

UN MODÈLE PÉDAGOGIQUE CONSTRUCTIVISTE ET COGNITIVISTE POUR UNE FORMATION TECHNIQUE

Isabelle Nizet
Robert Brien
Louis-Philippe Leclerc
Jacques Besançon

L'identification des difficultés qui caractérisent la situation pédagogique d'une formation en agrotechnique nous a guidés dans l'élaboration d'un modèle pédagogique susceptible d'y remédier. Ce modèle est conçu à partir de choix théoriques issus de la psychologie cognitive et du constructivisme. Il repose sur les trois composantes d'une situation pédagogique. Pour la composante de l'apprentissage, il favorise l'évolution de la structure cognitive des élèves tout en respectant leurs savoirs préinstructifs. Pour l'aspect didactique, il privilégie l'intégration des concepts technoscientifiques aux tâches professionnelles et prescrit la construction par les élèves de diagrammes élaborés à partir de modèles conceptuels. La composante de l'enseignement articule en une stratégie pédagogique des démarches axées sur la gestion partagée des savoirs en classe : évocation, confrontation, investigation, structuration, intégration, vérification et activation. Cette stratégie a été implantée au sein d'un cours de protection des cultures en agrotechnique. Son évaluation s'appuie sur des observations systématiques et sur la mesure de la progression des apprentissages des élèves. Les résultats démontrent l'apprentissage d'habiletés cognitives d'une complexité croissante, qui intègre les dimensions déclaratives et procédurales spécifiques à la profession visée par cette formation.

les défis
pédagogiques
de
l'enseignement
professionnel

L'enseignement professionnel présente un certain nombre de défis pédagogiques qui reflètent l'évolution d'objectifs de formation reliés aux développements technologiques et aux nouvelles caractéristiques de sa clientèle. Ce type de formation est aujourd'hui davantage destiné à des adultes qui ont déjà une expérience de travail et qui désirent acquérir de nouvelles compétences adaptées aux exigences de leur milieu de travail. La complexité croissante des tâches professionnelles entraîne un changement de nature et de niveau de compétences visées par la formation. Les savoirs techniques deviennent de plus en plus complexes et les habiletés qui en découlent intègrent des paramètres cognitifs et scientifiques dont la maîtrise requiert une base conceptuelle reliée aux nombreuses connaissances spécifiques propres à un domaine donné (Pailhous et Vergnaud, 1989).

les tâches
professionnelles
complexes...

...et les exi-
gences d'un
enseignement
technoscienti-
fique...

...incitent à
élaborer de
nouveaux modes
d'intervention
pédagogique

La formation professionnelle du domaine de l'agrotechnique auquel nous nous sommes particulièrement intéressés n'échappe pas à ces exigences. Ainsi, il semble pertinent dans le contexte actuel d'envisager les tâches de l'ouvrier agricole dans une perspective de prise de décision et de résolution de problème plutôt que dans une perspective d'exécution routinière de tâches. Il doit en effet être capable d'effectuer des actes techniques fondés sur un raisonnement dont la qualité dépend en grande partie de la compréhension de concepts technoscientifiques de base relatifs à la physique, à la chimie, à la biologie animale et végétale et aux processus complexes qui caractérisent l'agriculture moderne. L'articulation de ces connaissances déclaratives et procédurales constitue un enjeu fondamental de formation (Leclerc *et al.*, 1992). Le développement de modèles d'interventions pédagogiques susceptibles de satisfaire aux exigences que pose un enseignement de type technoscientifique pour une clientèle adulte dans le contexte actuel représente un besoin réel auquel nous avons tenté de répondre.

La présente étude envisage les aspects méthodologique, théorique et expérimental de la conception d'un modèle pédagogique élaboré pour un cours de **protection des cultures** (Protection des cultures, Programme D.E.P. en production laitière, Gouvernement du Québec, 1989) et mis à l'essai auprès d'élèves suivant une formation en agrotechnique dont ce cours fait partie (1).

Nous distinguons deux phases dans la conception de ce modèle pédagogique : la phase conceptuelle est consacrée à la définition de la problématique éducative et au choix de principes pédagogiques qui sont susceptibles d'aider à la résoudre ; la phase opérationnelle présente la description des conditions qui ont rendu l'intégration de ces principes effective dans un contexte de formation, la mise à l'essai de la stratégie pédagogique élaborée et l'analyse des perspectives de son utilisation.

1. PHASE CONCEPTUELLE

1.1. Diagnostic d'une situation pédagogique déficiente

Les résultats d'enquêtes préliminaires effectuées dans le cadre de notre recherche auprès de plusieurs groupes d'élèves de l'enseignement professionnel en agrotechnique

(1) Un précédent article (voir Leclerc *et al.*, 1992) décrit le traitement didactique du contenu du cours de protection des cultures effectué par notre équipe. Il peut être consulté avec profit pour tout ce qui concerne la dimension conceptuelle et technoscientifique de notre projet.

et en électromécanique au Québec en 1986, ont permis de circonscrire de manière générale les difficultés d'apprentissage des élèves qui suivent une formation professionnelle. Nous avons articulé ce diagnostic autour des trois composantes d'une situation pédagogique telles que présentées par Legendre (1988) : l'apprentissage, l'aspect didactique et l'enseignement.

• Difficultés d'apprentissage

L'objectif de ce cours est de développer chez l'apprenant la maîtrise des tâches relatives à la phytoprotection. L'application raisonnée de pesticides ou l'usage de moyens préventifs de lutte contre les ravageurs repose sur la compréhension de plusieurs concepts globaux tels que celui d'écosystème et d'« agrosystème » (système intégrant les productions animale et végétale au sein de la ferme). La définition de ces notions fait cependant appel à un grand nombre d'autres concepts plus spécifiquement biologiques. L'ensemble de ces concepts et leur statut particulier au sein des tâches nous les fait considérer comme des concepts technoscientifiques et, à ce titre, les difficultés relatives à leur apprentissage sont selon nous liées à plusieurs facteurs cognitifs et socio-affectifs.

Du point de vue cognitif, les connaissances scientifiques spécifiques au domaine de la formation ne sont pas présentées comme étant sous-jacentes aux tâches, ce qui accentue la scission entre les savoirs et les savoir-faire. Dans ce contexte, les élèves éprouvent des difficultés à rendre leurs apprentissages significatifs.

De plus, les élèves d'agrotechnique disposent d'un savoir approfondi, fondé sur l'expérience et acquis le plus souvent sur la ferme familiale. Ils sont en effet en majorité enfants d'agriculteurs et ont acquis un certain savoir-faire professionnel principalement axé sur l'application routinière de procédures. Cette connaissance pratique conserve un poids certain dans leurs apprentissages car elle en constitue la base mais, parce qu'elle précède le plus souvent la formation, on peut alors se demander dans quelle mesure elle fait obstacle à l'acquisition de nouvelles connaissances. Les systèmes explicatifs et descriptifs de type technique ou scientifique proposés à l'école entrent fréquemment en conflit avec les connaissances antérieures des élèves alors que ces dernières continuent à être socialement reconnues dans leur milieu (Dreyfus *et al.*, 1990). Cette autre difficulté d'apprentissage incite à penser qu'un recadrage des connaissances procédurales s'avère indispensable pour l'atteinte de compétences requises dans un contexte plus large.

L'ensemble de ces difficultés d'ordre cognitif provoque l'émergence de difficultés d'apprentissage reliées à la motivation et à la participation. Les élèves vivent en effet une situation chronique de démotivation face aux contenus scientifiques qu'ils considèrent comme généraux et inutiles dans leur profession. Leur intérêt pour les matières pra-

apprendre les
concepts techno
scientifiques
sous-jacents
aux tâches

dépasser les
limites des savoirs
acquis
antérieurement

tiques a orienté leur choix d'études et la confrontation avec les contenus scientifiques provoque des réactions de rejet. Ceci pourrait se justifier par le fait que l'essentiel de leur formation est de nature procédurale. Mais il nous semble que l'origine de cette difficulté réside plutôt dans le niveau de complexité auquel ces connaissances sont traitées.

• **Difficultés relatives au traitement didactique**

La diversité des compétences répertoriées pour le domaine de la protection des cultures se traduit en terme d'objectifs de formation qui couvrent un très large spectre de connaissances. Le caractère technique des tâches professionnelles entraîne la dominance de connaissances de type procédural (dépistage du ravageur, application de pesticides et méthodes de prévention), mais la compréhension des systèmes complexes qui servent de cadre à leur application s'avère indispensable. Par exemple, la résolution de problèmes relatifs à la protection des cultures dans un contexte de plus en plus contraignant impose l'application raisonnée et légalisée de pesticides. Ce type de prise de décision nécessite une connaissance approfondie des processus naturels en jeu et de l'impact de l'action humaine sur l'environnement. Les concepts technoscientifiques en constituent une part importante. Les objectifs de la formation visent donc de nombreuses connaissances déclaratives sous-jacentes aux composantes procédurales de l'apprentissage. L'intégration de ces deux types de connaissance pose problème dans la dimension didactique, soit parce que les connaissances déclaratives sont insuffisamment reliées aux connaissances procédurales, soit parce que les moyens qui pourraient faciliter l'accès à ces connaissances ne sont pas explorés (Leclerc *et al.*, 1992). Un traitement didactique adéquat devrait se traduire par l'intégration des concepts technoscientifiques aux tâches à un niveau pertinent. Il devrait également fournir un répertoire des habiletés cognitives nécessaires à l'acquisition de tels concepts pour les différents degrés d'intégration envisagés dans la formation.

