

LES NOUVELLES IDEES SUR L'APPRENDRE: CONSEQUENCES POUR L'ENSEIGNEMENT, LA MEDIATION ET LA CULTURE SCIENTIFIQUES

**André Giordan, professeur, LDES-FPSE
Université de Genève, Suisse**

Les recherches sur l'apprentissage convergent aujourd'hui sur un ensemble de points. En particulier, elles explicitent les limites tant d'un certain nombre de pratiques éducatives traditionnelles que de certaines innovations (méthodes actives, non directives, de découverte). Elles montrent que ce n'est pas parce que l'enseignant a traité tout son programme et mené son cours avec sérieux qu'il a nécessairement fait «passer» un savoir. Les concepts, les méthodes de pensée ne s'acquièrent jamais par transmission directe d'un enseignant à un apprenant.

En effet, la pensée d'un apprenant ne se comporte nullement comme un système d'enregistrement passif. Il apparaît nettement qu'avant tout enseignement les apprenants possèdent un certain nombre de questions, d'idées, de références et de pratiques. En d'autres termes, il manipule un mode d'explication spécifique que nous appelons *conceptions*. Ces dernières orientent la façon dont l'apprenant (enfant ou adulte) décode les informations. Tout savoir dépend ainsi des conceptions mobilisées. C'est à travers elles que l'apprenant interprète les données recueillies et produit éventuellement une nouvelle connaissance. Chaque fois qu'il y a compréhension d'un modèle ou mobilisation d'un concept, sa structure mentale est complètement réorganisée. L'apprentissage ne peut donc être le résultat d'un simple processus de transmission, le plus souvent à sens unique maître-apprenant. De la même manière, l'action immédiate de l'apprenant, si elle est parfois nécessaire, n'est pas toujours suffisante. L'appropriation d'un savoir résulte d'une démarche de transformation de conceptions où le principal acteur du processus est l'apprenant et lui seul. L'acquisition de connaissances procède d'une *activité d'élaboration* dans laquelle l'apprenant doit confronter les informations nouvelles et ses connaissances mobilisées, et où il doit produire de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations qu'il se pose.

Sur tous ces plans, les principales théories apparaissent très limitées. La maîtrise des processus d'apprentissage nécessitait donc la mise en place d'un nouveau modèle qui intègre les divers paramètres propres à interférer avec les conceptions mobilisées. Une tentative a été entreprise au LDES en 1987 (Giordan et de Vecchi, 1987). Elle sera précisée depuis 1988, avec un certain succès (Giordan, 1988). Il s'agit du modèle aujourd'hui connu sous le vocable de modèle d'apprentissage allostérique (*Allosteric Learning Model* pour les Anglo-Saxons). Bien qu'imparfait, ce modèle a le mérite de circonscrire une problématique, d'explicitier les principales caractéristiques de l'acte d'apprendre et de permettre des prévisions. Enfin, et c'est surtout pour cela qu'il rencontre une certaine audience, il fournit des indications pratiques sur les environnements éducatifs ou médiatiques propres à faciliter les apprentissages. Ainsi il permet d'inférer des hypothèses heuristiques par rapport à des projets éducatifs ou médiatiques spécifiques. Dans ce texte, nous situons brièvement ce modèle par rapport aux autres théories contemporaines sur l'éducation, ceci dans un premier temps. Dans un second temps, nous apportons un certain nombre de précisions pour affiner sa pertinence.

1. Les théories contemporaines sur l'apprentissage

L'éducation est encore très souvent affaire d'habitude ou d'empirisme. Toutefois, dès que l'on approfondit les pratiques en place, on peut repérer une série d'axiomes plus ou moins implicites qui sous-tendent à la fois discours et pratiques. Ces postulats de base sont excessivement divers, ce qui rend leur catégorisation peu aisée. Heureusement un certain nombre d'écrits existent. Sans tomber dans un schématisme de mauvais aloi, on peut alors tenter de les catégoriser.

La grille d'analyse proposée prend appui sur les trois discriminants principaux, les plus souvent avancés dans la littérature: la connaissance, l'apprenant, la société. Cette option permet de ranger les multiples approches dans une dizaine d'ensembles théoriques et de les situer dans l'espace selon trois axes:

- axe connaissance: théories académiques, théories technologiques, théories behavioristes, théories épistémologiques;
- axe société: théories sociales, théories sociocognitives, théories psychosociales;

– axe apprenant: théories humanistes, théories génétiques, théories cognitives.

1.1. Théories académiques

Les théories que nous nommons «académiques» sont également appelées: «rationalistes», «réalistes», «essentialistes» ou «classiques». Ce sont les plus fréquemment employées dans les systèmes éducatifs. Elles focalisent leur attention essentiellement sur la transmission des connaissances (Bloom, 1987). Tout est centré sur les savoirs à enseigner, qu'il s'agit, pour l'enseignant, l'animateur, de maîtriser et de contrôler au mieux.

Les pédagogies de cette tendance misent sur l'exposition des connaissances disciplinaires par les maîtres (Snyders, 1973; Houssaye, 1987). Le rôle de l'enseignant consiste à transmettre les contenus et celui de l'étudiant à les assimiler. Le cours dogmatique ou frontal est le plus souvent préconisé. Parfois celui-ci, logiquement conçu, peut s'appuyer sur des illustrations (schémas ou photos) ou encore sur des expériences qui confirment les propos du formateur. L'excellence à viser est une structuration des idées et une progression dans leur présentation. L'effort maximum à fournir est dans les études et dans un travail de mémorisation.

Deux tendances marquent le courant académique: les traditionnels et les généralistes. La première tendance voudrait que l'on transmette des contenus classiques et indépendants des cultures et des structures sociales actuelles (Hutchin, 1953, Pratte, 1971, Adler, 1986, Finkielkraut, 1988, Domenach, 1989). L'autre tendance voudrait s'attarder sur une formation générale préoccupée par l'esprit critique, la capacité d'adaptation, l'ouverture de l'esprit, etc. (Hamel, 1989); celles-ci sont considérées comme les retombées inéluctables d'un enseignement bien conduit.

1.2. Théories technologiques

Les théories technologiques, également appelées systémiques, mettent généralement l'accent sur l'amélioration du message par le recours à des technologies appropriées. Le mot «technologie» peut toutefois être pris dans un sens très large. Cela comprend autant les procédures telles qu'elles sont décrites

dans le design de la communication (émetteur, récepteur, codes) que le matériel didactique de communication et de traitement de l'information.

Historiquement, l'accent a été mis sur le visuel (panneaux, projections fixes) puis l'audiovisuel (films). Aujourd'hui on retrouve des discours similaires à propos de la télévision, du magnétoscope, du magnétophone, du vidéodisque, du disque compact et de l'ordinateur (Lockard *et al.*, 1990; Wager *et al.*, 1990, Lapointe, 1990). Les principes directeurs de ce courant sont la décomposition du message et sa visualisation de façon saisissante pour que l'apprenant puisse y adhérer automatiquement par une sorte d'imprégnation (Tickton, 1971). La plupart de ces approches misent actuellement sur les capacités «impressionnantes» de l'ordinateur (Kearsle, 1987; Lawler, 1987; Solomon, 1986). Celui-ci peut facilement gérer de multiples sources d'informations (images, sons, écriture, etc.) ou permettre aux apprenants d'entrer dans des simulations (Papert, 1980).

La tendance la plus récente met l'accent sur les environnements informatisés d'apprentissage et sur les logiciels interactifs (Suppes, 1988; Bergeron, 1990). Elle prend de l'importance avec le développement des multimédias ou autres hypermédias. Les objectifs consistent à créer des situations faisant appel à des concepts et à des outils d'intelligence artificielle, à simuler des scènes de la vie réelle ou des expériences de laboratoire. Des appareils tels que des disques compacts, contenant des quantités phénoménales d'images et de commentaires sonores, sont de plus en plus souvent mis en avant.

