

EScale - environnement de formation professionnelle technique assistée par ordinateur : une expérience pilote menée au Québec

Richard Gagnon et Gilberto Lacerda

Resumo: *EScale* é um ambiente aberto e informatizado de formação profissional que obedece ao princípio de que o elemento mais qualificado para uma certa tarefa, seja ele humano, material ou *software* é o responsável por conduzir a relação educativa. Dois eixos condicionam a ação pedagógica do ambiente: uma estruturação conceitual, sistêmica e técnico-científica dos saberes do professor e uma abordagem pedagógica centrada no aluno. Experimentações parciais confirmaram a adequação e a pertinência do ambiente *EScale*.

Résumé : *EScale* est un environnement ouvert de formation professionnelle technique assistée par ordinateur. Il obéit au principe que l'élément de l'environnement le plus qualifié pour une tâche donnée, qu'il soit humain, matériel ou logiciel, est responsable de la mener à bien mais que l'autorité ultime est celle de l'enseignant. Deux axes conditionnent son action pédagogique : une structuration conceptuelle, systémique et technoscientifique des savoirs d'enseignement et une approche pédagogique centrée sur l'apprenant. Des expérimentations partielles ont confirmé le bien-fondé et la pertinence de l'environnement.

Introduction

L'analyse didactique d'un tutoriel, ou tuteur informatisé, est relativement simple quand on s'en tient à une approche traditionnelle de la formation, c'est-à-dire centrée sur l'enseignement et misant sur des stratégies pédagogiques magistrales combinées à des exercices objectifs, souvent à choix multiples axés sur la mémorisation. On est alors, à toutes fins utiles, en présence d'un manuel électronique plus ou moins sophistiqué et l'élève, pour en tirer le profit escompté, doit obéir consciencieusement aux consignes prédéterminées qui s'y retrouvent. Comme tel, ce type de tuteur ne fait pas concurrence à l'enseignant qui l'utilise, car, s'il est bien construit, il est plutôt perçu comme un adjuvant de qualité à l'enseignement, comme un matériel didactique de pointe, et, bien au contraire, il contribue à améliorer l'image de marque de l'enseignant. Ce dernier, maître affirmé, conserve une responsabilité pleine et entière des activités pédagogiques réalisées par ses élèves et il demeure une figure d'autorité légitime auprès d'eux. Dans la relation didactique maître-savoir-élève, le rôle de chaque terme est clair : le maître transmet le savoir à l'élève. Que ce savoir, ainsi que quelques exercices se situent dans un livre, dans un cahier ou dans un tutoriel ne modifie en rien la relation.

Il en va par contre tout autrement si le tutoriel intervient dans une démarche pédagogique centrée sur l'apprentissage, alors que l'élève devient responsable de ce qu'il apprend. C'est que, dans ce cas, l'enseignant délaisse son rôle de maître pour endosser celui de guide, se mettant ainsi au service de l'élève. Trois conséquences importantes s'ensuivent immédiatement. D'abord, les stratégies pédagogiques mises en œuvre par l'enseignant et dans le tutoriel se complexifient et s'orientent vers l'interaction et la découverte ; ensuite, le caractère prévisible des activités pédagogiques réalisées en cours de formation diminue considérablement ; enfin, la source du savoir de l'élève devient diffuse car, d'une part et contrairement au cas précédent, ses savoirs antérieurs propres et son activité d'apprenant contribuent ouvertement à l'édification de ses nouveaux savoirs, d'autre part, une grande variété de ressources pédagogiques sont éventuellement mises à contribution : équipe d'enseignants, autres élèves, ordinateurs, laboratoires, bibliothèques, ateliers, milieux de stages, etc. Ce faisant, et par la force des choses, l'enseignant est régulièrement mis en situation d'adaptation, voire d'improvisation, et de résolution de problème. Parallèlement, et par la même occasion, on assiste à un quasi-renversement de la structure du pouvoir telle qu'elle s'établit dans l'enseignement traditionnel : encouragé par l'enseignant, l'élève prend dorénavant un ascendant certain, et conscient, sur son apprentissage.

