



**Gérard Vergnaud**

## Recherches en psychologie didactique

Ce document est issu du  
site officiel de Gérard Vergnaud

[www.gerard-vergnaud.org](http://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.

---

## Le schème est-il mort ?

### In Colloque EPS à l'INRP

### Réponse à une demande forte des collègues d'EPS à l'INRP

2000 (mai), INRP

France

Lien internet permanent pour l'article :

[https://www.gerard-vergnaud.org/GVergnaud\\_2000\\_Scheme-Est-il-Mort\\_Colloque-EPS-INRP](https://www.gerard-vergnaud.org/GVergnaud_2000_Scheme-Est-il-Mort_Colloque-EPS-INRP)

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

---

## Colloque EPS INRP Mai 2000

### Le schème est-il mort ?

Exposé de Gérard Vergnaud

Directeur de Recherche au CNRS

Jackie Marcenach m'a demandé de revenir pendant quelques minutes sur le rapport Carraz, et elle m'interroge sur ce que je pense aujourd'hui de quelques unes des idées que j'avais exprimées à l'époque dans mon rapport

1/ l'existence d'un grand nombre de contraintes sur les pratiques et les contenus de l'enseignement, et la diversité des situations qui relèvent d'une approche didactique ;

2/ la dualité entre deux finalités essentielles de la recherche en didactique : la production de connaissances fiables, et l'amélioration du système éducatif. La poursuite de ces deux finalités reste-t-elle toujours essentielle ?

Je dois avouer que les questions de Jackie Marcenach sont des questions-surprises, que je n'attendais pas aujourd'hui. Je n'ai pas relu le rapport Carraz, et je n'ai pas un souvenir précis de son contenu. Je m'en tiendrai donc à ce que ma mémoire peut restituer aujourd'hui.

1°- Je rappellerai d'abord que nous vivions dans l'espoir de changements politiques significatifs, après l'élection de Mitterrand, avec le premier gouvernement socialiste et avant la réévaluation par le gouvernement en 1983 des objectifs politiques qui avaient marqué la campagne présidentielle. Mon idée était de faire des propositions pour *la recherche en éducation et en socialisation de l'enfant* (tel était l'objet du rapport Carraz) à l'image de ce qui s'était construit au cours des trente années précédentes pour la recherche en santé. En effet

l'INSERM que nous connaissons aujourd'hui n'a été créé qu'en 1968. Avant cela c'était un appendice (relativement modeste) du Ministère de la Santé, de type Bureau National d'Hygiène et de Santé publique. Il y avait donc, dans les organismes de recherche, un précédent d'ordre non strictement technologique (comme c'était le cas du CEA, du CNET ou du CNES), pour un Institut National de Recherche en Education et en Formation. La proposition a été élaborée en deux temps : un premier groupe de travail a déposé une proposition lors du grand colloque Chevènement sur la Recherche, qui avait beaucoup mobilisé les énergies dans les régions et les organismes ; puis la mission Carraz a conduit ses auditions et rédigé son rapport.

J'ai beaucoup œuvré dans cette mission, ainsi que Viviane Isambert Samati, également Evelyne Burguière.

A l'époque, j'avais essayé de donner une définition de la recherche en didactique : « étude des processus de transmission et d'appropriation des connaissances, dans ce qu'ils ont de spécifique du contenu, en vue de les améliorer ». Je la considère toujours valable aujourd'hui. C'est la spécificité des contenus qui caractérise les didactiques par rapport à la pédagogie et aux autres sciences de l'éducation. Nous étions préoccupés de ne pas couper les relations entre pratique et théorie mais au contraire de les développer. Le contenu des connaissances pèse d'un poids très lourd dans l'activité des praticiens. J'avais été frappé par l'avancée de la recherche en didactique des mathématiques sur celle des autres disciplines, mais aussi par le niveau élevé de la formation continue dans les milieux de l'EPS : à l'époque, pour autant que je me souvienne, entre 75 % et 80 % des enseignants bénéficiaient chaque année d'un stage de formation continue. Ce n'était le cas dans aucune autre discipline. D'autres modèles étaient intéressants, celui de la didactique du français langue maternelle, également celui du français langue étrangère. Leurs modes de fonctionnement et leurs thèmes de recherche étaient assez éloignés de ceux de la didactique des mathématiques, que je connaissais bien.

Mon idée était que la recherche et la pratique formaient un tissu continu, allant des équipes de recherche spécialisées jusqu'aux équipes d'innovation et de réflexion sur la pratique, dans les

établissements, là où les forces existaient ou pouvaient raisonnablement exister. On ne crée pas une équipe de recherche là où les forces n'existent pas. Mais il suffit parfois de quelques personnes pour que l'initiative en soit prise, parfois d'un seul individu, particulièrement dynamique. Si on veut changer les choses, il faut s'appuyer sur les individus les plus actifs, toujours minoritaires. Cela complique parfois les rapports entre démocratie et changement.

J'ai conduit ensuite jusqu'au niveau interministériel un projet de transformation de l'INRP en Institut National de Recherche en Education et en Formation, dont les équipes auraient été largement décentralisées, et implantées dans les universités et les établissements de formation générale et professionnelle, voire les entreprises ; en fonction des forces repérables évidemment.

Ce projet est arrivé trop tard, en ce sens que l'idée d'Etablissement Public à caractère Scientifique et Technique (EPST) commençait à être minimisée ; et surtout l'idée de développer et d'organiser la recherche en éducation et en formation n'était pas soutenue par le Ministère de l'Education Nationale, qui nous a « savonné la planche » de la belle manière, si vous me permettez une expression réaliste. Notre bel espoir s'est donc dégonflé, pour une durée indéterminée. Certaines transformations de l'INRP ont été accomplies, bien modestes il est vrai au regard de ce que nous proposons ; on a connu ainsi le développement de la formation continue et la création des MAFPEN, puis celle des IUFM, qui répondent à certaines des questions que nous soulevions à l'époque, mais de manière trop ponctuelle et trop peu ambitieuse à mes yeux, par rapport aux besoins.