1.3. Théories behavioristes

Les théories «behavioristes» issues des travaux de Watson sont encore appelées «apprentissage programmé» ou «skinnérien» (Holland et Skinner, 1961; Skinner, 1968). Hostiles à la méthode d'introspection, elles prolongent les études sur les réflexes conditionnés. De type stimulus-réponse, ces propositions misent sur les idées de «conditionnement» et de «renforcement». Pour l'apprenant, le renforcement consiste à savoir qu'il a donné la bonne réponse.

Cependant, pour que le renforcement soit efficace, il faut que ce dernier porte sur une petite quantité d'informations. La théorie «behavioriste» conduit alors à

décomposer la matière à enseigner en unités élémentaires de connaissance, chacune faisant l'objet d'un exercice particulier.

Ce mouvement a eu beaucoup d'influence sur les enseignements professionnels et technologiques. Dans l'enseignement général, il a conduit à développer l'enseignement programmé d'une part (Landa, 1974), la pédagogie par objectifs d'autre part (Bloom *et al.*, 1956; Mager, 1962; Krathwohl, 1964). Leurs retombées sont présentes encore dans de nombreux curriculums, notamment dans les pays anglo-saxons et dans certains didacticiels.

1.4. Théories épistémologiques

Cette mouvance «épistémologique», en cours de développement, repose sur l'idée qu'une meilleure connaissance des structures du savoir ou des méthodes propres à les produire facilite l'acte d'enseignement. Le point de départ est toujours la construction du savoir sur un plan épistémologique ou historique. Les écrits de Kuhn (1970) et surtout Popper (1961) dans les pays anglo-saxons, et de Bachelard (1934, 1938) dans les pays francophones sont mis principalement à contribution (idées de changement de paradigme, de réfutabilité ou d'obstacle épistémologique).

Il en résulte des pratiques éducatives très diverses. Par exemple, pour les tenants de Bachelard, l'enseignant essaie en s'appuyant sur l'histoire des sciences de repérer les obstacles et d'en expliciter la nature (Canguilhem, 1974; Rumelhard, 1986). Pour chacun d'eux, il prévoit ensuite des situations pédagogiques propres à les dépasser ou à les éviter. Différentes variantes existent cependant dans leur traitement. Le plus souvent, l'enseignant essaie de faire exprimer les représentations des apprenants puis il explique en tenant compte des obstacles potentiels (Bednarz, 1989).

Aujourd'hui cette tendance devient également systémique. Se basant sur les idées de Von Bertalanffy (1967) ou Morin (1977), le savoir se conçoit en terme de système. Sur le plan de l'éducation, citons quelques écrits prenant en compte cette direction: De Rosnay (1975), Pocztar (1989) et Dick et Carey (1990).

1.5. Théories sociales

Les théories sociales de l'éducation insistent sur les déterminants sociaux ou environnementaux de la vie éducative. Elles mettent en valeur leur dimension objective. Les thèmes favoris de ces chercheurs sont la division en classes sociales, l'hérédité sociale et culturelle, la provenance sociale des étudiants, l'élitisme. Plus récemment, l'accent a été mis sur les problèmes de l'environnement, les impacts négatifs de la technologie et de l'industrialisation, la dégradation de la vie sur la planète Terre, etc.

Ces théories se sont largement développées dans les années soixante et septante. Elles ont joué essentiellement un rôle contestataire par rapport aux pratiques traditionnelles en critiquant les institutions (Vasquez, 1967; Lapassade, 1967; Lourau, 1970; Lobrot, 1972; Oury *et al.*, 1971). Selon ces théories, le système éducatif a pour principale mission de préparer les apprenants en dépassant les handicaps socioculturels. Or, les institutions éducatives feraient exactement le contraire: elles reproduiraient les inégalités sociales et culturelles sans trop se préoccuper de ce qui se passe à l'extérieur de l'école.

Les théories sociales mettent encore l'accent sur les transformations à apporter à l'éducation en fonction de ses rapports avec la société (Freire 1974). Ces transformations couvrent pratiquement toute la panoplie possible des changements. Elles vont de l'analyse critique des fondements culturels et sociaux de l'éducation (Lobrot, 1972) à des propositions de changement radical de la société (Illich, 1970).

Par ailleurs, certaines théories s'attardent sur l'analyse des interactions sociales (Grand'Maison, 1976). D'autres insistent sur les fondements culturels de l'éducation et proposent d'inclure dans la pédagogie une nécessaire dimension culturelle (Oury *et al.*, 1971). Elles s'opposent ainsi au mouvement cognitif préoccupé par la nature même du processus de la connaissance.

1.6. Théories sociocognitives

Ce courant théorique sur l'éducation insiste non pas sur la société prise dans son ensemble mais sur les facteurs culturels et sociaux intervenant dans la construction de la connaissance. Plusieurs variantes existent. Les premières mettent en avant les interactions sociales et culturelles qui façonnent l'évolution de la personne dans la

société. D'autres s'interrogent sur l'acte d'apprendre et mettent en avant la coopération dans la construction des savoirs.

Ces derniers proposent une pédagogie coopérative afin de sensibiliser les apprenants à l'importance de cette façon de travailler (Augustine *et al.* 1990), ou mieux insistent sur toutes les interactions possibles entre apprenants. Le travail de groupe est souvent préconisé (Brandt, 1990; Kagan, 1990).

Ces chercheurs s'interrogent également sur la domination du courant cognitiviste en recherche (Bandura, 1971; Joyce et Weil. 1972). Ils notent plus particulièrement les problèmes posés par une vision trop psychologique de l'éducation et insistent beaucoup sur les conditions sociales et culturelles de la connaissance (Bandura, 1986; Lave, 1988; Johnson et Johnson, 1990). Ce courant est actuellement très dynamique notamment aux États-Unis (Slavin, 1990; Johnson et Johnson, 1990) et au Canada.

1.7. Théories psychocognitives

Les théories psychocognitives se préoccupent d'abord du développement des processus cognitifs chez l'apprenant tels que le raisonnement, l'analyse, la résolution de problèmes, etc. Toutefois, elles mettent l'accent sur les paramètres interactifs dans le groupe-classe (McLean, 1988).

Relativement proches du mouvement d'idées précédent, elles insistent sur les aspects socialisés et contextuels de l'apprentissage. Les fondements de ces théories éducatives se trouvent très souvent dans les recherches psychosociales (Moscovici, 1961; Doise, 1975; Perret-Clermont, 1979).

Ce qui est d'abord mis en avant, c'est l'interaction entre les individus dans l'acte d'apprendre (Doise et Mugny, 1981; Carugati *et al.* 1985; Gilly, 1989). Suivant les auteurs, il sera nommé «conflit sociocognitif», «pratique de groupe», «opposition de représentations». L'important est la confrontation entre plusieurs représentations qui permet la prise de recul et le dépassement (Perret-Clermont, 1988).

1.8. Les théories humanistes

Les théories humanistes, également appelées «personnalistes», «libertaires», «pulsionnelles», «libres», ou encore «ouvertes», prennent appui essentiellement sur la personne. Suivant les auteurs, ces théories mettent en avant les notions de «soi», de «liberté» et «d'autonomie». Elles insistent sur la liberté de l'étudiant, ses désirs, sa volonté d'apprendre.

La plus connue est l'œuvre de Rogers (1951, 1969). C'est la personne en situation d'apprentissage, appelée parfois «client», qui doit maîtriser son éducation en utilisant ses possibilités intérieures. L'enseignant dans ses relations avec les apprenants ne joue qu'un rôle de facilitateur. Il doit viser continuellement l'auto-actualisation de l'apprenant (Paré, 1977).

Suite aux développements de ces idées, il y eut, dans les décennies soixante et septante, une prolifération d'écoles «ouvertes», «alternatives», «non directives» qui s'inspirèrent d'une approche du développement intégral de l'enfant (Kirschenbaum et Henderson, 1989).

1.9. Les théories génétiques

Dans le prolongement des théories philosophiques du XVIII^e siècle (Leibnitz, 1704; Kant, 1781), ces théories supposent une structure cognitive déjà existante chez tout apprenant. Cette dernière «se développe» principalement par «maturation» au cours d'une série d'étapes. Elle facilite la mémorisation et constitue un point d'ancrage pour les nouvelles données à acquérir.

