



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.

Qu'est-ce qu'apprendre ?

In « Pour une école inclusive...quelle formation pour les enseignants ? »

**Conférence introductive au Colloque International de l'IUFM
De l'Académie de Créteil**

2002, Créteil, France

2007, présentée aussi au Brésil

Lien internet permanent pour l'article :

https://www.gerard-vergnaud.org/GVergnaud_2002_Qu-Est-Ce-Qu-Apprendre_Colloque-IUFM-Creteil

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

IUFM DE L'ACADÉMIE DE CRÉTEIL COLLOQUE INTERNATIONAL

...POUR UNE ÉCOLE INCLUSIVE... QUELLE FORMATION DES ENSEIGNANTS ?

Qu'est-ce qu'apprendre?

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

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. Il n'a pas 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. Le cadre théorique proposé ci-après permet d'intégrer des points de vue différents et complémentaires de celui de Piaget, issus de la recherche en didactique.

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.

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.

Quelques exemples pour commencer

Prenons celui de la résolution d'un problème d'arithmétique élémentaire, dans lequel il faut enchaîner plusieurs opérations de multiplication et de division pour aboutir :

La production d'une ferme de la Beauce est de 2985 quintaux de blé.

Parmi les questions formulées par les élèves, figure la question suivante :

Combien peut-on faire de farine avec cette production ?

Parmi les informations disponibles, figure celle-ci :

il faut 120kg de blé pour faire 100kg de farine.

Nous allons distinguer deux phases de l'activité : une phase de choix des données et de l'opération à effectuer, une phase d'effectuation de cette opération.

La première phase peut par exemple commencer par une période de recherche et d'hésitation, qui peut durer assez longtemps chez des élèves de collège ou des adultes dits « de faible niveau ». Puis une proposition peut être formulée ; il en existe une grande variété :

- déclarer que 2485 quintaux de blé, cela fait 248 500 kg de blé, et diviser 248 500 par 120, avec ce commentaire que, de cette manière, on saura « par combien de fois il faut multiplier 100 kg de farine... »

- déclarer qu'il faudrait faire le produit en croix, procédure enseignée partout, mais peu fréquemment utilisée dans les circonstances ordinaires de la vie.

- envisager de diviser 120 par 100, sans savoir pour autant comment continuer ensuite.

- proposer de diviser 100 par 120, et considérer que le résultat ainsi trouvé, c'est le coefficient qui permet de passer du blé à la farine.

- essayer de s'approcher progressivement de 248 500 en faisant 1000 fois 120, soit 120 000; puis à nouveau 1000 fois, puis 100 fois, puis 10 fois, etc.

Il existe une bonne vingtaine de propositions possibles, dont cinq ou six peuvent conduire à la solution, les autres à l'échec.

La deuxième phase consiste en l'effectuation de l'opération décidée dans la première phase : par exemple pose de la division de 248 500 par 120, et conduite de la procédure apprise (élimination d'un zéro au diviseur et au dividende, choix d'un dividende partiel supérieur à 12, recherche du quotient maximum, effectuation de la multiplication puis de la soustraction, examen du reste et abaissement du chiffre suivant, et ainsi de suite...)

Elle peut aussi consister en l'utilisation d'une calculette.

L'organisation de l'activité pendant la deuxième phase est organisée par un algorithme, qui comporte un but identifiable, des règles relativement complexes enseignées à l'école, une certaine représentation des objets-signes sur le papier et de leur signification, des choix et des attentes. Par exemple certains élèves sont pris au dépourvu lorsque le dividende d'étape, après abaissement du chiffre suivant, est inférieur au diviseur : j'abaisse le 8 mais il est inférieur à 12.

Il est un peu plus délicat de décrire l'organisation de l'activité pendant la première phase. Il existe un but, qui se décline en sous-buts différents selon la voie prise. Le choix de tel sous-but plutôt que de tel autre est un indice important pour le psychologue. Ce choix va en effet de pair avec celui des données et des opérations à effectuer en premier, puis en second etc...Il va aussi de pair avec la représentation des grandeurs en jeu et de leurs relations, c'est-à-dire avec leur conceptualisation. En effet, les relations entre grandeurs sont d'une difficulté conceptuelle inégale : « Combien de fois plus...? » se réfère à une relation entre grandeurs de même nature; de même la décomposition additive 1 000 fois 120 et encore 1 000 fois 120, etc. Par contre la division de 120 par 100 ou de 100 par 120 mettent en jeu des grandeurs de nature différente. Ou bien on interprète ces divisions comme des quotients de dimensions, mais on sait aujourd'hui que les élèves ont du mal à concevoir cette opération de quotient ; ou bien on voit la division de 120 par 100 comme le moyen de trouver la quantité de blé correspondant à un kg de farine, auquel cas 100 ne désigne plus 100 kg de farine mais la relation de comparaison « 100 fois moins », qui est un nombre sans dimension, un scalaire.