Concernant la relation entre pratique et théorie, je n'ai pas modifié mon point de vue. Je l'ai au contraire approfondi et vous pourrez le mesurer avec ce que je dirai plus loin sur le concept de schème. Mais je peux résumer ce point de vue par deux principes fondamentaux :

1) « il n'y a pas de théorie sans pratique et sans réflexion sur la pratique ». C'est vrai aussi bien dans le travail que dans l'éducation et la formation.

2) « il n'y a rien de plus pratique qu'une bonne théorie » comme le disait Dewey, il y a près d'un siècle. Il ne faut pas avoir peur de la théorie : c'est ce qui permet de mettre de l'ordre dans les idées et d'aller vers les choses essentielles.

Concernant mon propre parcours, je rappelle que je suis un élève de Piaget ; je suis resté proche de lui pour beaucoup d'orientations théoriques, notamment concernant le concept de schème. Mais j'ai tiré aussi des leçons de ma lecture de Vygotski, et j'ai aussi beaucoup appris avec la didactique, à laquelle ni Piaget ni Vygotski ne se sont véritablement intéressés. C'est un point tout à fait essentiel que d'analyser les processus d'enseignement et d'apprentissage en prêtant la plus grande attention à la spécificité des contenus des connaissances et des compétences qu'il s'agit de transmettre. Nous le savons aujourd'hui. La recherche française a d'ailleurs joué un rôle reconnaissable dans le développement de la recherche en didactique. J'ajoute que j'ai coordonné le réseau de la recherche en didactique des connaissances scientifiques au CNRS pendant 18 ans.

La didactique professionnelle est née après la didactique des disciplines, dans le cadre d'un programme de recherche du Ministère sur les adultes de faible niveau de formation initiale. La formule « didactique professionnelle » est née probablement dans la bouche de Francis Ginsbourger, qui coordonnait ce programme, et prenait appui sur les recherches de Pierre Pastré notamment et sur le séminaire que j'animais alors au Ministère. Nous avons ensuite créé un groupe de travail sur ce thème à l'intérieur du Groupement de Recherche du CNRS.

Le Ministère ayant abandonné ce programme de recherche, après un changement de gouvernement, j'ai alors créé un club Recherche-Industrie sur *les évolutions du travail et le développement des compétences*. C'est ce qui m'a valu, quelques années plus tard, d'être invité par le CNPF à préparer un rapport sur *les conditions de mise en œuvre de la démarche compétence*. J'ai été étonné qu'on s'adresse à moi, ancien syndicaliste et ancien communiste, mais j'ai été intéressé de suivre de plus près le mouvement qui traverse les entreprises aujourd'hui sur ce thème de la compétence. Derrière la mode et l'idéologie, il faut savoir

reconnaître la profondeur de ce thème et l'importance des perspectives qu'il ouvre. Nous assistons en effet à une transformation profonde de la société, qui peut prendre plusieurs dizaines d'années, comme la révolution taylorienne elle-même a pris plusieurs dizaines d'années. Reconnaître que la compétence des hommes et des femmes est le capital le plus précieux d'une entreprise, c'est reconnaître en même temps les enjeux que sont le développement des compétences individuelles et collectives, leur transmission, la formation à des compétences nouvelles, la bonne gestion de l'entreprise par les compétences. Cela peut conduire à terme jusqu'à la révision des systèmes comptables des entreprises.

Mon itinéraire peut apparaître sinueux. Il est pourtant fait d'une certaine ligne intellectuelle, relativement invariante, et aussi d'opportunités, que j'ai plus ou moins bien saisies, selon le cas.

## **Le concept de schème**

Je suis frappé par l'accent mis aujourd'hui dans les entreprises sur la capitalisation des compétences, thème le plus souvent ignoré par elles, il y a quinze ans : par exemple on mettait alors l'accent sur les jeunes et leur dynamisme, sans voir suffisamment le besoin de capitaliser les compétences des plus anciens. Au CNRS, aujourd'hui même, la capitalisation des compétences n'est pas bien assurée : non seulement les gens partent massivement en retraite sans qu'on sache toujours hériter de leurs compétences les plus précieuses, mais on ne sait pas non plus capitaliser les compétences de chercheurs plus jeunes, thésards et post-doc, qui repartent avec leurs bagages après avoir passé quelques années ou quelques mois dans une unité de recherche.

Comment hérite-t-on du passé en psychologie ? Et en hérite-t-on assez ? Pourquoi la mode joue-t-elle un rôle aussi grand ? au point de conduire à l'oubli des concepts les plus précieux, comme celui de schème ?

En 1920, Revault d'Allonnes écrivait un article très intéressant sur « les schèmes mentaux », que Michel Récopé et moi venons de faire publier en fac-simile dans la revue *Psychologie Française*, suivi d'un commentaire et de nos réflexions aujourd'hui sur le même thème. La communauté scientifique a complètement oublié Renault d'Allonnes en France, mais j'ai eu le plaisir hier soir de discuter avec un collègue russe qui connaissait Renault d'Allonnes, notamment pour ses articles sur l'attention. Si les mathématiciens et les physiciens (qui pourtant connaissent les phénomènes de mode eux aussi) ne capitalisaient pas davantage que les psychologues, où en seraient les mathématiques et la physique ? Mon entreprise aujourd'hui est donc une entreprise de capitalisation et de valorisation du capital. C'est pourquoi Bernard David m'avait proposé le titre *le schème est-il mort ?* Je l'ai trouvé trop défensif à l'époque ; toute réflexion faite, je le reprend à mon compte aujourd'hui.

