

UQÀM

Université
du Québec à Montréal
(Canada)

2012

PSYCHOLOGIE ET DIDACTIQUE

Conférence de Jean Piaget

Montréal, 1971

**Lecture publique au colloque du groupe
des didacticiens des mathématiques en
2007, par Richard Pallascio et Philippe
Jonnaert, professeurs
Département de mathématiques, UQAM.**



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture



• Chaire UNESCO
de développement
curriculaire



PSYCHOLOGIE ET DIDACTIQUE¹

JEAN PIAGET

Montréal, 1971

Lecture publique au colloque² du groupe des didacticiens des mathématiques en 2007

**Par Richard Pallascio et Philippe Jonnaert, professeurs
Département de mathématiques, UQAM.**

Présentation

Le texte qui suit provient des verbatims de la conférence que prononçait le professeur Jean Piaget à l'Université du Québec à Montréal, le 19 octobre 1971. Jean Piaget était le conférencier principal du symposium organisé par le Centre de recherche en didactique (CRD), dirigé alors par Messieurs Albert Morf et Maurice Bélanger à l'UQAM. Le CRD devait se transformer quelques temps après en Centre Interdisciplinaire de Recherche sur l'Apprentissage et le Développement en Éducation (CIRADE). Plusieurs membres de la Chaire UNESCO de développement curriculaire (CUDC) furent membres du CIRADE. Ce texte est publié avec l'autorisation de la succession Piaget. En 1970, beaucoup de programmes d'études introduisaient la mathématique moderne dès les premiers apprentissages à l'école primaire. La conférence de Jean Piaget, en 1971, se déroulait dans ce contexte. Aujourd'hui, c'est sans doute ce qui lui donne toute son actualité dans le contexte contemporain de réformes curriculaires.

Conférence de Jean Piaget

J'aimerais partir d'une question qui peut paraître secondaire mais qui a sa petite importance, et qui est le problème de l'aptitude des élèves pour ce qui est de l'enseignement des sciences. En effet, dans tous les pays, on se plaint du trop petit nombre d'étudiants en sciences et du nombre beaucoup trop grand de « lettreux ». En France, si je me rappelle bien un discours d'un ministre, il disait récemment que l'on forme dix fois trop peu de scientifiques et qu'il y a dix fois trop d'étudiants en Lettres dont la carrière est très loin d'être assurée. La situation est souvent interprétée en fonction d'une croyance assez générale, selon laquelle pour apprendre les sciences, il faut des aptitudes spéciales : il y aurait les aptitudes scientifiques et les aptitudes littéraires, et ce ne serait pas du tout pareil. Or, depuis cinquante ans que je fais des expériences de psychologie, nous avons vu des centaines et des milliers de sujets dans le domaine des opérations logicomathématiques, celui de la causalité, ainsi que des domaines physiques annexes, autrement dit, un domaine de sciences expérimentales. Dans ce domaine de la causalité, nous avons souvent posé des questions assez difficiles.

¹ Nos remerciements vont à Madame Pauline Provencher pour avoir conservé ces verbatims de la dernière conférence de Jean Piaget au Québec. Ce texte est donc le résultat du traitement de la transcription d'un exposé oral.

² Colloque du groupe des didacticiens des mathématiques (GDM) à l'Université du Québec à Rimouski en 2007 : <http://turing.scedu.umontreal.ca/gdm/>

Par exemple, dans le cas de l'égalité de l'action et de la réaction, dans une grosse boule de pâte à modeler, l'expérimentateur d'un côté enfonce une pièce de monnaie avec une tige, et un enfant de l'autre côté enfonce une pièce de monnaie avec une tige, on pose alors la question à l'enfant : « est-ce que les pièces vont avancer sur une même distance ou bien une plus que l'autre? » C'est en tout cas ainsi que pensent tous les petits, puisque, selon eux, l'expérimentateur est plus fort. Voilà un problème d'action et de réaction qui n'est pas simple et qui n'est résolu que vers 11 ou 12 ans, mais guère avant. Et puis, c'est surtout un problème de transmission, non pas nécessairement de transmission d'énergie, les physiciens l'expliquent autrement, mais bien de renversement des rôles actif et passif dans un phénomène de transmission du mouvement. On donne au sujet deux boules suspendues à deux fils reliés par un fil transversal et on fait osciller l'une des boules. Cette dernière joue un rôle actif et finit par entraîner le mouvement de l'autre. Par la suite, l'autre boule manifeste un mouvement de plus en plus rapide tandis que la première ralentit. Finalement, le rôle actif passe à la seconde, mais cela continue, cela revient à la première qui devient plus rapide quand la seconde ralentit. Il s'agit d'un phénomène de transfert d'énergie, ou d'alternance des rôles actif et passif, peu commode à comprendre. D'autres problèmes de ce genre ont également été posés à ces sujets.

