissant à de nouveaux observables ou de nouvelles coordinations :



En général, mais ce n'est pas une nécessité, l'activité du sujet part d'une centration sur les observables de l'objet, ce qui, lorsqu'il cherche à résoudre un problème, peut le conduire en cas de perturbations à prendre conscience des particularités de sa propre action (observables S) et des liens que celles-ci ont avec les observables sur l'objet. Immanquablement cette prise de conscience est complétée par de nouvelles coordinations au sein de l'action propre (c'est l'activité proprement *réflexive* qui intervient dans le processus de l'*abstraction réfléchissante* grâce auquel le sujet est amenée à construire un nouveau système par *réfléchissement* sur un nouveau plan des coordinations incluses dans le système antérieur, puis *réflexion* sur les liens entre observables résultant de ce réfléchissement). Cette prise de conscience et cette abstraction réfléchissante enrichissent du même coup le bagage de schèmes et de systèmes du sujet lui permettant non seulement d'assimiler les propriétés des objets (et donc d'atteindre de nouveaux observables), d'y découvrir des relations par applications des coordinations d'action aux objets considérés, mais aussi d'expliquer de manière plus ou moins satisfaisante et durable les relations fonctionnelles entre observables relatifs aux objets.

Mais l'interprétation de ce schéma va varier selon qu'il s'applique (1) à des activités lors desquelles le sujet interagit physiquement avec des objets qui en retour agissent sur lui en fonction de leurs caractéristiques physiques, ou, au contraire, (2) à des activités logico-mathématiques telle qu'une sériation, portant sur des objets concrets (où, donc, les interactions causales entre sujet et objet et entre objets ne sont pas pertinentes), ou encore (3) si l'activité cognitive du sujet concerne la modélisation des interactions causales entre objets considérées indépendamment des actions du sujet sur les objets ou phénomènes expliqués (en ce dernier cas, le schéma est modifié dans le sens où il n'est plus question d'observations et de coordinations relatives au sujet). Le schéma peut par ailleurs se simplifier si le chercheur ne s'intéresse qu'aux régulations qui interviennent dans les relations établies par le sujet entre les observables physiques ou formels sur l'objet et les observables (physiques ou formels) sur son action propre, etc. D'autres schémas sont ainsi présentés par Piaget qui viennent compléter le précédent, ou permettre d'en analyser plus finement certaines parties.

Piaget ne manque pas, par ailleurs de souligner comment le travail d'accommodation propre aux schèmes lors de l'assimilation de nouveaux objets ou lors de l'assimilation réciproque entre schèmes entraîne une *différenciation* de ces schèmes qui sera compensée par un travail d'*intégration* répondant au besoin de cohérence ou d'unité du sujet (d'où des régulations de régulations qui conduiront aux structures opératoires). L'équilibration ne concerne donc pas seulement les relations entre observables et coordinations, mais aussi les déséquilibres qui interviennent à tous les niveaux de l'activité du sujet entre assimilation et accommodation, différenciation et intégration (ou parties et totalité), et, pour ce qui concerne les premières étapes du développement cognitif, avant l'accès aux premiers stades opératoires, entre les affirmations et les négations, la construction progressives des dernières étant seule à même, grâce aux compensations alors introduites dans les systèmes cognitifs, de permettre la fermeture opératoire qui caractérise les structures propres à la pensée opératoire : à chaque opération directe (et son produit) correspond alors en effet une opération inverse ou réciproque (et son produit),

ce qui entraîne l'équilibre permanent de ces structures et la pleine réversibilité de cette pensée.