Présente chez de nombreux psychologues du début du siècle, cette tendance prend une importance grandissante après la dernière guerre jusqu'aux années septante. Parmi les plus fréquemment citées, on peut noter Wallon (1945), Kelly (1962), Gagné (1965, 1976), Bruner (1986), Piaget (1966, 1967), Ausubel *et al.* (1968).

Au cours des vingt dernières années, ce sont ces trois derniers chercheurs qui ont eu le plus d'impact sur les pratiques éducatives. Gagné (1965), par exemple, distingue d'une part des concepts «concrets» dont l'apprentissage est basé sur des propriétés observables comme l'identification d'une classe au moyen de ses exemples et d'autre part des concepts «définis» pouvant être appris au moyen d'une définition, qu'il nomme encore concepts relationnels.

Pour lui, l'apprentissage scolaire se fait au travers du langage et des concepts concrets; ceux-ci sont progressivement remplacés par des concepts définis. Ainsi le concept concret «rond» est transformé en concept défini «cercle» ou «courbe dont tous les points sont à égale distance d'un point fixe appelé centre». L'apprentissage de concepts définis conduit l'apprenant à exprimer la connaissance acquise par une démonstration ou une utilisation de cette définition.

Pour Ausubel (1968), tout est affaire d'intégration, et cette dernière est facilitée par l'existence de «ponts cognitifs» qui rendent l'information signifiante par rapport à la structure globale préexistante. Dans son cadre conceptuel, les nouvelles connaissances ne peuvent être apprises que si trois conditions sont réunies.

Premièrement, des concepts plus généraux doivent être disponibles et se différencier progressivement au cours de l'apprentissage.

Deuxièmement, une «consolidation» doit être mise en place pour faciliter la maîtrise des leçons en cours: les informations nouvelles ne peuvent être présentées tant que les informations précédentes ne sont pas maîtrisées. Si cette condition n'est pas remplie, l'apprentissage de toutes les connaissances risque d'être compromis.

Enfin, la troisième condition concerne «la conciliation intégrative» elle consiste à repérer les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles, à les discriminer, éventuellement à résoudre les contradictions; de là elle doit conduire obligatoirement à des remodelages.

Le modèle de Piaget et des psychologues généticiens est le plus fréquemment cité. Il repose sur «l'assimilation et l'accommodation» et plus particulièrement sur la liaison étroite qui existe entre ces deux concepts. Ce qui le conduit à avancer le concept d'«abstraction réfléchissante».

L'apprenant fait entrer dans sa propre organisation cognitive les données du monde extérieur. Les informations nouvelles sont traitées en fonction des acquis constitués antérieurs; il les assimile. En retour, il y a accommodation, c'est-à-dire transformation des schèmes de pensée en place en fonction des circonstances nouvelles.

Pour lui, il s'agit de rattacher la nouvelle information à ce qui est déjà connu, de la greffer sur des notions en prenant en considération les «schèmes» dont dispose le sujet. Très souvent, ces derniers sont réorganisés par les nouvelles données.

Aujourd'hui, il faudrait enfin ajouter Vygotsky (1978, 1985), fondateur de la psychologie soviétique et mis sous le boisseau durant toute la période stalinienne. Il ne sera redécouvert qu'à partir de 1985 sur le plan éducatif. Nourrie d'une vaste culture non seulement psychologique mais d'abord linguistique, appuyée sur des recherches expérimentales et une méthode originale (analyse en unités de base), sa réflexion abonde sur la signification du mot comme unité de pensée, sur les stades successifs du développement verbal et intellectuel, depuis les premiers balbutiements de l'enfant jusqu'aux concepts de l'adolescent et de l'adulte en passant par le syncrétisme, la «pensée par complexes» ou le «langage intérieur».

1.10. Les théories cognitives

Née à partir d'origines très diverses, tout à la fois dans le prolongement de la psychologie animale (Tolman, Krechevski, Brunswik), de la psychologie génétique, de la psychologie sociale (Lewin, Asch, Heider, Festinger), mais aussi de la gestaltpsychologie, de la neurophysiologie, la psychologie cognitive s'installe au cours des années 80, au travers des travaux sur l'information. Actuellement en grand développement, elle pénètre toute la psychologie au point d'englober progressivement toutes les tendances antérieures.

Son projet global vise à construire une connaissance de «ce qui se passe dans la tête» de l'individu lorsque celui-ci pense (activités motrices, perception, mémorisation, compréhension, raisonnement). En particulier, la psychologie cognitive tente d'élucider les mécanismes de recueil, de traitement (image mentale, représentation), de stockage, de structuration et d'utilisation de l'information (Anderson, 1983; Gardner, 1987; Holland *et al.*, 1987). Une place de choix est accordée à la notion de communication. Les activités cognitives complexes consistent en des traitements de représentations intégrées.

Ces explications non encore stabilisées peuvent prendre des formes hétérogènes, et se spécifier dans des sous-familles de modèles le plus souvent locaux (Rumelhart *et*

al., 1981), très différents dans leurs détails mais néanmoins apparentés par leurs notions principales.

Dans son prolongement se situent l'intelligence artificielle et les théories connexionnistes issues du développement de la neurobiologie proposant des bases cérébrales aux grandes fonctions cognitives.

Toutes ces théories sont aujourd'hui à un tournant, des liens étroits s'établissent avec la biologie – pas seulement du système nerveux, l'appareil immunologique présente des phénomènes d'apprentissage –, la linguistique, la sémiologie, l'informatique (système expert), la sociologie (épidémiologie des représentations) ou d'écologie cognitive.

Des retombées existent dans la théorie «de la gestion et de la décision», ainsi que dans la production de didacticiels. Toutefois, dans l'enseignement, les applications envisagées, bien qu'elles soient parfois performantes, restent peu fondées (cerveau droit et gauche ou connexionnisme neuronal).

2. Brèves notes critiques

Toutes les théories ci-dessus demanderaient une analyse plus détaillée pour préciser toutes leurs potentialités et leurs limites, notamment sur les plans de la pratique éducative ou culturelle. Nous nous contenterons de schématiser ici brièvement quelques-unes de leurs lacunes.

D'abord, il est clair que la compréhension d'un savoir scientifique ne peut se réduire au simple décodage des éléments verbaux qui les expriment (décodage linguistique et sémantique) comme le préconise Vygotsky (1934), encore moins à une acquisition de données isolées comme le prétend Gagné (1965). Par-delà l'apprentissage de chaque élément, il faut faire intervenir les apprentissages liés à l'ensemble, et cela en réponse à un questionnement spécifique.

De même, la mémorisation n'est pas un simple processus de stockage des faits (théories académiques), elle est aussi une fonction structurée. L'individu n'enregistre pas simplement les savoirs ou les savoir-faire, il les «construit», mieux, il les «élabore». D'ailleurs, cela est déjà repérable dans les simples perceptions

visuelles ou auditives. Elles ne peuvent être déconnectées de la mémoire (ou des fonctions supérieures de la pensée) qui leur fournit la trame du décodage.

Certes les théories génétiques ou cognitivistes se sont davantage intéressées au traitement de l'information et aux effets de l'environnement sur l'apprentissage. Mais les résultats de ces études sont encore peu convaincants. Toute une série de raisons peuvent être mises en avant.

Premièrement, nous constatons dans le cas des apprentissages conceptuels que tout ne dépend pas des structures cognitives. Des individus qui, dans des domaines, ont atteint des niveaux très développés d'abstraction raisonnent devant des contenus nouveaux de façon comparable à de jeunes enfants.

Ce qui est en cause dans tout apprentissage, ce n'est pas seulement la capacité à raisonner mais la structure même de la conception en place dans la tête de l'apprenant. Les schèmes de pensée de l'apprenant ne sont pas uniquement opératoires, les conceptions mobilisées recouvrent un ensemble en interactions multiples. Ce dernier est constitué par des questions, des opérations, des cadres sémantiques et de références et des signifiants qui constituent la grille de lecture interprétative. De plus, il faut nécessairement que l'apprenant concilie l'ensemble de ces paramètres (questions, opérations, cadres sémantiques et de références et signifiants) pour constituer un nouveau savoir. Celui-ci d'ailleurs ne sera mobilisé que s'il «prend sens» pour l'apprenant. La question de la signification est encore rarement envisagée dans la psychologie génétique ou dans la psychologie cognitive.