• **Difficultés relatives à l'enseignement**

Plusieurs facteurs contribuent à affaiblir l'efficacité de la relation d'enseignement dans la situation pédagogique que nous avons étudiée. L'enseignant fait face à plusieurs difficultés relatives aux contenus des programmes, à l'approche didactique et au matériel pédagogique. Du point de vue du corpus de connaissances, les programmes d'enseignement sont très peu explicites quant à l'intégration des concepts technoscientifiques aux tâches (Gagnon *et al.*, 1989) ; s'ils sont mentionnés, les concepts scientifiques sont présentés isolément des tâches et imposés dans le curriculum d'une manière systématique, ce qui ne peut qu'aggraver leur disjonction des contenus techniques. L'absence de pistes pour le traitement didactique des contenus technoscientifiques (Labonté, 1987) limite l'action de l'enseignant en ce qui

développer
l'articulation
entre
connaissances
déclaratives et
procédurales

difficulté d'accès
à des moyens
didactiques
pertinents pour
les tâches visées

concerne leur gestion et leur présentation dans la classe. Enfin, en ce qui concerne les conditions d'enseignement sur lesquelles l'enseignant peut effectuer un contrôle, aucun diagnostic systématique n'est fait sur la nature des connaissances véhiculées par les élèves à leur entrée dans la formation alors que ce type de clientèle dispose d'un savoir-faire important. De plus, l'enseignant ne dispose pas de matériel adéquat et les démarches pédagogiques sont souvent pauvres, inadaptées ou presque inexistantes : l'enseignement magistral ou démonstratif est encore largement privilégié. Il nous semble donc que l'aide apportée à l'enseignant doit porter sur un traitement didactique spécifique à ce type de contenu, sur le développement de matériel didactique adéquat et sur l'élaboration de stratégies pédagogiques applicables, et ce pour une efficacité accrue de la formation et une meilleure gestion des connaissances.

1.2. Composantes du modèle pédagogique et choix théoriques

Le modèle pédagogique (voir la figure 1) repose sur les trois composantes décrites dans le diagnostic qui précède mais caractérisées cette fois par les choix pédagogiques que nous croyons susceptibles de contribuer à améliorer les déficiences répertoriées.

un modèle
pédagogique
intégré...

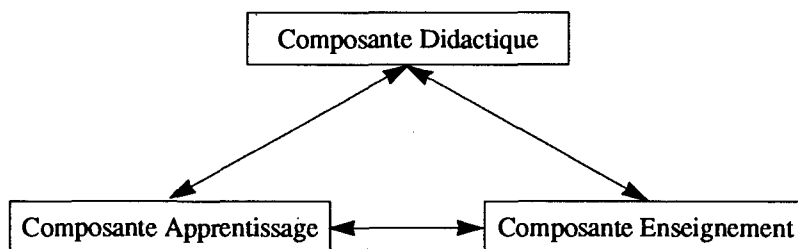


Figure 1 - Les trois composantes du modèle pédagogique

Ces choix font référence aux champs théoriques de la psychologie cognitive et du constructivisme. La psychologie cognitive fournit des données sur la représentation générale de l'organisation et de la nature des connaissances en mémoire, sur les processus de traitement de l'information et d'acquisition des compétences, particulièrement dans les situations de résolution de problème. Le constructivisme et les recherches qui lui sont associées en didactique des sciences ont permis d'intégrer à notre modèle l'approche des représentations mentales des élèves et les conditions propices à leur transformation.

...visant
l'acquisition de
compétences
techniques

• **La composante de l'apprentissage**

La composante d'apprentissage du modèle pédagogique tient compte de la nature des connaissances (fondées sur l'expérience, scolaires ou scientifiques) et des représentations qui leur sont associées ; elle tient compte de la dynamique qui sous-tend l'acquisition des connaissances en vue de l'expertise et de l'activation de ces connaissances en situation de résolution de problèmes.

Les savoirs préinstructifs (2) et les représentations des apprenants

D'un point de vue général, on s'accorde aujourd'hui à reconnaître l'importance prépondérante des savoirs préinstructifs dans les situations d'apprentissage que ce soit dans le contexte de recherches portant sur le développement cognitif ou le statut épistémologique des connaissances. La genèse de ces savoirs est à la fois individuelle et sociale car ils s'organisent à travers l'expérience et la mise en contact avec de multiples sources d'information. En ce qui concerne l'apprentissage des concepts scientifiques, le traitement des représentations conceptuelles et préconceptuelles des élèves est central dans la perspective constructiviste (Giordan *et al.*, 1987). Les conceptions préalables peuvent être des obstacles à l'acquisition de savoirs nouveaux ; elles peuvent également leur servir d'assises (Siegler, 1983), elles sont alors assimilées à des stratégies cognitives mises en place par l'apprenant pour l'aider à sélectionner les informations pertinentes dans son environnement. L'apprentissage significatif est favorisé par les mécanismes qui permettent l'exploration de connaissances déjà acquises par les élèves pour favoriser l'explicitation de leurs préconceptions et les stratégies qui permettent un contact direct avec les connaissances sous-jacentes aux compétences visées par la formation (Perkins, 1991). Le concepteur de systèmes de formation doit donc veiller à ce que leur explicitation en permette le recadrage (Toupin, 1991), la restructuration, la substitution par des conceptions alternatives (Lamouroux & More, 1991) et la transformation en une conception nouvelle plus adaptée à la situation.

La notion de « modèle mental » développée dans le contexte des sciences cognitives nous semble particulièrement adéquate pour décrire et comprendre les représentations complexes portant sur les processus et les procédures associés aux savoirs pratiques prépondérants dans l'enseignement professionnel. Un modèle mental est une représentation

transformation
des
représentations
de l'apprenant...

- (2) Ce terme, utilisé par Lamouroux et More (1991) peut, selon ces auteurs, être interprété au sens de "théories implicites", "préconceptions", "mode de raisonnement spontané" ou de "savoirs intuitifs". Nous le préférons cependant à ces termes car il a le mérite d'insister sur les conditions d'acquisition de ce type de savoirs plutôt que sur leur statut cognitif.

...par le recours
au modèle
conceptuel de
l'expert traduit
en diagrammes
intégrant les
concepts tech-
noscientifiques

fonctionnelle de la réalité qui permet à un individu d'effectuer des prédictions à l'égard de son environnement et d'interagir avec lui (Norman, 1983). On peut rapprocher cette notion de celle de « système d'information et de traitement » (3) (Hoc, 1987). Les modèles mentaux des élèves sont élaborés à l'aide des connaissances dont ils disposent et qu'ils sont capables de traiter ; ils se transforment au cours de l'expérience. L'élaboration de modèles mentaux pertinents pour les tâches professionnelles est un enjeu d'apprentissage fondamental et il peut être favorisé par le contact avec des modèles conceptuels élaborés par l'expert (Norman, 1983). Un modèle conceptuel présente sous forme de mots et/ou de diagrammes les principaux concepts d'un ensemble ou d'un système et les relations qui existent entre ces éléments (Mayer, 1989). Les modèles conceptuels peuvent être considérés comme des adjuvants à l'apprentissage dans la mesure où ils servent de référence pour l'élaboration des connaissances relatives à une compétence donnée : on peut les considérer comme des modèles experts de la connaissance. L'enjeu est donc de permettre à l'apprenant de se construire un modèle mental pertinent pour les tâches et compatible avec la connaissance référentielle relative aux composantes déclaratives des compétences visées par la formation. Cela implique qu'il opère sur ses propres représentations et particulièrement sur les modèles mentaux élaborés antérieurement à la formation.

Évolution de la structure cognitive et organisation des connaissances

L'acquisition des connaissances consiste donc pour un apprenant à agir sur sa structure cognitive de façon à la transformer en fonction des besoins rencontrés dans son environnement. Une compétence est considérée comme acquise lorsque la structure cognitive qui en permet l'activation est durablement modifiée.

Nous considérons l'apprentissage comme un processus longitudinal et systémique. Trois phases semblent essentielles pour favoriser la transformation de la structure cognitive : la motivation, le montage et le rodage (Brien, 1990). Ces phases facilitent la description des mécanismes de l'acquisition des connaissances, de leur organisation dans la mémoire, de leur transfert et de leur application tout au long des séquences d'apprentissage du cours. La motivation est considérée comme le facteur déclenchant la transformation de la structure cognitive mais dans notre perspective, elle assure également l'implication cognitive et émotive de l'apprenant tout au long de la situation d'apprentissage. La

la motivation, le
montage et le
rodage...

(3) Un système de représentation et de traitement est défini selon J. M. Hoc comme « le produit de l'intériorisation d'un domaine de tâches, reliant des représentations et des traitements associés aux objets, aux propriétés et aux opérations du domaine, donc au dispositif de ce domaine » (pp. 31-32).

phase de montage circonscrit davantage la construction et l'organisation des connaissances qui devront être incorporées à la structure cognitive de l'apprenant en tenant compte de ses savoirs préinstructifs et de ses compétences de départ. La phase de rodage décrit les mécanismes d'appropriation et de transfert de la connaissance. Dans le contexte scolaire, la phase du rodage est limitée à des situations de simulation. Ainsi, les situations de résolutions de problème devraient permettre à l'élève d'activer ses connaissances et d'évaluer leur portée pragmatique.

En ce qui concerne l'organisation des connaissances, nous avons adopté l'idée que les connaissances acquises par un individu peuvent être structurées sous forme de schémas que l'on peut définir comme les blocs constitutifs de la structure cognitive (Rumelhart et Ortony, 1977 ; Rumelhart, 1980). Par là, nous entendons que les savoirs et les savoir-faire de l'apprenant sont organisés en structures stabilisées mais évolutives, composées de variables et de relations mutuelles ou d'opérations qui lui permettent de se représenter la réalité et/ou d'agir sur elle (Brien, 1990). Les schémas gardent un caractère général mais, en situation réelle ou simulée, ils peuvent être activés pour générer des connaissances particulières. La notion de schéma peut aider à décrire la transformation de la structure cognitive lorsqu'elle est confrontée à de nouvelles expériences (Rumelhart et Norman, 1978) en gardant toutefois davantage sa pertinence pour les tâches routinières ou les ensembles de connaissances stabilisés.