Ce qui précède suffit à souligner l'écart qui existe entre le modèle d'allure "positiviste" – très calqué sur les théories des équilibres physique et de la théorie des jeux – du modèle de 1957 et le nouveau modèle proposé en 1975, qui, lui, est plus conforme à la méthodologie acquise par Piaget sur le terrain de l'histoire ou des sciences naturelles (recueillir de nombreux faits, les comparer, les classer, les ordonner, en faire la théorie). Ici, ce qui est comparé, classé, ordonné et conceptualisé, ce sont les activités d'équilibration, les types de régulations et de compensations qui les caractérisent (par exemple, à considérer l'ampleur des régulations, les régulations de faible ampleur de type α : par exemple, écarter ponctuellement une perturbation en s'en détournant ; les régulations de type β : compenser une perturbation en l'intégrant et en la contrebalançant par une action ou la prise en considération d'une action ou d'un observable contraire, qui équilibre au moins provisoirement et conceptuellement le système cognitif en jeu, comme c'est le cas chez l'enfant qui reconnaît empiriquement qu'un effet d'allongement d'une boulette de plastiline est compensé par un effet d'amincissement, ce qui révèle chez lui une activité de mise en correspondance aboutissant à ce que Piaget (1968) appelle une fonction constituante (prise en considération des relations entre observables) ; enfin les régulations de type γ qui sont des régulations parfaites ou complètes en ce sens que sont anticipables dès le départ la totalité des variations que peut engendrer et traiter un système cognitif).

Cette façon, calquée sur la démarche du naturaliste, d'aborder l'équilibration et ses variétés se retrouvent dans l'analyse "morphologique" des régulations non plus seulement cognitives, mais biologiques, sociales et mêmes – ce qui est plus problématique – physiques que traitent les différentes sciences correspondantes (la physique, la biologie, la psychologie, la sociologie, l'économie, etc.). Avant de résumer les résultats de cette analyse présentée en 1977 par Piaget, il convient toutefois de réinterroger la notion piagétienne d'équilibration sous l'angle des tendances les plus récentes de la biologie de l'évolution, vers laquelle il se tournait dans certains de ses

derniers travaux et notamment dans son étude "spéculative" sur "Le comportement moteur de l'évolution", dans laquelle il évoque les modèles de l'évolution proposés par la biologie néo-darwiniennes des régulations, et en particulier le rôle du processus variation-recombinaison-sélection qui est caractéristique, pour le darwinisme, de l'évolution biologique, et qui se retrouve en partie dans celle des systèmes cognitifs. Nous le ferons en complétant notre résumé des étapes de la conception de l'équilibration chez Piaget par une synthèse rédigée pour le présent chapitre par un de ses très proches collaborateurs, à savoir Guy Cellérier, qui intègre le constructivisme piagétien dans un *pluriconstructivisme* concevant le co-fonctionnement et la co-évolution des équilibrations biologiques, sociologiques et psychologiques. On verra que les considérations suivantes, qui attribuent à la cybernétique des régulations une place centrale, permettent de concevoir sous un angle plus fin, quoi que résolument théorique, les relations entre schèmes et systèmes de schèmes qui interviennent dans le dernier modèle de l'équilibration proposé par Piaget.

L'ÉVOLUTION CONTEMPORAINE DE LA NOTION D'ÉQUILIBRATION

Reformulée dans un cadre cybernétique lui aussi réactualisé en fonction des travaux réalisés depuis les années septante, cette notion joue un rôle central dans l'extension du constructivisme de Piaget que constitue le pluriconstructivisme, dans lequel l'intelligence et l'affectivité du sujet sont conçues comme une résultante de la composition à chaque instant de l'action de trois systèmes d'équilibration agissant à des échelles temporelles évolutives emboîtées: l'équilibration phylogénétique darwinienne, l'équilibration sociogénétique, et l'équilibration psychogénétique. Ce prolongement théorique du constructivisme rend à l'équilibration son rôle originel de solution centrale, et non plus, comme Piaget le formulait dans sa dernière conception, de « Problème central du développement des structures cognitives ». Il le fait par le biais d'un remplacement du modèle phy-

sique de l'équilibre qui était le modèle de base de Piaget par un modèle de part en part cybernétique (v. « De la cybernétique de la régulation à la cybernétique de l'équilibration », texte à paraître en 2008 sur le site de la Fondation Jean Piaget). Ce dernier résulte d'une abstraction à partir du modèle darwinien de l'évolution phylogénétique et de celui des régulateurs adaptatifs tels que les « servomécanismes auto-optimalisateurs » (M. Minsky, "Steps toward Artificial Intelligence Minsky", 1963) qui se situent à l'articulation de la cybernétique classique avec l'intelligence artificielle et les programmes tels que le "General Problem Solver" de A. Newell et H. Simon (1963), qui peuvent être aujourd'hui être assimilés rétrospectivement à une version à la fois programmée et récursive du régulateur multidimensionnel que constituait déjà à cette époque l'homéostat d'Ashby ("Design For A Brain", 1960).