Pour l'enseignant, il en résulte une exigence fortement accrue de qualification professionnelle, sous peine de contestation de son *leadership* et de son autorité, et d'une entame sérieuse à la confiance des élèves à son endroit. Cette compétence pédagogique de haut niveau se traduit par la capacité de pallier les multiples disparités entre les élèves (style et rythme d'apprentissage, connaissances antérieures, culture, expérience, motivation personnelle, etc.) tout en permettant à chacun d'eux d'atteindre un seuil de réussite commun. Elle se traduit aussi par de la facilité à gérer les processus d'apprentissage, sans recherche du contrôle total des apprentissages réalisés. Indirectement, et peut-être malgré lui, l'enseignant est entraîné vers une forme d'enseignement-apprentissage à la mesure de chaque apprenant, mais pouvant très bien se dérouler en groupe, dans une apparente homogénéité.

Pour l'élève, une participation nettement plus active au processus de formation devient obligatoire pour en assurer le succès, ainsi qu'une acceptation sans équivoque de sa responsabilité d'apprenant. Cela requiert entre autres qu'il travaille davantage pendant la formation et pas seulement après, qu'il fournisse des informations à ses pairs et discute avec eux, s'exposant ainsi au groupe et se rendant vulnérable, qu'il interagisse avec différents médias et plusieurs sources de formation, qu'il démontre enfin un degré d'autonomie et d'implication que la formation traditionnelle ne lui commande certes pas.

Quant au tuteur informatisé, élément privilégié de ce qui constitue un véritable environnement de formation, il doit gérer des procédés pédagogiques et des approches didactiques participatifs et complexes à partir d'une connaissance très limitée de la situation réelle et des acteurs multiples qui s'y retrouvent. Il doit donc être capable de grande souplesse et être doté d'une certaine forme d'intelligence.¹

Comme il est facile de s'en rendre compte, le contrat didactique (Jonnaert, 1988) qui lie clairement élèves et enseignants dans l'enseignement traditionnel se voit profondément modifié par ces bouleversements. La situation pédagogique se fait plus complexe ; les rôles et les prérogatives de chacun des acteurs (enseignants, élèves, tuteurs informatisés, etc.) se nuancent et se superposent ; l'autorité n'est plus clairement campée et l'enseignement-apprentissage, paradoxalement, devient une responsabilité partagée. C'est au prix de cette complexité et de cette faible définition de la situation que l'élève s'activera vraiment, prendra concrètement en charge sa propre formation, et que, pour sa part, l'enseignant utilisera des stratégies pédagogiques sophistiquées mais difficiles à mettre en œuvre bien qu'adaptées aux besoins des élèves.

¹ « Il ne s'agit plus de modéliser l'apprenant mais plutôt de modéliser l'interaction » écrit Bruillard (1997, p. 215).

Prétendre que ce véritable génie pédagogique est à la portée de plusieurs enseignants serait naïf. Prétendre que les élèves consentent facilement aux efforts requis alors qu'ils n'en ont pas l'habitude le serait tout autant. Prétendre enfin que l'expertise pédagogique et les techniques d'intelligence artificielle sont suffisamment formalisées pour réaliser à court terme des tutoriels intelligents vraiment efficaces serait présomptueux. Mais, et tel est l'essentiel de notre propos, des pas importants peuvent être franchis dans cette direction si chacun des acteurs de la situation pédagogique est mis à contribution pour ce qu'il sait faire le mieux.

