

# Les modèles de l'apprentissage et les mathématiques

(Laurent Dubois et Pierre-Charles Dagau)

Approche historique des théories de l'apprentissage  
Le socio-constructivisme  
La didactique des mathématiques

## Approche historique des théories de l'apprentissage

Actuellement, certains didacticiens s'accordent pour regrouper les modèles de l'apprentissage selon trois courants : le modèle transmissif, le modèle béhavioriste et le modèle socio-constructiviste (Gagnebin, Guignard et Jaquet, 1997, p. 36).

La conception transmissive de l'apprentissage, très ancienne, prétend que " *pour apprendre, l'élève doit être attentif, écouter, suivre, imiter, répéter et appliquer* " (p. 36). Le savoir dispensé en milieu scolaire est présenté comme un objet extérieur à la cognition. En outre, les méthodes pédagogiques sont, dans une large mesure, conçues pour faciliter l'appropriation d'un savoir réifié, objectif, communicable ou transmissible, généralement selon deux voies privilégiées: le langagier et le visuel. Quelques auteurs utilisent l'image de la boîte vide qu'il s'agirait de remplir, pour définir ce modèle. L'apprentissage étant considéré comme un processus qui consiste à acquérir continuellement de nouvelles connaissances, le rôle du maître est donc déterminant, car c'est lui qui, par son discours, ses exposés et ses démonstrations, transmet le savoir.

Le modèle béhavioriste, dont Skinner fut l'un des fondateurs, part du principe que l'acquisition des connaissances s'effectue par paliers successifs. Le passage d'un niveau de connaissance à un autre s'opère par le renforcement positif des réponses et comportements attendus. D'après ce modèle, en élaborant des paliers aussi petits que possible, on accroît la fréquence des renforcements tout en réduisant au minimum l'éventuel caractère aversif des erreurs. Dans cette optique, les erreurs sont des manques et doivent être évitées ou corrigées, alors que les réponses correctes doivent être valorisées. Le rôle de l'enseignant est, là encore, très important, puisqu'il a pour tâche de concevoir des exercices progressifs, de guider les élèves dans leur réalisation et de leur communiquer les rétroactions nécessaires à la prochaine étape. Cette théorie part du postulat que les renforcements positifs communiqués aux élèves jouent un rôle prépondérant, favorable aux apprentissages. Pour Skinner, en organisant de manière appropriée les contingences de renforcement, des comportements bien définis peuvent être installés et placés sous le contrôle de stimuli.

L'évolution des théories béhavioristes a conduit au développement de la pédagogie de maîtrise qui demeure pratiquée dans de nombreux contextes éducatifs. Son postulat de base est que " *dans les conditions appropriées d'enseignement, presque tous les élèves (95%) peuvent maîtriser la matière enseignée, et ceci jusqu'à la fin de la scolarité obligatoire, voire au-delà.* " (Huberman, 1988, p. 13). Structuré d'une

manière cyclique – enseignement, test formatif, remédiation, test final - cette pédagogie, tout en plaidant pour un apprentissage séquentiel, structuré en fonction d'objectifs très fragmentés, se détache quelque peu des positions strictement skinneriennes pour s'orienter vers les théories cognitivistes et constructivistes.

Tant le behaviorisme que la pédagogie de maîtrise ont fait l'objet de critiques similaires. Sur le plan conceptuel, il leur fut reproché notamment de ne s'appuyer sur aucune théorie de la connaissance. Par ailleurs, Huberman (1988) énonça d'autres critiques : "*passivité de l'élève, maîtrise superficielle des apprentissages, illusion sur la progression linéaire d'une séquence d'apprentissage allant du plus simple au plus complexe*" (p. 43). Sur le plan pédagogique et empirique, certains auteurs reprochèrent à ces pédagogies de ne fonctionner que dans des conditions particulières de recherche, peu représentatives du cadre scolaire habituel.