Deuxièmement, l'élaboration des concepts ne peut se réduire à un apprentissage de données isolées. Tout apprentissage est caractérisé par une multiplicité de relations, une pluralité d'organisations. Les processus élémentaires ne peuvent donc rendre compte de tous ces aspects. «L'abstraction» nécessaire n'est pas simplement «réfléchissante»; mais elle est aussi «déformante» ou «mutante». Un nouvel élément ne s'inscrit pas directement dans la ligne des connaissances antérieures; celles-ci représentent le plus souvent un obstacle à son intégration. Ainsi, les informations propres à permettre un apprentissage ne peuvent être assimilées directement, elles vont le plus souvent à l'encontre de la structure de pensée. Celle-ci fréquemment les élude.

Il faut donc envisager une «déformation intellectuelle» où interagissent informations et structure mentale pour que la structure mentale se transforme. Elle débouche à terme, non pas sur une simple accommodation, mais sur une mutation radicale du réseau conceptuel. Lorsque les informations nouvelles sont intégrées par le système de pensée de l'apprenant, celui-ci s'enrichit, mais le plus souvent se transforme et transforme le problème.

Le problème de l'intégration des différentes données dans un ensemble conceptuel reste alors entier, et cela d'autant plus que les différentes théories ci-dessus ne s'intéressent pas à la structuration d'un savoir spécifique par l'apprenant. Les interrelations qui existent entre les concepts qui vont produire une signification particulière sont rarement prises en compte. Or généralement les concepts qui font l'objet de l'apprentissage ne sont pas compris tout de suite par l'apprenant. Celui-ci a besoin d'informations complémentaires, d'un autre système de relations ou tout simplement d'en apprécier l'intérêt. Il ne peut effectuer ces activités nécessaires que s'il a préalablement réalisé qu'en fait il n'a pas compris l'information transmise ou que son système de pensée n'est pas adéquat.

Et en général, on comprend la structure d'ensemble quand on doit la décortiquer pour la faire fonctionner ou pour l'enseigner, d'où l'importance d'une métacognition pour rendre le savoir opératoire et mobilisable.

Enfin, supposer l'activité mentale comme un processus de traitement de l'information (théories génétiques), ou même comme un processus hiérarchisé de traitement d'informations (théories cognitives) où ces dernières sont intégrées au système conceptuel de l'apprenant, ne renseigne pas sur les conditions qui facilitent l'apprentissage.

La connaissance des mécanismes cognitifs est nécessaire mais elle demeure fort insuffisante pour inférer le contexte ou la nature de la stratégie pédagogique ou médiatique adéquate. Or ce sont ces dernières que les enseignants ou les médiateurs ont le plus besoin de connaître. Sur ce plan également, les théories psychologiques restent muettes. Ce qui est tout à fait normal, car ces éléments n'entrent pas prioritairement dans leurs préoccupations, leurs projets étant autres.

3. Un nouveau modèle d'apprentissage

Pour pallier ces insuffisances en matière d'apprentissage, il nous a donc semblé utile de promouvoir un autre modèle. Sa particularité première est d'être à finalité typiquement didactique. Ce nouveau modèle tente de répondre directement et prioritairement aux questions liées à l'apprentissage. De plus, il n'a pas été transposé à partir d'une autre approche comme la plupart des théories ci-dessus, même s'il comporte des éléments qui en sont issus. En outre, il permet d'inférer des prévisions: un ensemble de conditions propres à générer des apprentissages. C'est d'ailleurs ce dernier plan, appelé environnement didactique, qui est le plus souvent sollicité (Giordan et Girault, 1992). Dans ce texte, nous ne le décrirons que partiellement. Pour en savoir plus sur sa structure, nous renvoyons les lecteurs à d'autres textes (Giordan 1987, 1989).

3.1. Fonctionnement du modèle

L'appropriation de tout savoir dépend de l'apprenant, principal «gestionnaire» de son apprentissage. Elle se situe tout à la fois dans le prolongement des acquis antérieurs et en opposition à ces derniers. En effet pour tenter de comprendre, l'apprenant ne part pas de rien, il possède ses propres outils: les conceptions. Elles lui fournissent son cadre de questionnement, sa façon de raisonner et ses références. C'est à travers cette grille d'analyse qu'il interprète les situations auxquelles il est confronté ou qu'il recherche et décode les différentes informations qui l'interpellent.

Cependant tout apprentissage significatif doit se réaliser par rupture avec les conceptions initiales de l'apprenant. Lors de l'acquisition d'un concept, l'ensemble de sa structure mentale est profondément transformée, son cadre de questionnement est complètement reformulé, sa grille de référence, largement réélaborée.

Ce qui nous a fait écrire que l'apprenant apprend à la fois «grâce à» (Gagné), «à partir de» (Ausubel), «avec» (Piaget) les savoirs fonctionnels dans sa tête mais, dans le même temps, il doit comprendre «contre» (Bachelard) ces derniers. En effet, pour apprendre, l'apprenant doit aller le plus souvent contre sa conception initiale, mais il ne le pourra qu'en faisant «avec», et cela jusqu'à ce qu'elle «craque» quand cette dernière lui paraîtra limitée ou moins féconde qu'une autre déjà formulée.

Figure 1

Utilisation du modèle allostérique à propos du concept de circulation

L'enseignement du concept de circulation à l'école primaire ou dans le premier cycle du secondaire ne va pas de soi. Faire passer l'idée que le sang circule n'a pas de «sens» en soi, d'autant plus qu'on ne sait trop quelle est la signification du mot circuler. En tout cas, on peut constater que le message ne passe pas tant qu'il n'y a pas une question derrière.

1. Une motivation possible pour approcher ce concept peut être la question de la nutrition. Les organes ou les cellules (à discuter suivant le public choisi) ont besoin de se nourrir. Comment le peuvent-ils? Les apprenants se rendent compte aisément qu'ils n'ont pas d'accès direct sur l'extérieur. Un procédé a dû être mis en place par le vivant. À ce moment-là, le sang déjà bien connu prend sa place: il devient le liquide de transport.

Ce déséquilibre conceptuel permet d'entrée de concerner les apprenants. Toutefois tous les obstacles sont loin d'être encore franchis. Il faut encore que les enfants soient convaincus que la nutrition est l'affaire de toutes les cellules ou de tous les organes et non une fonction globale de l'organisme en général: «on mange pour vivre». Un temps pour argumenter sur ce plan doit avoir sa place à ce niveau.

2. L'excrétion des cellules peut mobiliser ce premier message et renforcer le rôle du sang. Toutefois l'idée d'apport de nourriture et de récupération des déchets n'implique pas automatiquement l'idée de circulation (au premier sens de cercle). Historiquement on a toujours envisagé un mécanisme type: l'arrosage des champs. Cette autre difficulté peut être dépassée si les apprenants sont confrontés à une autre question: «le sang est-il sans cesse renouvelé comme l'eau dans les prés? Si non est-ce le même?»

Un petit calcul peut aider:

- «environ 5 litres de sang passent par minute dans le cœur»,
- «on ne peut pas fabriquer autant de sang par minute surtout qu'on en a autant en tout».

Cette argumentation ébranle le modèle de l'arrosage mais elle ne suffit pas seule à induire l'idée d'un transport en cercle. Sur ce plan, il est préférable d'introduire le modèle de circuit. La circulation seule renvoie à l'idée de circulation automobile avec un aller-retour sur la même route. Le maître, directement ou indirectement par les situations qu'il crée, doit induire l'idée de circuit. Les schémas habituels sont illisibles ou bloquent cette idée, notamment en raison de la double circulation où nutrition et respiration se superposent. Quelques situations de confrontation possibles:

- film sur un alevin transparent où l'on peut mettre en évidence, grâce aux globules rouges, le circuit sanguin plus simple des poissons,

- envisager la continuité artères et veines et réflexions sur ce qui se passe dans les organes (travaux sur capillaires),
- réalisation de maquettes dynamiques pour visualiser le parcours du sang, avec pompe, organes et types de tuyaux et matérialiser les fonctions des éléments du système.