Tous ces systèmes, qu'ils soient naturels ou artificiels sont caractérisés par un mode de tâtonnement souvent dénommé hill climbing, en référence à son illustration par le schème de l'activité exploratrice locale d'un alpiniste dans l'obscurité totale qui utiliserait un altimètre pour guider son cheminement vers un sommet. Ce mode de tâtonnement est à la fois axiograde (il utilise un gradient de valeurs pour réaliser la sélection naturelle rétroactive de ses essais), et axiocybernétique, ou gouverné par les valeurs (sa trajectoire est gouvernée proactivement par le fait que le point de départ du prochain essai est celui du dernier essai majorant).

Il n'existe pas aujourd'hui de programmes d'apprentissage par essais et erreurs dont le tâtonnement porte de manière réflexive sur leurs propres méthodes de tâtonnement, de renforcement, d'acquisition et d'application, ainsi que sur l'architecture fonctionnelle qui les coordonne. Or ce qui distingue l'*auto-optimalisation régulatrice* de l'*auto-majoration équilibratrice* est précisément la propriété fondamentale autoréférentielle (dite parfois « auto-organisatrice » et plus proprement auto-réorganisatrice) ou réflexive des systèmes génétiques des espèces, d'être soumis eux-mêmes à leur propre procédé de variation et sélection, tout comme les membres d'un organe législatif « qui sont soumis eux-mêmes aux lois qu'ils édictent » (selon une formule de C.H. Waddington, dans "The strategy of the genes", 1957), de telle

sorte qu'il existe une évolution non seulement des espèces, mais de leurs systèmes génétiques eux-mêmes, comme l'avait déjà discerné et explicité C. Darlington de façon prémonitoire en 1939 (dans "The Evolution of Genetic Systems"). Les systèmes génétiques des espèces seraient dès lors comparables aujourd'hui à des usines automatiques auto-réorganisatrices, dont les méthodes de production et leur organisation, (c'est-à-dire l'« architecture fonctionnelle » des chaînes de production, qui est celle de l'usine même et qui correspond à ce que Darlington entend par « système génétique de l'espèce ») feraient partie de leurs autres produits, à destination extérieure à eux (qui correspondent aux génotypes des organismes).

La version pluriconstructiviste de l'équilibration psychogénétique est alors un homologue fonctionnel d'un système génétique darwinien, dans lequel la variation des schèmes est réalisée par une forme d'assimilation récursive par parties qui improvise (par le recrutement, dans le pool psychogénétique du sujet, de schèmes candidats à la coordination et à l'adaptation réciproque) une équipe temporaire de schèmes organisés en division du travail de manière à remplir une fonction demandée. Sous l'effet de l'assimilation reproductrice, les réimprovisations majorantes successives d'une telle équipe en produisent des variantes qui peuvent être multiples, et qui, si leurs schèmes composants et leurs formes d'organisation viennent à converger et se stabiliser, constituent un nouveau schème: un nouveau « canevas d'actions répétables en des situations assimilables ». Les schèmes nouveaux sont conservés et classés par une « assimilation épistémique » sur le site cognitif de leur production, c'est-à-dire dans le pool des schèmes spécialisés de l'univers d'activité qui leur a donné naissance, de telle sorte qu'ils y résident à proximité et disposition immédiates pour leur application dans des situations assimilables. Les processus d'acquisition et d'application forment ainsi un système *hétérarchique* de subordination mutuelle vicariante, dans lequel chacun concourt selon les situations à la réalisation de l'autre. L'assimilation épistémique engendre une organisation *synergotopique* (de synergie, action coordonnée, et topos, lieu) de la « mémoire au sens large » (en tant qu'« ensemble des schèmes du sujet » selon la

définition qu'en donne Piaget) dans laquelle la proximité fonctionnelle donne lieu à une proximité ou priorité d'accès logicielle.