Permettez-moi de partir de deux considérations préalables, très générales, et de ce que j'imagine être vos préoccupations de formateurs.

1) l'enseignant et le formateur prennent des décisions avec une très grande fréquence dans le cours de leur activité. Ces décisions dépendent de leur représentation d'une grande diversité de choses : les savoirs de référence, les finalités de l'enseignement, la situation hic et nunc, les élèves et les stagiaires dans leur individualité, l'apprentissage, le rôle de l'erreur, le contrat didactique, leur propre rôle de médiateurs, etc.

J'essaierai d'approfondir à la fin de mon exposé le concept de représentation, puisqu'il est indispensable à une théorie de l'action et de la décision. Mais je ne peux pas commencer là ; c'est justement le concept de schème qui me permettra cet approfondissement.

2) on parle beaucoup aujourd'hui de la professionnalité des enseignants. Pour moi leurs compétences professionnelles les plus critiques concernent l'activité de médiation. Le premier acte de médiation de l'enseignant c'est le choix de la situation ou de l'activité à proposer aux élèves. Mais disant cela, je n'en dis pas assez car, face à une situation donnée, les élèves disposent de formes d'organisation de l'activité sur lesquelles justement l'enseignant ou le

formateur veulent agir, soit en les améliorant, soit en permettant aux élèves d'en développer de nouvelles. Ce sont ces formes d'organisation de l'activité que j'appelle des schèmes. Ils sont composés de différents ingrédients : buts, règles d'action de prise d'information et de contrôle, invariants opératoires, possibilités d'inférences. J'y reviendrai plus loin . Or le travail du médiateur n'est pas seulement de proposer des situations, mais aussi d'accompagner le déroulement et le développement de l'activité des élèves. Ce qui fait que les actes de médiation de l'enseignant portent également sur les différents ingrédients qui composent le schème. Ces idées on les doit à Vygotski et à Bruner, aussi bien qu'à Piaget et à la didactique. Le problème qui nous est posé est de les articuler dans une théorie cohérente, ce que n'ont fait ni les uns ni les autres.

D'où vient mon intérêt pour le concept de schème ?

De deux sources principales :

- d'abord du travail de Piaget sur les bébés, et des régularités importantes qu'il est en mesure d'observer dans le développement de leur activité : les formes se répètent et donnent lieu à exercice, sans être totalement identiques d'une occasion à l'autre. Elles appellent un concept susceptible de recouvrir cette relative généralité ; et qui ne soit pas pour autant le concept de concept lui-même. D'où l'introduction du concept de schème, ou plutôt l'usage particulier qu'en fait Piaget, après Kant, Janet et surtout Renault d'Allonnes.

Un schème n'est donc pas un concept : il désigne une forme d'organisation de l'activité, non pas une classe d'objets ; ni une propriété, ni une relation, ni une transformation, ni même un processus.

Les spécialistes d'EPS que vous êtes sont les premiers concernés par la contribution théorique et empirique de Piaget au concept de schème. Je vais prendre un exemple qui n'est pas emprunté à Piaget, mais qui illustre très bien le point de vue que je voudrais vous faire partager : l'exemple de ma fille aînée, lorsqu'elle s'est levée pour la première fois dans son parc, à l'âge de 8 mois. Je l'observais d'un oeil à moitié endormi. Elle s'est balancée du côté



gauche ; elle a réussi à poser son pied droit sur la plante ; elle s'est alors balancée du côté droit et, en tirant de toutes ses forces sur les barreaux, elle a réussi à poser son pied gauche sur la plante, avant que le pied droit ne s'écroule ; en poussant sur ses deux jambes, et en continuant à tirer sur les barreaux avec ses bras, elle a réussi à se mettre debout et à attraper la barre transversale du parc. Elle se sentait victorieuse bien entendu. Elle s'est à nouveau assise et elle a recommencé... et elle a recommencé ainsi pendant près de deux heures. Elle s'entraînait, comme un sportif s'entraîne lorsqu'il apprend un nouveau mouvement ou un nouveau geste et qu'il a besoin de le maîtriser et de le perfectionner.

Cette forme est restée relativement stable pendant quelques semaines ; mais pendant la courte période d'observation que je viens de vous rapporter, ma fille ne s'est pas contentée de répéter ; elle a aussi expérimenté ce nouveau schème, en variant un peu le mouvement. Par exemple elle s'est aperçue qu'en appuyant son épaule gauche sur le côté du parc, cela soulageait son effort. Elle a aussi tenté de commencer par le pied gauche et elle a échoué. Elle n'a plus recommencé. Au cours des semaines qui ont suivi, ce schème a été progressivement appliqué à des situations différentes : elle a pu utiliser une chaise ou les jambes de pantalon de son père.

On mesure mal les connaissances qui sont nécessaires pour développer un tel schème, parce qu'elles nous paraissent triviales ; mais pour un bébé de huit mois il n'est pas trivial de se représenter les barreaux, leur écartement, les relations entre les propriétés des objets et celles des parties du corps qui sont mises à contribution. Pour construire un robot capable de simuler ce geste, il faudrait des milliers de paramètres ; pour les prises d'information et pour les effectuations motrices.