Or, jamais je n'ai eu l'impression qu'il existait deux catégories d'aptitudes : celle des scientifiques et celle des non scientifiques. Par contre, j'ai mis en évidence que le niveau des réponses, même dans ces problèmes captieux de physique, était toujours solidaire du niveau général d'intelligence opératoire des sujets, donc de l'intelligence tout court. Ce que j'ai vu c'est, exceptionnellement, un certain nombre de filles, mais pas de garçons, qui n'avaient pas le moindre intérêt pour ce genre de problèmes. Ce n'est pas qu'elles soient moins intelligentes, mais enfin, ça les laissait totalement froides, il n'y avait aucune espèce d'excitation dans la recherche de la solution. Mais je ne porte pas un jugement sur l'ensemble des élèves filles, mais là, j'ai trouvé quelques sujets retardés simplement faute d'intérêt. Mais, à part cela, je n'ai jamais vu deux catégories d'aptitudes. Bien entendu, il y a des différences d'aptitudes, je ne nie pas les découvertes de la psychologie différentielle. Il y a des individus qui sont plus ou moins verbaux, il y a des individus qui ont plus ou moins de facilité pour le calcul, il y a des individus plus ou moins abstraits ou concrets, bien sûr.

Il y a encore un champ énorme à explorer dans le cadre d'une recherche différentielle, opératoire versus figuratif. Le rôle du figuratif mérite d'être approfondi: il y a des individus à images visuelles, d'autres pas, etc. Mais ce n'est pas cela qui joue le rôle, tous les sujets arrivent à résoudre les problèmes qui leur sont posés en fonction de leur niveau d'intelligence opératoire. Il est donc tout à fait clair que ce qu'on appelle les « aptitudes du scientifique » opposées aux « aptitudes du littéraire » relève plutôt de l'adaptation de l'élève à l'enseignement des sciences tel qu'il est donné et non pas une aptitude à comprendre le mécanisme des phénomènes : s'adapter au maître, et non pas /s'adapter à la science, ce qui n'est pas du tout la même chose. Et cela n'est pas une question de compréhension des mathématiques ou de la physique; c'est une question de compréhension de la manière dont elles sont présentées.

D'où un premier principe général à tirer de la psychologie opératoire, qui est évident, et même trivial : il s'agit d'adapter l'enseignement aux instruments naturels d'assimilation de l'enfant. Pour chaque domaine, il est utile de prendre en considération les structures propres de l'enfant qui sont toujours qualitatives et logiques avant d'être métriques, et de faire découvrir les mathématiques et la physique sous une forme intuitive (au sens des logiciens, c'est-à-dire non-formalisée, avant toute formalisation).

Deux problèmes généraux découlent de ce premier principe. Premier problème : l'enseignement des mathématiques modernes converge davantage avec les structures opératoires spontanées de l'enfant que ce n'était le cas dans l'enseignement classique des mathématiques; il y a un accord fondamental. Par exemple, on trouve dans les structures spontanées de l'enfant, dès le niveau concret, les trois structures mères des Bourbaki : les structures algébriques, prototypes du groupe; les structures d'ordre, prototype du réseau; les structures topologiques. Lors d'un symposium sur les structures mathématiques et les structures mentales, les deux premières conférences étaient données par Dieudonné et par moi-même. À cette époque, j'ignorais tout de l'œuvre des Bourbaki, involontairement; et Dieudonné ignorait, volontairement cette fois, absolument tout de la psychologie. Nous avons cependant exposé des choses tellement convergentes. Nous avons l'un et l'autre évoqué les mêmes trois types de structures. À la suite de quoi Dieudonné m'a fait le meilleur compliment que j'aie reçu dans ma vie. Il m'a dit publiquement : « C'est la première fois de ma vie que je prends la psychologie au sérieux, c'est peut-être la dernière, mais c'est en tous cas la première ». On retrouve dans les structures opératoires de l'enfant, celles des opérations principales de l'algèbre, de la théorie des ensembles, etc.

Seulement, pour chaque domaine, il s'agit de trouver une méthode qui permette d'utiliser cette convergence avec les structures spontanées de l'enfant. Or, à mon sens, la plupart des professeurs de mathématiques modernes vont beaucoup trop vite dans le sens de la déduction formelle et même de l'axiomatisation, plutôt que de laisser la place à une phase intuitive pour que l'enfant puisse établir des liaisons entre ce qu'il sait faire et ce qu'on lui apprend. Je me rappelle, une jeune maîtresse de mathématiques à qui on demandait d'effectuer un travail sur les résultats de son enseignement. Elle avait appris un peu de psychologie, elle était pourtant complètement sidérée de découvrir que, dès sept ans, on trouve constamment chez l'enfant des intersections de classes. Elle disait : « Mais moi j'ai une peine du diable à leur faire comprendre ce qu'est une intersection de deux ensembles. » –Eh bien, je lui ai dit : « mais faites-les agir avant de les faire raisonner sur des propositions formelles; vous voyez que dans l'action, ils font très bien cela; partez de là et ça ira mieux ».