Il faut préciser ici en premier lieu que dans le cadre théorique de la « cybernétique de l'équilibration », *le* cybernétique constitue la catégorie épistémique de notre appréhension du fonctionnel, en un sens étendu qui comprend l'adaptatif, le finalisé, l'intentionné etc., c'est-à-dire le téléique ou téléonomique (teleos, telos « fin, but », et teleios « complet, achevé ») et l'ergonique (ergon: fonction, action des organes). En second lieu, que tout élément, structure ou processus, qui concourt à l'équilibration majorante du système auquel il appartient y remplit par définition une fonction, et assume de ce fait un statut fonctionnel. En troisième lieu, que les structures et processus cybernétiques présentent deux propriétés fondamentales: celle de la plurifonctionnalité des structures, et sa réciproque, celle de la multiréalisabilité des fonctions. Cela signifie, traduit dans le champ de l'équilibration psychogénétique, qu'en toute généralité, le même « schème du moyen » peut ainsi y réaliser plusieurs « schèmes du but » différents, et réciproquement, que le même schème du but peut y être réalisé par plusieurs schèmes du moyen différents.

Il s'ensuit que lors du recrutement d'équipes de schèmes, la concurrence entre des schèmes différents pour la réalisation de la même fonction est d'emblée possible de plein droit, et qu'elle s'accroîtra de fait avec le nombre des acquisitions psychogénétiques. Le jeu de la concurrence entre schèmes a pour effet de déterminer pour chaque schème concurrent une fréquence d'accès différentielle. Cette fréquence d'accès, pondérée par le niveau hiérarchique du schème dans la décomposition fonctionnelle de la fonction dont il concourt à la réalisation, lui attribue une priorité d'accès au processus de l'assimilation récursive et en conséquence au contrôle de la conduite. L'évaluation rétroactive du degré de succès fonctionnel du schème qu'implique la notion d'essais et erreurs donne lieu à un renforcement positif ou négatif de sa priorité d'accès. Cette modulation de leur priorité induit une « conservation différentielle » des schèmes, qui remplit dans l'équilibration psychogénétique un rôle homologue à celui de la sélection naturelle due à la reproduction différentielle dans l'équilibration phylogénétique.

La perspective pluriconstructiviste a enfin pour effet de subdiviser l'équilibration psychogénétique elle-même en trois sous-systèmes d'équilibration spécialisés, dont chacun majore ses valeurs autoïstes propres.

Le premier est celui de l'équilibration phylogénétique qui engendre, équilibre et majore la pré-information des schèmes héréditairement transmis. Cette pré-information va de la spécification du contenu (la structure processuelle) du schème réflexe, à la préparation et au guidage de l'acquisition psychogénétique de ces schèmes. La notion d'une *acquisition génétiquement assistée* spécifique à l'espèce (développée dans le cadre phylogénétique par C. J. Lumsden et E.O. Wilson ("Genes, Mind, and Culture: The Coevolutionary Process", 1981) introduit ainsi un véritable tertium épistémologique entre les extrêmes théoriques traditionnels de l'« acquis » conçu comme une libre construction des schèmes, et de l'« inné » conçu comme une préformation génétique de ceux-ci, qui les intègre en les reliant à travers un continu formé par des degrés de pré-information croissant selon l'ancienneté et la pérennité phylogénétiques et sociogénétiques des domaines d'acquisition concernés.

Le second sous-système de l'équilibration du sujet est celui de l'acquisition des savoir-faire « automatiques » de l'intelligence pratique (conduites physiques dans la modalité sensori-motrice telles que l'acquisition de la marche, par exemple, ou conduites mentales dans la modalité sémio-opératrice telles que l'acquisition du langage par exemple) par l'apprentissage phylogénétiquement ou sociogénétiquement guidé ou au contraire spontané qui caractérise les formes de la psychogenèse artificielle de savoir-faire spécialisés en généralisant les notions traditionnelles du conditionnement opérant (et de l'auto-conditionnement) qui sous-tendent l'entraînement par un tiers et l'exercice majorant individuel d'une activité.