Ma deuxième source d'inspiration, dans l'élaboration du concept de schème est venue d'un tout autre domaine, celui des mathématiques : avec le concept d'algorithme. Un algorithme c'est, par définition, une règle ou un ensemble de règles qui, en un nombre fini de pas, permet d'aboutir à une solution d'un problème d'une classe donnée à l'avance, si une telle solution existe, ou sinon de montrer qu'il n'a pas de solution. La démonstration des programmes

informatiques repose totalement sur la théorie des algorithmes. Le but des informaticiens est bien entendu d'implanter sur une machine des programmes effectifs, l'effectivité étant justement la propriété associée à l'idée d'aboutissement ou un nombre fini de pas. Mais la théorie des algorithmes est née bien avant l'informatique. Deux propriétés méritent d'être soulignées ici

1/ il n'y a pas d'algorithme sans conceptualisation

2/ l'effectivité résulte des liens de nécessité qui existent entre les règles de l'algorithme et les propriétés des objets traités. Ces objets peuvent être numériques, géométriques, ou autres. Dans l'informatique d'aujourd'hui ce sont souvent des symboles.

La plupart de nos activités ne sont pas fondées sur des liens de nécessité bien établis avec le monde des objets. En particulier notre activité gestuelle n'a pas en général cette propriété d'aboutir à coup sûr en un nombre fini de pas. Elle comporte toujours une part d'ajustement hic et nunc et d'exploration. En descendant dans l'obscurité dans un escalier que je connais bien à l'Université Paris 8, il y a trois jours, j'ai pu mobiliser certaines connaissances, inscrites dans mes schèmes, comme la hauteur des marches ; mais je n'avais pas une idée assez précise du nombre de marches ; il m'a donc fallu explorer et tâtonner du pied avant d'arriver sur le pallier.

Les schèmes ont une double fonction : agir sur le réel et interroger le réel. C'est ce que Michel Récopé souligne d'une certaine manière lorsqu'il met en avant le caractère premier de la fonction assimilatrice des schèmes.

C'est vrai pour les schèmes perceptivo-gestuels et pour les algorithmes. Au passage je fais remarquer que le qualificatif de « sensori-moteur » repose sur un malentendu théorique assez grave. Piaget a emprunté cette expression à Wallon, et probablement le terme était repris par beaucoup de psychologues à l'époque. Il l'est encore aujourd'hui. En fait la prise d'information est organisée en perceptions, et la motricité est organisée en gestes ; de telle sorte qu'il n'y a aucun sens à parler de sensori-motricité, sauf à considérer comme entendu que c'est de perception et de gestualité qu'il s'agit.

Quant on pratique le mime, comme cela a été le cas pour moi pendant quelques années, on est nécessairement attentif à l'image qu'on donne de soi dans ses attitudes, et ses gestes. Cela passe souvent par le regard de l'autre, lequel identifie des phénomènes que le sujet-acteur ne voit pas lui-même. La conscience n'est pas intrasubjective d'abord, comme dirait Vygotski, mais intersubjective. Je croyais avoir la tête droite et Decroux me faisait remarquer qu'elle ne l'était pas ; je croyais faire un déplacement vertical de ma main et il était un peu oblique. Les sportifs et leurs entraîneurs savent cela bien entendu, mais leur savoir ne s'appuie peut-être pas sur le concept de schème autant qu'il serait utile : de schème et de sous-schème d'ailleurs, puisque l'activité peut faire l'objet d'une analyse plus ou moins détaillée, dans ses aspects diachroniques (une chose après l'autre) et synchroniques (plusieurs choses en même temps). Schèmes et sous-schèmes peuvent être plus ou moins hiérarchisés, plus ou moins dépendants, plus ou moins indépendants.

A ce point de mon exposé, certains d'entre vous se demandent peut-être ce que tout cela a à voir avec les mathématiques. Je vais donc prendre un exemple pour illustrer mon propos. Lorsqu'un enfant de quatre ou cinq ans apprend à dénombrer une petite collection d'objets, il met en place une certaine forme d'organisation de son activité (G.V. dénombre alors à voix haute la première rangée des participants, comme s'il était lui-même un jeune enfant : *un, deux, trois, quatre, cinq..... cinq !*) Le schème du dénombrement que je viens d'illustrer s'appliquerait aussi bien à un ensemble de trois ou six personnes au lieu de cinq, de quatre crayons alignés sur la table, et peut-être même de cinq chevaux en train de courir dans un pré, encore que cette fois le mouvement des chevaux pourrait être une gêne insurmontable pour l'enfant. De même il est possible de piéger l'enfant en faisant une croix sur la table avec 9 caramels disposés de telle manière qu'ils forment une ligne horizontale de 5 et une ligne verticale de 5. Le caramel du milieu est alors compté deux fois par beaucoup d'enfants.

Le schème du dénombrement a une certaine stabilité, et sa portée est identifiable. Deux concepts mathématiques sont essentiels dans l'organisation de ce schème :

- la correspondance biunivoque entre les objets, les gestes de la main et du bras, les gestes de l'oeil, les gestes de la voix ;
- le concept de cardinal, dont le témoignage observable est la répétition du dernier mot-nombre prononcé. La première fois le mot *cinq* se réfère au cinquième élément de l'ensemble, la deuxième fois à l'ensemble tout entier, dont il exprime le cardinal, ou encore la mesure.

On sait aujourd'hui par de nombreux travaux que certains enfants peuvent cardinaliser et cependant se tromper dans la correspondance entre les trois registres de gestes (main, oeil, voix) et les objets, que d'autres enfants peuvent coordonner très correctement leurs gestes et ne pas cardinaliser (ils sont incapables de répondre à la question *combien ?* autrement qu'en recommençant à dénombrer). Quant aux plus jeunes, ils ratent à la fois la correspondance biunivoque et la cardinalisation.

Le regard est particulièrement important dans l'activité de dénombrement ; il est la source d'une des difficultés les plus durables pour certains enfants cérébro-lésés. En tout état de cause il ne faut pas sous-estimer les difficultés relatives à la coordination de l'énonciation *un, deux, trois, etc.* avec les autres gestes. Le dénombrement n'est donc pas une activité du cerveau seul ; il implique le corps tout entier.

