



Gérard Vergnaud

Recherches en psychologie didactique

Ce document est issu du
site officiel de Gérard Vergnaud

www.gerard-vergnaud.org

Ce document a été numérisé afin de rester le plus fidèle possible à l'original qui a servi à cette numérisation. Certaines erreurs de texte ou de reproduction sont possibles.

Vous pouvez nous signaler les erreurs ou vos remarques via le site internet.

La forme opératoire et la forme prédicative de la connaissance

Conférence prononcée à l'Université d'Aracaju à l'invitation de Bernard Charlot, Aracaju, Brésil

2010 (septembre)

Lien internet permanent pour l'article :

https://www.gerard-vergnaud.org/GVergnaud_2010_Forme-Operatoire-Predicative_Conference-Aracaju

Ce texte est soumis à droit d'auteur et de reproduction.

**La forme opératoire et la forme prédicative
de la connaissance**

Gérard Vergnaud,
CNRS et Université paris 8 (équipe C3U)

***Résumé:** Il faut un cadre théorique pour penser et analyser la forme opératoire de la connaissance, celle qui permet d'agir en situation. Ce sont les concepts de schème et de situation qui permettent le mieux d'analyser l'activité et l'expérience. On a besoin également d'analyser la forme prédicative de la connaissance, celle qui permet d'énoncer les propriétés des objets de pensée, ainsi que les rapports de la forme prédicative avec la forme opératoire. La référence à Piaget, Vygotski et Bruner est essentielle, mais la recherche en didactique a apporté des dimensions nouvelles à la réflexion.*

***Mots-clés:** activité, expérience, schème, situation, conceptualisation, médiation*

La connaissance est adaptation. Piaget faisait de la connaissance un processus de développement très général, biologique et social. C'est en étudiant ce processus chez les bébés, les enfants et les adolescents qu'il a pu apporter un point de vue scientifique nouveau sur la formation des concepts, par exemple ceux d'espace, de temps, d'ordre, de nombre, de classe logique etc.

Piaget ne s'est pas intéressé aux apprentissages scolaires ; Vygotski n'en a pas donné beaucoup d'exemples non plus, sauf peut-être en ce qui concerne l'apprentissage de la langue écrite ; mais il en est resté à un propos très général.

En dépit de leur faible contribution empirique à l'étude des apprentissages scolaires, Piaget et Vygotski sont les auteurs le plus cités dans la littérature concernant l'éducation. Ce n'est pas un hasard, évidemment, et il faut attribuer ce succès à la richesse et à la profondeur de leurs idées. Ni l'un ni l'autre n'ont étudié le développement cognitif chez les adultes. Or on apprend et on se développe à tout âge. Cela est mieux reconnu aujourd'hui qu'hier. Il en résulte que les entreprises et les institutions, l'Education Nationale notamment, sont amenées à s'intéresser à diverses modalités d'apprentissage et de formation, plus riches que les modalités classiquement utilisées il y a seulement dix ans.

La recherche en didactique m'a conduit à prendre davantage en considération les contenus de connaissance, que ne l'avaient fait nos deux grands psychologues. En effet lorsqu'on analyse l'échec ou la réussite d'un enfant dans un domaine de compétence bien caractérisé comme l'arithmétique élémentaire, la compréhension de textes, la physique, ou une activité sportive particulière, on est frappé par le fait que le facteur le plus décisif réside dans le contenu des connaissances qui, de ce fait, est aussi le lieu privilégié de l'aide susceptible d'être apportée par l'adulte.

À quoi s'adapte-t-on et qu'est-ce qui s'adapte ?

La réponse peut tenir en une formule en deux points:

- l'individu s'adapte à des situations;
- c'est par une évolution de l'organisation de son activité qu'il s'adapte.

Cette formule rapide demande évidemment de nombreux commentaires, mais elle a le mérite de poser d'emblée plusieurs questions essentielles:

1-On ne peut pas contourner la question théorique du rôle de l'expérience, puisque c'est au cours de l'expérience qu'un individu, adulte ou enfant, rencontre la majeure partie des situations auxquelles il doit s'adapter, qu'il s'agisse de l'expérience ordinaire ou de l'expérience professionnelle.

2- Si l'on veut aménager des situations d'apprentissage, dans la classe, dans les stages de formation des enseignants ou sur leur lieu de travail lui-même, il faut s'ingénier à donner à ces situations des caractéristiques parentes de celles qui conduisent ordinairement les individus à développer des formes nouvelles d'activité, de leur propre chef ou avec l'aide d'autrui. Mais on sait qu'il faut aussi introduire des situations qui s'écartent du quotidien: la science ne s'est pas construite seulement à partir de questions ordinaires d'adaptation.

3- La première fonction de la connaissance étant de faire et de réussir, l'analyse de l'activité en situation est un moyen essentiel pour comprendre les processus d'apprentissage, quelque délicate et difficile qu'elle soit. Elle passe notamment par l'analyse des erreurs, des hésitations et des dysfonctionnements, ainsi que par l'identification des différentes étapes par lesquelles se construit une forme nouvelle d'organisation de l'activité.