Le troisième sous-système d'équilibration est celui de l'acquisition des savoirs représentatifs et de l'intelligence réflexive, dont la fonction proactive est de rendre l'enfant devenu adulte « maître de sa destinée » selon une formule de Piaget, en lui permettant de gouverner son devenir psychogénétique par la réalisation de ses valeurs supérieures. C'est cette face proactive de l'assimilation aussi bien

afférente (qui accommode mentalement les structures cognitives du sujet à la « réalité » assimilée) qu'efférente (qui accommode matériellement la réalité assimilée aux structures représentatives du sujet) qui a conduit notre espèce à l'assimilation impérialiste à implanter ses milieux artificiels dans la quasi-totalité des niches écologiques de la planète. La fonction rétroactive de l'équilibration réflexive est la prise de conscience réflexive de « ce que nos schèmes nous font faire » qui permet le diagnostic des schèmes acquis par les autres équilibrations, et leur majoration correctrice ou leur contournement le cas échéant (par le biais des opérations de la volonté qui constituent le « bras temporel » de l'équilibration réflexive). Chacun de ces trois sous-systèmes a son propre système d'évaluation de sa productivité psychologique dont il a pour fonction suprême l'équilibration ou régulation synchronique, et la majoration diachronique.

L'équilibre psychique, à la fois psychologique synchronique, et psychogénétique diachronique, résulte ainsi de la différenciation et de l'entretien d'une coordination hétérarchique dans laquelle chacune des trois équilibrations a la faculté de se subordonner les deux autres. Cette coordination a pour fonction de résoudre les conflits d'intérêt, et de répartir le contrôle de la conduite du sujet entre ces systèmes d'équilibration autoïstes aux valeurs et aux fonctions instinctuelles, praxiques et réflexives distinctes. La notion d'équilibration devient ainsi la solution théorique à la construction d'une conception psychocybernétique du fonctionnement synchronique et de l'évolution diachronique du sujet en tant que système cognitif et affectif réflexif gouverné et gouvernable de manière auto-critique et auto-modificatrice par ses valeurs.

L'ÉPISTÉMOLOGIE DES RÉGULATIONS

Les considérations précédentes montrent comment l'équilibration qui agit au sein du sujet met en œuvre des régulations dirigées par des finalités phylogénétiquement, sociologiquement ou psychologiquement acquises et appelées à se coordonner de manière hété-

rarchique. Cette approche résolument cybernétique accorde toute sa place aux valeurs supérieures qui organisent le travail intellectuel et les échanges sociaux de sujets accédant aux opérations intellectuelles et aux opérations de la volonté ; rappelons que ces opérations sont, selon Piaget qui empruntait cette expression à Ashby, des régulations parfaites. Le moment est venu, en guise de conclusion, de rapporter les résultats de l'analyse comparative faite par Piaget des régulations propres aux différents niveaux de réalité étudiées par les sciences de la nature, dans laquelle nous incluons les sciences psychologiques et sociales, ce qui n'impliquent pas, et le résumé suivant le rappellera, la réduction des sciences psychologiques et sociales aux sciences biologiques, ni la totalité des sciences du vivant aux sciences physiques (sauf si l'on élargit les catégories de ces sciences en y incluant celles des sciences biologiques, psychologiques et sociales, sans les réduire aux catégories de départ de la physique !).

L'analyse comparative à laquelle procède Piaget est exposée dans le chapitre "L'épistémologie des régulations" par lequel celui-ci introduit l'ouvrage collectif "L'idée de régulation dans les sciences" qui recueille les textes des conférences données au Collège de France par des spécialistes des différentes disciplines concernées (physique, biologie, sociologie, économie, etc.). Piaget distingue six niveaux de régulation ou d'équilibration en jeu dans le réel. Les deux premiers niveaux concernent la physique. Le premier est celui des équilibres mécaniques auxquels Piaget se réfère constamment dans ses propres travaux en raison du rôle qu'y jouent les notions de *réversibilité* et de *compensation*. Le deuxième est celui des structures dissipatives étudiées, entre autres, par Prigogine. Certains systèmes physiques ont pour particularité de passer d'un état stable à un autre, non pas par augmentation du désordre statistique ou de l'entropie, mais au contraire en révélant à chaque nouveau palier une forme d'organisation absente de l'état de déséquilibre par lequel le système est passé en sortant de l'état stable précédent. Ce passage négentropique de l'instabilité à la stabilité manifeste ainsi une certaine similitude à ce qui est constaté dans les systèmes biologiques et cognitifs dans lesquels on observe un *accroissement d'ordre ou d'organisation*. Mais Piaget souligne une différence essentielle qui oppose les systèmes

dissipatifs aux systèmes biologiques. Chez ces derniers, on observe une certaine conservation du système ancien dans le nouveau. On observa aussi – et ceci est significatif – que, dans le résumé qu'il donne des structures dissipatives, Piaget n'utilise pas le terme de régulation.