Savez-vous qu'un problème de dénombrement a surgi au moment de la préparation de la coupe du monde de football. Les organisateurs se sont en effet interrogés sur les stades susceptibles d'accueillir un grand nombre de spectateurs. L'un d'eux a suggéré le stade de Nantes. On a alors téléphoné à son directeur. Celui-ci a avoué qu'il ne connaissait pas le nombre de places de son stade. Il a dû payer deux personnes pendant deux jours pour effectuer le dénombrement. Evidemment et heureusement, les deux personnes ont pu disposer de schèmes plus sophistiqués que celui de l'enfant de cinq ans que j'ai tenté d'imiter tout à l'heure :

- ils ont pu se partager le travail : *toi tu comptes cette partie, moi celle-ci. On fera l'addition après ;*

- ils ont pu disposer du système d'écriture dont nous disposons aujourd'hui : il est plus facile d'additionner 692 et 719 avec un papier et un crayon que sans papier ni crayon, et de le faire avec la numération de position transmises par les arabes, qu'avec la numération romaine ;
- lorsqu'ils devaient dénombrer une partie rectangulaire des tribunes, ils pouvaient compter le nombre de rangées et le nombre de places par rangée, et multiplier l'un par l'autre ;
- dans les angles, ils pouvaient recourir à une technique plus sophistiquée encore : compter la rangée du bas, celle du haut, faire la moyenne, et multiplier par le nombre de rangées.

Le schème du dénombrement s'est donc enrichi, au cours de l'histoire, de plusieurs inventions notables : l'addition, la numération de position, la multiplication, la notion de moyenne. Nos deux dénombreurs n'en ont pas moins mis deux jours à compter les places du stade de Nantes, et il leur a bien fallu, pour compter les rangées par exemple, recourir à des schèmes comparables à ceux de l'enfant de cinq ans.

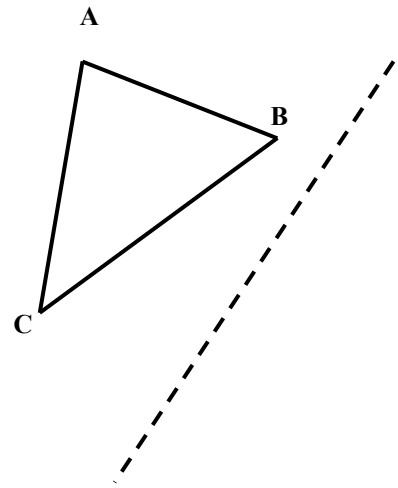
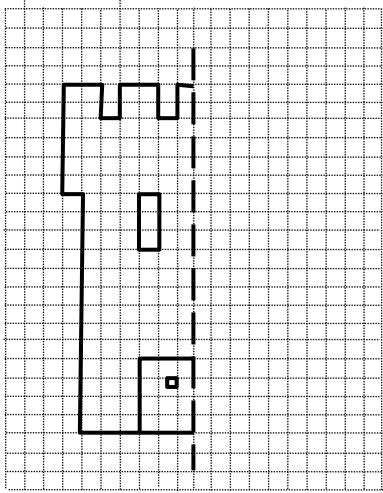
En tous cas eux aussi ont utilisé leurs corps, et pas seulement leur cerveau. Les sportifs et les danseurs utilisent beaucoup leur corps et beaucoup leur cerveau.

En géométrie on trouve aussi différentes composantes Je prendrai là encore des exemples

Pemier exemple : une demie-forteresse est dessinée sur du papier quadrillé (Figure 1) ; le dessin suit le quadrillage ; on demande aux enfants (CE<sub>2</sub>, CM<sub>1</sub> par exemple) de compléter la forteresse par symétrie.

Quelles compétences gestuelles et mathématiques sont-elles nécessaires ? la tâche mathématique n'est pas trop compliquée. Elle peut être réalisée avec des règles simples : un pas à gauche sur le dessin déjà fait, un pas à droite sur le dessin à faire ; deux pas en descendant, deux pas en descendant ; un pas à gauche, un pas à droite ; deux pas en montant, deux pas en montant.

En ce qui concerne la précision gestuelle, les enfants rencontrent quelques difficultés. Comment tracer un trait droit juste au dessus du quadrillage ? il faut partir avec le crayon de



l'endroit précis, sans mordre, s'arrêter à l'extrémité précise du segment considéré, placer la règle de telle sorte que la pointe du crayon ne trace le trait voulu ni au-dessus ni au-dessous du trait du quadrillage. Pas si simple !

Deuxième exemple : deux ou trois ans plus tard on demande aux élèves de tracer le symétrique du triangle ABC par rapport à une droite d, inclinée sur la feuille de papier (Figure 2).

Le schème qui permet de réussir cette tâche comporte des connaissances beaucoup plus élaborées :

- on peut réduire le triangle ABC à ses trois sommets, et prendre les points symétriques A', B', et C' par rapport à d. Condition suffisante !
- on peut alors prendre l'équerre pour projeter le sommet A sur la droite d, prolonger cette demi-droite de l'autre côté de d, et prendre le point symétrique de A de l'autre côté de la droite d. Faire de même pour les sommets B et C.
- on peut aussi utiliser le compas et faire couper la droite d par un premier cercle de centre A, puis tracer deux cercles de même rayon en prenant pour centres les points d'intersection de d avec le premier cercle de centre A, enfin identifier A' comme l'intersection de ces deux cercles de l'autre côté de la droite d. Recommencer la même suite d'opérations avec les deux autres sommets B et C.

Cette fois les connaissances relatives aux propriétés des instruments (compas, équerre, règle) sont nécessaires, de même que certaines connaissances sur la médiatrice.

La forme opératoire des connaissances géométriques s'est évidemment enrichie entre le dessin de la demie-forteresse et la construction du triangle A'B'C'. Elle s'est aussi beaucoup complexifiée.