Dans les expositions, la possibilité de visualiser par des boules se déplaçant avec éclairage différent ou changement de couleur (à cause de la température) peut aider à visualiser les transformations du sang dans les organes et les poumons. En classe, cette modélisation peut être entreprise avec du matériel de récupération.

Ce dernier point constitue une première approche pratique de la modélisation. Des modèles papier-crayon peuvent également être fabriqués par les apprenants avec succès.

3. L'idée de nourriture peut être reprise et mobilisée à propos de la respiration, autre préoccupation facile à induire chez les apprenants. «Il faut apporter de l'oxygène» aux organes ou aux cellules. Dans ce cas toutefois, un obstacle très fort est à franchir pour certains d'entre eux, la respiration n'est pas seulement affaire de poumons. De plus, des mises en relation multiples sont aussi à effectuer par les apprenants:

- nourriture + oxygène → énergie,
- les organes ont besoin d'énergie,
- les organes fabriquent cette énergie: utilisation métaphore de la voiture.

Chaque point nécessite des explicitations et des confrontations entre apprenants ou entre apprenant et documentation. Des conceptogrammes peuvent aider les apprenants à y parvenir. Autre problème lié à résoudre: que peut-on dire sur l'oxygène pour ne pas en rester à l'idée fréquente de vitamines. Si tous ces éléments sont requis, on obtient dans ce cas un autre renforcement par mobilisation du savoir sur une autre situation.

Mais encore faut-il qu'il ait l'occasion de faire fonctionner une telle approche. Ce processus n'est pas le fruit du hasard, il s'établit seulement en fonction des structures de pensée en place (questions, cadre de référence, opérations maîtrisées) et des enjeux que l'individu perçoit de la situation.

Les conceptions ne sont donc pas uniquement le point de départ, ni le résultat de l'activité. Elles sont les instruments mêmes de l'activité mentale. Appréhender une nouvelle connaissance consiste alors à l'intégrer dans une structure conceptuelle déjà fonctionnelle. La nouvelle conception se substitue à l'ancienne en remplaçant les structures conceptuelles antérieures. Toutefois ce qui change

principalement dans la tête de l'apprenant, et là le modèle allostérique le montre nettement, ce ne sont pas les informations, c'est le réseau qui les relie et qui produit une signification en réponse à une question.

L'apprenant est ainsi au cœur du processus de connaissance. Le savoir ne se transmet pas, il procède d'une activité d'élaboration pendant laquelle le système conceptuel mobilisé par l'apprenant, confrontant les informations nouvelles et ses conceptions mobilisées, produit de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations qu'il se pose.

3.2. Obstacles à l'apprentissage

À côté de son aspect explicatif, le modèle allostérique permet encore de prévoir une série d'obstacles à l'apprentissage. Ils se situent à différents niveaux, ce qui induit nécessairement des traitements spécifiques différents. En premier lieu, dans le cas le plus simple, il peut manquer une information nécessaire. Dans d'autres cas, l'information nécessaire lui est accessible, mais l'apprenant n'est pas motivé par rapport à cette dernière ou la question qui le préoccupe est autre. Troisièmement, l'apprenant est incapable d'y accéder pour des raisons de méthodologie, d'opérations ou de référentiels. Enfin, le plus souvent, il lui manque les éléments propres à la gestion effective de la compréhension.

C'est sur ces deux derniers points que le modèle allostérique est le plus pertinent. Dans le cas des apprentissages fondamentaux, il montre nettement que le savoir à acquérir ne s'inscrit jamais automatiquement dans la ligne des connaissances antérieures; celles-ci représentent, le plus souvent, un obstacle à son intégration. Il faut donc prévoir une transformation radicale du réseau conceptuel. Cela implique un certain nombre de conditions supplémentaires.

Premièrement, l'apprenant doit se trouver en condition de dépasser l'édifice constitué par les savoirs familiers. Or cela n'a rien d'évident car les conceptions qu'il active correspondent aux seuls instruments à sa disposition: c'est à travers elles qu'il décode la réalité. Il lui faut donc constamment remettre en cause ces conceptions car celles-ci conduisent inévitablement à l'évidence et constituent ainsi un «filtre» sur la réalité.

Deuxièmement, la conception initiale ne se transforme que si l'apprenant se trouve confronté à un ensemble d'éléments convergents et redondants qui rendent cette dernière difficile à gérer.

Troisièmement, l'apprenant ne peut élaborer un nouveau réseau conceptuel qu'en reliant différemment les informations engrangées, notamment en s'appuyant sur les modèles organisateurs qui permettent de structurer les savoirs autrement.

Quatrièmement, les concepts en cours d'élaboration demandent à être – pour devenir opérationnels – différenciés progressivement et délimités dans leur champ d'application au cours de l'apprentissage, puis consolidés par une mobilisation du savoir dans des situations autres où ils peuvent être appliqués.

Enfin, l'apprentissage suppose que l'apprenant exerce un contrôle délibéré sur son activité d'étude et sur les processus qui régissent cette activité, et cela à différents niveaux. D'abord, l'apprenant doit réorganiser l'information qui lui est présentée (ou alors qu'il se procure) en fonction des appréciations qu'il se fait des situations, des significations qu'il élabore à leur propos, des représentations du savoir qu'il établit. Ensuite, l'apprenant doit concilier l'ensemble des paramètres précédents pour constituer – dans le cas où il peut être réutilisé – un nouveau savoir. Enfin, il doit repérer les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles et résoudre le plus souvent les contradictions.

3.3. Conditions pour une transformation

Si l'une des conditions précédentes n'est pas remplie, l'apprentissage risque d'être compromis. La pensée d'un apprenant ne se comporte donc pas comme un système d'enregistrement passif qui graverait un nouveau savoir sur un terrain jusque-là vierge. Elle possède son propre mode d'explication qui oriente la manière dont sont appréhendées les informations nouvelles.

Ce réseau conceptuel, constitué de manière involontaire et inconsciente à partir des premières expériences et des interprétations personnelles des situations d'enseignement ou de médiation antérieures constitue un véritable filtre pour toute nouvelle acquisition.

C'est donc l'apprenant qui, pour une raison ou pour une autre, doit se trouver en situation de changer ses conceptions. Si l'enseignement ne les prend pas en compte, celles-ci résistent vivement à tout changement ou remodelage. Or, l'apprenant ne met pas seulement en place un simple processus d'assimilation-accommodation. Certes, un processus autorégulateur doit être établi, mais il ne peut fonctionner seulement comme un «pont cognitif» (Ausubel) ou comme une «abstraction réfléchissante» (Piaget, 1976).

L'image qui peut qualifier au mieux la mécanique de l'apprendre est celle d'une élaboration. En effet l'apprentissage présente à la fois des modes principalement conflictuels et intégrateurs. De plus, sa principale caractéristique est d'être d'abord interférentiel. Ces interférences sont la conséquence des multiples interactions nécessaires, entre conceptions et contexte d'apprentissage, entre conceptions et concepts, et surtout entre les multiples éléments qui constituent les conceptions (cadre de questionnement, cadre de référence, processus conceptuel mis en jeu et même traces utilisées). L'action propre de production de signification de l'apprenant est au cœur du processus de connaissance. C'est ce dernier qui trie, analyse et organise les données afin d'élaborer une réponse personnelle à une question. Et personne ne peut le faire à sa place. Encore faut-il qu'il ait «en tête» une question qui l'intrigue. Seul l'apprenant peut travailler à intégrer les informations neuves qui lui parviennent ou qu'il rencontre afin de leur donner un sens qui demeure compatible avec l'organisation d'ensemble de la structure mentale préalablement établie. C'est d'ailleurs là que la notion d'interférences prend toute son importance. Ce qui demande du temps et passe nécessairement par une série d'étapes successives.