Je donnerai oralement quelques exemples pour commencer:

le réparateur de pompes à eau, les ingénieurs de conception, la proportionnalité.

Ces exemples illustrent tous les trois "*la forme opératoire de la connaissance*", qui permet de faire et de réussir, et qu'on résume aujourd'hui sous le terme de "*compétence*". On voit ainsi que la compétence concerne aussi bien le travail ouvrier que celui de l'ingénieur ou celui de l'élève. Il concerne aussi tous les registres de l'activité: les gestes et la prise d'informations perceptives, le langage et le dialogue, le raisonnement scientifique et technique. Tous les registres de l'activité font en effet l'objet de compétences, plus ou moins élaborées, plus ou moins critiques dans l'acquisition de la maîtrise et de la professionnalité.

Essayons d'aller plus loin, et de définir plus précisément des critères possibles de la compétence. C'est un concept qui comporte une idée de comparaison, soit entre individus (perspective différentielle), soit à deux moments différents de la vie (perspective développementale).

Définition 1 : A est plus compétent que B s'il sait faire quelque chose que B ne sait pas faire.

Ou encore A est plus compétent au temps t' qu'au temps t parce qu'il sait faire quelque chose qu'il ne savait pas faire.

Cette définition est une base solide mais excessivement réductrice. Le critère en est le résultat de l'activité. Peu importe comment A s'y prend, s'il sait souder des tôles de 1cm d'épaisseur que d'autres ne savent pas souder, s'il saute 6m au saut à la perche, s'il sait faire une division avec un diviseur décimal plus petit que 1, ou utiliser le théorème de Thalès.

Définition 2 : A est plus compétent que B, s'il s'y prend d'une meilleure manière.

Le comparatif "meilleure" suppose des critères supplémentaires : rapidité, fiabilité, économie, élégance, compatibilité avec la manière de procéder des autres, etc...

Cette deuxième définition conduit à s'intéresser à la forme de l'activité elle-même et pas seulement à son résultat. Par exemple : A utilise sans hésitation la règle de trois pour résoudre les problèmes de quatrième proportionnelle, alors que B ne parvient à les résoudre qu'en passant par le calcul préalable de la valeur unitaire.

Définition 3 : *A est plus compétent s'il dispose d'un répertoire de ressources alternatives qui lui permet d'utiliser tantôt une procédure, tantôt une autre, et de s'adapter ainsi plus aisément aux différents cas de figure qui peuvent se présenter.*

L'exemple qui suit se substitue à celui donné oralement lors du colloque.

Pour calculer la durée nécessaire au parcours de 450 Km sur l'autoroute, alors qu'il a parcouru 90 Km en 45 minutes, A peut raisonner de plusieurs manières :

- considérer que 450 c'est 5 fois 90, et que le temps de parcours sera ainsi 5 fois plus grand, soit 45 minutes multiplié par 5.

- calculer la vitesse horaire : soit 90 multiplié par 60 puis divisé par 45, ce qui donne 120 ; puis diviser ensuite 450 par 120 pour trouver la durée correspondante en heures.

- procéder à une décomposition additive du type :

45 minutes = 30 minutes + 15 minutes, et de même 90 Km = 60Km + 30 Km.

Cela permet de voir 450km comme une somme (60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 30), ou encore comme la somme (7 x 60 + 1/2 x 60) et de déterminer la durée par la combinaison correspondante des durées en minutes.

Dans le premier cas A utilise, sans l'exprimer, la propriété d'isomorphisme des fonctions linéaires : $f(kx) = kf(x)$.

Dans le second cas il utilise, toujours sans l'exprimer, la formule avec le coefficient de proportionnalité : $f(x) = ax$

Dans le troisième cas, il utilise, toujours sans le dire, l'isomorphisme additif

$f(x+x+\dots+x') = f(x) + f(x)+\dots+f(x')$

ou celui des combinaisons linéaires $f(kx+k'x) = kf(x) + k'f(x)$.

Définition 4 : *A est plus compétent s'il sait "se débrouiller" devant une situation nouvelle d'une catégorie jamais rencontrée auparavant.*

Par exemple A sait utiliser le théorème de Thalès lorsque les deux droites non parallèles entre elles se coupent sur la figure (figure A), et il se sert alors des propriétés de l'homothétie; si on lui présente un cas dans lequel les parallèles ne se coupent pas sur la figure (figure B), comme il ne peut plus utiliser les propriétés de l'homothétie, il utilise celles de la projection, qui sont plus délicates.