Second problème : chez la plupart des maîtres en mathématiques modernes, il y a beaucoup trop de soumission à l'autorité du maître et pas assez d'invention et de réinvention spontanées de la part des élèves. Je sais bien que Dienes a eu des idées ingénieuses sur la manière de dégager les structures de groupe et de corps, etc. J'apprécie vivement ces travaux. Mais à mon sens, Dienes est trop vite satisfait, c'est-à-dire que je ne suis pas certain que l'enfant, le sujet, ait compris là où Dienes croit que la structure est dominée.

L'enseignement de la physique fournit d'emblée la physique sous forme de lois quantitatives métriques. Or l'enfant peut découvrir beaucoup et aller très loin sous une forme simplement qualitative et logique. Il est capable de comprendre le phénomène au moyen de simples fonctions, sans métrisation. Par contre, si on le met immédiatement en présence de lois avec leur expression métrique, il aura beaucoup plus de peine. Dans une expérience de physique, six sur treize des sujets de 11-12 ans que nous avons interrogés ont tout prévu, avant toute manipulation. Ils ont décrit complètement le phénomène, alors qu'aucun étudiant en psychologie n'a été capable de décrire ce qui allait se passer dans ce phénomène de physique. Je prétends que c'est tout de même une approche qu'on peut utiliser dans l'enseignement de la physique, avant de transmettre immédiatement des lois que l'enfant ne comprendra pas et déformera. Nous avons travaillé la composition des vecteurs, les forces centrifuges et toutes sortes de questions plus ou moins captieuses, finalement maîtrisées qualitativement par les sujets et non pas sous forme de lois métriques.

Un deuxième principe à tirer de la psychologie opératoire me paraît évidemment le principe d'activité. Mais là, il y a deux questions différentes. Il y a d'abord la question de la finalité de l'enseignement, et il y a celle des méthodes. Quelle est la finalité de l'éducation? Est-ce que vous voulez former des individus conformistes qui répètent et qui transmettent ce qui est acquis, ou voulez-vous former des producteurs, capables de nouveautés et d'initiative? Alors, si c'est la seconde finalité, l'activité est indispensable. Une activité dans le domaine des sciences expérimentales : c'est évident, il faut que l'enfant découvre par lui-même, en manipulant, un certain nombre d'explications de phénomènes particuliers qu'on peut lui présenter. Dans le domaine des sciences déductives, je pense que là également, la part de la réinvention doit être bien plus considérable qu'on ne la laisse dans l'enseignement habituel. Mais au point de vue des méthodes, si l'accent est mis simplement sur la conservation de la culture, la conservation de l'acquisition, autrement dit, la répétition, la réussite aux examens, je pense que même là, l'activité est indispensable. L'intelligence présente deux fonctions indissociables, c'est comprendre et inventer. On ne peut pas inventer sans comprendre mais je crois que réciproquement, on ne peut pas comprendre sans inventer ou réinventer. Ce qu'on répète simplement n'est pas compris ; ça n'est compris qu'à partir du moment où il y a un effort de reconstruction et de réinvention. Dans une méthode active, le maître reste cependant indispensable pour provoquer des occasions de travail, c'est-à-dire fournir le matériel et les locaux appropriés où l'enfant puisse travailler autrement qu'à son pupitre. Je me rappelle, lors d'une conférence de l'instruction publique annuelle à Genève, le représentant d'une province anglaise du Canada, disait : « Moi j'ai pris une mesure radicale dans l'enseignement secondaire : il faut que chaque classe ait deux salles parce qu'alors, le maître ne peut pas être dans les deux à la fois. Et par conséquent, il est impossible qu'il parle trop. Il y a toujours une salle où les enfants travaillent. » Il faut provoquer des occasions de travail, il faut poser des problèmes, il faut présenter des dispositifs, il faut, quand l'enfant a trouvé des solutions, imaginer des occasions de contre-exemples, bref, il y a tout un rôle qui est réservé au maître et qui n'est nullement à supprimer dans une méthode active.

Mais j'aimerais insister sur le fait que la préparation scientifique de l'élève commence dès le préscolaire. Cela n'est pas quelque chose de tardif ; il faut une éducation continue partant de l'école maternelle pour aller jusqu'au baccalauréat, de manière à favoriser le développement des opérations. Mais comment? Les opérations, en fonction d'hypothèses qui me sont chères, sont dues à une équilibration progressive des processus cognitifs, à partir de régulations : régulations du comportement, régulations organiques, etc.