Toutefois le moteur de ce processus n'est pas une simple «maturation». C'est plutôt une émergence dépendant des conditions internes qui régulent la pensée de l'apprenant d'une part. D'autre part, les conditions extérieures dans lesquelles est plongé l'apprenant interfèrent à leur tour largement. D'ailleurs, c'est le réseau de relations mobilisées entre le système conceptuel de l'apprenant et les informations glanées à l'école et hors de l'école qui est pertinent, et non la suite des données enregistrées.

On voit alors combien l'apprentissage ne peut être non plus un mécanisme d'accumulation. Pourtant cette idée sous-tend encore tous les programmes scolaires. On décompose la connaissance en une série de disciplines, et les disciplines en chapitres, sous-chapitres, etc. On les aborde successivement, leur juxtaposition reconstituant spontanément le tout.

L'appropriation du savoir doit être envisagée d'abord comme une suite d'opérations de transformation systémique et progressive, où ce qui compte principalement est que l'apprenant soit concerné, interpellé dans sa façon de penser. Or habituellement, le savoir lui est proposé «à froid», sans questionnement.

3.4. Un environnement didactique

Ce processus ne peut pas être le produit du hasard. Il doit être largement favorisé par ce que nous appelons un *environnement didactique*, mis à la disposition de l'apprenant par l'enseignant, et d'une manière plus générale par tout le contexte éducatif et culturel. La probabilité pour qu'un apprenant puisse «découvrir» seul l'ensemble des éléments pouvant transformer les questionnements ou pouvant faciliter les mises en relation multiples et les reformulations est pratiquement nulle dans un temps limité. Même les autodidactes reconnaissent que leurs acquisitions ont été facilitées.

Parmi les paramètres significatifs, un certain nombre peuvent être déjà répertoriés grâce au modèle allostérique. D'abord, le contexte éducatif doit nécessairement induire une série de déséquilibres conceptuels pertinents. Il s'agit de faire naître chez l'apprenant une envie d'apprendre, puis une activité élaboratrice. Pour cela, il faut le motiver par rapport à la question ou à la situation à traiter ou du moins le faire entrer dans cette dernière.

Un certain nombre de confrontations authentiques sont en particulier indispensables. Ce peuvent être des confrontations apprenant-réalité par l'entremise d'enquêtes, d'observations ou d'expérimentations dans le cas où celles-ci s'y prêtent. Ce peuvent être aussi des confrontations apprenant-apprenant par des travaux de groupes ou des confrontations avec les informations. Toutes ces activités doivent convaincre l'apprenant que ses conceptions ne sont pas suffisamment adéquates par rapport au problème traité. Elles l'aident à expliciter

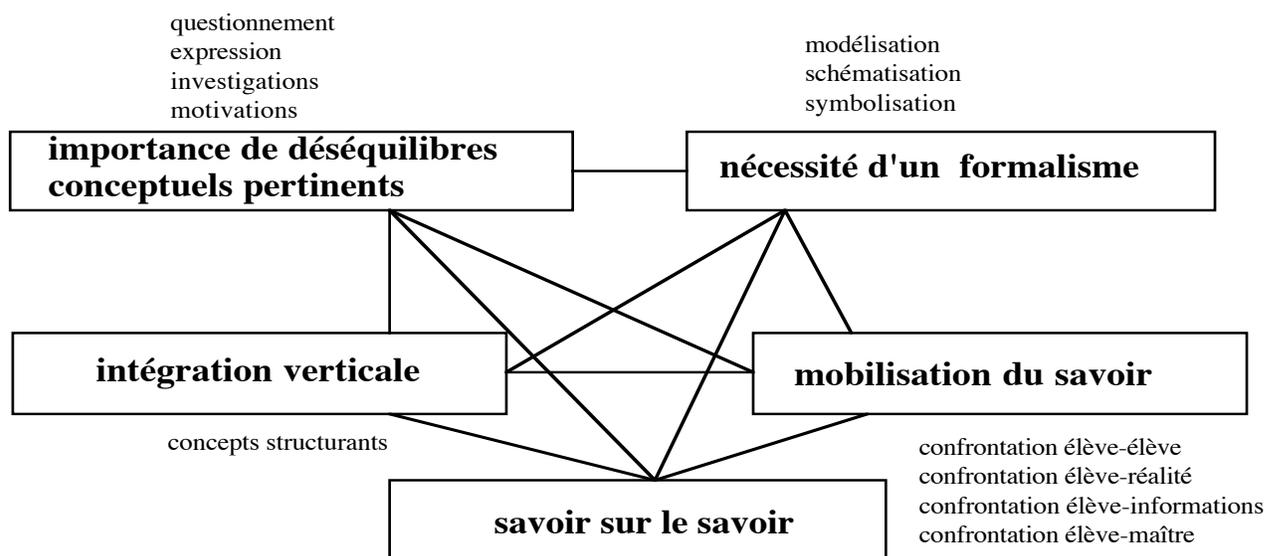
sa pensée et l'entraînent à prendre du recul par rapport à ses évidences, le plus souvent à reformuler le problème ou à envisager d'autres relations. En outre, elles peuvent le conduire à glaner un ensemble de données nouvelles pour enrichir son expérience.

Deuxièmement, il est important que l'apprenant ait accès à un certain formalisme. Ce formalisme qui peut prendre des formes très diverses (symbolisme, schématisation, modélisation) est une aide à la réflexion. Pensez combien les chiffres arabes et les règles de la multiplication peuvent faciliter cette acquisition contrairement aux chiffres romains ou aux abaquas du Moyen Âge!

Bien sûr le symbolisme choisi doit être accessible et facilement manipulable pour l'apprenant. Il doit correspondre à une réalité, lui permettre d'organiser les diverses données ou lui servir de point d'ancrage pour produire une nouvelle structuration du savoir. Sur ce dernier plan, l'introduction de modèles permet toujours une vision renouvelée de la réalité. Elle peut servir de «noyau dur» pour fédérer les informations et produire un nouveau savoir.

Sur le plan didactique, un certain nombre d'investigations sont en cours. Un certain nombre de procédures différentes semblent utilisables avec succès suivant les moments. En tant que première étape, il se révèle que, sur un contenu donné, il est plus économique que l'enseignant fournisse une ébauche de modèle. L'enseignant ou le médiateur doit toutefois s'entourer de précautions. Il est utile que ce «pré»-modèle soit lisible, compréhensible, adapté à la perception du problème que s'en fait l'apprenant.

Figure 2
Paramètres d'un environnement allostérique



Au préalable, il est souhaitable que l'apprenant ait eu l'occasion de se familiariser avec leur usage. Qu'il ait eu la possibilité d'en produire et même d'en faire fonctionner... Il est surtout important que l'apprenant ait pris conscience qu'il n'y a pas de bons «modèles». Tout modèle n'est qu'une approximation temporaire. Il est ainsi utile qu'il «jingle» avec plusieurs d'entre eux pour tester leur opérationnalité et leurs limites respectives.

Troisièmement, il est utile de procurer à l'apprenant des situations où, une fois élaboré, le savoir pourra être mobilisé. Ces activités sont indispensables pour montrer à l'apprenant que les nouvelles données sont plus facilement apprises lorsqu'elles sont intégrées dans des structures d'accueil ou quand elles ont un usage. N'apprend-on pas le plus souvent quand on est conduit à enseigner ou quand il faut réintroduire le savoir dans des pratiques? De même, ces situations habituent l'apprenant à «greffer» le nouveau sur l'ancien. Elles l'entraînent à ce «va-et-vient» entre ce qu'il connaît et ce qu'il est en train de s'approprier. Les adhérences antérieures sont plus facilement dépassées.