Figure A

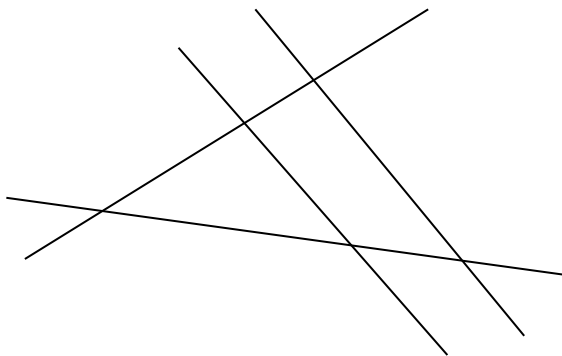
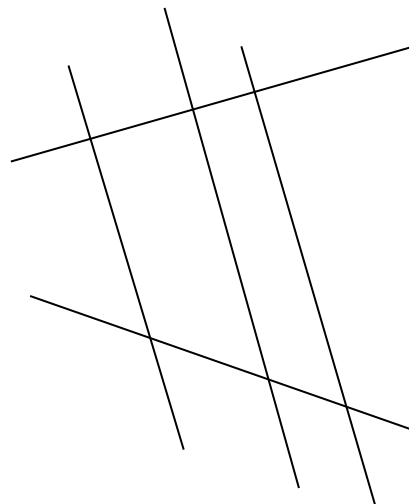


Figure B



Ces quatre définitions sont complémentaires. On ne peut se passer ni de l'une, ni de l'autre. Elles sont particulièrement importantes dans le travail aujourd'hui, parce qu'on demande aux hommes et aux femmes de plus en plus de diagnostic et de résolution de problème, c'est dire de jugement, d'analyse et d'intelligence; et ceci à tous les niveaux.

Les trois dernières considérations appellent l'analyse de l'activité, pas seulement celle de son résultat. La performance (définition 1) est insuffisante pour comprendre et définir la compétence.

Examinons l'activité du réparateur de pompes à eau: bien sûr le fait brut est qu'il sait réparer des pannes que les autres ne savent pas réparer. Mais on observe aussi qu'il exécute des gestes subtils dont la fonction n'est pas immédiatement interprétable. En outre les gestes ne sont pas le tout de sa compétence: il prend des indices perceptifs sur plusieurs parties de la pompe à eau, fait des essais de fonctionnement partiel, analyse la contribution synchronique et diachronique des différents mouvements en jeu. Il lui faut pour cela disposer de concepts-en-acte, lui permettant de rechercher l'information pertinente et d'ignorer d'autres aspects du mécanisme et de son fonctionnement. Il questionne ainsi la pompe à eau récalcitrante, et raisonne en situation, sans pour autant être en mesure de formuler complètement ce qu'il tient pour vrai ou raisonnable, de même d'ailleurs que les mots lui manquent pour désigner sans ambiguïté les indices qu'il utilise. On peut dire que "*la forme prédicative*" de sa connaissance des pompes à eau est en deçà de sa forme opératoire. C'est la raison de son échec à communiquer son savoir-faire à partir de son lit d'hôpital.

Examinons à son tour l'activité d'un réceptionnaire de clients, dans un atelier de réparation automobile: une autre source que lui-même contribue à donner sa forme à la conversation (situation dite "interactive"). L'interlocuteur client est en partie prévisible, en partie imprévisible. Le réceptionnaire doit donc disposer de catégories lui permettant d'interpréter ce que dit le client par rapport aux trois buts (identifier la panne, rassurer, fidéliser), et être en même temps en mesure de s'adapter à l'imprévu. Parce qu'elle est adaptative, l'activité professionnelle a toujours un côté opportuniste. Mais elle n'en comporte pas moins de grandes régularités et des conceptualisations. Au fond de l'action on trouve toujours la conceptualisation, c'est-à-dire des processus d'identification des objets de différents niveaux, de leurs propriétés et relations, que ces objets et propriétés soient directement accessibles à la perception ou non.

Expérience, formation initiale et formation continue

La brève analyse qui précède conduit à une première thèse forte: l'expérience est incontournable. On ne peut espérer procurer par la seule formation une compétence aussi riche et adaptative que celle formée au cours de l'expérience.

Mais cette première thèse doit être accompagnée de plusieurs autres:

1- Une bonne formation initiale permet de retirer de l'expérience plus d'enseignements qu'une formation de faible niveau. De même la formation continue permet d'interpréter autrement l'expérience professionnelle, d'en faire une autre lecture, de lui donner un autre statut que celui d'expérience brute.

2- Apprendre "*sur le tas*", comme on disait autrefois, est un processus lent et peu économique. La formation initiale et continue apporte ceci d'essentiel qu'elle permet de mettre de l'ordre dans les idées issues de la pratique, en les formulant et en les formalisant, et en résumant ainsi sous une forme lapidaire les connaissances construites dans l'action. La forme prédicative du discours du formateur vient ainsi au secours de la forme opératoire construite en situation par l'apprenant, en renforçant les éléments le plus décisifs.

3- La formation ne consiste pas seulement en paroles et en textes. La confrontation à des situations est indispensable. Surgit alors la question de la transposition didactique.