Dans un article récent, Gagnon (1999) a proposé des orientations générales pour l'élaboration d'environnements de formation assistée par ordinateur destinés à des élèves techniciens (principalement dans des domaines propres aux techniques physiques et, dans une moindre mesure, aux techniques de la santé). Après avoir considéré la problématique contemporaine de la formation professionnelle, il adopta une perspective fonctionnelle pour cette formation, suivant laquelle des savoirs scientifiques pertinents (sciences naturelles et sciences humaines) seraient associés aux savoirs techniques pour favoriser chez l'élève une compréhension des tâches et des systèmes techniques étroitement reliée à leur fonction dans l'activité professionnelle. Pour représenter ces relations, des réseaux conceptuels dits technoscientifiques furent suggérés. Gagnon souligna cependant la difficulté d'une telle formation et la quasi-obligation d'user, au-delà des réseaux conceptuels, de démarches pédagogiques complexes, capables de gérer l'ignorance inévitable qu'entretient le formateur de la plus grande part des savoirs de l'élève, ses savoirs privés notamment que l'élève doit intégrer aux savoirs publics qui lui sont enseignés pour assimiler ces derniers. Pour y parvenir, deux approches furent explorées par l'auteur, l'une consistant à accroître la connaissance des savoirs de l'élève, en l'amenant à expliciter ceux-ci et en constituant un modèle de l'élève, c'est la gestion des savoirs, l'autre consistant tout au contraire à augmenter cette ignorance en exploitant l'autonomie de l'élève, c'est la gestion des processus. Par ces deux voies, estime Gagnon, l'élève parviendra plus facilement à unifier la totalité de ses savoirs et sera mieux formé. Dans ce type d'environnement, c'est à l'ordinateur qu'entre autres serait confiée la gestion des modèles des élèves et de la démarche pédagogique.

C'est dans cette perspective que fut modélisé un environnement de formation professionnelle technique assistée par ordinateur dont la réalisation a été entreprise (Lacerda *et al.*, 1994 ; Lacerda et Gagnon, 1995 ; Lacerda, 1995). Cet environnement fut dénommé *ESCALE*, de l'acronyme du modèle pédagogique qui le sous-tend (ESC) et pour souligner le caractère progressif des apprentissages qu'on y effectue. Dans cet article, nous présentons cet environnement. Dans un premier temps, nous spécifions les buts et objectifs d'*ESCALE* en rappelant sommairement la problématique de la formation professionnelle technique, nous précisons l'organisation des connaissances du domaine qu'il privilégie, le modèle de l'élève qu'il incorpore ainsi que la démarche pédagogique qu'il met en œuvre, car ce sont là les constituants fondamentaux d'*ESCALE*. Par la suite, nous procédons à une analyse de la situation didactique telle qu'elle se présente dans l'environnement en considérant séparément chacun des pôles de cette situation. Nous concluons par un sommaire des caractéristiques principales d'*ESCALE* en insistant sur le rôle déterminant de la didactique dans le succès de ce genre d'environnement et nous annonçons la suite de nos travaux.

Description de l'environnement ESCALE

Pour affronter les changements constants du monde du travail contemporain, le technicien compétent d'aujourd'hui possède des tâches qu'il exécute et des systèmes techniques sur lesquels il opère une compréhension plus globale et plus fonctionnelle que par le passé, c'est-à-dire mieux rattachée aux raisons d'être et aux fonctions de ces tâches et systèmes et, par conséquent, plus stable face au changement (pour une description détaillée du technicien fonctionnel, voir Gagnon, 1999 et Lacerda, 1995). Le technicien compétent d'aujourd'hui possède ainsi de son domaine professionnel une vision organisée, structurée sur le plan conceptuel, et il conserve grâce à cela son autonomie, car il est capable d'adaptation. Mais pour ce faire, il lui faut maîtriser des savoirs variés, issus de plusieurs disciplines, adéquatement reliés les uns aux autres. Par exemple, la compréhension fonctionnelle du système de refroidissement d'un moteur d'automobile requiert du mécanicien qui l'entretient l'application de concepts et principes thermodynamiques (Lord, 1993) ; celle de l'équilibrage des roues, de concepts et principes physiques et mathématiques. Une telle approche de formation est souvent qualifiée de technoscientifique (Pelchat, 1990 ; Adambounou *et al.*, 1995), car elle utilise les disciplines scientifiques pertinentes et les mathématiques au profit, au service de la formation technique. Elle se réalise de multiples façons, telles que par l'exploitation pédagogique de diagrammes, de structures ou réseaux conceptuels, éventuellement pluridisciplinaires (Brien *et al.*, 1991 ; Besançon *et al.*, 1988 ; Gagnon, 1990), par l'intégration de connaissances scientifiques aux