Je veux montrer maintenant que la forme prédicative des connaissances géométriques peut s'enrichir également, et se complexifier d'une manière qui est à la fois liée à la complexification de la forme opératoire, et qui en est partiellement indépendante.

Prenons les quatre énoncés suivants :

a - *la forteresse est symétrique*

b - *le triangle A'B'C' est symétrique du triangle ABC par rapport à d*

c - *la symétrie conserve les longueurs et les angles*

d - *la symétrie est une isométrie.*

Dans le premier énoncé, le mot *symétrique* est un prédicat à une place : il suffit de remplir la place du sujet pour en faire une proposition susceptible d'être vraie comme c'est le cas ici, ou fausse comme dans l'énoncé *la cathédrale de Chartres est symétrique* (chacun sait qu'elle ne l'est pas).

Dans l'énoncé b, on a un prédicat à trois places, et il faut remplir ces trois places pour obtenir une proposition susceptible d'être vraie ou fausse. On peut aisément comprendre qu'un élève de sixième ou de cinquième rencontre plus de difficultés à énoncer une telle proposition que l'énoncé a.

Dans l'énoncé c, le problème d'énonciation se complique encore par la transformation du prédicat *symétrique* en objet de pensée *la symétrie*, au moyen d'une opération linguistique de nominalisation, ou de substantivation. Ce nouvel objet a lui-même deux propriétés : *conserve les longueurs* et *conserve les angles*. Ce sont deux prédicats à une place. Remarquons au passage que le *la* de *la symétrie* a une valeur générique, alors que le *la* de *la forteresse* dans le premier énoncé a une valeur déictique et singulière (il s'agit de cette forteresse-là, dessinée sur le papier).

Dans l'énoncé d enfin, intervient la construction d'un objet de pensée nouveau *l'isométrie*. Et l'énoncé exprime l'inclusion de la classe des symétries dans la classe des isométries. On ne peut pas dire que la sophistication lexicale des mathématiques facilite la tâche des élèves.

On voit aussi que certaines difficultés conceptuelles sont communes à la forme opératoire et à la forme prédicative de la connaissance. Mais la construction des objets de pensée nouveaux



que sont la *symétrie* et l'*isométrie* sont propres à la forme prédicative de la connaissance, avec cette difficulté lexicale supplémentaire du mot *isométrie*, en relation avec le contenu conceptuel que représentent les idées de conservation des longueurs et de conservation des angles.

Aucune discipline n'échappe aujourd'hui à la sophistication linguistique, pas davantage l'EPS que les autres disciplines. Cette sophistication est probablement excessive : elle tourne parfois à la préciosité, dont Molière disait qu'elle pouvait être ridicule. En même temps, il faut bien créer les mots et les formes linguistiques nécessaires à la précision de la communication et à la généralité de la conceptualisation.

Les processus cognitifs organisent la conduite, la représentation, l'activité, les compétences. Ce sont eux aussi qui organisent le développement des compétences et des conceptions d'un sujet au cours de son expérience, y compris de ses apprentissages scolaires. Cette perspective développementale est essentielle. On peut dire avec Piaget que la connaissance est adaptation, que cette adaptation se produit au cours du développement, de telle sorte que pour comprendre ce qu'est la connaissance, il faut en étudier le développement.

On peut ajouter aujourd'hui, grâce à la recherche en didactique, que pour comprendre la connaissance, il faut essayer de la transformer. L'expérimentation didactique constitue donc un apport méthodologique essentiel.

Le thème de la compétence est aujourd'hui à la mode : dans le système éducatif, dans les entreprises. Il y a de l'idéologie dans cette mode, mais en même temps c'est une question incontournable. C'est en outre un progrès théorique que de reconnaître que la forme prédicative de la connaissance n'est pas toujours la plus décisive, et qu'en tous cas elle n'épuise pas la forme opératoire de la connaissance. Dans l'activité de travail, les gens savent souvent en faire plus qu'ils ne sont capables de dire de ce qu'ils savent faire. Il faut bien alors que la conceptualisation ne soit pas étroitement dépendante de la verbalisation .

Pour approfondir cette question, je vais montrer que le concept de compétence appelle un prolongement théorique qui permette de comprendre la place de la conceptualisation dans la compétence. En effet, quand je compare la compétence de deux individus X et Y ou du même individu à deux moments t et t' de son développement, je peux dire plusieurs choses

*1- X est plus compétent que Y s'il sait traiter une classe de situations que Y ne sait pas traiter, ou encore X est plus compétent au temps t qu'au temps t' parce qu'il sait traiter une classe de situations qu'il ne savait pas traiter au temps t'.*

Cette première formulation est évidemment importante, et on peut évaluer la compétence de X et de Y par l'examen du seul résultat de leur activité ; ce qui revient, d'une certaine manière à réduire le concept de compétence à celui de performance.

*2- X est plus compétent que Y s'il s'y prend d'une meilleure manière.*

Il faut alors des critères pour justifier le comparatif *meilleur* : plus rapide, plus fiable, mieux compatible avec le travail des autres, etc.

Cette deuxième formulation conduit évidemment à analyser l'activité elle-même, et pas seulement le résultat de l'activité.

*3- X est plus compétent que Y s'il dispose de ressources alternatives pour traiter les situations d'une même classe, et s'il sait adapter sa manière de faire aux différentes valeurs susceptibles d'être prises par les variables de situation, en d'autres termes s'il sait adapter sa conduite à différents cas de figure.*

Cette troisième définition, qui met en avant l'idée de méthodes alternatives est très importante aujourd'hui, notamment dans le travail. On demande en effet aux individus et aux équipes, plus de jugement et de diagnostic, plus de résolution de problème, plus de collaboration et d'invention à plusieurs, plus de communication. Cela suppose plus de plasticité des méthodes et des raisonnements, donc une variété plus grande de ressources cognitives.