Transposition didactique et médiation

La didactique est un domaine de recherche relativement nouveau à l'échelle de l'histoire : elle consiste dans l'étude des processus de transmission et d'appropriation des connaissances, dans ce que ces processus ont de spécifique du contenu, et en vue de les améliorer. La didactique professionnelle, comme d'ailleurs la didactique des disciplines scolaires, est ainsi conduite à mettre en scène, dans des situations adaptées aux apprenants, les connaissances qu'on souhaite les voir acquérir. Il n'y a pas d'autre choix méthodologique que de confronter les apprenants à des situations partageant le mieux possible les propriétés des situations pratiques et théoriques sur lesquelles les apprenants seront évalués (positivement ou négativement), promus ou laissés pour compte. Il n'y a pas d'autre choix que d'analyser leur activité en situation, et celle des enseignants et des tuteurs qui les accompagnent dans leur apprentissage.

Du geste au raisonnement

Le geste est un prototype fondamental de l'activité humaine. C'est donc par lui qu'il est le plus naturel de commencer. L'activité gestuelle contient beaucoup d'opérations de pensée, notamment en termes de représentation des objets matériels, de leurs propriétés, relations et transformations, également des relations entre les propriétés des gestes et les propriétés des objets. C'est sur ces représentations que s'appuient l'organisation temporelle et spatiale du geste et les multiples décisions qui jalonnent son déroulement.

Certes il y a une grande distance entre les gestes du bébé qui apprend à saisir les petits objets de son environnement pour s'en servir comme instruments, ou en explorer les propriétés, et les gestes de l'artisan ébéniste, du soudeur de pipe-lines; de même qu'il existe une grande distance entre le geste du bébé de huit mois qui se met debout dans son parc, et celui d'un champion du saut à la perche, ou d'une danseuse étoile exécutant à la perfection un certain mouvement. Pourtant, dans tous ces cas, l'organisation du geste contient les mêmes composantes, relativement simples à énoncer :

- un but, qui se décline éventuellement en sous-buts, organisés de manière séquentielle et hiérarchique à la fois ;

- l'organisation, le réglage et l'ajustement des différentes parties du geste en fonction des conditions dans lesquelles se trouve le sujet à chaque instant. Ce réglage concerne à la fois l'enchaînement dans le temps et la coordination synchronique des mouvements des différentes parties du corps;

- l'identification des objets matériels et de leurs propriétés : volume, poids, caractéristiques géométriques, distance, résistance à la force, température et autres propriétés physiques. Cette représentation des objets entretient nécessairement des relations avec les propriétés du geste puisqu'un geste vise à être adapté, et que ses caractéristiques principales doivent donc correspondre raisonnablement bien aux caractéristiques des objets.

- le calcul quasi ininterrompu des actions à effectuer, des informations à prélever, des contrôles à faire. En dépit de l'automatisation de certaines parties des gestes, il existe toujours de nombreuses incertitudes, qui appellent compléments d'information et inférences en situation. Même lorsque la situation est familière, et qu'elle appartient à une classe bien caractérisée, des ajustements sont nécessaires. Si la classe de situations évoquée est moins étroitement définie, les inférences ont un rôle encore plus important, et contribuent par exemple au choix d'une alternative parmi plusieurs, en fonction de ses avantages et inconvénients.

Ce sont ces composantes de l'activité, d'une grande simplicité au fond, qui conduisent à la définition du schème. Mais avant de présenter cette définition, il faut s'interroger sur la valeur

descriptive de ce qui vient d'être dit pour d'autres activités que le geste, ou plus précisément pour des activités dans lesquelles la réussite ou l'échec ne sont pas déterminés par la précision et l'habileté du geste, mais par d'autres caractéristiques.

Penons un autre registre d'activité, celui de la parole, du discours, du dialogue ; et considérons par exemple l'organisation de l'activité d'un enseignant dans sa classe. Les composantes énoncées plus haut sont à nouveau présentes, notamment :

- le but : faire partager un certain nombre de jugements de fait ou de valeur ; soulever des questions et passer pour cela par certains sous buts concernant tel ou tel point, telle ou telle analyse, telle ou telle argumentation. Éventuellement chercher à toucher des groupes différents de l'auditoire.

- le réglage et l'ajustement des arguments, de la rhétorique, du ton avec lequel les choses sont dites. Cette adaptation repose à la fois sur une évaluation par l'enseignant des attentes et réactions possibles des élèves, sur ses hypothèses, sur l'interprétation des expressions de leur visage.

L'activité, est à la fois répétition et variation. On ne peut pas comprendre la pensée présente dans l'activité humaine si on n'en voit pas le double caractère systématique et opportuniste. On ne répète pas sans système et sans règles, on ne s'adapte pas à la contingence, à la variété et à la nouveauté sans catégories de pensée ouvertes, pour prendre et traiter l'information pertinente.

De là découlent plusieurs définitions du schème ; en voici deux :

Définition 1 : le schème est une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations donnée.

Cette définition s'inspire de la théorie des algorithmes

Définition 2 : il est formé nécessairement de quatre composantes :

- un but, des sous buts et anticipations
- des règles d'action, de prise d'information et de contrôle
- des invariants opératoires : concepts-en acte et théorèmes en acte
- des possibilités d'inférence en situation.