En se distançant du behaviorisme et des autres modèles de l'apprentissage et en se centrant sur la construction de la connaissance, plusieurs mouvements ont posé les premiers jalons du constructivisme qui postule que l'acquisition des connaissances est étroitement liée à l'activité du sujet dans son milieu.

Si jusqu'à présent trois concepts fondamentaux et classiques étaient évoqués dans la discussion sur les facteurs de développement : l'environnement social, l'expérience, la maturation (Rieben, 1988, p. 133), les travaux de Piaget aboutirent au développement et à la prise en compte d'un quatrième concept : " l'équilibration ". Ainsi, pour le constructivisme piagétien, l'enjeu fondamental est de "*savoir comment apparaît ou se crée ce qui n'existait pas auparavant (...) au niveau du développement de l'enfant, en postulant que des réorganisations actives permettent de passer d'un palier moins complexe à un palier plus complexe*" (p. 132).

Selon le point de vue constructiviste, qui s'appuie sur les données de la psychologie cognitive, "*on suppose que l'apprentissage résulte de constructions mentales de l'apprenant*" (Resnick, in Johsua et Dupin, 1993, p. 92) ; ce qui implique qu'il est toujours activement engagé dans l'élaboration de ses savoirs. Sa cognition, prenant parti de ses expériences tant physiques que sociales par le biais d'interactions, est considérée comme une fonction adaptative servant à l'organisation du monde. Ce faisant, cette perspective modifie le statut du savoir et confère ipso facto au sujet apprenant un nouveau statut épistémologique, demandant de sa part, réflexivité et prise en charge effective de ses compétences cognitives, puisque "*l'enfant contribue activement à la construction de sa personne et de son univers*" (Piaget, in Johsua et Dupin, 1993, p. 93).

Par conséquent, les savoirs ne peuvent plus dès lors être envisagés d'un point de vue extérieur ou détaché de celui qui les établit. Rompant avec l'approche traditionnelle de l'enseignement, cette perspective a pour effet de modifier la conception de l'apprentissage et nécessite donc de redéfinir les rapports régissant les éléments du triangle didactique, " Maître – Elève – Savoir ".

Ainsi, l'enseignant, ne peut plus agir comme le dispensateur agréé d'un savoir objectif ou réifié. Il doit accorder la priorité à la mise en place de séquences didactiques qui favoriseront l'établissement d'un nouveau rapport au savoir chez les apprenants, et au cours desquelles les connaissances construites sont questionnées

par les élèves. On passe dès lors, d'une pédagogie de la réponse à une pédagogie de la question, selon laquelle " *toute leçon doit être une réponse à des questions que les élèves se posent réellement* " (Dewey, cité in Pantanella, CRAP, 1997, p. 48).

### Le socio-constructivisme

Les apports de Piaget dans le domaine de la psychologie cognitive, l'œuvre de Vygotsky et les études menées sur les interactions sociales (Doise et Mugny, in Johsua S. & Dupin J.-J., 1993, p. 107) ont fortement contribué à l'élaboration du courant socio-constructiviste.

En conférant une dimension sociale essentielle aux processus cognitifs régissant l'apprentissage, Vygotsky a anticipé sur les récentes recherches étudiant les interactions sociales. Pour lui, " *la vraie direction du développement ne va pas de l'individuel au social, mais du social à l'individuel* " (Vygotsky, in Johsua et Dupin, 1993, p. 106). La part confiée aux interactions est donc évidente. Cette thèse a son prolongement lorsqu'il développe le concept de " zone proximale de développement " qui a permis de définir une nouvelle articulation entre le développement et l'apprentissage. Cet auteur prétend que c'est l'apprentissage qui contribue au développement et que, par conséquent, il le précède.