Chacune des démarches susceptibles d'être engagées par les sujets dans la recherche d'une quatrième proportionnelle a vocation à devenir un schème. Certains ne conduisent pas à la réussite ; ils sont en général abandonnés, souvent avant même d'avoir été stabilisés. D'autres sont renforcés à ce point qu'ils chassent les autres. Le plus fréquemment chaque sujet dispose de plusieurs schèmes alternatifs entre lesquels il peut choisir en fonction des valeurs des variables de situation et notamment des valeurs numériques. Les recherches montrent cependant que certains individus disposent de toute une panoplie alors que d'autres n'ont qu'une corde à leur arc.

Deuxième exemple: un mécanicien de réparation automobile expérimenté se voit confier la responsabilité d'accueillir les clients qui apportent leur voiture pour réparation. Dans cette nouvelle fonction, le réceptionnaire a comme premier objectif, dans les 5 à 15 minutes dont il dispose, d'obtenir du client une information aussi fiable que possible sur le problème mécanique en jeu; sa compétence de mécanicien est donc essentielle. Il lui faut pour cela écouter le client, lui poser des questions pertinentes, soit pour en savoir davantage que ce que le client ou la cliente est en mesure de dire de son propre chef, soit pour écarter les diagnostics erronés que le client propose. Une étude approfondie menée par Patrick Mayen a montré que, à côté de ce premier objectif, il existe deux autres enjeux du dialogue avec le client: le rassurer (sur les délais, les prix, la garantie...), et le fidéliser: Il est clair que l'accueil doit satisfaire le client et l'encourager à revenir la prochaine fois, non pas à aller chez le concurrent.

L'activité de dialogue engagée par le réceptionnaire est ainsi organisée autour de ces trois enjeux, sans qu'il y ait un plan préétabli. Les compétences conversationnelles du réceptionnaire et sa capacité à s'adapter aux propos de son interlocuteur sont aussi nécessaires que ses compétences de mécanicien. Ce n'est pas dans l'atelier seulement qu'il a pu les développer, mais au cours de toute son expérience de la conversation, de la politesse, de l'amabilité, de l'humour...Il développe en outre une nouvelle professionnalité au cours de son expérience de réceptionnaire. Les réceptionnaires ne sont pas également compétents, loin de là.

Troisième exemple: dans une entreprise de production de béton; les camions-toupies sont équipés de pompes à eau d'une certaine complexité. Il arrive qu'elles tombent en panne. Les pompes ne sont pas toutes identiques, les pannes non plus, y compris sur le même type de pompe. Un jour l'un des techniciens de maintenance tombe malade et doit se faire hospitaliser. L'effet immédiat est que, dans l'atelier, on ne sait plus réparer un certain type de pannes, que le technicien hospitalisé avait l'habitude de réparer, et à qui justement on les confiait régulièrement. Comme son hospitalisation se prolonge, on envoie une petite délégation de collègues pour lui demander comment il s'y prend. Il se prête volontiers à l'entretien, explique le mieux qu'il peut; les collègues s'en retournent contents; mais une fois revenus dans l'atelier, ils ne parviennent toujours pas à réparer les dites pannes.

Evidemment lorsque le technicien sort de l'hôpital, quelques semaines plus tard, il recommence à réparer sans problème les pannes récalcitrantes.

Qu'est-ce qu'apprendre au fond ?

Les exemples ci-dessus illustrent tous les trois ce que j'appelle "*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, celui de l'élève, ou celui du réceptionnaire de clients. 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.

La performance est évidemment une première approche: X est plus compétent au temps t qu'au temps t' s'il sait faire ce qu'il ne savait pas faire. Mais cette définition reste silencieuse sur trois autres considérations complémentaires de la première, tout aussi décisives pour l'analyse:

- X est plus compétent s'il s'y prend d'une meilleure manière (plus rapide, plus fiable, mieux compatible avec la manière dont ses partenaires s'y prennent).
- X est plus compétent s'il dispose de ressources alternatives pour traiter des situations d'un certain type, mais susceptibles, par leurs caractères propres, de rendre une méthode plus opportune dans tel cas, moins opportune dans tel autre.
- X est plus compétent s'il est moins démuné devant une situation nouvelle.