Je présenterai oralement des commentaires

Qu'est-ce que la représentation ?

Le concept de représentation est un concept flou ; en outre, la représentation d'un sujet n'est pas directement accessible à l'observateur extérieur ; et elle est en même temps pleine de phénomènes en trompe-l'œil pour le sujet lui-même. Si, à l'encontre du behaviorisme et de ses séquelles, on considère la représentation comme un objet d'étude essentiel pour le psychologue, il faut essayer d'introduire un peu de clarté. Il existe plusieurs sens du terme « représentation ».

Un premier sens est celui du flux de la conscience dont chaque individu est témoin pour sa propre pensée : images visuelles, auditives, olfactives, posturales et kinesthésiques sont le lot permanent de la perception et de l'action ; elles sont aussi le lot de l'imagination, et pas seulement dans la rêve et la rêverie, également dans celui de l'activité fonctionnelle puisqu'aussi bien le sujet en situation est amené à interpréter l'information bien au-delà des observables dont il dispose. Ce flux permanent de percepts, d'idées, d'images, de gestes et de mots intériorisés est une caractéristique si essentielle de la pensée, qu'elle conduit à considérer la perception comme faisant partie intégrante de la représentation. Il faut aller plus loin encore, et considérer que l'action intériorisée fait elle aussi partie intégrante de la représentation.

Un deuxième sens du terme « représentation » est celui des catégories de pensée avec lesquelles un individu capture et intègre les informations présentes dans une situation. La représentation est alors constituée de systèmes d'objets et de prédicats possiblement pertinents, auxquels le sujet est amené à faire appel au cours de son activité. C'est ce sens qui permet de considérer les invariants opératoires dont nous venons de parler, comme des constituants essentiels de la représentation. On peut ajouter que les « réseaux sémantiques » dont il est fait usage dans beaucoup de travaux de psychologie cognitive sont des candidats également à nourrir ce deuxième sens du terme « représentation ». Il leur manque cependant une qualité théorique décisive, : ils ne font aucune place aux théorèmes-en-acte, lesquels permettraient à ces réseaux de fonctionner autrement que par associations. L'associationnisme, comme le behaviorisme ne sont pas aisément surmontés.

Parler de système d'objets et de prédicats comme nous venons de le faire permet d'envisager des objets et des prédicats de différents niveaux conceptuels. Par exemple, il existe des catégories de pensée qui concernent l'intentionnalité, les rapports entre les propriétés des actions et les propriétés des objets, les interprétations causales, etc. L'idée de système nous conduira plus loin au concept de « champ conceptuel ».

Un troisième sens du terme « représentation » est celui qui concerne les rapports signifiants/signifiés dans le langage naturel et dans les autres systèmes symboliques développés par les sociétés humaines au cours de l'histoire, pour représenter les connaissances tenues pour vraies, communiquer à leur propos, et soutenir les processus de pensée. Ces symboles peuvent être entendus ou vus par tous les individus, mais leur interprétation dépend, encore plus fortement que pour la perception des phénomènes matériels, des systèmes d'invariants opératoires avec lesquels ils sont entendus ou vus par un individu : il y a plus d'inégalités entre individus dans la lecture de la notation musicale que dans l'écoute de la musique elle-même. La notation musicale est tout entière culturelle ; elle doit être enseignée et apprise.

Avant de procéder plus avant; il me faut cependant réintroduire l'idée avancée dès le début de cet exposé, que la représentation est activité et non pas seulement répertoire de concepts et de formes symboliques.

Un quatrième sens du terme « représentation » est donc celui d'ensemble organisé de schèmes. Les schèmes font partie intégrante de la représentation, au même titre que les situations sont pour l'activité du sujet et son organisation, une référence au réel au moins aussi forte que les objets et leurs propriétés.

La première relation du sujet au réel est la relation situations-schèmes, les premières étant du côté du réel (même si ce sont les schèmes qui permettent au sujet de les identifier), les seconds du côté du sujet (même si les schèmes tirent une partie de leur identité des situations auxquels ils s'adressent).

Champ d'expérience et champ conceptuel

Le champ d'expérience du sujet, enfant, adolescent ou adulte couvre, à la fois l'expérience dite « quotidienne » de la vie (dans la famille et dans le milieu de vie), et l'expérience scolaire, l'expérience professionnelle, la formation. On ne peut pas opposer ces expériences les unes aux autres sans précaution théorique.

Pour analyser le développement des compétences et des conceptualisations du sujet dans les différents registres de son activité, il est indispensable de découper des objets d'étude plus petits que l'expérience globale, même si cette expérience globale mérite aussi d'être analysée pour elle-même, et même si elle pèse sur l'expérience associée à des domaines particuliers. C'est à cette

question méthodologique que répond le concept de « champ conceptuel » : son objectif est de désigner des sous-champs de l'expérience, autour des deux idées de situation et de concept

Définition : un champ conceptuel est à la fois un ensemble de situations et un ensemble de concepts. L'ensemble des situations dont la maîtrise progressive appelle une variété de concepts, de schèmes et de représentations symboliques en étroite connexion. L'ensemble des concepts qui contribuent à la maîtrise de ces situations.