Le troisième niveau est celui des *régulations organiques*, qui ont pour particularité d'être fortement conservatrices. Piaget ne traite pas ici des processus de type *homéorhétique* considéré dans d'autres de ses écrits, et notamment dans son essai sur "Le comportement, moteur de l'évolution" auquel il renvoie. Dans cet essai, comme d'ailleurs dans "Biologie et connaissance" (1967), on voit Piaget prendre, peut-être pour la première fois, sérieusement en considération le modèle darwinien de l'évolution, mais qui reste selon lui insuffisant pour rendre compte des modifications "morphogénétiques" constatées sur le plan de la macro-évolution (Piaget 1976, p. 170). Seule l'intervention du comportement sensori-moteur des organismes cherchant activement les éléments du milieu qui permettent leur conservation lui paraît pouvoir rendre compte de la morphogenèse biologiques. Ce plan du comportement se caractérise en effet, pour Piaget, par l'apparition d'une *tendance active* à "l'élargissement du milieu et à l'accroissement des pouvoirs de l'être vivant" (id. p. 172) et d'un nouveau palier de régulations correspondantes.

Les premières régulations cognitives (= quatrième niveau) qui interviennent sur le plan du comportement sensori-moteur, et donc des échanges de l'organisme avec le milieu ont pour particularités de rechercher des situations *améliorant* l'équilibre entre l'organisme et sa niche écologique ; elles tendent à entraîner par là des modifications morphologiques qui vont guider l'évolution d'une espèce en produisant des déséquilibres dans le fonctionnement biologique interne des organismes qui la composent – déséquilibres qui entraîneront une transformation des sous-systèmes composant ces organismes, et cela éventuellement jusqu'au sous-système conservant le programme génétique de l'espèce (Piaget suppose que cela se fait directement au sein de chaque organisme ; on peut considérer, avec le darwinisme et plus particulièrement avec Baldwin auquel Piaget emprunte l'idée de sélection organique, que la modification se fait par le biais d'une

sélection agissant sur le plan de la population tout entière des individus de cette espèce par le jeu de la reproduction différentielle des gènes).

Le cinquième niveau de régulation est celui qui se produit sur le plan de la pensée "conceptuelle et socialisée" (Piaget, 1977, p. vi) ; les régulations de ce niveau aboutissent aux régulations parfaites auxquelles on peut assimiler les opérations des structures logico-mathématiques. Ce cinquième niveau se caractérise aussi, pouvons-nous ajouter en nous appuyant sur les sections précédentes de ce chapitre, par l'intervention de l'*abstraction réfléchissante* grâce à laquelle les regroupements d'actions acquis par tâtonnements plus ou moins dirigés sur le plan de l'action sont reconstruits et enrichis sur le plan de la pensée.

Le sixième niveau, qui concerne la pensée réfléchie et réflexive qui apparaît dans le passage de l'enfance à l'adolescence et qui est concerne tout spécialement la pensée scientifique, est celui des régulations guidées, sur le plan cognitif tout au moins, par l'exigence de dépasser les contradictions entre observables et explications opératoires (pour la pensée physique), ou de combler les lacunes des systèmes logico-mathématiques déjà acquis en s'appuyant sur le possible non plus seulement actualisable à partir des schèmes acquis ou déductible des structures opératoires déjà construites, mais exigible lorsqu'une de ces structures "est supposée susceptible de généralisations et complétions", mais que la "procédure à suivre" reste à trouver.

Passant en revue l'ensemble de ces six niveaux, Piaget en conclut que ce qui les relie les uns aux autres est le mécanisme des compensations, retrouvé sur chacun des plans, mais qui se transforme cependant d'un niveau à l'autre en fonction de l'accroissement des pouvoirs de l'être vivant (p. vii) et l'accroissement des variations possibles intégrées au sein des équilibres successifs. Mais ce qui caractérise plus particulièrement les régulations cognitives des niveaux quatre à six, qui expliquent le passage d'un état de moindre équilibre à un état d'équilibre supérieur, c'est très certainement, pour Piaget, le fait qu'elles apportent une solution plausible au problème épistémologique central que pose l'articulation de la "nécessité synthétique"

(p. ix) reconnue depuis Kant aux connaissances logico-mathématiques et plus largement à la raison opératoire, et de la fécondité créatrice de la pensée humaine qui lui permet, à chaque étape d'équilibre successif, d'engendrer de nouveaux possibles exigeant la construction de systèmes cognitifs plus puissants aptes à les assimiler aux transformations traitées par ces nouveaux systèmes, et ceci dans une spirale sans fin.