Ces trois dernières considérations conduisent à l'analyse de l'activité, pas seulement à celle de son résultat. La performance est radicalement 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 prédictive*" 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 du réceptionnaire de clients: il se trouve dans une situation dans laquelle une autre source que lui-même contribue à donner sa forme à la conversation (situation dite "*dynamique*"). 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 distingués plus haut (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 est toujours opportuniste. Mais elle n'en comporte pas moins de fortes régularités, et les conceptualisations nécessaires. Au fond de l'action on trouve toujours la conceptualisation, c'est-à-dire l'identification d'objets de différents niveaux, directement accessibles à la perception ou non, ainsi que leurs propriétés et relations.

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 points 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 nouveau domaine de recherche, qui 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. Si l'on vise, à juste titre, la forme opératoire de la connaissance, il n'y a pas d'autre choix 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, le mieux possible.

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 ;

-le séquençage, 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 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 vérifier 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 leurs visages..

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 pour prendre et traiter l'information pertinente.

Le concept de schème

De là découle la définition du schème :

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

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.

Commentaires

La première définition comporte trois idées essentielles, qu'il n'est pas superflu de souligner.

- Le schème s'adresse à une classe de situations. on peut donc en droit lui associer des quantificateurs universels, qui permettent d'en définir la portée et les limites. Le schème est donc un universel, comme le concept.
- C'est l'organisation qui est invariante, non pas la conduite observable ; les schèmes ne sont pas des stéréotypes. Si certains schèmes engendrent des conduites relativement stéréotypées, ce n'est pas le cas de la plupart des schèmes : ils engendrent des conduites différentes en fonction des variables de situation.
- Le schème n'organise pas que la conduite observable, mais également l'activité de pensée sous-jacente.

La deuxième définition est analytique. Il est commode de commenter d'abord les règles d'action de prise d'information et de contrôle, puisque ces règles constituent la partie générative du schème, celle qui est le plus immédiatement responsable du décours temporel de la conduite et de l'activité.

La conduite n'est pas formée que d'actions, mais aussi des prises d'information nécessaires à la poursuite de l'activité, et des contrôles qui permettent au sujet de s'assurer qu'il a bien fait ce qu'il pensait faire et qu'il est toujours sur la voie choisie.

Or ces règles sont totalement conditionnées par la représentation du but à atteindre et par les conceptualisations qui permettent d'identifier les objets en présence, leurs propriétés et relations, les transformations que la conduite du sujet est censée leur faire subir.

En d'autres termes, la partie intentionnelle du schème qu'est le but, est essentielle dans l'organisation de l'activité. Le but se décline en sous-buts, séquentiellement et hiérarchiquement agencés ; lesquels donnent lieu à de nombreuses anticipations. Même lorsque le but n'est que partiellement conscient et que les effets attendus de l'action ne sont pas tous prévisibles par le sujet, ce caractère intentionnel de la conduite et de l'activité ne peut pas être ignoré. Il est en effet la source d'aspects différentiels importants de la conduite, dans l'éducation et le travail en particulier. La force de l'intention est variable ; plusieurs intentions distinctes peuvent coexister dans la même activité: satisfaire ou séduire autrui, en même temps qu'atteindre un but purement matériel.

Plus décisifs encore du point de vue cognitif, sont les invariants opératoires, puisque les concepts-en-acte permettent de prélever dans l'environnement les informations pertinentes, et de sélectionner les théorèmes-en-acte nécessaires au calcul à la fois des buts et sous-buts susceptibles d'être formés, et des règles d'action, de prise d'information et de contrôle permettant de les atteindre.

Pour bien comprendre ce dernier point, il faut faire siennes deux idées essentielles : la distinction entre pertinence et vérité, et la thèse qu'un calcul ne peut pas être modélisé par des non-propositions.

La distinction entre pertinence et vérité

Les concepts-en-acte permettent d'identifier des objets, des propriétés et relations. Par « objets » il faut entendre à la fois des objets matériellement perceptibles et des « objets construits » par la culture, la science, la technique, ou par le sujet individuel lui-même. Par « propriétés et relations », il faut entendre à la fois des prédicats observables et des prédicats inférables à partir des observables, mais qui sont eux-mêmes des constructions culturelles ou individuelles.