En effet, une approche développementale des compétences et des conceptualisations conduit inexorablement à étudier une variété de situations, puisqu'un concept ne se développe pas dans une seule catégorie de situations, mais dans une certaine variété, qui peut être très grande. Corrélativement une situation ne s'analyse pas à l'aide d'un seul concept, mais de plusieurs. Le chercheur est donc conduit, s'il veut comprendre le développement, à prendre pour objet d'étude un ensemble de situations et un ensemble de concepts. Ces concepts forment d'ailleurs des systèmes, dont l'organisation est elle-même progressive, éventuellement jamais achevée : par exemple le champ conceptuel des structures additives en mathématiques se développe sur une très longue période de temps à partir de 3 ou 4 ans et jusqu'à la fin des études secondaires ; des erreurs de conceptualisation subsistent chez de nombreux adultes sinon tous. Le champ conceptuel de la morale est également le lieu d'un lent et complexe développement qui va des premières années à la vie d'adulte. Pour des raisons de faisabilité, on peut identifier des champs conceptuels plus restreints, dans tel ou tel registre de l'activité, comme la compréhension de textes narratifs à l'école élémentaire, la mécanique du mouvement au lycée, la conduite des centrales nucléaires chez les professionnels en activité ou en formation. Mais dans tous les cas, il y a péril à prendre des objets d'étude trop petits, en ce sens qu'on risque de ne pas saisir les processus organisateurs du développement des compétences et des conceptualisations. Ces processus reposent en effet sur des analogies, des métaphores et des glissements de sens. À partir de certaines régularités observées dans le réel, souvent produites par l'action du sujet, ces processus aboutissent à des constructions conceptuelles de haut niveau, qui n'ont plus de relation aisément identifiable avec les régularités du réel. Sans le langage et les symbolismes développés par la culture, il serait impossible d'identifier ces constructions conceptuelles.

Systèmes de signifiants/signifiés et invariants opératoires

La première fonction du langage est une fonction de communication, dont le bébé a d'emblée une certaine expérience, non analysée. Mais cette fonction de communication est vite indissociable de la fonction de « représentation » prise dans le sens évoqué plus haut des rapports entre signifiants et signifiés. Que serait la communication humaine si n'existait pas dans le langage naturel, des moyens de faire référence à des objets, à des actions, à des sentiments et émotions, à des événements, à des propriétés, des relations, des transformations, des processus. Le langage naturel est le registre le plus analytique de l'activité humaine, le plus modulaire également, en ce sens qu'il permet de construire un ensemble infini d'énoncés, de dialogues et de textes avec un nombre fini d'éléments ; ce nombre d'éléments paraît très grand si l'on considère lexicale, syntaxe et conditions d'énonciation, mais il est relativement petit si on le rapporte à l'ensemble des dialogues et textes effectivement produits ou possibles. Comme les autres schèmes perceptivo-gestuels, les schèmes langagiers du bébé sont associés à des classes de situations, notamment à des dialogues en situation avec la maman, le papa ou quelque autre personne. Ils sont d'abord syncrétiques, et les premières régularités phonologiques observées chez le bébé sont des formes d'énonciation qui renvoient davantage à des situations qu'à des objets, même si l'adulte présent y reconnaît le nom d'objets familiers. On a parfois désigné ce phénomène sous le terme de « mot-phrase ».

C'est la désarticulation des énoncés en mots distincts qui signe les premières analyses prédicatives du bébé : action-objet, objet adjectif, sujet-action...

On ne possède pas d'observations directes sur les rapports entre cette fonction analytique du langage et la fonction analytique des invariants opératoires dans les autres activités gestuelles du bébé puisque ces dernières relèvent de l'interprétation du chercheur. On ne sait pas non plus si les enfants reconnaissent la signification des mots prononcés par autrui, avant d'être capables de les produire opportunément eux-mêmes. Pourtant on peut soutenir la thèse que sans invariants opératoires, le bébé serait incapable d'apprendre à parler, et que d'une certaine manière ce sont les objets, actions et propriétés présents dans les situations qui constituent la référence obligée des invariants phonologiques reconnus par le bébé dans la communication, invariants qui ne tardent pas à se décliner en invariants lexicaux et syntaxiques.

L'étude de la formation et du fonctionnement des compétences complexes dans l'éducation et le travail demande une attention plus grande au contenu des dialogues, en raison notamment des différences de compétence et de point de vue entre interlocuteurs. Mais elle n'en appelle pas moins un minimum d'attention aux formes d'énonciation utilisées. Elle renvoie ainsi aux travaux des linguistes, notamment de ceux qui s'intéressent à l'énonciation et aux actes de langage. Les schèmes énonciatifs, comme les autres schèmes, sont des formes d'organisation de l'activité en situation, et sont composés, comme eux, de buts, de règles d'action, de prise d'information et de contrôle, d'invariants opératoires, et d'inférences.