contenus de formation strictement techniques, par des activités d'apprentissage sur des systèmes réels et simulés (Vachon et Fortin, 1994 ; Cervera *et al.*, 1991) ou par une insistance marquée sur le rapprochement théorie-pratique (Ettayebi *et al.*, 1993 ; Désilets *et al.*, 1991).

Dans ces conditions, l'on ne saurait s'en remettre à une approche essentiellement algorithmique de la formation, à un apprentissage des procédures et des savoirs-faire qui conduirait l'élève à reproduire de façon quasi automatique les gestes et les pratiques de la profession mais sans, probablement, qu'il en comprenne les raisons d'être, ni les conséquences (Luc, 1994). À la lumière des résultats de recherche en didactique des disciplines (Develay, 1995), il paraît plutôt judicieux de centrer les interventions pédagogiques sur l'élève, de mettre l'accent sur des apprentissages à la fois conceptuels et procéduraux et de le responsabiliser face à ceux-ci. Nous avons en fait besoin d'une approche pédagogique et didactique qui favorise le développement de savoirs signifiants que l'élève technicien saura justifier et mettre en œuvre dans toutes sortes de situations de travail (Toupin, 1995).

Voilà en somme les objectifs poursuivis par l'environnement de formation *ESScale*. Il vise spécifiquement à encadrer l'apprentissage d'élèves techniciens pour susciter chez eux la construction de savoirs de leur domaine professionnel fonctionnels et à faciliter pour l'enseignant l'application d'une démarche pédagogique susceptible d'y parvenir. Constitué à terme de l'ensemble des ressources disponibles pour la formation de techniciens fonctionnels, ressources humaines (équipe de formateurs, groupes d'élèves, autres intervenants), informatiques (système tutoriel et autres logiciels) et matérielles (volumes de référence, manuels techniques, laboratoires, ateliers, milieux de stages, etc.), il demeure sous le contrôle de l'enseignant mais assiste celui-ci dans le processus de formation. Dans sa conception même, *ESScale* est un environnement ouvert dont le nombre et la nature des composantes peuvent varier d'un domaine d'application à un autre mais fortement contraint par l'organisation des connaissances qu'il incorpore et par la démarche pédagogique qu'il met en œuvre. Suivant la suggestion de Gagnon (1999), les connaissances du domaine y sont structurées sous forme de réseaux conceptuels technoscientifiques et, pédagogiquement, la mise en œuvre de l'approche ESC – pour Expérientielle, Scientifique et Constructiviste – centrée sur l'apprenant, adaptée à la formation technique et validée par plusieurs recherches (Gagnon *et al.*, 1991 ; Ettayebi *et al.* 1993 ; Gagnon *et al.*, 1996a), y est exclusive.

Pour une meilleure compréhension de la dynamique d'*EScale* et de ses modes de fonctionnement, considérons plus en détails ces deux orientations, principaux déterminants des effets de l'environnement sur l'apprentissage des élèves.