Mais quelle est cette équilibration? J'y crois de plus en plus, mais nous n'avons pas encore une théorie suffisante. Mon petit livre ancien sur *Logique et équilibre* est un livre déplorable. Je suis en train de le réécrire une troisième fois en fonction de ce que je dirai tout à l'heure. Ce qui manque pour comprendre ce processus d'équilibration, c'est l'analyse des raisons des déséquilibres initiaux. L'idée selon laquelle l'évolution cognitive part de situations de déséquilibre pour aboutir à une équilibration progressive, reste à expliquer en décrivant le pourquoi des déséquilibres initiaux. Il s'agit aussi d'imaginer des situations propédeutiques dès le préscolaire, propre à y remédier. Or, jusqu'à nos recherches récentes sur la contradiction, nous n'avions encore aucune explication valable à cette situation des déséquilibres initiaux. Dans le problème de la conservation d'une boulette d'argile, par exemple, dans le petit livre *Logique et équilibre*, j'évoquais la difficulté pour le sujet de penser à plusieurs variables simultanément. L'enfant allonge la boulette en saucisse mais il pense à la longueur et il oublie l'épaisseur; il ne perçoit pas les deux variables à la fois, d'où la non conservation, etc. Mais, ne pas voir deux variables en même temps est vrai à tous les âges. L'adulte aussi a peine à penser à deux choses à la fois. Ce n'est pas particulier au niveau préopératoire. C'est plus visible parce qu'il s'agit de variables plus élémentaires qui sautent aux yeux; mais cela n'est pas une explication suffisante, puisque ce mécanisme se retrouve à tous les niveaux. D'autre part, on peut très bien expliquer l'équilibration par la compensation des perturbations extérieures.

Toute action, en fonction du but poursuivi, est exposée à des perturbations, ensuite les régulations compensent les effets de ces perturbations, cela conduit peu à peu à l'équilibre et à l'opération. Seulement, le fait que ce mécanisme soit observé à tous les niveaux, cela est nouveau. Les actions élémentaires sont des actions très simples; par conséquent, les perturbations sont simples et les régulations sont simples. À des niveaux supérieurs, il y aura des actions plus complexes, avec des perturbations plus complexes et des régulations plus complexes. Ici, de nouveau, ce n'est pas quelque chose de spécifique seulement au point de départ du développement des fonctions cognitives, il s'agit bien d'un mécanisme observé à tous les âges.

Par contre, j'entrevois pour ma part une réponse à partir de nos études sur la contradiction et le dépassement des contradictions, études que nous avons faites l'année dernière (1970) au Centre d'épistémologie génétique. En travaillant tout l'été sur les documents recueillis et en comparant les résultats d'une série de recherches, un fait général m'a sauté : *le primat systématique des affirmations sur les négations*, les caractères positifs des objets priment sur leurs caractères négatifs. Le positif et tout ce qui s'y rapporte, est apparent directement dans les observables. Quand vous observez un objet, vous voyez d'abord des caractères positifs. Je vois que ma montre est ronde; je ne vois pas qu'elle n'est pas

carrée. Dire qu'elle n'est pas carrée, suppose que je sois en train de la classer par rapport à des objets carrés. C'est par mise en relation et par opposition à ces autres objets au sein d'un système que je dirais qu'elle n'est pas carrée. Mais à la première inspection, je ne vois rien de tout cela : elle est ronde. L'observable est directement donné. La négation est le produit d'une mise en relation secondaire, dérivée et relative à la construction d'un système. La négation est très souvent inférentielle à des degrés souvent poussés par opposition aux caractères positifs « directement observables ».

Or cela, nous l'avons vu dans quantité de recherches précédentes, réalisées en 1970. Je pense par exemple à une recherche de Mantin-Giraud relative à la fausse symétrie des inclusions et des applications élémentaires. Il donne aux enfants une série de cubes dans lesquels il peut y avoir un grelot ou non. Tous les cubes rouges ont un grelot; en plus, il y a des cubes jaunes, verts, bleus, pour lesquels Mantin-Giraud dit simplement : « Il est possible qu'il y en ait qui aient des grelots ». Après quoi, le chercheur demande à l'enfant de construire derrière un écran la série des "cubes qui sont rouges"; c'est tout. Or, l'enfant regroupe immédiatement tous les cubes qui ont un grelot : « Tous les rouges ont des grelots, donc tous les grelots sont rouges ». Il y a là une fausse symétrie de l'inclusion. Après quoi, on lui demande de faire la même chose sans écran et puis il trouve une série beaucoup plus courte. Alors, il ne comprend plus pourquoi il y avait huit éléments sous l'écran et qu'il n'y en a plus que cinq quand on le fait sans écran. Le problème, c'est donc celui de la construction de la classe secondaire, étant donné que tous les A sont des B, mais que tous les B ne sont pas des A, alors, il y a une classe complémentaire de A' qui est définie comme étant les B-A : autrement dit une négation partielle. De cette négation, on ne trouve aucune trace au début. Tout est donné en termes d'affirmation. Ceci nous fait comprendre bien des choses, en particulier le caractère tardif de la quantification de l'inclusion, etc. Il y a très longtemps d'ailleurs, avec Inhelder, nous avons vu la grosse difficulté des classes secondaires : négation partielle par opposition aux classes primaires qui sont simplement des caractères positifs.