Définitions

Un concept-en-acte est un concept tenu pour pertinent dans l'action en situation.

Un théorème-en-acte est une proposition tenue pour vraie dans l'action en situation.

Nous venons de voir que, parmi les concepts-en-acte, certains ont un statut d'objet, d'autres un statut de prédicat à une place, d'autres encore de prédicat à plusieurs places. En outre, les prédicats peuvent devenir des objets et entretenir à leur tour des relations avec d'autres objets.

Nous venons de voir également que, parmi les théorèmes-en-acte, certains ont un statut de proposition tenue pour vraie ici et maintenant, dans la situation présente ; tandis que d'autres sont universellement vrais, pour toute une classe de situations. Toutefois il faut remarquer que le statut d'une proposition peut naviguer entre le particulier et l'universel : par exemple $4+5 = 9$ est une proposition particulière si on la distingue de $4+6 = 9$ ou de $7+3 = 10$, mais c'est une proposition universelle si l'on considère qu'elle est vraie aussi bien quand on dénombre des chevaux dans une écurie que lorsqu'on dénombre des stylos sur une table.

L'analyse ci-dessus peut paraître complexe à un lecteur non averti. En réalité elle est assez simple.

Dans une situation donnée, le sujet dispose de plusieurs sortes de connaissances, pour identifier les objets et leurs relations et se donner à partir de là des buts et règles de conduite pertinents. Les connaissances sont des connaissances-en-acte, désignées ici par le terme « d'invariants opératoires » pour indiquer que ces connaissances ne sont pas nécessairement explicites, ni explicitables, ni même conscientes pour certaines d'entre-elles. Le concept d'invariant opératoire permet de parler dans les mêmes termes à la fois de l'identification des objets matériels et de leurs relations par la perception, de l'interprétation des informations dans les situations où il y a place pour l'incertitude et l'hypothèse, et des raisonnements qui portent sur des objets hautement élaborés de la culture.

Un dernier commentaire concerne la quatrième composante du schème. Pourquoi est-il nécessaire de mentionner, dans ces composantes, les possibilités d'inférences en situation ? Justement parce que le schème n'est pas un stéréotype, et ne correspond nullement à cette métaphore dangereuse qu'il existerait des formes « câblées » d'activité dans le cerveau. En effet, le schème suppose toujours une activité intense de calcul en situation, comme en témoigne d'ailleurs abondamment l'imagerie cérébrale. Ces possibilités résultent principalement des théorèmes-en-acte spécifiques du domaine et de la classe de situations à laquelle s'adresse le schème, mais aussi de théorèmes-en-acte plus généraux, qui couvrent plusieurs domaines d'activité, et qui sont souvent formalisés dans des termes logiques comme la déduction, l'induction, l'abduction.

Il ne faut pas s'y tromper cependant, ces théorèmes-en-acte aussi ont une portée locale : par exemple la transitivité des relations d'ordre peut être spontanément utilisée par un enfant de 8 ans dans certaines activités et pas dans d'autres. On n'échappe jamais totalement au besoin de spécifier le domaine d'activité auquel on s'intéresse et donc le domaine de conceptualisation spécifique qu'il faut analyser pour comprendre le fonctionnement et le développement cognitifs.

Bien que les analyses présentées ci-dessus soient relativement différentes de celles de Piaget, et témoignent d'un plus grand souci de définition et de généralité, concernant le concept de schème au moins, l'emprunt à Piaget des termes de « schème » et d'« invariant opératoire » indique clairement que c'est lui le premier inspirateur de cette théorie.

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.

Il y a d'autres sens encore du terme « représentation ». le concept de représentation sociale, introduit en 1960 par Moscovici, renvoie par exemple aux systèmes de catégories (objets, prédicats et théorèmes-en-acte) partagés par une certaine communauté sociale. On trouve aussi chez certains

chercheurs de neurosciences comme Requin l'idée que le décours temporel de l'activité des neurones, enregistrée par des microélectrodes implantées dans divers types de cellules et diverses régions du cerveau est la « représentation » cérébrale de l'activité gestuelle du sujet, un singe en l'occurrence, dressé à aller chercher un objet à gauche quand une lumière rouge s'allume et à droite quand c'est une lumière verte.