Figure 3

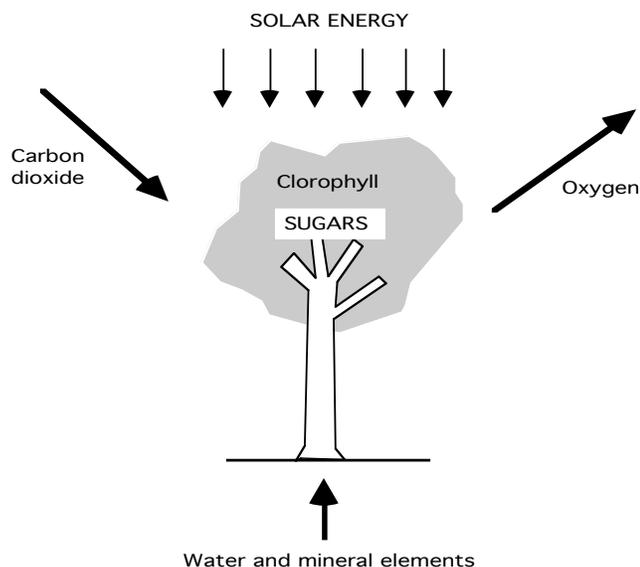
Utilisation du modèle allostérique à propos du concept de photosynthèse

Faire naître une activité élaboratrice sur un tel sujet n'est pas simple. Les apprenants ont l'impression de connaître, «la plante se nourrit dans le sol» et ils sont peu motivés pour en savoir plus. Diverses situations peuvent l'interpeller avec succès: plantes sans sol, cultures hydroponiques, plantes de forêts tropicales aériennes, lentilles, misères dans verre. Il faut signaler l'importance de la maîtrise, au préalable ou en parallèle chez l'apprenant, d'un certain niveau d'attitude et de démarche. Cela facilite le questionnement et une prise de recul par rapport aux phénomènes. Chaque fois, une réelle confrontation est indispensable (confrontations apprenant-réalité, confrontations apprenant-apprenant) pour qu'il puisse expliciter sa pensée lors de travaux de groupe. De plus, divers travaux doivent l'amener à glaner un ensemble de données nouvelles pour enrichir son expérience par rapport à la question en jeu. Ils doivent le conduire à tester sa pensée par le biais d'observations ou d'expériences (variations des divers facteurs expérimentaux: lumière, température, concentration en CO₂, sels minéraux, etc.). Ils doivent l'entraîner à prendre du recul par rapport à ses évidences, le plus souvent à reformuler le problème (que veut dire se nourrir?) ou à envisager d'autres relations (relation nourriture-énergie). La nécessité d'arguments divers est primordiale en la matière, l'enseignant ne doit jamais se contenter d'un seul, présenté rapidement. De plus, tous ces éléments doivent être adéquats par rapport au cadre de références de l'apprenant, sinon, il les élude.

Pour les apprenants maîtrisant bien la démarche scientifique, l'approche peut être facilitée par des confrontations apprenant-informations lors d'un travail documentaire (cultures sur sols divers, interactions de facteurs, rôle des engrais, de l'humus, du fumier). Toutes ces activités de confrontations doivent convaincre l'apprenant que ses conceptions ne sont pas adéquates ou sont incomplètes par rapport au problème traité, et éventuellement que d'autres sont plus opérationnelles.

Ensuite, l'apprenant doit avoir accès à un certain formalisme en tant qu'aide à la réflexion. Ce formalisme peut prendre des formes très diverses (schématisation, modélisation). Il doit être aussi facilement manipulable pour organiser les nouvelles données ou pour produire une nouvelle structuration du savoir (en tant que points d'ancrage). L'introduction d'un modèle global peut servir de «noyau dur» pour fédérer les informations au fur et à mesure.

Exemple de premier modèle pour approcher globalement le phénomène de photosynthèse



Ce modèle peut être à compartiments. Certains modèles partiels doivent être envisagés de façon complémentaire pour préciser chacun des points (rôle de la lumière, des chloroplastes, respiration par rapport à photosynthèse, transduction d'énergie). Chaque fois, ils devront être adaptés au cadre de compréhension de l'apprenant. Enfin il faut ajouter que, pour que le concept de photosynthèse soit réellement opératoire, il est nécessaire de procurer à l'apprenant des situations où il pourra mobiliser son nouveau savoir et en tester l'opérationnalité et les limites (activités de cultures, chaînes trophiques).

Enfin, il est souhaitable que l'apprenant puisse mettre en œuvre ce que nous appelons «un savoir sur le savoir». De nombreuses difficultés constatées montrent que souvent l'obstacle à l'apprentissage n'est pas directement lié au savoir lui-même mais résulte indirectement de l'image ou de l'épistémologie intuitive qu'il possède sur la démarche en jeu ou sur les mécanismes de production du savoir. Concrètement, il s'agit de mettre en place, et cela dès le plus jeune âge, une réflexion sur les pratiques conceptuelles. Quels sont leurs portées, leurs intérêts? Quelles sont les démarches mises en jeu en classe ou au musée? Quelles sont leurs «logiques» sous-jacentes? Pourquoi le savoir et même l'apprentissage ne seraient-ils pas un objet de savoir... à l'école ou dans un multi-média?

Bibliographie

- ADLER, M.J., 1986, *A guidebook to learning*, Mac Millan.
- ANDERSON, C.W., SMITH, E.L., 1983, Children's preconceptions and content area textbook in G. Duffy *et al.*, *Comprehension instruction: perspectives and Suggestions*, Longman.
- AUGUSTINE, D., GREBER, K., HANSON, L., 1990, Cooperation Works, *Educational Leadership*, 47, 4, 4-7.
- AUSUBEL, D.P. *et al.*, 1968, *Educational psychology a cognitive view*, Holt, Rinehart and Winston.
- BACHELARD, G., 1934, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF.
- BACHELARD, G., 1938, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.
- BANDURA A., 1971, *Social Learning Theory*, New York, General Learning Press.
- BANDURA, A., 1986, *Social foundations of Thought and Action*, A Social Cognitive Theory, Engelwood Cliffs, Prentice-Hall.
- BERGERON, A., 1990, *L'outil, concepts et méthodes pour la construction d'environnement d'apprentissage*, Télé-Université.
- BERNARZ, N., GARNIER, C. (Ed.), 1989, *Construction des savoirs*, Montréal, CIRADE et Agence D'ARC.
- BLOOM, A., 1987, *L'Arme désarmée*, Paris, Juillard.
- BLOOM, B., EHGELHART, M., HILL, M., FURST, E., KRATHWOHL, D., 1956, *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook, Cognitive domain*, New York, Longman.
- BRANDT, R., 1990, On cooperative learning: a conversation with Spencer Kagan, *Educational leadership*, 47, 4.
- BRUNER, J., 1986, *Actual Minds, Possible Worlds*, Cambridge, Harvard University Press.
- CANGUILHEM, G., 1965, *La connaissance de la vie*, Paris, Vrin.
- CANGUILHEM, G., 1968, *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin.
- CARUGATI, F., MUGNY, G., 1985, La théorie du conflit socio-cognitif, dans Mugny G. (Ed.), *Psychologie sociale du développement cognitif*, Berne, Peter Lang.

- DE ROSNAY, J., 1975, *Le Macroscopie*, Paris, Seuil.
- De VECCHI, G., GIORDAN, A., 1989, *L'enseignement scientifique, comment faire pour que «ça marche»?*, Z'Éditions.
- DICK, W., CAREY, L., 1990, *The Systematic Design of Instruction*, Glenview, Scott, Foresman, 2^e édition.
- DOISE, W., MUGNY, G., 1981, *Le développement social de l'intelligence*, Paris, Interéditions.
- DOMENACH, J.-M., 1989, *Ce qu'il faut enseigner?*, Paris, Seuil.
- EMERSON, R.W., 1883, *Essays*, New York, Houghton, Mifflin.
- FINKIELKRAUT, A., 1988, *La défaite de la pensée*, Paris, Gallimard.
- FREIRE, P., 1974, *Education of Critical Consciousness*, London, Sheed & Ward.
- GAGNE, R.M., 1965, *The condition of learning*, New York, Holt, Rhinehart and Wiston.
- GAGNE, R.M., 1976, *Les principes fondamentaux de l'apprentissage, application à l'enseignement*, Montréal, HRW.
- GARDNER, H., 1985, *The Mind's New Science*, New York, Basic Book.
- GARDNER, H., 1987, *The Mind's New Science, A history of the cognitive revolution*, New York, Basic Books.
- GILLY, M., 1989, À propos de la thèse du conflit socio-cognitif et des mécanismes psycho-sociaux des constructions cognitives: perspectives actuelles et modèles explicatifs, dans Bernarz, N., Garnier, C. (Ed.), *Construction des savoirs*, Montréal, CIRADE et Agence D'ARC, 62.
- GIORDAN, A., De VECCHI, G., 1987, *Les origines du savoir*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- GIORDAN, A., 1989, An allosteric learning model, a paper presented at Sydney meeting, *Actes IUBS- CBE*, 1988, revised at Moscow meeting, *Actes IUBS- CBE*.
- GIORDAN, A., 1990, From the Categorization of Learners' Conceptions to an Optional Didactic Environment, in Meyer, *Selected Issues in Biological Education*, IUBS-CBE.