Au départ des régulations cognitives, celles-ci procèdent de manière voisine à celles mise en lumière par le darwinisme, à savoir un jeu de combinaisons entre schèmes et de sélections parmi les combinaisons ou les *possibles hypothétiques* (p. viii et x), autrement dit par essais et erreurs suivis de corrections. Mais ce jeu là ne suffit pas à rendre compte de la construction des structures opératoires. Comme cela a déjà été souligné, celles-ci acquièrent un équilibre durable dans la mesure où les régulations parfaites qui les caractérisent ont pour particularité de compenser chaque opération ou chaque transformation par une opération ou une transformation inverse ou réciproque. Ce qui fait que l'équilibration des structures cognitives se fait dans cette direction qui va du mécanisme des essais et des erreurs, vers un mécanisme supérieur de compensation anticipée des déséquilibres, c'est l'apparition d'un régulateur interne ou de régulation des régulations qui privilégient celles qui entraînent l'équilibre ou la cohérence maximum de la pensée pour un niveau donné. Il y a bien *in fine* sélection (et conservation de la nouvelle structure) ; mais la sélection porte, aux deux niveaux supérieurs des régulations, sur les régulations qui assurent l'équilibre maximum pour chaque nouvelle étape de structuration d'un système. Or, pour ce qui est des systèmes logico-mathématiques en tout cas, les régulations qui seules assurent la permanence du vrai sont celles qui – nécessité oblige – permettent la pleine compensation de toutes les transformations possibles, virtuelles ou effectivement réalisées, propres à chacun de ces systèmes, étant entendu que sur le plan de la réalité intellectuelle, le virtuel a une efficacité que l'on ne peut attribuer aux possibles physiques.

Pour conclure, on soulignera combien l'importance accordée aux possibles dans les derniers travaux de Piaget montre bien comment

celui-ci, sans abandonner en rien son projet d'explication des équilibres propres à la *raison constituée*, accorde maintenant une importance tout aussi grande sinon plus à ce qui est au cœur même du constructivisme épistémologique, l'ouverture créatrice, sans fin interne ultime, vers de nouveaux possibles et de nouveaux être mathématiques propre à la *raison constituante*. (Ducret, 2008)

BIBLIOGRAPHIE

Ducret J.-J. (1984),

– (1990),

Piaget J. (1918), *Recherche*.

– (1924), *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*.

– (1936), *La construction du réel chez l'enfant*.

– (1937), *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*.

– (1941a), *Le développement des quantités physiques*.

– (1941b), *La genèse du nombre chez l'enfant*.

– (1949), Le problème neurologique de l'intériorisation des actions en opérations réversibles. *Archives de psychologie*, 32, pp. 241-258.

– (1953), Structures opérationnelles et cybernétique. *L'année psychologique*, 53, pp. 379-388.

– (1957), Logique et équilibre dans les comportements du sujet. In *Logique et équilibre* (volume 2 des Études d'épistémologie génétique). Paris: PUF.

– (1967), *Biologie et connaissance: essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Paris: Gallimard.

– (1968) (avec J.-B. Grize, A. Szeminska, Vinh Bang et al.). *Épistémologie et psychologie de la fonction* (volume 23 des Études d'épistémologie génétique). Paris: PUF.

- (1975), *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement*. In volume 33 des Études d'épistémologie génétique). Paris: PUF.
- (1976). *Le comportement, moteur de l'évolution*. Paris: Gallimard
- (1977), L'épistémologie des régulations: introduction. In: *L'idée de régulation dans les sciences* (2e vol. des Séminaires interdisciplinaires du Collège de France / éd.: A. Lichnerrowicz, F. Perroux, G. Gadoffre). Paris: Maloine: Doin, pp. I-XIII.

J.-J. DUCRET
EN COLLABORATION AVEC G. CELLÉRIER