On peut retenir de cette brève revue que l'idée de correspondance entre deux séries de phénomènes de nature différente est constitutive du concept de « représentation ». C'est donc une question théorique essentielle que d'analyser les propriétés possibles de ces correspondances, leurs fonctions notamment, ainsi que les moyens par lesquels ces fonctions sont assurées et les raisons pour lesquelles elles ne sont pas toujours assurées. Nous le ferons plus loin avec les concepts d'homomorphisme et d'écart. Toutefois nous retiendrons principalement dans l'analyse qui suit les sens 2 et 3 évoqués plus haut du terme « représentation » : c'est-à-dire la représentation comme système de catégories de pensée et de connaissances, et la représentation comme système de rapports signifiant/signifiés. Leur articulation est elle-même un problème théorique délicat, communément désigné par le thème, cher à Vygotski, de « pensée et langage ».

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. 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.

En d'autres termes la première relation du sujet au réel est la relation situations-schémes, 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

L'expérience consiste dans la rencontre du sujet avec des situations. Chacune d'entre elle est singulière, mais l'activité du bébé s'organise progressivement de manière à traiter de façon semblable des classes de situations distinctes, en fonction des ressemblances et des différences qu'il est en mesure d'identifier entre ces situations. Ce sont ces formes d'organisation de l'activité qui constituent les premiers schèmes du bébé, qu'ils soient congénitaux et instinctifs au départ, ou plus largement dépendant de l'histoire propre du sujet : par exemple la reconnaissance du biberon et la formation des percepts et des gestes qui lui sont associés n'obéissent pas au même calendrier chez les enfants nourris exclusivement au sein et chez ceux qui sont nourris très tôt au biberon. Il existe en outre des différences culturelles importantes sur ce point. Les schèmes du bébé, quelque syncrétiques qu'ils puissent être, ne peuvent pas se développer, se différencier et s'enrichir sans que soient identifiés des objets, des propriétés, des relations et leurs transformations. Les invariants opératoires jouent donc un rôle central dans l'adaptation du bébé à son environnement physique et social. Les buts distincts et les règles distinctes d'action de prise d'information et de contrôle associées à chaque classe de situations sont également essentielles dans l'assimilation des situations nouvelles et dans l'accommodation des schèmes. En d'autres termes les différentes composantes du schème sont présentes dès les premières formes d'organisation de l'activité du bébé. Après quelques jours la manière dont le bébé se tourne vers le sein de sa mère et commence à téter est déjà un peu différente de ce qu'elle était la première fois.

Ce n'est pas le lieu d'énumérer les différents schèmes perceptivo-gestuels qui jalonnent le développement cognitif du bébé ; il existe de nombreuses références sur ce sujet, même si elles se situent dans un autre cadre théorique. Il paraît utile cependant de remarquer que l'expression « schèmes sensori-moteurs » utilisée par Piaget est à certains égards une erreur conceptuelle, dans la mesure où leur organisation est faite de perceptions et de gestes organisés. L'expression « schèmes

perceptivo-gestuels » est plus correcte au plan théorique. En outre une part importante du répertoire de schèmes de l'enfant de 18 mois concerne les propriétés physiques et spatiales des objets, les propriétés sociales et affectives des personnes de l'entourage, et les fonctions de communication et de représentation du langage. Le langage du jeune enfant est lui-même géré par des schèmes perceptivo-gestuels de dialogue et de monologue. Il n'est guère raisonnable non plus de parler de stade sensori-moteur. Les deux principales thèses de ce sous-chapitre sont les suivantes :

1. Le champ d'expérience du sujet, enfant, adolescent, 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. Par exemple il est excessivement simpliste d'opposer les mathématiques de l'école et celles de la vie ordinaire : beaucoup de résultats montrent que les mêmes schèmes organisent les unes et les autres. Ce sont les conditions qui changent, et bien entendu elles pèsent ; mais les schèmes, c'est à dire les formes d'organisation de l'activité, restent étonnamment semblables.

2. 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 quelqu'autre personne. Comme les schèmes perceptivo-gestuels, 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 prédictives 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.

La psychologie du langage n'étant pas ma spécialité, il me faut expliquer pourquoi j'aborde ce sujet ici. La raison principale est que de nombreux dialogues interviennent dans l'éducation et le travail, et que les caractéristiques de ces dialogues demandent à être considérées à la fois du point de vue de leur contenu (les connaissances explicites qu'elles contiennent et les connaissances implicites du locuteur et de son interlocuteur) et des formes générales étudiées par les linguistes et les psycholinguistes. Le plus souvent ceux-ci se soucient peu du contenu conceptuel des connaissances.

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.