Conclusion

On a souvent opposé Vygotski et Piaget sur les deux points cruciaux que sont les rôles respectifs de l'action et du langage dans la conceptualisation d'une part, le poids de l'expérience individuelle et de la culture dans la formation des compétences et de la pensée d'autre part. On peut voir dans cet exposé un effort pour intégrer les deux contributions majeures du vingtième siècle à la psychologie cognitive ; elles ne s'opposent pas, mais se complètent au contraire utilement. Il est seulement nécessaire d'être plus précis et plus rigoureux que l'un et l'autre dans les définitions, dans l'analyse des exemples, dans l'articulation des différents problèmes théoriques posés par l'organisation de l'action, du langage, de la communication, et de l'activité des individus dans une culture donnée.

Retenons pour conclure la médiation par autrui. Autrui peut désigner ici aussi bien la mère ou le père, les autres membres de la famille ou de l'environnement familial, l'enseignant, les autres élèves, le psychologue, le formateur, le chef de service ou d'atelier, les collègues de travail, le compagnon plus expert, l'expert lui-même.

Les actes de médiation d'autrui peuvent être décrits et catégorisés à la lumière de l'analyse du concept de schème faite plus haut. Parmi les actes repérables figurent en bonne place l'entraînement dans l'activité, l'identification du but à atteindre, et les éventuels sous-buts et anticipations. Bruner a bien vu ce point, de même qu'il a bien analysé d'autres actes de médiation du tuteur, comme ceux qui consistent à attirer l'attention sur les informations pertinentes, ou à prendre à sa charge une partie des actions à effectuer de manière à diminuer l'espace d'incertitude dans lequel l'apprenant doit naviguer.

Le point qui manque le plus chez nos trois auteurs de référence reste celui de l'aide à la conceptualisation. Lorsqu'on veut l'analyser on débouche très vite sur l'aide par l'accompagnement langagier, à juste titre d'une certaine manière tant le langage intervient dans la conceptualisation, mais de manière insuffisante en même temps, si l'on considère que la formation des invariants opératoires est à la base de la conceptualisation, dans le cours même de l'activité.

Le médiateur a également comme responsabilité de choisir les situations à offrir à l'apprenant, de clarifier le but de l'activité, de contribuer à l'organisation de cette activité, y compris de la prise

d'information et du contrôle, de faire émerger, au moins partiellement, les concepts et les théorèmes pertinents, de faciliter les inférences en situation. La mise en mots et en symboles des connaissances et des règles de conduite forme une partie non négligeable de l'activité du médiateur, mais elle n'en est qu'une partie. En outre la communication entre le médiateur et l'apprenant est frappée des mêmes ambiguïtés que toute autre communication : il y a un écart entre les propos tenus par le médiateur et le sens qu'il leur donne en fonction de son système d'invariants, et le sens entendu par l'apprenant, qui est fonction de son propre système d'invariants.

En résumé l'appropriation d'une culture par un individu dépend nécessairement de sa propre activité, y compris de son propre travail de construction ou de reconstruction des concepts constitutifs de cette culture. Elle dépend aussi fortement de l'aide qu'il reçoit de son environnement, et donc de la qualité des médiations dont il bénéficie.

Lectures complémentaires

La liste qui suit n'est pas une liste de références, mais un encouragement à lire.

Bachelard G. (1949) *La psychanalyse du feu*. Paris, Gallimard.

Bachelard G. (1961) *La poétique de l'espace*. Paris, Presses universitaires de France.

Bachelard G. (1983) *L'eau et les rêves*. Paris, Corti.

Caens-Martin S. (1999) Une approche de la structure conceptuelle d'une activité agricole : la taille de la vigne. *Education Permanente*. 39, p 99-114.

Darwin C. (1985 édition française récente, traduction d'Edmond Barbier) *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle, ou la lutte pour l'existence dans la nature*. Paris, Editions La Découverte.

Deledicq A. (1982) *Faire des mathématiques*, manuel de 5°. Paris, éditions Nathan.

Dewey J. (1916, 1975 traduction française) *Démocratie et éducation*. Paris, Armand Colin.

Da Rocha Falcao J. T. (1992). *Représentation du problème, écriture de formules et guidage dans le passage de l'arithmétique à l'algèbre*. Thèse de doctorat. Université Paris 5, René Descartes.

Frege G. (1971) *Ecrits logiques et philosophiques*. Paris, Editions su Seuil.

Fuson K.C. (1988) *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer-Verlag.

Fuson, K. C. (1991). Relations entre comptage et cardinalité chez les enfants de 2 à 8 ans In J. Bideaud, J. P. Fischer, & C. Meljac (Eds.), *Les chemins du nombre*. Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires de Lille.