...contribuent à l'acquisition de schémas en vue de l'expertise

En synthèse, l'arrimage des concepts technoscientifiques aux connaissances antérieures, leur intégration significative à l'apprentissage des tâches, et le développement de conditions propices à l'évolution de la structure cognitive des apprenants vers une structure cognitive proche de celle de l'expert caractérisent les objectifs de l'approche pédagogique en ce qui concerne la dimension d'apprentissage du modèle d'intervention que nous proposons. La figure 2 illustre ce processus sous forme d'un cône tronqué dont le rétrécissement vers le haut traduit l'acquisition de connaissances spécifiques au domaine. Le cône est constitué d'un ensemble de couches superposées représentant les différents stades que traverse la structure cognitive de l'apprenant au cours du processus d'apprentissage. Ses connaissances sont modifiées et intégrées lors des phases de montage et de rodage jusqu'à se rapprocher de la structure cognitive constituée des compétences spécialisées que nous souhaitons lui voir acquérir en fin de formation. La spirale intérieure reflète l'effet intégrateur des différents stades de la formation et la dynamique évolutive privilégiée dans notre approche.

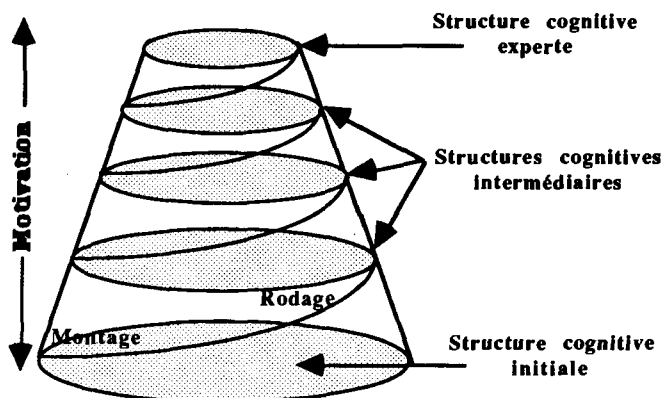


Figure 2 - Les trois composantes du modèle pédagogique

• **La composante didactique (4)**

l'identification
des concepts
technoscienti-
fiques requis
pour l'exécution
des tâches...

Une première étape du traitement didactique permet de préciser la nature et le niveau du contenu requis par les objectifs cognitifs de la formation. Nous postulons que la nature technoscientifique des concepts permet de déterminer un niveau de présentation adéquat parce que compatible avec les exigences de la tâche. Techniquement, ce niveau est déterminé par une analyse des tâches décrites dans les objectifs du programme de formation, en identifiant les contenus technoscientifiques requis pour l'exécution de ces tâches (méthode de Gagnon *et al.*, 1989). Ainsi abordés, les concepts et principes technoscientifiques pourraient être reliés aux savoirs antérieurement développés par les apprenants et constituer un corpus de connaissances qui devienne significatif dans le contexte de leurs actes professionnels.

Une deuxième étape du traitement didactique vise la structuration du contenu en unités intégrables dans des séquences pédagogiques qui respectent les conditions d'apprentissage afin de répondre aux insuffisances de la situation pédagogique décrites plus haut. La nature systémique des processus envisagés a orienté radicalement le

- (4) Nous envisageons la composante didactique de ce modèle comme l'ensemble des traitements effectués sur le contenu et l'on peut davantage la rapprocher du pôle épistémologique décrit par Develay (1987, n°4, p.120). Nous excluons cependant de cette composante les aspects touchant les modalités de transmission, de présentation et d'acquisition du savoir qui font selon nous partie des deux autres composantes du modèle et qui sont évidemment complémentaires au traitement didactique. Ceci ne devrait pas être interprété comme participant d'une volonté de rétrécir une définition de la didactique mais plutôt comme le reflet de la complémentarité des différents domaines de compétence de notre équipe, ce que nous considérons comme un atout pour le développement d'un tel projet.

...sert d'ancrage
ou
développement
des savoirs
référentiels

traitement didactique vers l'élaboration d'un modèle conceptuel intégrateur représenté par une série de diagrammes technoscientifiques (Leclerc *et al.*, 1992). Ce modèle conceptuel reflète la vision qu'ont les experts des tâches à un niveau de compétence requis pour des élèves d'un niveau de formation donné (du niveau secondaire dans ce cas-ci). L'élaboration de cartes sémantiques et de diagrammes technoscientifiques représentant ces systèmes et les éléments qui les constituent fournissent les connaissances référentielles de base sur lesquelles portent les apprentissages. A ce stade, le modèle conceptuel ne reflète pas la démarche de construction des connaissances par les élèves ; il s'agit plutôt d'un travail préalable, d'un guide pour l'élaboration de diagrammes technoscientifiques en classe. On peut par contre associer l'élaboration des diagrammes en classe aux « trames conceptuelles » décrites par Astolfi et Develay (1989) (5) comme une reconstruction et une synthèse des acquis effectuées par les élèves (6). Les diagrammes technoscientifiques construits par les élèves constituent en quelque sorte la charnière entre la conception des tâches par l'expert (le modèle conceptuel) et l'appropriation fonctionnelle de ce modèle par l'apprenant (son modèle mental).

les diagrammes
techno-
scientifiques sont
construits à partir
d'habiletés
cognitives de
complexité
croissante

Afin d'aider les élèves à cheminer progressivement de leur préconceptions vers un savoir professionnel, nous avons répertorié les habiletés cognitives qui doivent être développées par rapport aux contenus déclaratifs et procéduraux du cours (voir tableau 1). Ces habiletés ont été hiérarchisées en fonction de leur complexité croissante : ainsi, les premiers diagrammes construits par les élèves pendant le cours ne comportent que les connaissances déclaratives les plus simples telles que les concepts de base et ne font appel qu'aux habiletés simples de catégorisation et de classement de ces concepts (niveaux 1 et 2). Par la suite, les diagrammes plus complexes font référence à des propositions et des règles de fonctionnement, à des procédures que l'apprenant doit pouvoir comprendre et décrire sous forme d'enchaînements de cause à effet et de systèmes en interaction. Ce type de diagramme fait appel à des habiletés de niveau supérieur telles que la schématisation de processus ou de procédures (niveaux 3 et 4). Enfin, les diagrammes terminaux, les plus complexes, permettent de représenter en un seul schéma les différentes situations relatives aux problèmes de phytoprotection et aux solutions applicables. Ils font appel aux habiletés de résolution de problème.

Le caractère intégrateur de ces habiletés est donc directement relié à la dynamique du contenu suscitée par la nature des tâches. L'articulation entre le niveau de complexité des habiletés et des contenus abordés et leur intégration progressive aux apprentissages constituent les objectifs didac-

(5) pp. 55 et 56.

(6) Le modèle conceptuel et les diagrammes de référence sont décrits dans Leclerc *et al.* (1992).

tiques de notre modèle. Cette hiérarchisation doit servir de guide au travail de l'enseignant et de l'apprenant : elle ne préjuge en rien d'un mode d'acquisition exclusif. Les concepts, les propositions et les règles sur lesquelles portent ces habiletés sont acquises à travers une action sur les représentations et les savoirs qui est décrite en détail dans la composante enseignement du modèle.

Tableau 1 - Hiérarchie des habiletés cognitives

<p>Niveau 1</p> <p>1.1 Identification de concepts</p> <p>1.2 Relations entre les concepts</p> <p>Niveau 2</p> <p>2.0 Catégorisation par classe conceptuelle</p> <p>Niveau 3</p> <p>Schématisation de processus :</p> <p>3.1 Fonction des éléments</p> <p>3.2 Relation entre les éléments à partir de leur fonction</p> <p>3.3 Règle de propriété</p> <p>3.4 Règle de fonctionnement</p> <p>3.5 Interaction entre les processus</p> <p>3.6 Interaction entre les processus et leur environnement</p> <p>Niveau 4</p> <p>Schématisation de procédures :</p> <p>4.1 Articulation des composantes procédurales</p> <p>4.2 Intégration des procédures à un processus</p> <p>Niveau 5</p> <p>5.0 Résolution de problèmes</p>

• **La composante de l'enseignement**

En tenant compte des différentes prescriptions contenues dans les composantes d'apprentissage et de traitement didactique, la relation d'enseignement ne peut pas être envisagée sous l'angle exclusif d'une transmission pure et simple de contenu. Il s'agit en effet beaucoup plus de favoriser un partage des connaissances et une construction de savoir au sein d'interactions dont le pôle central est l'apprenant lui-même. La gestion des processus cognitifs des élèves et l'élaboration des connaissances se réalise dans un contexte de groupe dans lequel l'enseignant joue le rôle de guide ou de « mentor » (Duffy & Bednar, 1991). Dans ce but, nous avons sélectionné sept **démarches pédagogiques** dont plusieurs sont décrites dans les approches inspirées du cognitivisme et du constructivisme (Gurney, 1989). L'ordre dans lequel nous présentons ces démarches correspond à leur articulation en une **stratégie pédagogique** originale.

l'enseignant : un guide pour la construction du savoir par l'élève

L'enchaînement des démarches proposé constitue un « modèle » d'intervention qui sera nuancé dans son application en fonction des exigences du contenu. La logique de cet enchaînement reflète un continuum qui part d'une action sur les représentations (savoirs individuels) pour culminer dans l'activation de connaissances construites et élaborées en classe (savoirs reliés aux compétences du point de vue de l'expert). Les différentes démarches proposées aux élèves leur demandent donc de s'impliquer au niveau cognitif de manière de plus en plus intense tout au long du développement de la stratégie (voir figure 3). La progression de l'intensité d'une démarche à l'autre n'est cependant pas identique : la transition entre certaines démarches nécessite une plus grande implication, ce que nous avons illustré par un plus grand écart vertical entre elles.