Plusieurs idées méritent d'être avancées ici :

1. La sélection de l'information pertinente, déjà impressionnante dans l'action sur les objets matériels, semble encore plus drastique dans la communication, c'est-à-dire dans l'action sur autrui et dans la prise d'information auprès d'autrui. La raison en est probablement que, dans le dialogue, on laisse à autrui la charge de reconstituer le sens des énoncés à partir de l'information qu'ils contiennent explicitement et à partir de la situation d'énonciation.

2. Les formes prédicatives de la connaissance sont plus analytiques que les formes opératoires de la connaissance que nous utilisons dans l'action, même si, paradoxalement, ce sont ces dernières qui sont la source des premières. Les experts les plus expérimentés ne sont pas capables de mettre en mots une bonne partie des connaissances qu'ils utilisent pourtant dans l'action, et qui sont justement significatives de leur expertise. De même les enfants ne sont pas capables d'explicitier toutes les connaissances qui contribuent à l'organisation rationnelle de leur activité. Ce décalage entre la forme opératoire de la connaissance et sa forme prédicative motive à lui seul l'introduction dans la théorie psychologique du concept d'invariant opératoire.

3. À l'inverse, certains invariants opératoires tirent une part de leur identité des formes langagières qu'ils prennent dans la culture. Comment identifier les concepts de fonction et de variable sans le langage, ou encore les concepts de période historique et de régime de gouvernement en histoire ? D'une manière générale, il semble que les invariants qui ne correspondent pas à des percepts, c'est-à-dire en dernier ressort à des régularités observables, ne pourraient guère être conceptualisés sans le secours du langage. Prenons l'exemple des couleurs (bleu, rouge, jaune, etc.) : la signification des mots du langage naturel qui permettent de les désigner, s'appuie totalement sur la perception, même si des variations fines peuvent intervenir pour certains besoins professionnels, ou éventuellement d'une langue à l'autre. Par contre le concept de couleur lui-même résulte de la mise en relation des couleurs possibles entre elles, comme celui de la forme résulte de la mise en relation par ressemblances et différences des formes possibles entre elles : les concepts de couleur et de forme ne sont pas strictement empiriques ; ce sont des constructions déjà élaborées.

Le concept de nombre est un autre exemple, puisqu'il n'existe pas d'objet nombre dans le monde matériel, et que le nombre résulte en premier lieu de la mesure, puis de la séparation entre mesure et objet mesuré, dans les activités de dénombrement des quantités discrètes et de mesure des grandeurs.

La plupart des concepts difficiles sont des constructions, qui s'appuient certes sur l'expérience, mais dont les caractéristiques principales résultent d'une élaboration intellectuelle, à partir de l'action sur le réel et à partir des relations entre objets, entre relations, entre transformations.

On peut retenir surtout que la pensée scientifique et technique est une pensée fondamentalement relationnelle, qu'elle s'appuie sur l'explicitation des relations entre les propriétés de l'action et les propriétés du réel, et qu'elle crée en permanence de nouveaux objets de pensée.

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.

L'individu dispose pour s'adapter à l'environnement et à la société de moyens personnels qui se développent au fil du temps et de l'expérience dans des conditions analysables. Parmi ces

conditions figurent notamment la richesse et la variété des situations qu'il est amené à rencontrer, et donc la richesse des occasions qui lui sont offertes de développer ses compétences, dans l'éducation et le travail notamment. Parmi ces conditions, figurent également les médiations de toutes sortes dont il peut bénéficier de la part d'autrui et de la part des institutions.

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.

L'amélioration de l'éducation et de la formation, le développement des compétences dans le travail, dépendent donc dans une très large mesure de l'amélioration de la professionnalité des médiateurs.

Pour en savoir plus

Barré de Miniac C., et Lété B. (Eds) L'illettrisme : de la prévention chez l'enfant aux stratégies de formation chez l'adulte. Paris-Bruxelles, De Boek & Larcier.

Plaisance E., Vergnaud G. (1993) Les Sciences de l'Education. Paris, Edition La Découverte.

Vergnaud G. (Ed) (1994). Apprentissages et Didactiques. Paris, Hachette.

Vergnaud G. (2000) Lev Vygotski pédagogue et penseur de notre temps. Paris Hachette Education.

Vergnaud G. (2002) Qu'apportent les systèmes de signes à la conceptualisation? Conférence introductive au colloque "Conceptualisation et surdité" des 10 et 11 mai 2001. *La nouvelle revue de l'AIS. Adaptation et intégration scolaires*. 17, 171-179.

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. Suivi de Table ronde p 73-77.