Il y a eu plusieurs recherches sur le plan des observables physiques. Androula Papert a étudié le plein et le vide dans une bouteille ou un verre en partant de cette évidence : un verre à moitié plein est égal à un verre à moitié vide : c'est synonyme. Ce n'est absolument pas évident pour les petits. Elle a posé une série de questions sur les différents degrés du plein en fonction que le verre est plus ou moins rempli ou plus ou moins vide. Pour ce qui est du plein, il y a une compréhension rapide ainsi qu'une quantification qualitative rapide des degrés de remplissage. L'enfant comprend très bien ce que veut dire *presque plein*, *à moitié plein*, *un petit peu rempli*. Toutes les expressions de quantification courante appliquées au *plein*, sont bien comprises; mais il n'y a aucune symétrie quand elles sont appliquées au *vide*. Cela ne marche plus du tout : *presque vide*, c'est conçu très tard comme synonyme de *partiellement vide*. *Presque vide*, ça peut être ça : « *c'est presque vide, vous voyez, il y a un petit vide* »; « *ça peut être rempli seulement jusque là* »; là aussi c'est *presque vide*. *Presque vide* n'a pas de sens sauf s'il est exprimé par *partiellement vide*. *La moitié vide*, c'est toujours très en dessous de la moitié. *Un tout petit peu vide*, ça veut dire qu'il y a un tout petit peu d'eau par rapport au plein, mais il n'y a aucune symétrie, et jusque tard, avec le plein.

Autre exemple : ce sont les contacts, étudiés par Maier qui a posé ce problème aux enfants : « étant donné trois crayons (ensuite il passe à quatre, etc.), arrange-les moi de manière à ce qu'ils se touchent tous ». Alors, il y a cette solution élémentaire qui consiste à mettre trois crayons en parallèle A B C et ainsi « A touche B et touche C et puis ça marche ». Alors on lui demande : « Mais est-ce que A touche C ? » - « Ah non, c'est vrai. ». Alors l'enfant permute et met A avant C : C A B; « Est-ce que C touche B? » – « Ah non, c'est vrai ». Il refait une permutation. Vous voyez des gosses de sept et huit ans qui font jusqu'à 15 permutations, pour chaque fois assurer le contact par cette méthode, laquelle entraîne automatiquement un non-contact. Ou bien, il y a aussi cet autre exemple : le problème connu de la différence entre deux collections quand il y a transfert d'éléments de l'une à l'autre. Vous avez deux collections égales A et B qui ont, par exemple, chacune huit éléments. Le propriétaire de A donne trois éléments au propriétaire de B : « quelle est la différence entre les deux? » Jusque très tard, tous les enfants vous disent qu'elle sera de trois. Androula Papert-Henriques a repris le problème en le présentant sous forme de correspondance biunivoque. Vous avez les deux rangées égales en correspondance optique et puis sous écran l'enfant transfère deux éléments d'une collection à une autre. On lui demande de combien sera la différence et il dit *de deux*. On enlève l'écran et il constate que c'est de quatre. Cela devient très intuitif parce que ce sont des correspondances; il n'y a qu'à regarder. Eh bien, jusque très tard, je veux dire neuf-dix ans, absolument tous les sujets d'Androula Papert-Henriques lui ont dit : « Mais vous avez triché ; derrière votre écran vous avez rajouté des trucs ». Alors on dit à l'enfant de le faire lui-même et il le fait lui-même sans que l'expérimentateur fasse rien. Il enlève l'écran et il dit qu'il ne comprend plus rien. Eh bien quoi? Il a rajouté d'un côté mais enlevé de l'autre et que, par conséquent, la différence est double.

Ou bien, prenez encore le problème des chemins égaux : à partir de points de départs décalés, vous avez deux maisons qui sont décalées par rapport au bord de la table. On demande au sujet de faire deux chemins 'la même chose long' comme dit l'enfant dans son langage. Tous les petits bien sûrs, suivant un fait bien connu depuis longtemps de correspondance ordinale, vont faire aboutir les deux chemins au même point. « Voilà le même long chemin. » – « Est-ce qu'ils font exactement le même long chemin? » – « Oui, exactement, vous voyez où ils arrivent. » – « Bien. S'ils reviennent? » – « Ah, eh bien, s'ils reviennent, celui-là sera peu plus long et celui-là un peu plus court. » Autrement dit, les mêmes chemins sont égaux à l'aller mais inégaux au retour. Ce qui est évidemment gênant, mais qui ne les gênera qu'assez tard. Ici, le positif c'est « se rapprocher du but » et il n'y a que cela qui est envisagé ; le négatif c'est de « s'éloigner du point de départ », mais cela, c'est complètement éliminé jusqu'assez tard. Prenez les problèmes de conservation, et je crois que dans leur généralité, vous retrouvez le même problème. Quand une boulette est transformée en saucisse, l'enfant a ajouté quelque chose dans la direction de la longueur; mais en ajoutant quelque chose, il l'a nécessairement enlevé ailleurs, pas nécessairement la largeur, mais ailleurs. Ce qu'il a ajouté, il l'a enlevé. Or, il ne pense qu'à l'action d'ajouter, qui devient alors un absolu : augmentation de quantité de matière, augmentation de poids et de tout ce que vous voulez. Il ne pense absolument pas à enlever. La conservation commence quand cette action est à la fois additive et soustractive; autrement dit, quand l'enfant commence à comprendre qu'on a simplement déplacé et, comme il dit, « on n'a rien ôté, on n'a rien ajouté », vous avez changé la

forme. Changer la forme c'est-à-dire déplacer et alors déplacer veut dire que ce qu'on a placé quelque part on l'a enlevé de sa place initiale. Autrement dit, le déplacement suppose une commutativité au sens large, somme indépendante des positions, et la conservation est acquise. Mais c'est le même système du primat du positif sur le négatif.