Si le cadre de formation professionnelle pour adultes dans lequel nous nous situons se prête bien à un travail de nature épistémologique sur les représentations tel que le préconise une certaine vision du constructivisme soucieuse de « déconstruire » les savoirs, il ne peut selon nous s'y limiter. La portée technoscientifique de cet enseignement nous incite à mettre davantage l'accent sur l'acquisition de compétences professionnelles et donc à garantir une progression des savoirs individuels hétérogènes vers des savoirs « socialisés ». C'est pourquoi nos interventions didactiques et pédagogiques proposent des cheminements très précis du point de vue des habiletés cognitives et des démarches pédagogiques tout en y intégrant de nombreux éléments qui modifient déjà considérablement l'approche pédagogique traditionnelle pour ce type de formation.

partir des représentations initiales...

La première démarche à privilégier nous semble être l'**évo- cation** des représentations et des savoirs préinstructifs des élèves. Cette démarche demande à l'élève de rendre disponible à sa mémoire les connaissances dont il dispose déjà. Même si, de l'avis général, l'accès à ce type de représentation est difficile (Giordan *et al.*, 1987), l'usage de support didactique adéquat peut en permettre la visualisation ou l'expression verbale. Cette explicitation a le mérite de rendre publiques des conceptions individuelles et contribue ainsi à la motivation de l'élève. Suite à l'explicitation individuelle des représentations, une démarche de **confrontation** est proposée afin que les écarts entre ces différentes représentations puissent être dépités et évalués.

...pour les confronter à celles des pairs

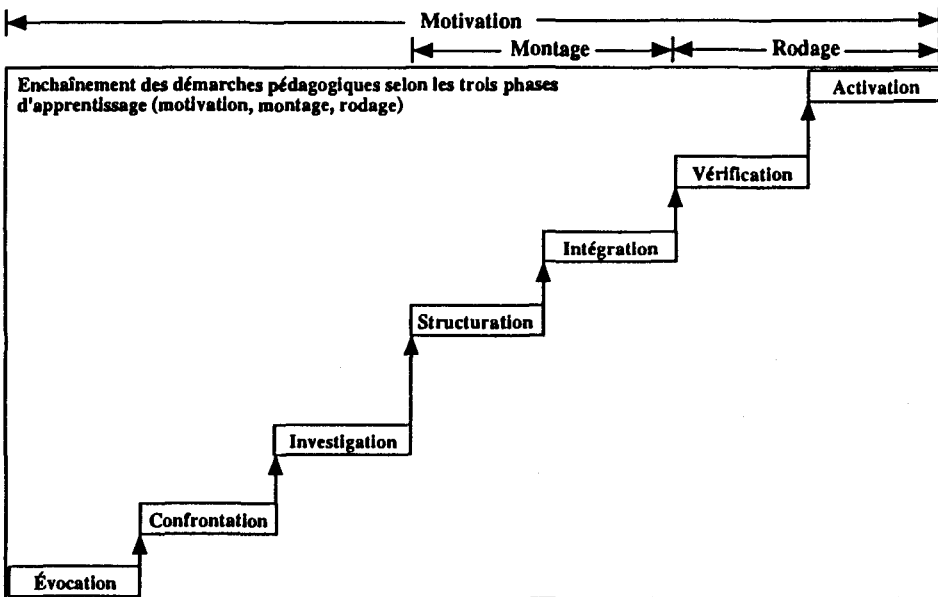
La réduction de l'écart entre les conceptions (expert-apprenants, et entre pairs) est abordée à travers une démarche d'**investigation** qui favorise l'exposition de l'apprenant aux connaissances dont il ne dispose pas encore. Cette démarche orientée vers des activités de recherche et d'observation est fondée sur l'autonomie de l'apprenant. Les trois démarches suivantes (structuration, intégration et vérification) exigent un plus grand effort de la part de l'élève. La structuration fait appel à ses capacités de synthèse et de

investiguer les savoirs technoscientifiques...

...et structurer les connaissances du domaine

s'approprier le diagramme technoscientifique...

schématisation ; la transformation de la structure cognitive de l'apprenant nécessite un contact explicite avec la connaissance qui est représentée dans les modèles conceptuels (voir composante didactique). C'est à cette étape que se construisent les diagrammes technoscientifiques. La **structuration** des connaissances s'effectue dans une démarche active au cours de laquelle l'enseignant suscite d'abord chez les élèves le repérage des invariants issus des productions des trois démarches précédentes. La construction des diagrammes respecte la hiérarchie des habiletés cognitives et l'intégration des connaissances déclaratives et procédurales. Ainsi les aspects techniques de la formation ne sont jamais dissociés des aspects conceptuels impliqués dans les compétences. Pour permettre à l'élève de s'approprier le diagramme technoscientifique ainsi construit, des exercices individuels sont effectués dans une démarche qui vise l'**intégration** du diagramme à sa structure cognitive. Le diagramme est ainsi progressivement assimilé à son modèle mental.



Démarches pédagogiques
Figure 3 - Schéma de la stratégie pédagogique

...en vérifier la pertinence

Il est nécessaire que l'apprenant puisse expérimenter la validité du modèle mental qu'il a construit au cours des démarches précédentes. La démarche de **vérification** lui permet d'activer ses connaissances en situation de résolution de problème afin de prendre conscience de la pertinence ou des limites de ce modèle mental et des connaissances qu'il véhicule. La rétroaction fournie à l'élève constitue un des facteurs essentiels de la prise de

transférer ses
connaissances

conscience de la valeur de son modèle mental. Enfin, une démarche d'**activation** propose à l'élève d'autres situations de résolution de problème pour qu'il puisse activer un modèle mental qu'il juge pertinent dans une situation nouvelle afin de lui permettre de transférer ses connaissances. La démarche d'activation est peu développée dans le contexte de formation : le rodage de ces connaissances en dehors du contexte scolaire devrait favoriser l'affinement et l'adaptation de sa structure cognitive lors de l'utilisation de ses compétences.

1.3. Description du modèle pédagogique

les composantes
du modèle
pédagogique :
un système de
transformation de
la structure
cognitive de
l'apprenant

Les trois composantes du modèle sont articulées dans une perspective systémique (voir la figure 4). L'élément d'entrée de ce système est l'état de la structure cognitive initiale de l'apprenant constituée de ses savoirs préinstructifs et de ses compétences de base. Les représentations associées à ces savoirs et à ces compétences sont les éléments sur lesquels porte la transformation de la structure cognitive. Celle-ci se réalise grâce aux facteurs issus de la composante didactique rendus opérationnels par les diagrammes technoscientifiques d'une part et par la stratégie pédagogique issue de la composante d'apprentissage d'autre part. Les produits cognitifs du processus peuvent être décrits en terme de structure cognitive intermédiaire ou finale de l'apprenant, caractérisée par des connaissances spécifiques et complexes auxquelles sont associées de nouvelles représentations. Ces produits sont intégrés dans une performance à caractère technique. Enfin, la structure cognitive intermédiaire devient à son tour la structure initiale pour une autre séquence d'apprentissage, c'est ce que traduit la boucle de rétroaction qui relie les deux extrêmes du « continuum » du processus.

2. PHASE OPÉRATIONNELLE

2.1. Analyse de la mise à l'essai du modèle pédagogique : objectifs et moyens

L'implantation du modèle pédagogique a nécessité une collaboration intense avec l'enseignant chargé de la formation. Nous l'avons invité à participer à toutes les étapes de la préparation du cours en lui laissant une grande liberté quant à l'appropriation de nos choix pédagogiques afin de lui permettre de conserver son style personnel tout en y intégrant des perspectives pédagogiques nouvelles. Ensemble nous avons élaboré un guide pédagogique dans lequel étaient décrites les interventions qui devaient servir de support à la mise en place de la stratégie pédagogique ainsi que le matériel nécessaire.

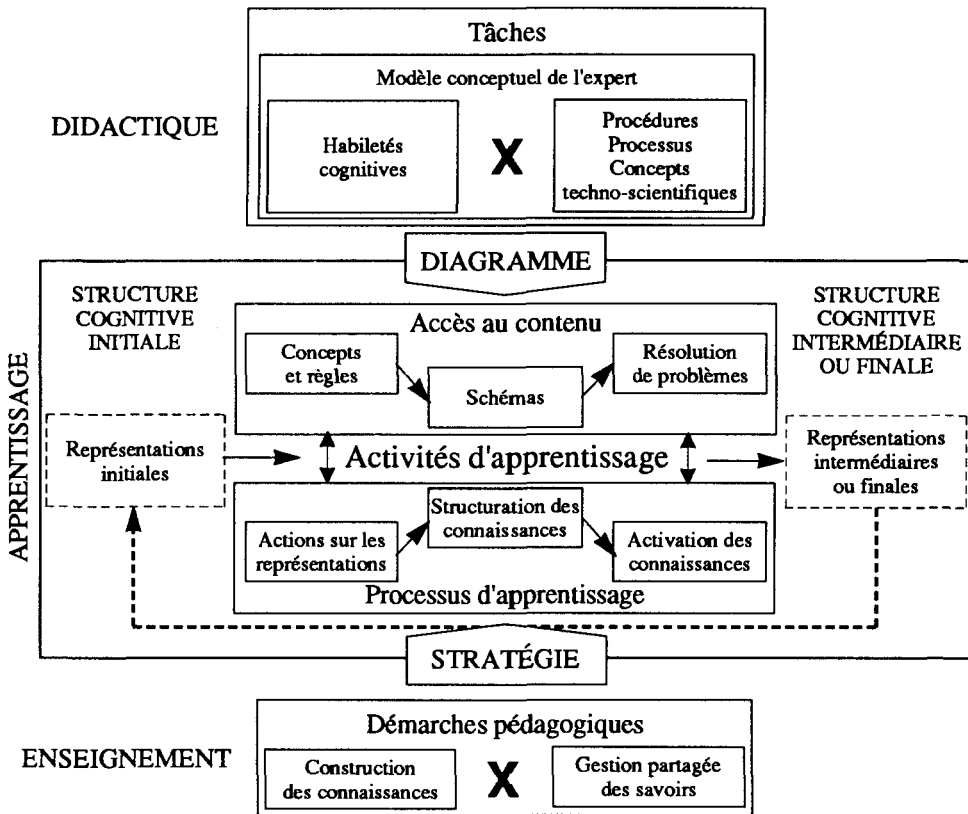


Figure 4 - Schéma du modèle pédagogique pour une formation à caractère techno-scientifique

L'analyse de la mise à l'essai nous a permis de mettre en lumière certains effets de la stratégie pédagogique sur le comportement des élèves et sur la progression de leurs apprentissages.