La redécouverte de l'œuvre de Vygotsky a conduit de nombreux auteurs (Brousseau, 1986, Gilly, 1995, Rivière, 1990, Schneuwly, 1987) à soutenir que l'acquisition des connaissances passe par un processus qui va du social (connaissances interpersonnelles) à l'individuel (connaissances intrapersonnelles) et qu'une nouvelle connaissance peut être soit subjective (propre à un individu), soit objective (commune à un groupe). Certains modèles envisagent ces deux formes de connaissance dans un cycle où chacune contribue au renouveau de l'autre (Gilly, 1995). Ce cycle va d'une connaissance " subjective " (création personnelle du sujet) vers une connaissance " objective " (acceptée socialement). Cette connaissance objective est, par la suite, intériorisée et reconstruite par les sujets durant leur apprentissage pour laisser place à une nouvelle connaissance subjective. Dans cette optique, les interactions sociales sont primordiales, et peuvent être notamment à l'origine d'une remise en question des représentations initiales.

### **Les interactions sociales**

Actuellement, les travaux centrés sur le rôle constructeur des interactions sociales portent soit sur les " interactions dissymétriques de guidage ", soit sur les " interactions symétriques de résolution conjointe ".

Le premier pôle concerne plus spécifiquement tout ce qui touche aux différents modes d'étayage ou de tutorat. Gilly (1995) définit ces interactions de guidage par " *les interactions dans lesquelles un sujet naïf est aidé par un sujet expert (adulte ou enfant plus avancé que le naïf) dans l'acquisition d'un savoir ou d'un savoir-faire* " (p. 136). Cette orientation est à l'origine des pratiques pédagogiques mettant en avant toute forme de régulation effectuée par un individu plus qualifié et donc apte à apporter une forme de soutien à l'apprenant.

Le deuxième pôle s'intéresse aux interactions caractérisées par une symétrie des statuts et des rôles entre pairs. Les courants expérimentaux qui se sont intéressés à ce type d'interactions ont le mérite d'avoir clairement démontré qu'un bénéfice cognitif peut apparaître sans que l'un des deux partenaires soit plus compétent que l'autre. Cependant, comme le signalent Johsua et Dupin (1993), *" le progrès n'a pas toujours lieu : " C'est lorsque les sujets ne maîtrisent pas encore les coordinations cognitives en jeu dans l'effectuation de la tâche qu'on peut constater cette avance. Par contre la supériorité du groupe n'est plus retrouvée lorsque les coordinations impliquées sont acquises par chacun" (Perret-Clermont, 1981). En revanche, des progrès sont possibles même si aucun des sujets ne maîtrise totalement les opérations nécessaires pour la tâche " (p. 108).*

Même si l'étayage et le tutorat sont présents dans la nouvelle méthodologie, nous constatons que les activités proposées font surtout appel aux interactions entre pairs de même statut. C'est pourquoi, nous allons nous attarder quelque peu sur les relations entre processus interpersonnels et processus intra-personnels dans la corésolution entre pairs.

### **Définition et origines du conflit socio-cognitif**

Certaines recherches se sont penchées sur les bénéfices cognitifs résultant directement d'interactions entre pairs. Elles ont permis de remarquer que ces interactions génèrent un processus appelé " conflit socio-cognitif " qui conduit l'apprenant à réorganiser ses conceptions antérieures et à intégrer de nouveaux éléments apportés par la situation.

Le conflit socio-cognitif résulte de la confrontation de représentations sur un sujet provenant de différents individus en interaction. Diverses études ont mis en avant que cette réorganisation des représentations pouvait provenir de deux types de déséquilibre : l'interindividuel, lorsqu'il y a opposition entre deux sujets ; l'intra-individuel, quand un sujet remet en question ses propres représentations.

- Doise, Mugny et Perret-Clermont (in Johsua & Dupin, 1993) affirment qu'une opposition entre deux sujets, lors de situation d'interaction sociale, permet d'engendrer un conflit socio-cognitif dont la résolution - qui implique pour le sujet une décentration et une reconsidération de son propre point de vue grâce à des phénomènes d'argumentation et de communication entre apprenants - permettra de générer un progrès cognitif.