Pensez maintenant à l'histoire des mathématiques. Les nombres négatifs datent, sauf erreur, de la Renaissance et pas avant. Les Grecs ne connaissent que les positifs. Pensez à la linguistique; Hermine Sinclair m'a donné des séries d'exemples. On dit d'un objet qu'il est plus ou moins grand, ce qui veut dire qu'il peut avoir toutes les tailles, même être tout petit. On ne dit pas qu'il est plus ou moins petit ou si on dit qu'il est plus ou moins petit, c'est une catégorie très limitée de "plus ou moins grand". On dit d'un objet qu'il est plus ou moins lourd et pas plus ou moins léger; "plus ou moins lourd" comprend le très léger et tout ce que vous voulez; "plus ou moins léger", c'est de nouveau une catégorie très limitative. Et dans l'acquisition du langage, Hermine Sinclair trouve toutes sortes de problèmes relatifs à la négation, qui porte d'abord sur l'ensemble global avant d'être localisée, appliquée à la qualité particulière. Bref, dans tous les domaines, le déséquilibre initial me paraît être le primat du positif sur le négatif; d'où la nécessité absolue d'une compensation, étant donné que toute opération suppose, dans un système algébrique quelconque, autant de négations que d'affirmations implicites ou explicites. Une équilibration progressive est donc nécessaire.

Alors, j'aimerais vous poser un premier problème particulier: comment remédier à ce déséquilibre initial si on veut accélérer la découverte du négatif et cela dès les âges élémentaires, puisque c'est un problème d'éducation préscolaire? Je ne suis pas pédagogue, mais si j'avais à proposer des solutions, je généraliserais la méthode du Karplus, qui place plusieurs observateurs pour un même phénomène. Martine Labarque l'a essayé dans le cas de la conservation des longueurs. Vous savez que pour la conservation des longueurs lorsqu'on présente deux lignes égales et qui sont ensuite décalées, jusqu'assez tard, celle qui dépasse ici est censée être plus longue. Martine Labarque a refait cela sur plus de 60 sujets et a vérifié ce qu'on connaît. Mais elle a mis deux observateurs : une poupée ici et puis une poupée là. « Que voit celle-là? » Et puis une première poupée qui contemple le tout objectivement du dehors. « Que voit celle-là? » – « Elle voit que celle-là est plus longue. » – « Que voit cette poupée? » – « Celle-là, elle croit que celle-là est plus longue. » – « Et puis celle-là? » – « Bien, elle voit que les deux ne sont pas d'accord. » – « Et puis alors? » – « Bien, elles ne seront jamais d'accord. » – « Pourquoi elles ne seront jamais d'accord? » – « Vous voyez, c'est plus long ici et c'est plus long là. » Mais vous arrivez plus vite à l'idée que ça se compense et s'égalise.

Cela soulève donc un problème propédeutique mais il y a un problème encore plus général qui est celui de l'éducation de l'objectivité. Je crois qu'on pourrait faire énormément au niveau préscolaire comme exercice de lecture correcte et adéquate des observables. Or, les observables sont constamment déformés en fonction des idées préalables et dans certains cas même totalement refoulés, en prenant le refoulement dans le sens freudien, c'est-à-dire éliminer avant que ça apparaisse dans la conscience parce que c'est contradictoire avec autre chose. Ici, ce n'est pas contradictoire avec des sentiments, avec un surmoi, mais c'est contradictoire avec d'autres idées qui sont des

idées préalables. Ici, nous avons des foules d'exemples. Un joli exemple est la recherche de Fluckiger sur un fond très simple. Il s'agissait d'un caillou au bout d'une ficelle et on demandait à l'enfant de la faire tourner, puis ensuite de l'envoyer dans une boîte qui est en face. L'enfant y arrive très tôt; dès cinq ans, il résout le problème pratique. Le problème pratique est le suivant : si vous représentez cette circonstance de la rotation comme un cadran, on place l'objet à neuf heures, tandis que la boîte est en face de 12 heures. Alors, très tôt, l'enfant arrive à envoyer dans la boîte et lâche l'objet à neuf heures. Mais quand on lui demande comment il a fait, où il a lâché l'objet (et on ne le lui demande pas seulement une fois), on lui dit : « Recommence, regarde bien et dis-moi où tu as lâché le caillou ». Les petits affirment qu'ils l'ont lâché à six heures. Il prétend avoir lâché le caillou à six heures. Dès cinq ans et demi -six ans, ils prétendent l'avoir lâché ici. Et puis on lui dit : « Recommence » et il recommence. Il arrête là et prétend que le caillou est parti de six heures, alors qu'il est parti de neuf heures. Il faut attendre aux environs de neuf-dix ans pour qu'il vous donne d'abord des compromis qui seront 10 1/2 heures (ni neuf heures ni midi). Finalement, à cet âge également, ils parviennent à fournir la description exacte. L'observable est refoulé parce qu'il est contradictoire avec l'idée préconçue selon laquelle, quand on lance un objet dans une boîte, il faut se mettre en face. Et c'est tout.