Nous sommes partis de l'idée que l'identification progressive des concepts technoscientifiques sous-jacents aux tâches et leur construction sous forme de diagrammes pouvaient favoriser l'articulation des connaissances déclaratives et procédurales au sein de la structure cognitive de l'apprenant. Nous voulions également vérifier si la progression dans la complexité des habiletés cognitives était adéquate, c'est-à-dire si elle facilitait l'intégration de concepts isolés aux processus et aux procédures complexes. Enfin, nous voulions savoir dans quelle mesure la stratégie pédagogique planifiée permettait aux apprenants de cheminer de leurs savoirs préinstructifs vers un savoir organisé en fonction d'exigences professionnelles.

Impact de la
stratégie
pédagogique ...

...en terme de
mobilisation
cognitive de
l'apprenant...

Afin de simplifier cette démarche d'analyse, il nous a semblé intéressant a posteriori de concrétiser dans la notion de **mobilisation cognitive** la représentation de l'effet cumulé du niveau d'habileté cognitive que l'élève doit exercer pour un contenu donné et le type d'effort qu'il entreprend dans la démarche pédagogique qui lui est proposée afin de développer cette habileté. Le degré de mobilisation cognitive est obtenu à partir du produit du rang de l'habileté cognitive (voir tableau 1) par le poids attribué à chaque démarche en fonction de sa place dans la stratégie (voir figure 3). Par exemple : l'identification des ravageurs nécessite que l'élève puisse distinguer la présence d'une maladie ou d'un insecte sur la plante-hôte. Ceci vise une habileté cognitive de niveau 2 (catégorisation par classe conceptuelle). Dans le cours, ce contenu et l'habileté cognitive visée vont être abordés dans une démarche d'évocation d'abord (savoirs préinstructifs), pour être confrontés (savoirs préinstructifs vs savoir expert) et enfin structurés sous forme d'un diagramme très simple qui propose une classification des différents ravageurs. Ces trois démarches correspondent à un effort cognitif de plus en plus intense que nous avons quantifié d'une manière arbitraire en fonction de la place qu'occupent ces démarches dans la stratégie. Le résultat visuel est présenté sous forme d'un histogramme reflétant les mouvements d'apprentissages (constitués de la succession des différents degrés de mobilisation cognitive) pour les différents sous-objectifs d'une section. L'interprétation des liens existant entre l'évolution des apprentissages et les variations de la mobilisation cognitive devrait nous permettre d'évaluer l'impact de la stratégie pédagogique sur les élèves.

...et de
développement
des savoirs

Nous avons d'autre part effectué des observations systématiques portant sur le comportement des élèves et de l'enseignant en classe (vidéoscopie et grilles d'observation) et nous avons évalué la progression des apprentissages des élèves en terme d'écart entre un prétest et un post-test. Cette évaluation est basée sur une attribution de points pour chacune des questions d'un prétest et d'un post-test pour chaque section du cours.

2.2. Un exemple d'implantation de la stratégie pédagogique

• Objectifs et organisation de la section IV

Nous décrivons l'application de la stratégie pédagogique et l'analyse de son implantation pour la quatrième section du cours « Protection des cultures ».

Rappelons que l'objectif général du cours de « Protection des cultures » est de faire acquérir aux élèves les compétences qui leur permettent de protéger leurs cultures (maïs, céréales à paille, plantes fourragères, prairies et pâturages) contre des ravageurs potentiels (mauvaises herbes, insectes

application et
analyse pour la
section du cours
traitant du
dépistage des
ravageurs

nuisibles et maladies) dans la perspective de la lutte intégrée. Celle-ci recouvre des tâches intégrant les aspects curatifs et préventifs, chimiques et mécaniques de la lutte contre les ravageurs dans le contexte de la ferme laitière. Les compétences visées par la formation s'inscrivent au cœur même du processus complexe que constitue le développement de cultures réparties sur le territoire de la ferme en fonction d'un processus de rotation qui détermine l'ordre dans lequel elles se succèdent pour garantir un rendement optimal.

La quatrième section de ce cours traite plus particulièrement des compétences relatives au dépistage des ravageurs dans le champ à partir de symptômes observés sur les plantes ; les notions relatives aux caractéristiques et aux propriétés des cultures ont été abordées dans la section précédente. Les connaissances déclaratives et procédurales relatives aux ravageurs sont abordées dans les deux premiers sous-objectifs ; les deux sous-objectifs suivants visent les connaissances déclaratives et procédurales relatives aux processus complexes du développement des cultures et du cycle vital des ravageurs dans le contexte de la rotation des cultures.

La figure 5 donne un aperçu général de l'organisation de la section IV en fonction des démarches pédagogiques choisies et des niveaux d'habiletés cognitives envisagées pour ces contenus. Chacune des croix indique les démarches pédagogiques choisies pour un niveau d'habileté cognitive donné. L'articulation des différentes démarches par sous-objectifs traduit l'actualisation de la stratégie pédagogique en fonction des exigences du contenu. La section IV est clairement orientée vers l'acquisition de concepts, de procédures et de règles complexes. On notera l'insertion de données procédurales en milieu de section (sous-objectif 2) et l'accès à des démarches qui demandent une plus grande implication de la part des élèves en fin de section (intégration et activation).

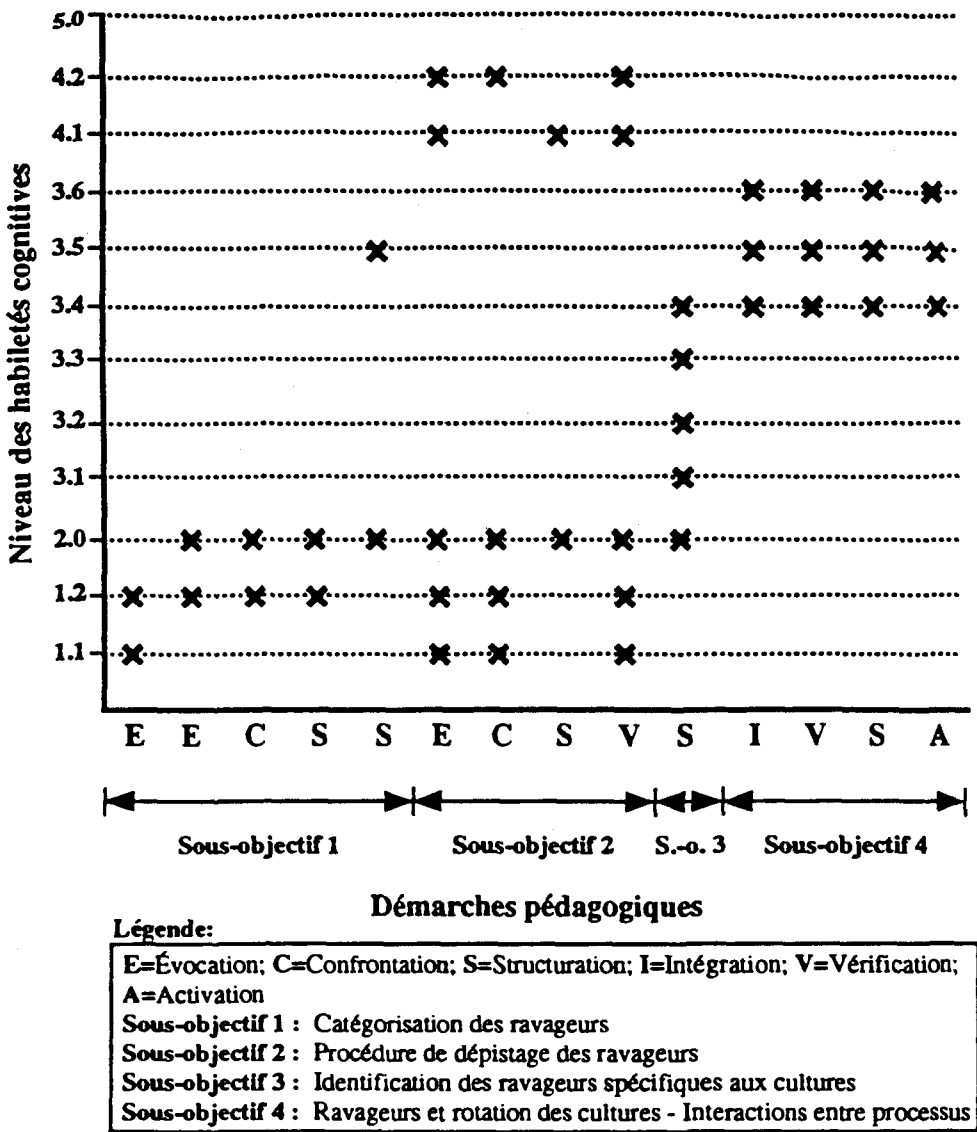
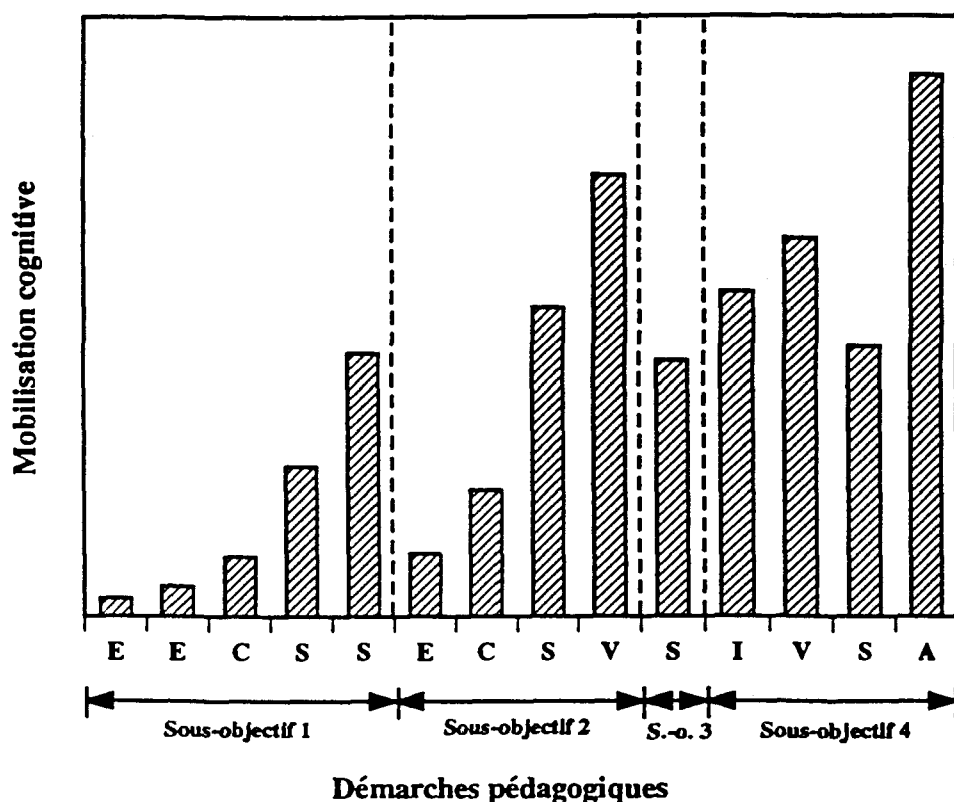