- Gilly, Fraise et Roux (in Johsua & Dupin, 1993) prétendent que des bénéfices individuels subséquents peuvent également surgir d'une collaboration ne présentant pas forcément d'opposition entre les sujets. Ils distinguent pour cela quatre types de collaboration. Dans la " collaboration acquiesçante ", un seul des deux membres de la dyade semble apparemment actif. *" Il élabore une solution ou amorce de solution, le second se contentant de le suivre en fournissant des feed-backs d'accord (gestuels et/ou verbaux) " (Gilly, 1995, p. 149).* La " coconstruction " correspond à une dynamique conjointe où les deux sujets travaillent de concert en n'étant jamais en totale opposition. Dans la " confrontation avec désaccords non argumentés sans coordinations subséquentes " un des sujets fait une proposition réfutée par son partenaire qui le contredit sans utiliser d'argumentation ou de contre-proposition

adéquate. Enfin, ce n'est que dans le quatrième type de collaboration, " le conflit socio-cognitif " qu'apparaît une confrontation de points de vue où l'un des sujets tente de convaincre son partenaire en utilisant une argumentation. Pour ces auteurs, les bénéfices cognitifs issus de ces d'interactions trouveraient leur origine dans les phénomènes de " déstabilisation " et de " contrôle " que ces dynamiques engendrent auprès du sujet.

Etudiant des situations de jeux en équipes, certains théoriciens ont pu distinguer quatre situations didactiques sources de conflit socio-cognitif (Johsua et Dupin, 1993, p. 313) :

1. " *Le conflit est dû au fait que l'équipe est confrontée à l'échec d'une stratégie sur le terrain* ". Il y a dès lors une possible désorganisation de l'équipe, un problème au niveau de la coopération. Confrontée au caractère inopérant de sa stratégie, l'équipe est amenée à reconsidérer la situation et à élaborer d'autres démarches afin de palier à ses déficiences.

2. " *Le conflit est dû à la confrontation de réponses divergentes qui expriment des concentrations de points de vue opposés* ". Au cours de l'action, les élèves ont un avis divergeant quant au choix d'une stratégie. Un ou plusieurs élèves vont alors se décentrer de leur propre point de vue et prendre en compte l'avis d'un tiers.

3. " *Le conflit est dû à une remise en question dans une situation de marquage social* ". Il s'agit d'une remise en question par l'apprenant de ses propres représentations sociales, suite à l'adoption d'une stratégie en contradiction avec ce qu'il possédait. Des variables de contraintes peuvent favoriser le déclenchement du conflit, comme, par exemple, une récompense mobilisant des connaissances sociales préétablies. Des variables de contraintes, comme par exemple une récompense, peuvent mobiliser les connaissances sociales préétablies des élèves et favoriser le déclenchement du conflit.

4. " *Le conflit est dû à la communication dans le jeu de codage/décodage d'une équipe à l'autre* ". Ici, le conflit est provoqué par le décodage d'une verbalisation d'une stratégie effectuée par un tiers.

Le concept de conflit socio-cognitif demeure pertinent dans de nombreuses situations, puisqu'il réfère à un phénomène où l'élève dépasse un conflit (par rapport à une notion apprise antérieurement) ou un obstacle (causé par l'absence de notion connue à utiliser) généré par une situation sociale. Il sert donc toujours de référence lorsqu'on parle d'interactions entre pairs. Cependant, la variété des situations d'apprentissage relevée précédemment, dans lesquelles la spécificité des contenus, des situations et des activités langagières occupent une place déterminante, a amené divers auteurs à considérer que les autres dimensions du social - l'implication des sujets dans la tâche, les aspects psychoaffectifs, la qualité des capacités de communication - jouent un rôle dans l'efficacité des interactions. A ce titre, elles deviennent parties constituantes et indissociables de l'apprentissage, car " *les données sociales sont ici connues comme constitutives au sens plein des apprentissages, et non seulement pour la socialisation des individus, la prise en compte des aspects affectifs* " (Johsua et Dupin, 1993, p. 106).