L'exercice de l'observation active ne se fait pas simplement à travers des leçons à donner à des bambins de quatre-cinq-six ans qui vont faire cela, mais plutôt par des exercices avec plusieurs observateurs, comme dans la technique Karplus. Ces observateurs peuvent être plusieurs poupées mais elles peuvent être surtout, et c'est beaucoup mieux encore, plusieurs enfants. C'est-à-dire un travail par équipe avec contrôle mutuel, où l'un surveille l'autre pour savoir si ce qu'il raconte est bien exact et que réciproquement le second surveille et contrôle le premier. Donc, le contrôle mutuel peut être une technique d'éducation de l'objectivité. Cette éducation de l'objectivité me paraît aussi importante que l'éducation du négatif dont je parlais tout à l'heure. Il y a là aussi un problème systématique. Tout ceci se situe au niveau de l'éducation préscolaire.

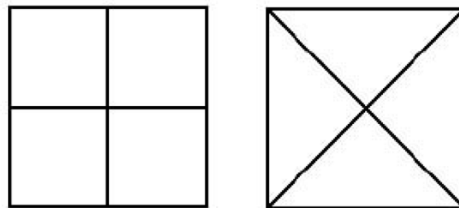
Au niveau primaire et secondaire, j'aimerais rappeler les recherches de Inhelder, Sinclair et Bovet sur l'apprentissage. Ces recherches ont montré qu'il existe beaucoup plus de conflits qu'on ne l'avait prévu entre des sous-systèmes contemporains. Ces chercheurs en observent, par exemple, entre l'évaluation ordinaire dans le cas de l'espace et l'évaluation numérique. D'autre part, elles ont trouvé des filiations et des dépendances imprévues. Par exemple, la formation de la conservation a peu d'effet sur les réussites dans le domaine de l'inclusion. Par contre, la formation de l'inclusion favorise les conservations, et sans comprendre pourquoi si on se réfère au positif et au négatif évoqués précédemment. Les interférences de sous-systèmes jouent un rôle beaucoup plus grand qu'on l'avait soupçonné. Papert y insiste depuis longtemps dans ses modèles de l'intelligence. Ces interférences et ces interactions de sous-systèmes me paraissent d'une importance didactique fondamentale parce qu'il y a des branches qu'on dissocie alors qu'il faudrait les lier. À Genève, je ne sais pas où cela en est, mais pendant très longtemps, l'arithmétique était enseignée dès sept ans et la géométrie dès 11 ans seulement. Dès 11 ans, mais alors tout de suite avec des méthodes déductives. Or, il est tout à fait évident que si on veut tenir compte du développement spontané, il y a interaction entre le spatial

et le numérique et il y a tout avantage à mener de front des exercices géométriques d'un côté en même temps que l'arithmétique de l'autre.

De même, il y a nécessité, me semble-t-il, à tous les niveaux, d'établir des connexions étroites entre l'enseignement de la physique sur le terrain des structures qualitatives logiques qui peuvent servir de modèles explicatifs bien avant qu'il y ait une mesure et une métrique des lois. Je pense même qu'il y aurait intérêt, en plus des programmes, quitte à perdre du temps en apparence, à se livrer dans certaines heures libres à des sortes de jeux opératoires, des jeux qui peuvent être fort instructifs pour le sujet. Je donnerais deux exemples dans les recherches toutes récentes sur la contradiction. Une recherche de Ducrest montre aux enfants un petit triangle et un petit carré en leur demandant si l'un est plus grand que l'autre au point de vue de l'espace.



Pour l'espace, le chercheur dit : « Est-ce qu'il y a autant de place si on voulait jouer là-dessus, est-ce qu'il y aurait autant de place pour jouer ? », etc. Alors, jusque tard, tous les petits vous diront que le triangle est plus grand parce qu'il y a un dépassement de la base par rapport à la base du carré. Une fois qu'il a affirmé que c'était plus grand et l'a justifié à son idée, on construit deux carrés, l'un formé de quatre de ces petits carrés et l'autre formé de quatre de ces petits triangles ; et l'enfant est obligé, ne serait-ce que par superposition, d'admettre que les deux grands carrés sont égaux. Il y a donc égalité du tout et inégalité des parties pour ces enfants.