Figure 5 - Démarches pédagogiques et niveaux des habiletés cognitives (voir le tableau 1) pour la section IV

La figure 6 propose une visualisation des mouvements d'apprentissage prévus pour la section IV traduisant les différents degrés de mobilisation cognitive. Pour les deux premiers sous-objectifs, le mouvement est semblable : une progression presque régulière ascendante traduit les deux mouvements d'apprentissage du début de la section au

cours desquels les élèves effectuent le montage des compétences qui s'appuient sur les connaissances déclaratives et procédurales de base. La fin de la section, animée elle aussi par une progression significative des démarches, les sollicite à des niveaux supérieurs car il s'agit de développer l'activation des connaissances abordées précédemment et de les intégrer aux connaissances acquises dans les sections précédentes.



Légende:

E=Évocation; C=Confrontation; S=Structuration; I=Intégration; V=Vérification;
A=Activation

Sous-objectif 1 : Catégorisation des ravageurs

Sous-objectif 2 : Procédure de dépistage des ravageurs

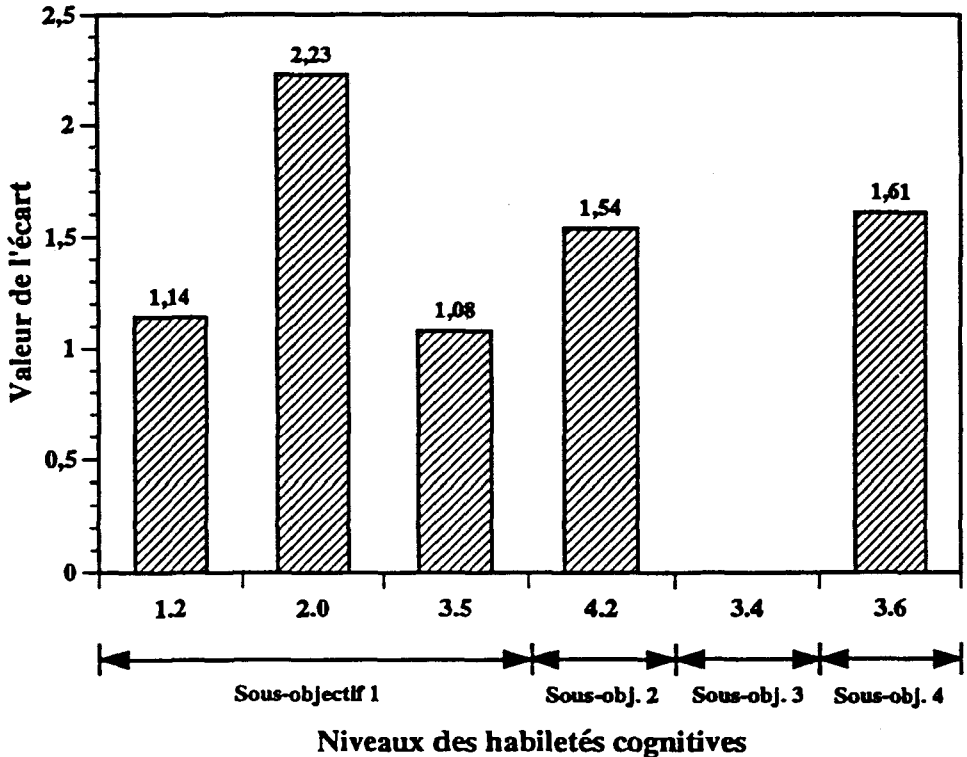
Sous-objectif 3 : Identification des ravageurs spécifiques aux cultures

Sous-objectif 4 : Ravageurs et rotation des cultures - Interactions entre processus

Figure 6 - Valeur relative de la mobilisation cognitive en fonction des démarches pédagogiques des sous-objectifs de la section IV

• **Mesure de la progression des apprentissages**

La figure 7 illustre les écarts moyens des résultats de la section IV uniquement pour l'habileté cognitive supérieure de chaque catégorie. Le caractère intégrateur des habiletés implique en effet que l'acquisition d'un niveau supérieur inclut les niveaux inférieurs pour cette même catégorie.



Légende:

- Sous-objectif 1 : Catégorisation des ravageurs
- Sous-objectif 2 : Procédure de dépistage des ravageurs
- Sous-objectif 3 : Identification des ravageurs spécifiques aux cultures
- Sous-objectif 4 : Ravageurs et rotation des cultures - Interactions entre processus

Figure 7 - Valeur des écarts entre les résultats moyens obtenus par les élèves au prétest et au post-test pour le niveau supérieur des habiletés cognitives des sous-objectifs de la section IV

Ainsi par exemple, la maîtrise des règles d'interaction entre les processus végétaux ou animaux complexes avec l'environnement (niveau 3.6) implique la compréhension des relations entre ces processus (3.5), des règles de fonctionne-

ment (3.4), de propriété (3.3), les relations (3.2) et les fonctions (3.1) qui caractérisent les éléments de ces processus. Nous avons donc principalement interrogé les élèves aux niveaux de connaissances les plus complexes de la section.

• **Analyse par sous-objectifs**

Sous-objectif 1 : Identification et catégorisation des principaux ravageurs, de leurs relations mutuelles et de leur relation avec la plante-hôte

Le premier sous-objectif de la section vise les connaissances déclaratives de base nécessaires à la compréhension des processus et des procédures qui seront abordés ultérieurement dans la section, c'est pourquoi ils sont envisagés très systématiquement à travers les démarches d'évocation, de confrontation et de structuration (voir la figure 5). Dans le but d'initier une action sur les représentations en début de section nous proposons à l'élève d'évoquer ses connaissances sur les ravageurs en partant des concepts qu'il a acquis en dehors de la formation avec le support d'un ensemble de photographies qu'il choisit et décrit dans ses mots ; une mise en commun est effectuée afin de repérer les connaissances qui font défaut ou qui sont déjà acquises. Les observations effectuées en classe sur cette activité d'apprentissage montrent que les élèves connaissent déjà certains ravageurs très courants mais que la majorité d'entre eux n'est pas capable de distinguer avec certitude la présence d'une maladie de celle d'un insecte nuisible.

La structuration des connaissances constitue l'étape suivante visée par une nouvelle activité d'apprentissage : un premier diagramme est construit ; il représente les différentes catégories de ravageurs à partir des caractéristiques repérées par les élèves au cours de leurs observations. Pendant la construction du diagramme, l'enseignant doit intervenir pour favoriser l'expression des élèves et pour les aider à organiser leurs productions cognitives et concrètes en vue d'une première ébauche de schématisation des connaissances, son rôle se limitant à guider les apprenants dans leur démarche individuelle. Les élèves ont cependant éprouvé certaines difficultés à élaborer un diagramme individuel. Cela a incité l'enseignant à adopter une attitude plus magistrale dont le résultat fut la production d'un diagramme unique pour tout le groupe, sans que celui-ci provienne d'un véritable consensus contrairement à ce que nous avions prévu. Cet exemple nous montre à quel point la production des diagrammes nécessite une réflexion autonome et structurée de la part des apprenants ; celle-ci implique également que l'enseignant y consacre le temps nécessaire.

Le mouvement de mobilisation cognitive pour ce sous-objectif est ascendant et culmine dans la structuration du diagramme relatif à la catégorisation des concepts de base. Du

les élèves
évoquent et
confrontent leurs
connaissances
relatives aux
ravageurs

l'élaboration
d'un diagramme
individuel pose
certaines
difficultés

point de vue de l'apprentissage, nous avons pu constater que les noms des différents types de ravageurs sont acquis (identification de concepts) mais que les termes spécifiques relatifs aux relations existant entre les ravageurs et la plante-hôte et les ravageurs entre eux (catégorisation par classe : parasitisme, compétition, etc...) ne semblent pas en progression. Il apparaît donc que la démarche de structuration pour cette deuxième habileté ait été trop abrupte ou insuffisamment préparée par les démarches précédentes.