L'expertise aujourd'hui ne résulte pas seulement de la familiarité avec certaines tâches ou situations difficiles, mais aussi de la diversité de l'expérience. Un expert dans le secteur de la maintenance ou dans celui de la conception, ce n'est pas seulement quelqu'un qui reconnaît rapidement un cas de figure fréquemment rencontré par lui, c'est aussi quelqu'un qui peut décomposer et recombinaison ses schèmes pour traiter une situation nouvelle, jamais rencontrée auparavant.

Ce point de vue a évidemment des conséquences sur l'enseignement. Par exemple, en mathématiques, si on n'offre pas aux élèves une variété de cas de figures suffisamment large, ceux-ci restent prisonniers des méthodes adaptées à certains cas et restent désemparés devant des problèmes qui n'en relèvent pas directement. Les structures additives et les problèmes de proportionnalité nous offrent une grande variété d'exemples.

L'un des phénomènes les plus spectaculaires de l'histoire économique et sociale récente c'est la rapidité avec laquelle les choses changent, qu'il s'agisse des outils et systèmes industriels, du matériel informatique et électronique notamment, qu'il s'agisse des méthodes et des relations de travail, qu'il s'agisse des rapports avec les clients actuels ou potentiels.

On comprend que la connaissance comme adaptation soit un thème d'actualité. Mais alors qu'est-ce qui s'adapte, et à quoi ? C'est sur ce point je crois que le concept de schème apporte une réponse irremplaçable.

Ce qui s'adapte, ce sont les schèmes, parce que c'est à des situations nouvelles qu'il faut faire face, et pas seulement à des objets nouveaux. La dialectique profonde des processus adaptatifs c'est la dialectique situations/schèmes, avec ce que les schèmes contiennent de conceptualisation explicite ou implicite, et aussi avec ce qu'ils comportent de règles, de buts et d'inférences.

Les études que nous pouvons faire aujourd'hui auprès des ouvriers, des techniciens, des ingénieurs et des enseignants, montrent qu'ils ne sont capables de restituer verbalement qu'une

partie des connaissances qu'ils utilisent dans l'action. C'est vrai même pour les chercheurs scientifiques, qui sont pourtant évalués et payés pour écrire des articles scientifiques. Un mathématicien utilise plus de connaissances dans son activité de recherche aujourd'hui que ce qu'il sera en mesure d'en communiquer demain. Cela n'empêche nullement que son effort de rédaction ait un effet en retour sur ses connaissances. Pour autant il n'y a pas de relation biunivoque entre les connaissances opératoires et les connaissances mises sous leur forme prédicative.

Je propose quatre définitions du concept de schème, complémentaires les unes des autres.

- 1) - le schème est une totalité dynamique fonctionnelle
- 2) - le schème est une organisation invariante de l'activité et de la conduite pour une classe de situations donnée
- 3) - le schème est composé de quatre sortes d'ingrédients :
  - des buts, 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
- 4) - le schème est une fonction temporalisée de l'espace à  $n$  dimensions des informations possibles, dans l'espace à  $n'$  dimensions des actions possibles :  $n$  et  $n'$  très grands.

La première définition reflète une idée déjà très présente dans Piaget. La Gestalt avait imposé l'idée que la perception fonctionnait avec des totalités, il fallait trouver un équivalent de la même idée pour l'activité se déroulant dans le temps. Non seulement la perception du tout n'est pas la somme de la perception des parties, mais une conduite ne se laisse pas découper en unités sans courir le risque de perdre sa fonctionnalité. Cela est vrai du saut en hauteur, mais aussi du dénombrement comme on l'a vu plus haut.

La deuxième définition est issue plutôt de la théorie des algorithmes, avec l'abandon de la propriété d'effectivité, puisque les schèmes sont en général efficaces mais pas effectifs. Les

algorithmes sont des schèmes mais les schèmes ne sont pas en général des algorithmes. J'attire votre attention sur deux points importants dans la définition : 1/ ce qui est invariant c'est l'organisation de l'activité et de la conduite, non pas l'activité ou la conduite elles-mêmes. Le schème n'est pas un stéréotype. 2/ le schème s'adresse à une classe de situations, c'est donc un universel, en ce sens qu'il faut des quantificateurs universels pour le formaliser. Cette classe peut être petite, comme c'est le cas pour le schème du dénombrement chez les jeunes enfants : ce qu'ils font avec moins de 10 objets, ils ne le font pas avec 165 objets.

La troisième définition est analytique. Sans but il n'y a pas de schème, même si ce but est implicite, même s'il y a plusieurs buts à la même activité. Qui dit *but* dit aussi *sous-buts* et *anticipations*. C'est une partie importante de l'organisation de l'activité, notamment dans le cas où il peut y avoir planification. Mais la partie proprement générative du schème réside dans les *règles d'action, de prise d'information et de contrôle*, règles inévitablement conditionnelles si on comprend qu'elles permettent l'adaptation à une variété de cas de figure. Les *invariants opératoires* sont la composante proprement épistémique du schème : ils correspondent soit aux objets et à leurs propriétés identifiables dans la perception, soit à des constructions issues de l'imagination, et de l'histoire des sciences et de la culture. Beaucoup de concepts scientifiques puissants ne correspondent directement à aucune perception, mais résultent du laborieux effort fait au cours de l'histoire pour mettre en relation des phénomènes apparemment sans parenté. Quant aux *inférences* elles sont mentionnées ici pour rappeler que l'activité comporte toujours des inférences en situation. Les automatismes ne concernent que des segments très brefs de l'activité. Toutes les compétences complexes reposent sur des schèmes gorgés de possibilités d'inférences. L'image du cerveau câblé, qui a connu une certaine fortune dans le passé, est une idée fautive. Même dans des situations simples tout le cerveau entre en activité. La raison en est que des calculs interviennent (au sens large du mot) ; il faut bien que, dans les schèmes, existent des possibilités d'inférence.