Gréco P. (1991) *Structures et significations. Approches du développement cognitif*. Textes réunis et présentés par D. Bassano, Ch. Champaud, H. Lehalle, avec la collaboration de C. Marlot. Paris, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

- Guilbaud G. Th (années 1965-70) Séminaire (non publié) de l'École des Hautes Etudes en Sciences sociales.
- Kant E. (1781, 1976 pour une traduction française récente) *Critique de la raison pure*. Paris, Garnier-Flammarion.
- Leontiev A. (1992 traduction française) *Le développement du psychisme ; Problèmes*. Paris, Editions Sociales.
- Leontiev A (trad. Française) *Activité, conscience et personnalité*. Paris, Editions du progrès.
- Nadot S. (1991) *Représentations graphiques et études de fonctions. Les problèmes didactiques et cognitifs du changement de repère. Une approche par la programmation informatique d'un traceur de courbes*. Thèse . Paris, Université René Descartes.
- Newell A. & Simon H.A (1995). *GPS, a program that simulates human thought*. Cambridge, MIT Press.
- Piaget, J. (1936, 1994). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Lausanne-Paris, Delachaux et Niestlé.
- Piaget J. (1964, 3^{ème} édition), *La formation du symbole chez l'enfant*, Neuchatel, Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J.(1949), *Introduction à l'épistémologie génétique*. Paris, Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance*. Paris, Gallimard.
- Platon. (2005 traduction française récente de B. Piettre) *La République (livre 7) Le mythe de la caverne*. Paris, Nathan.
- Revault d'Allonnes G. (1915) Le schématisme. *Compte rendu de la 43^{ème} session de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences*. Paris : Masson et Cie, p 563-574.
- Revault d'Allonnes G. Le mécanisme de la pensée: les schèmes mentaux. *Revue philosophique*, 60. fac simulé dans *Psychologie Française*, 2000, 45.
- Russell B. (1961) *Histoire de mes idées philosophiques*. Paris, Gallimard.
- Suppes P. (1963) Basic measurement theory. In R.D.Luce (Ed) *Handbook of mathematical psychology*, New York, Wiley
- Trahtenbrot P. A. (1963) *Algorithmes et machines à calculer*. Paris, Dunod.
- Vygotski, L.S. (1934/1985), *Pensée et langage*, Paris, Editions sociales.

Lectures complémentaires possibles sur l'auteur de l'article

Vergnaud G. (1968) *La réponse instrumentale comme solution de problème : contribution*. Thèse, Faculté des Lettres et Sciences humaines de Université de Paris.

Vergnaud G. (1981). *L'enfant, la mathématique et la réalité*, Berne, Peter Lang. 6 éditions ; traduit en espagnol (1991), en italien (1994) et en russe (1998).

Existe version en portugais :

Vergnaud G.(Ed) (1991) *Les sciences cognitives en débat. Première école d'été du CNRS sur les sciences cognitives*. Paris, Editions du CNRS.

Vergnaud G. (Ed) (1994). *Apprentissages et Didactiques. Où en est-on ?* Paris, Hachette.

Vergnaud G., Bregeon J. L., Dossat L., Huguet F., Myx A.,Peault H. (1997) *Le Moniteur de Mathématiques. Cycle 3*. Paris, Nathan.

Vergnaud G. (2000) *Lev Vygotski : éducateur et penseur de notre temps*. Paris, Hachette Education.

Existe version en portugais

Vergnaud G. (Ed). (1983). Didactique et Acquisition du Concept de Volume. N° spécial de *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 4.

Vergnaud G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems, in Carpenter T.P., Moser J.M., Romberg T.A. (Eds). *Addition and Subtraction: a cognitive perspective*, Hillsdale NJ, Lawrence Erlbaum, 39-59

Vergnaud G. (1983). Multiplicative Structures. In Lesh R., Landau M. (Ed.). *Acquisition of mathematics concepts and processes*, Academic Press, pp. 127-174.

Vergnaud G. et al. (1990) Epistemology and psychology of mathematics education. In J. Kilpatrick & P. Neshet (Eds). *Mathematics and cognition*. Cambridge, Cambridge University Press, pp 2-17.

Vergnaud G. (1996) La théorie des champs conceptuels. In J. Brun (Ed). *Didactique des Mathématiques*. Delachaux et Niestlé. Lausanne

Vergnaud G., Récope M. (2000) De Revault d'Allonnes à une théorie du schème aujourd'hui. *Psychologie française* (La Société Française de Psychologie a cent ans), 45, 1, 35-50.

Samurçay R; Vergnaud G. (2000) Que peut apporter l'analyse de l'activité à la formation des enseignants et des formateurs? *Carrefours de l'éducation*, 10, 48-63.

Vergnaud G. (2002) Piaget visité par la didactique. *Intellectica*, 33, 107-123.

Vergnaud G. (2003) La conceptualisation clef de voûte des rapports entre pratique et théorie. In *Analyse de pratiques et professionnalité des enseignants*. Actes de la DESCO. CRDP de l'Académie de Versailles, p 48-57.

Pastre P., Mayen P., Vergnaud G. (2006) La didactique professionnelle : note de synthèse. *Revue Française de pédagogie*. INRP, 154, 145-198.