Sous-objectif 2 : Procédures relatives à l'observation des symptômes d'infestation et au dépistage des ravageurs

Les aspects procéduraux du dépistage des ravageurs sont envisagés pour la première fois, c'est pourquoi ils sont abordés à travers les démarches d'évocation et de confrontation (voir la figure 5). Une activité de jeu éducatif permet à l'élève d'évoquer ses connaissances procédurales relatives au dépistage d'un ravageur et de les associer aux connaissances déclaratives du sous-objectif précédent. On l'amène ainsi à réaliser une première boucle de rétroaction sur des contenus récemment acquis, ce qui constitue la première étape de transformation de la structure cognitive. Le jeu vise la production d'un tableau qui permet de mettre en forme les représentations associées à une procédure spontanée de dépistage (évocation). Chaque élève dispose d'un ensemble de cartons illustrés représentant une action particulière de la procédure à l'aide d'un symbole et l'illustration photographique de l'information visuelle qu'il obtient de l'enseignant s'il envisage cette action. On retrouve les actions suivantes : observation de loin ou de près, creusage du sol pour observer le ravageur aux niveau des racines de la plante, coupe de la tige et des feuilles, estimation de l'ampleur des dégâts et du niveau de dangerosité du ravageur en fonction de son stade de développement. L'élève reçoit au départ une carte illustrant l'état général d'un champ vu de loin tel que le cultivateur pourrait l'appréhender dans la réalité. Il lui revient ensuite de se procurer auprès de l'enseignant les cartons qui lui permettent de cheminer dans une procédure qu'il juge efficace (séquence d'actions avec leurs effets). Le jeu est basé sur l'émission d'hypothèses dont la pertinence est évaluée par l'accès à une information visuelle utile pour l'identification. Seules les actions efficaces lui permettent de progresser dans l'identification du ravageur. Ainsi l'élève peut évoquer ses représentations tout en intégrant les connaissances déclaratives acquises dans le sous-objectif précédent. La présentation de sa stratégie personnelle et spontanée de dépistage aux autres membres du groupe lui permet de confronter ses connaissances à celles de l'enseignant et de ses pairs. L'enseignant y contribue en animant la présentation et en faisant ressortir les éléments communs entre les élèves. La mise en commun est suivie de la structuration d'un diagramme portant sur la procédure d'identification d'un ravageur à partir des éléments invariants issus des dif-

comment
dépister un
ravageur ?

évocation et
confrontation par
un jeu éducatif...

...conduisant à la structuration d'un diagramme algorithmique

férentes démarches individuelles. L'élaboration d'un schéma algorithmique est réalisée sous la guidance de l'enseignant qui évalue les interventions en fonction de leur pertinence. Un exercice de vérification est proposé pour achever l'atteinte de ce deuxième sous-objectif : l'enseignant joue un rôle déterminant dans l'évaluation de l'exercice car la production des élèves servira de base aux démarches ultérieures (voir dernier sous-objectif de la section).

La combinaison entre les niveaux d'habiletés cognitives et les démarches choisies pour ce sous-objectif produit le même profil de mobilisation cognitive que pour le sous-objectif précédent (voir la figure 6) car le but est de favoriser l'acquisition de connaissances procédurales qui n'ont jamais été abordées et qui constituent un élément déterminant des apprentissages en protection des cultures. Le niveau de mobilisation cognitive est cependant supérieur car les habiletés envisagées sont plus complexes (niveau procédural). La progression des différentes démarches est un peu plus abrupte mais entraîne les apprenants jusqu'à la vérification de leurs connaissances.

Du point de vue des apprentissages, la comparaison entre les prétest et post-test est très significative. Dans l'ensemble, les élèves n'avaient jamais réalisé une telle tâche. La majorité d'entre eux ont affirmé au prétest que, confrontés à un problème d'infestation, ils feraient appel à un expert, confirmant ainsi leur incapacité à mener une procédure de dépistage de manière autonome ; au mieux, certains proposent une interprétation des symptômes en terme de carence nutritive ou de pauvreté du sol, sans faire de référence explicite à la présence des ravageurs. Au post-test, aucun élève ne fait plus référence à l'expert. Les bases de la procédure semblent donc acquises et une certaine autonomie se développe. Plusieurs d'entre eux sont capables de décrire la procédure de dépistage pour la maladie et l'insecte nuisible de manière générale. Lorsqu'on analyse les réponses individuelles, on peut parler de l'existence d'un saut qualitatif d'apprentissage significatif pour chaque élève dans la mesure où chacun peut décrire les étapes de base, associer les symptômes à la présence d'un ravageur et non plus uniquement à une carence nutritive et utiliser un vocabulaire spécifique. L'atteinte de ce sous-objectif permet de finaliser une première transition entre les savoirs procéduraux pré-instructifs et les savoirs professionnels et de concrétiser cette transition à l'aide de supports visuels susceptibles de guider une action adéquate.

les élèves progressent vers une démarche plus autonome

Sous-objectifs 3 et 4 : Identification des ravageurs spécifiques aux cultures (phytosystèmes) ; intégration la problématique de l'infestation des ravageurs au processus de rotation des cultures.

La logique de la section IV veut que l'on intègre dans le sous-objectif 3 les connaissances relatives aux différents

l'élève structure
les
connaissances
de deux sections
du cours...

phytosystèmes que les élèves ont acquises dans la section précédente du cours et dans le premier sous-objectif de la section, c'est pourquoi elles ne sont abordées que dans une démarche de structuration (voir la figure 5). La structuration permet d'effectuer le lien entre ces deux « blocs » de connaissances : l'un relatif aux propriétés de certaines cultures et l'autre relatif aux catégories de ravageurs spécifiques à ces cultures. Le diagramme reflétant l'intégration de ces différents types de connaissances est élaboré au cours d'activités d'apprentissage favorisant le rappel des connaissances antérieures et la construction d'un schéma plus complexe.

...pour élaborer
un schéma
complexe des
processus en jeu

Le quatrième sous-objectif aborde les compétences terminales de la section de manière intégrée : l'élève doit pouvoir identifier les facteurs qui interviennent dans une situation d'infestation par les ravageurs en tenant compte des caractéristiques de la culture atteinte et du processus général de rotation des cultures. Comme tel, cet objectif ne fait pas appel à de nouvelles connaissances (on procède d'abord à l'intégration et à la vérification des connaissances acquises dans les sous-objectifs précédents). Il fait néanmoins appel à des habiletés cognitives de niveau supérieur car elles demandent à l'élève d'articuler plusieurs systèmes complexes : le système du ravageur comme agent de destruction, le système du champ comme processus évolutif qui peut être entravé dans son développement ou freiner la progression du ravageur et enfin le système que constitue l'ensemble des cultures d'une ferme au sein de l'environnement et leurs interactions au sein du processus de rotation des cultures. La complexité de ce contenu nécessite une nouvelle structuration de connaissances sous forme d'un schéma intégrant tous les aspects de la protection des cultures abordés dans la section. La portée de ce diagramme est à son tour explorée dans des activités d'apprentissage qui en favorisent la vérification et l'activation. Cette fin de section permet donc essentiellement à l'élève d'effectuer un nouveau retour sur les connaissances qu'il a progressivement construites au cours des différentes activités d'apprentissage. L'évolution de ses représentations reflète un nouvel état de transition entre ses savoirs préinstructifs et le savoir professionnel.

L'enchaînement des différentes démarches des derniers sous-objectifs montre que la progression de la mobilisation cognitive n'est pas aussi régulière que pour les sous-objectifs précédents (voir la figure 6). Un mouvement unique anime le sous-objectif 3. Le sous-objectif 4 est animé par deux mouvements distincts : un retour sur les contenus précédents et l'activation de tous les contenus en fin de section.

transfert des
acquis
antérieurs...

Du point de vue de l'évolution des apprentissages, nous avons observé que les connaissances de la section III ont pu être transférées avec succès dans la section IV par la majo-

...mais fragilité
des
connaissances
spécifiques à la
section :

rité des élèves. Les connaissances du sous-objectif 3 n'ont pas été abordées à travers des questions spécifiques ; elles sont abordées dans les questions relatives au sous-objectif 4 puisque celui-ci synthétise toutes les connaissances de la section. Les élèves maîtrisent bien les connaissances portant sur les conditions de développement des différents phytosystèmes et sont capables de les transposer dans le contexte d'un problème d'infestation. Cependant, les connaissances spécifiques de la section IV ne semblent pas encore suffisamment consolidées. Ainsi les liens entre les mécanismes de rotation des cultures et les infestations endémiques ne semblent pas compris par tous les élèves. Certains d'entre eux interprètent encore la baisse de rendement d'un champ à l'aide d'un modèle mental qui fait référence à la qualité du sol et non à la présence du ravageur comme origine potentielle du problème. Nous savons que les élèves doivent pouvoir roder ces connaissances dans la section suivante. Les niveaux les plus complexes des habiletés devraient sans doute être abordés eux aussi à travers des démarches de niveau inférieur : la mobilisation cognitive exigée pour ces contenus ne semble pas assez progressive et la résolution de problème devrait être abordée avec profit dans cette section dans les activités d'apprentissage de fin de section.

...une
mobilisation
cognitive trop
exigente ?

3. BILAN ET PERSPECTIVES POUR UNE IMPLANTATION ULTÉRIEURE DE LA STATÉGIE PÉDAGOGIQUE

Globalement, l'écart positif entre le prétest et le post-test semble presque constant pour tous les types d'habiletés ce qui permet d'envisager qu'un apprentissage significatif a eu lieu pour l'ensemble de la section. Dans le détail, l'ampleur des écarts révèle que la progression des apprentissages est un peu plus prononcée lorsque les contenus de l'objectif d'apprentissage ont été traités dans des séquences de démarches qui favorisaient l'évocation, la confrontation, la structuration et la vérification de manière rapprochée (sous-objectifs 1 et 2). Ceci nous indique que les habiletés cognitives, qui ont été traitées de manière à favoriser d'abord l'explicitation des représentations individuelles et la structuration des connaissances ensuite, sont acquises de manière durable par les élèves. Cette constatation semble concerner plus particulièrement les objectifs visant les habiletés déclaratives et procédurales en début de section.

des
apprentissages
significatifs ont eu
lieu ...