Quant à ma quatrième définition, je ne sais pas la rendre opératoire. Je la conserve pour montrer qu'en droit il serait possible de concevoir un robot fait de schèmes. C'est une tâche hors d'atteinte pour longtemps : songez à ma fille se levant dans son parc et au nombre de

paramètres qu'il faudrait pour concevoir un robot capable de simuler ce qu'elle a fait pendant deux heures.

Les schèmes concernent tous les registres de l'activité, aussi bien les émotions, les relations avec autrui et les activités langagières, que les raisonnements scientifiques et techniques, et que les gestes.

En distinguant la forme opératoire et la forme prédicative de la connaissance comme je l'ai fait plus haut, pour montrer à quel point la forme opératoire est à la source de la connaissance, on pourrait penser que, dès qu'il y a dialogue et énonciation, on a à faire à la forme prédicative de la connaissance et à elle seulement. Ce n'est pas le cas, on est bien sûr dans le prédicatif puisqu'une partie au moins des énoncés portent sur des objets, sur leurs propriétés et leurs relations ; mais l'activité langagière elle-même est organisée par des schèmes. Elle est donc opératoire également, comme nous le montrent abondamment les recherches de la linguistique pragmatique.

Patrick Mayen a étudié par exemple les dialogues des réceptionnaires de clients dans des garages de réparation automobile. Ils sont relativement brefs : 5 à 15 minutes environ. Il a montré que plusieurs buts étaient poursuivis en même temps dans ces dialogues : obtenir du client une information utilisable par l'atelier de mécanique ou de carrosserie, rassurer le client sur les délais et sur le coût, fidéliser le client. Il a pu identifier ainsi sept ou huit phases, présentes dans la plupart des dialogues. Ces phases sont organisées par des schèmes, contenant par exemple des formes de politesse variées selon le client ou la cliente, des formes de questionnement et de commentaire relativement contraignants, des marques de satisfaction identifiables. Ces schèmes sont eux-mêmes organisés par une sorte de super schème, comme le serait également le discours d'un conférencier, se déclinant à la fois en parties du discours, en formes de rhétorique, en techniques d'acteur et, au bout du compte, en schèmes lexico-syntaxiques et phonologiques. Les schèmes perceptivo-gestuels également sont hiérarchiquement et séquentiellement organisés ; dans les spécialités d'athlétisme qui

n'impliquent qu'une personne à la fois comme les sauts et le lancement du poids ou du javelot ; a fortiori dans le jeu d'un champion de tennis ou d'un joueur de football.

Je conclurai mon exposé par quelques remarques générales concernant le concept de représentation. C'est un concept délicat, mal utilisé par la plupart des chercheurs, faute de circonspection dans les définitions. Les malentendus sont nombreux, et l'interdit lancé par les behavioristes sur l'utilisation du concept a laissé des traces durables.

Je vois pour ma part quatre sens complémentaires.

Premier sens : le flux de la conscience

on ne peut pas contourner l'idée qu'il existe des phénomènes de conscience, et qu'ils sont importants, même si beaucoup de processus cognitifs demeurent inconscients, ou deviennent inconscients. Nous avons tous le témoignage du flux de notre conscience, à la fois dans la rêverie et l'imagination, et dans la perception. La perception est représentation. Et d'ailleurs elle varie d'une personne à l'autre, comme le faisait remarquer Bartlett il y a 70 ans avec l'exemple de trois personnages, un montagnard, un peintre, un géologue, se promenant dans la montagne : ils ne voient pas les mêmes choses. Pas plus d'ailleurs que ne voient la même chose, dans les gestes de Bubka au saut à la perche, un spectateur tout venant et l'entraîneur de Bubka. Ceci nous conduit à un deuxième sens.

Deuxième sens : le système de catégories qui permet de penser le réel : de le percevoir, de l'interpréter, notamment en vue de l'action et de la communication. C'est un système d'objets de pensée, de propriétés, de relations, souvent implicites dans l'activité, plus ou moins aisément explicitables. Les concepts-en-acte et les théorèmes-en-acte sont typiquement de telles catégories. Une bonne partie des concepts scientifiques sont des constructions, et ne correspondent directement à aucune perception .

Troisième sens : les systèmes de signifiants/signifiés qui permettent justement d'explicitier ces objets et propriétés, et de les inscrire dans des énoncés communicables, se prêtant à la discussion et au jeu du vrai et du faux. Le langage naturel est bien entendu le premier de ces systèmes et le plus important, et il est en même temps le métalangage de tous les autres systèmes de signifiants/signifiés : algèbres, graphismes, codes informatiques, etc. Le fait que, dans la conversation, nous accompagnions presque inmanquablement nos paroles par des gestes, nous instruit cependant sur la source des significations du langage. C'est le corps tout entier qui communique, et qui donne du sens à nos messages.

Quatrième sens : les trois définitions précédentes ne suffisent pas : la représentation n'est ni une bibliothèque, ni un dictionnaire. C'est un ensemble structuré de schèmes, qui organisent l'ensemble de notre activité, consciente ou inconsciente.. Si on veut espérer comprendre les compétences complexes dans l'éducation et le travail, aujourd'hui, il faut prendre à bras le corps cette question de l'activité et de ses formes d'organisation, et convertir le communauté scientifique à cette idée que les schèmes sont les éléments les plus essentiels de la représentation, sans lesquels on n'a aucune chance de produire un cadre théorique véritablement opératoire.