- GIORDAN, A., GIRAULT, Y., 1992, Un environnement pédagogique pour apprendre, le modèle allostérique, in *Repères*, 14, Université de Montréal, 95–124.
- GRAND'MAISON, J., 1976, *Pour une pédagogie sociale d'autodéveloppement en éducation*, Montréal, Stanké.
- HAMEL, C., 1989, Le premier cycle à l'Université du Québec, in C. Andrew *et al.*, *Qui a peur de l'éducation générale?*, P.U.O.
- HARMAN, W., 1974, The Coming Transformation in Our View of Knowledge, *The Futurist*, June.
- HOLLAND, J.F., SKINNER, B.F., 1961, *The analysis of behavior*, Mac Graw Hill.
- HOLLAND, J.H., HOLYOAK, K.J., NISBETT, R.E., THAGARD, P.R., 1987, *Induction, Processes of inference, Learning, and Discovery*, MIT press, Cambridge.
- HOUSSAYE, J., 1987, *École et vie active, Résister ou s'adapter?*, Paris, Delachaux et Niestlé.
- HUTCHIN, R.M., 1953, *The conflict in education in democratic society*, K. Houper.
- ILLICH, I., 1970, *Deschooling Society*, New York, Harper & Row.
- JOHNSON, D., JOHNSON, R., 1990, Social Skills for Successful Group Work, *Educational Leadership*, 47, 4, 29-33.
- JOYCE, B., WEIL, M., 1972, *Models of Teaching*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- KAGAN, S., 1990, The Structural Approach to Cooperative Learning, *Educational Leadership*, 47, 4, 12-15.
- KANT, I., 1781 / 1921, *Traité de pédagogie*, Paris, Alcan.
- KEARSLEY, G., 1987, *Artificial Intelligence and Instruction*, Addison Wesley.
- KIRSCHENBAUM, H., HENDERSON, V.L., ROGERS, C., 1989, *Dialogues*, Boston, Houghton Mifflin.
- KRATHWOHL, D. *et al.*, 1964, *Taxonomy of Educational Objectives*, Handbook 2: Affective Domain, McKay.
- KRISHNAMURTI, 1970, *Se libérer du connu*, Paris, Stock.
- KUHN, G., 1970, *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.

- LANDA, L.N., 1974, *Algorithmization in Learning and Instruction*, Englewood Cliffs, Educational Technology Publications.
- LAPASSADE, G., 1967, *Groupes, organisations et institutions*, Paris, Gauthiers-Villars.
- LAPASSADE, G., 1972, *L'autogestion pédagogique*, Paris, Gauthiers-Villars.
- LAPOINTE, J., 1990, *Une métavision du processus de la technologie de l'éducation*, Université Laval.
- LAVE, J., 1988, *Cognition into Practice*, Boston MA: Cambridge.
- LAWLER, R.W., 1987, Learning environment: now, then and some day in R.W. Lawler et al. (Ed.), *Artificial intelligence and education*, Norwood, Ablex.
- LEIBNITZ, 1704, *Nouveaux essais sur l'entendement humain*.
- LOBROT, M., 1972, *La pédagogie institutionnelle*, Paris.
- LOCKART, J., ABRAMS, P., MANY, W., 1990, *Microcomputers for Educators*, 2^e, Glenview, Scott, Foresman/Little, Brown.
- LOURAU, 1970, *L'analyse institutionnelle*, Paris, Éditions de Minuit.
- MAGER, 1962, *Preparing objectives for programmed instruction*, Fearon Publishers.
- MARTINAND, J.L., 1986, *Connaître et transformer la matière*, Berne, Peter Lang.
- MASLOW, A., 1968, *Toward a psychology of being*, 2nd edition, New York, Van Nostrand.
- MASLOW, A., 1971/1976, *The farther reaches of human nature*, New York, Penguin books.
- MCLEAN, L., 1988, «Achievement Measures Made Relevant to Pedagogy», *McGill Journal of Education*, 23 (3).
- MORIN, E., 1977, *La méthode. 1. La nature de la nature*, Paris, Seuil.
- MOSCOVICI, 1961, *La psychanalyse, son image et son public*, Paris, PUF.
- OURY, F., VASQUEZ, A., 1971, *Vers une pédagogie institutionnelle*, Paris, Maspero.
- PAPERT, S., 1981, *Mindstorm: Children, Computers and Powerful Ideas*, New York, Basic Books, 1980, Trad. française: *Jaillissement de l'esprit*, Paris, Flammarion.
- PARE, A., 1977, *Créativité et pédagogie ouverte*, Laval, Éditions MHP.

- PERRET-CLERMONT, A.N., 1979, *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*, Berne, Peter Lang.
- PERRET-CLERMONT, A.N. et al., 1988, *Relation interpersonnelle et développement des savoirs*, Cousset, Delval.
- PERRET-CLERMONT, A.N., 1982, «Processus psychosociologiques, niveau opératoire et appropriation des connaissances», *Interactions didactiques*.
- PIAGET, J., 1976, *Psychologie et pédagogie*, Denoël.
- PIAGET, J., 1967, *La psychologie de l'intelligence*, Paris, Armand.
- PIAGET, J., INHELDER, B., 1966, *La psychologie de l'enfant*, Paris, PUF.
- POPPER, K.R., 1961, *The Logic of Scientific Discovery*, Science Editions.
- POCZTAR, J., 1989, *Analyse systémique de l'éducation*, Paris, ESF.
- PRATTE, R., 1971, *Contemporary Theories of Education*, Scranton.
- ROGERS, C., 1951, *Client-Centered Therapy*, Houghton Mifflin.
- ROGERS, C., 1969, *Freedom to Learn*, Paris, Dunod.
- RUMELHART, D., Mc LILLAND, J., 1986, *Parallel Distributed Processing: Exploration in the Microstructures of Cognition*, vol. 1 et 2, Cambridge, MIT Press.
- RUMELHART, D., NORMAN, D.A., 1981, Analogical processes in learning, in J.R.Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*, New York, Lawrence Elbaum.
- SKINNER, B.F., 1968, *The technology of teaching*, Appleton Century Crofts.
- SLAVIN, R., 1990, Research on Cooperative Learning: Consensus and Controversy, *Educational Leadership*, 47, 4, 52-54.
- SNYDERS, G., 1973, *Où vont les pédagogies non directives?*, Paris, PUF.
- SOLOMON, C., 1986, *Computer environments for children*, Cambridge, MIT Press.
- SUPPES, P., 1988, *The future of intelligent tutoring systems: problems and potential*, ITS-88 Proceedings, Montréal.
- TICKTON, S., 1971, *To improve learning*, Bowker.
- VASQUEZ, A., 1976, *Vers une pédagogie institutionnelle*, Paris, Maspéro.

VINH BANG, 1989, Introduction, in A. Giordan, A. Henriques et Vinh Bang, *Psychologie génétique et didactique des sciences*, Berne, Peter Lang.

VON BERTALANFFY, 1967, *Robots, Men ans Minds*, Braziller.

VYGOTSKY, L., 1934/1985, *Pensée et Langage*, Paris, Éd. sociales.

VYGOTSKY, L., 1930/1978, *Mind and Society: the Development of Higher Psychological Processes*, Cambridge, Harvard University Press.

WALLON, H., 1945, *De l'acte à la pensée, essai de psychologie comparée*, Paris, Flammarion.

WAGER, W., APPLEFIELD, J., EARLE, R., DEMPSEY, J., 1990, *A Learner's Guide to Accompany Principles of Instructional Design*, New York, HRW.