Lorsque ces objectifs sont intégrés dans la suite de la section à des objectifs plus complexes faisant référence à des habiletés de niveau supérieur, leur traitement dans des démarches orientées vers l'intégration produit également une progression de l'apprentissage. Il nous est permis de penser que des capacités de transfert peuvent s'exercer au

sein d'une même section, pour autant que la complexité croissante du traitement et des habiletés favorise une intégration des différents contenus. Dans un cas (sous-objectif 3) la démarche de structuration a été proposée en incorporant une habileté de niveau supérieur, sans que celle-ci ait été au préalable abordée dans d'autres démarches.

...pour autant que toutes les démarches de la phase de montage soient respectées...

En ce qui concerne les sous-objectifs relatifs aux habiletés supérieures de la fin de la section, l'analyse des écarts de progression confirme que ces habiletés peuvent être développées à travers des démarches telles que la structuration, la vérification et l'activation à la condition que les démarches pédagogiques, y compris celles des sections précédentes, visent explicitement les premières étapes du montage de ces connaissances. Les résultats obtenus par l'activation de telles connaissances dans des exercices explicitement prévus à cet effet montrent que les élèves ont pu effectuer un certain rodage de leurs habiletés.

...et que la croissance de la mobilisation cognitive soit régulière

La stratégie pédagogique envisagée présente une alternative aux approches pédagogiques traditionnellement défendues dans l'enseignement professionnel. La pertinence de l'articulation proposée entre les différentes démarches pédagogiques pour la section IV a pu être évaluée suite à l'analyse des interventions et des apprentissages. Il semble que l'application de la stratégie pédagogique produise un effet positif lorsqu'on envisage de traiter les mêmes habiletés à des niveaux différents de démarche à condition que ces démarches respectent les phases de motivation et de montage pour les compétences relatives aux connaissances déclaratives ou procédurales qui sont abordées pour la première fois. Les démarches les plus complexes (vérification et activation) remplissent leur rôle dans le rodage des compétences à condition que ces dernières aient été abordées dans les séquences précédentes ou dans une autre section dans des démarches moins exigeantes mais tout aussi essentielles. Les résultats plus faibles en fin de section incitent à penser que la mobilisation cognitive était peut-être trop élevée ou que sa progression était trop rapide : l'accent mis sur la schématisation et l'activation des connaissances complexes sans que celles-ci aient été au préalable explicitement évoquées et confrontées par les élèves peut expliquer leurs difficultés d'appropriation. Il serait donc opportun d'aborder ces habiletés complexes à travers une séquence de démarches pédagogiques plus progressive, de consolider la structuration préalable des connaissances et d'accentuer davantage les démarches orientées vers le rodage des connaissances en fin de section. Ainsi, l'activation des connaissances pourrait être abordée parallèlement à la maîtrise des autres habiletés cognitives comme activité de structuration de ces habiletés et non en fin de section comme activité destinée au transfert global du contenu d'une section toute entière.

La difficulté essentielle concerne les démarches de structuration parce qu'elles exigent de l'enseignant qu'il modifie son rôle : les diagrammes technoscientifiques doivent être élaborés sur la base des informations qui ont émergé d'un travail individuel et collectif en classe. Suite à la mise à l'essai, nous pensons qu'il faut faciliter ce partage des connaissances par des activités soutenues par un matériel pédagogique suscitant les échanges verbaux.

L'introduction de perspectives constructiviste et cognitiviste au sein de l'enseignement professionnel présente de nombreux défis qui nécessitent la collaboration soutenue de chercheurs et d'intervenants sur le terrain. Suite à cette analyse, nous dépitons la nécessité de sensibiliser de manière explicite l'enseignant de formation professionnelle aux méthodes qui favorisent la gestion partagée du savoir en classe et la construction collective de celui-ci. Un effort particulier nous semble devoir être consacré au développement de moyens susceptibles de l'aider à rendre opérationnels les principes issus de ces approches théoriques. Le processus de transformation de la structure cognitive de l'élève en vue de l'acquisition de compétences spécifiques requiert selon nous des interventions pédagogiques visant l'explicitation et l'enrichissement de ses savoirs préinstructifs par l'intégration des concepts technoscientifiques sous-jacents aux tâches professionnelles. Notre modèle pédagogique propose un certain nombre d'orientations pour l'élaboration de telles interventions. Dans ce sens, il offre un potentiel d'applications diversifiées dans le contexte d'un enseignement professionnel renouvelé.

nécessité de sensibiliser l'enseignant en formation technique à une approche orientée vers la gestion partagée des savoirs

Isabelle NIZET,
Auxiliaire de recherche, département
de technologie de l'enseignement
Robert BRIEN,
Chercheur principal, département
de technologie de l'enseignement
Louis-Philippe LECLERC,
Chercheur associé, département
de didactique
Jacques BESANÇON,
Directeur du projet et chercheur
principal, département de didactique,
Université Laval (Québec)

Remerciements :

Les auteurs tiennent à remercier M. Maurice Dumont pour sa contribution particulière au projet en tant qu'enseignant à l'école polyvalente Pamphile LeMay de Ste-Croix de Lotbinière. Cette recherche a été supportée financièrement par le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, Gouvernement du Québec, dans le cadre du programme Recherche Développement pour les Formateurs, projet n° 89-LA : S-02.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTOLFI, J.-P. et DEVELAY, M. *La didactique des sciences*. Collection Que sais-je ? Presse universitaires de France, 1989.

BRIEN, R. *Sciences cognitives et formation*. Presses de l'Université du Québec, 1990. (Distribution en France par les Editions ESKA).

DEVELAY, M. A propos de la transposition didactique en sciences biologiques. *Aster*, n° 4, 1987.

DREYFUS, R., JUNGWIRTH, E. & ELIOVITCH, R. Applying the « Cognitive Conflict » Strategy for conceptual change - Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, vol. 74, n° 5, 1990, pp. 555-569.

DUFFY, T. M. & BEDNAR, A. K. Attempting to come to grip with alternative perspectives. *Educational Technology*, vol. 31, n° 9, 1991, pp. 12-15.

GAGNON, R., BESANÇON, J., JEAN, P., GAGNÉ, R. & LECLERC, L.-P. Analyse d'un programme d'électromécanique en ses concepts et principes physiques : méthode et application. *International Review of Education*, vol. 35, n° 3, 1989, pp. 305-327.

GIORDAN, A., MARTINAND, J.-L., ASTOLFI, J.-P., RUMELHARD, G., COULIBALY, A., DEVELAY, M., TOUSSAINT, J., HOST, V. et collaborateurs. *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, Collection Exploration Recherches en sciences de l'Éducation, Peter Lang, 1987.

GURNEY, B. *Constructivism and Professionnal Development : a Stereoscopic view*. Annual Meeting of the national association for research in Science Teaching (62nd, San Francisco, CA, 1989).

HOC, J. M. *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : Presses Universitaires de l'Université de Grenoble, 1987.

LABONTÉ, T. *L'acquisition des concepts scientifiques sous-jacents à la formation technologique dans l'enseignement professionnel au secondaire*, Tome 1. Gouvernement du Québec, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, direction générale de l'enseignement et de la recherche universitaire, 1987.

LAMOUREUX, G., MORE, R. La conception de systèmes psychodidactiques à base cognitive : perspectives possibles. *Recherches en Education, Théorie et pratique*, n° 4, 1991.

LECLERC, L.-P., BESANÇON, J. & NIZET, I. Élaboration de modèles conceptuels adaptés au contexte de l'enseignement professionnel : une application en agrotechnique. *Aster*, n° 15, 1992, pp. 101-119.

LEGENDRE, R. *Dictionnaire actuel de l'Éducation*. Montréal : Larousse, 1988.

MAYER, R. E. Models for understanding. *Review of Educational Research*, vol. 59, n° 1, 1989, pp. 43-64.

NORMAN, D. A. Some Observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds), *Mental Models*, Bolt, Beranek and Newman Inc, 1983.

PAILHOUS, J. & VERGNAUD, G. *Adultes en reconversion. Faible qualification, insuffisance de la formation ou difficultés d'apprentissage ?* Ministère de la recherche et de la technologie, Programme Technologie-Emploi-Travail, 1989.

PERKINS, D. N. Technology meets constructivism : Do they make a marriage. *Educational Technolgy*, Vol. 30, May, 1991.

SIEGLER, R. S. How knowledge influence learning, *American Scientist*, 7, 1983, pp. 631-638.

TOUPIN, L. L'entreprise du savoir et les savoirs en entreprise : dérive ou ancrage? *Sociologie et Sociétés*, Vol. XXIII, n° 1, 1991, pp. 109-129.

RUMELHART, D. E. Schemata : the building blocks of cognition. In R. J. Spiro, B. C. Bruce & W. F. Brewer (Eds). *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale, N. J. : Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1980, pp. 33-58.

RUMELHART, D. E & ORTONY, A. The representation of knowledge in memory. In R. C. ANDERSON, R. J. SPIRO & W. E. MONTAGUE (Eds). *Schooling and the acquisition of knowledge*. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum, 1977, pp. 271-295.

RUMELHART, D. E. & NORMAN, D. A. Accretion, tuning and restructuring : Three modes of learning. In J. W. Cotton & R. L. Klatzky (Eds). *Semantic factors in cognition*. Hillsdale, N. J. : Lawrence Erlbaum Associates, 1978.