Comment est-ce qu'ils s'en sortent? Eh bien, ils ne s'en sortent pas tout de suite, loin de là. Ils sont très loin de dire : « Je me suis trompé et les parties étaient égales ». Ils vous disent : « Quand vous prenez un petit carré et un petit triangle, eh bien le triangle est plus grand mais quand vous les placez d'une certaine manière (autrement dit, en les plaçant de manière à éviter les dépassements) ça donne un tout égal ». Il y a là un exercice possible de la composition additive qui amuse beaucoup l'enfant mais qui paraît être instructif du point de vue didactique. Prenons la réciproque : on parle d'inégalités apparentes pour aboutir à une inégalité finale. La réciproque est une recherche de Bullinger sur l'égalité apparente avec comme totalité une sériation d'inégalités. Bullinger a donné au sujet un dispositif ingénieux : ce sont des disques qui sont attachés, sauf le dernier, d'une manière telle qu'on ne peut comparer que des disques voisins : A, B, C, D, E, F, G. Alors, si on compare A à B, ça a l'air rigoureusement égal par superposition (avec une petite chaîne).

Si on compare B et C, ça a l'air rigoureusement égal, C à D, c'est égal, jusqu'à G. Mais quand on compare A et G, les deux extrêmes, G est beaucoup plus grand.

Autrement dit, les différences terme à terme sont infraliminaires tandis que les différences extrêmes sont supraliminaires. Alors, on demande à l'enfant ce qui se passe. Ce n'est que vers 11-12 ans qu'il vous dit que : « Ça a l'air égal mais ce ne l'est pas, » et qu'il admet l'infraliminaire d'abord et surtout l'additivité de l'infraliminaire : les petites différences qu'on ne voit pas, en s'ajoutant, donnent une grande différence. Jusque-là, ils essaient de faire des classes d'équivalence. Ils vous disent que A égale B égale C égale D; puis d'autre part, D égale E, égale F, égale G. Vous avez les grands et les petits et l'élément D appartient aux deux classes d'équivalence, autrement dit, c'est la contradiction, faute de compensation entre le positif et le négatif. Alors on lui dit : « Qu'est-ce que tu fais de D – Ah oui, c'est vrai, il est égal à A et il est égal à G puis A est plus petit que G. » Alors, il recommence; il fait deux nouvelles classes d'équivalence en allant par exemple jusqu'à E et ensuite E, F, G. Mais alors, il y a de nouveau un élément commun, c'est de nouveau contradictoire. « Ah oui, c'est vrai »; et il recommence à faire des classes d'équivalence plus restreinte du côté A. Il y a une foule de tentatives, toutes contradictoires, mais qui mènent finalement à l'idée qu'il doit y avoir une sériation, mais infraliminaire. Voilà des petits jeux qui amusent beaucoup l'enfant mais qui sont, je crois, très instructifs pour la formation des opérations.

Trois conclusions :

Première conclusion : je pense qu'il y a encore beaucoup à tirer des études sur le développement des opérations pour l'éducation à tous les degrés; qu'on est très loin d'en avoir tiré tout ce qu'on peut, mais que ce n'est pas affaire de simple imagination déductive. On ne peut pas tirer une didactique de la psychologie : **la nécessité d'expériences nouvelles pouvant s'inspirer de faits connus psychologiquement mais en les précisant didactiquement.**

Deuxième conclusion : la psychologie opératoire est très loin d'être achevée; elle n'est qu'à ses débuts et moi-même, comme vous l'avez vu, à ma honte, je n'ai trouvé que l'été dernier, quant à ce problème des négations et du positif et du négatif, ce que j'aurais dû voir depuis 20 ans. Eh bien, ce n'est qu'il y a un mois que j'ai vu cela clairement en comparant les différents résultats de l'année dernière. Ces résultats, comme ceux de toutes les recherches qui ne sont pas planifiées avec des hypothèses préalables, donnent de l'imprévu et l'imprévu est encore très largement à défricher. Nous sommes très loin encore d'une psychologie cohérente des opérations. **La théorie de l'équilibration reste à réécrire.**

Troisième conclusion : je me répète mais j'insiste. **Ce n'est pas tant la psychologie comme telle et les résultats psychologiques dans leur détail, qui importent. Ce qui importe, c'est l'épistémologie constructiviste inhérente à cette psychologie et qui l'a inspirée.** C'est-à-dire qu'il s'agit de former les maîtres et pas seulement les élèves et que les maîtres finissent par comprendre que la connaissance ne provient ni de l'objet seul, ni du sujet seul mais d'interactions qui sont nécessairement constructivistes et créatrices de

nouveautés, ce qui est vraiment la chose la plus difficile à comprendre pour des esprits empiristes et pour le sens commun. Le sens commun voit toujours que la connaissance est préformée ou dans l'objet ou dans le sujet. Il faut un effort considérable pour se placer à un point de vue constructiviste : les mots ne sont rien mais la compréhension est très difficile et j'insiste sur cette nécessité : la didactique, me semble-t-il, doit s'en inspirer plus que des résultats psychologiques détaillés, bien qu'il y ait toutes sortes de choses à utiliser comme je viens d'essayer de le montrer.

Je vous remercie de votre attention.