Ici, au-delà du conflit, c'est l'expérience sociale du sujet qui est envisagée dans l'acte d'apprendre. Cette prise en compte de l'ensemble des dimensions constitutives de l'individu guidera l'orientation des recherches en didactique des mathématiques.

### La didactique des mathématiques

Les travaux de la psychologie cognitive, les apports récents de la psychologie génétique et l'étude des interactions sociales ont conduit les didacticiens des mathématiques à développer différents concepts et à retenir quatre postulats issus des théories socio-constructivistes de l'apprentissage (Johsua et Dupin, 1993, p. 115) :

- a) Le sujet construit ses connaissances par une interaction active avec son environnement physique et social.
- b) Les stratégies observables du sujet face à une situation-problème scientifique sont déterminées par le type de connaissances du sujet dans ce domaine et par leur structuration.
- c) Le type de situation-problème affecte également le comportement de l'apprenant.
- d) Les objets conceptuels visés par la didactique des mathématiques sont complexes et ne peuvent pas être réduits en structures de base.

Pour Brousseau (1986), les confrontations entre élèves, mises en place dans la classe et contribuant à l'évolution des connaissances mathématiques, peuvent prendre diverses formes: situations d'action entre les sujets où les élèves se partagent une même situation-problème, situations de communication entre deux sujets ou deux groupes qui ont des rôles sociaux différents et situations de validation où différentes solutions ou procédures seront exprimées et discutées. Ces diverses confrontations entre les élèves jouent un rôle important dans la théorie des situations de Brousseau (1986) qui développe un " processus de mathématisation ", comprenant trois dialectiques, celle de l'action, de la formulation et de la validation.

Durant la première phase du processus de mathématisation, nommée "dialectique de l'action", l'enfant est amené à élaborer certains modèles mentaux des relations entre les données de la situation, modèles qui guideront son action. C'est à partir de ces modèles que le processus d'apprentissage s'articule. Pour qu'il y ait mathématisation, il faut que l'élève soit en mesure d'explicitier son modèle par le biais d'un langage approprié. C'est la phase fondamentale chez Brousseau de la "dialectique de la formulation" "... *il est clair qu'il n'y a pas vraiment apprentissage des mathématiques sans l'emploi par l'élève de modèles explicites, du langage et de l'écriture mathématique*" (Brousseau, 1972, p. 64). Au cours de ces interactions, les élèves doivent expliciter leurs démarches. Ces situations de débats, ou " dialectique de la validation " constituent l'occasion de discussions entre élèves au cours desquelles les stratégies opératoires sont validées. Comme le dit Brousseau, " *faire des mathématiques ne consiste pas seulement à émettre ou à recevoir des informations en langage mathématique, même en les comprenant. L'enfant mathématicien doit prendre maintenant vis-à-vis des modèles qu'il a construits une*

*attitude critique.*" (p. 64). Nous voyons, là encore, dans ces différentes phases du processus de mathématisation, l'importance accordée aux interactions entre élèves.

La connaissance mathématique apparaît donc comme une construction sociale, du fait que la base de la connaissance mathématique (la connaissance linguistique avec ses conventions et ses règles) est une construction sociale et que les processus sociaux interpersonnels de dialogue et de critique sont nécessaires pour changer la connaissance mathématique subjective d'un individu en une connaissance objective socialement acceptée.

En conséquence, l'enseignement des mathématiques devra donc fournir aux élèves des situations didactiques riches et signifiantes contenant un obstacle à dépasser. Dans cette optique, il fait appel à trois types d'activités permettant aux élèves d'adapter, de modifier ou d'enrichir leurs procédures et leurs connaissances : les situations-problèmes, les problèmes ouverts et les jeux.

Source de l'article : <http://home.adm.unige.ch/~duboisl/didact/theories.htm>