L'ORGANISATION DES CONNAISSANCES DU DOMAINE

Le recours aux réseaux conceptuels s'inscrit dans la perspective fonctionnelle adoptée pour la formation technique. Dans leur expression la plus générale, ces réseaux sont des groupements de concepts reliés de façon à ce que l'ensemble constitué ait un sens global : un système technique, par exemple, comme le système de refroidissement du moteur d'un véhicule automobile, un processus de travail comme la priorisation des cas dans un service d'urgence hospitalier ou, encore, un concept scientifique intégrateur tel que la lumière, la chaleur ou la respiration. Pour couvrir l'intégralité d'un domaine, plusieurs réseaux de ce type seraient nécessaires. À leur tour, ceux-ci, pris comme concepts uniques, pourraient être reliés en réseaux plus abstraits, plus généraux, représentatifs d'une partie plus importante ou même de l'ensemble du domaine : tous les systèmes d'un véhicule automobile par exemple, tous les services d'un hôpital, etc. Semblables à la suite des grossissements d'un prélèvement sous le microscope, des réseaux emboîtés résulteraient de ce processus, correspondant à des niveaux de résolution différents du contenu considéré (Besançon *et al.*, 1988).

Mais bien que l'environnement *EScale* accorde une grande latitude pour représenter ces réseaux, il leur impose trois contraintes décisives pour la formation fonctionnelle recherchée. La première est qu'une modélisation de type systémique est fortement recommandée. Les connaissances modélisées doivent communiquer l'une avec l'autre, se compléter, composer un tout dynamique, un système de connaissances juste assez défini pour qu'on puisse le questionner, le mettre à l'épreuve, pour qu'il soit capable de produire un extrait, à l'image d'une théorie suffisamment formée. Juste assez défini, c'est-à-dire pas trop, pour ne pas surcharger le réseau, ni alourdir la tâche de le produire ni, surtout, limiter son potentiel pédagogique. À l'usage, il nous est apparu qu'un simple trait, indéfini, entre les entités était le plus souvent préférable, comme sur la Figure 1.

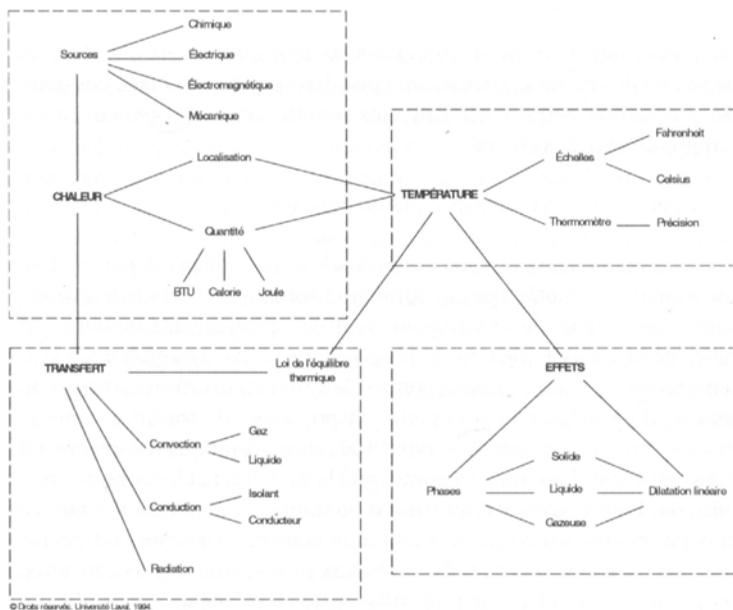


Figure 1: Exemple de réseau conceptuel traitant de phénomènes thermiques (Gagnon *et al* 1995)

De la sorte, tous les liens valides pertinents coexistent, latents, sur le même réseau, y compris ces liens contextualisés indénombrables que l'on ne peut prévoir. Grâce à ce modèle, par le biais de stratégies pédagogiques adéquates, l'élève peut conceptualiser son domaine de formation comme un ensemble cohérent d'éléments organisés en vue de finalités explicites, et il peut formuler comme il lui plaît les relations spécifiques entre les constituants du réseau, avec la richesse qui lui convient, en incorporant tous les savoirs privés qu'il désire, en autant qu'il s'accorde avec le savoir savant. C'est une première façon, pour l'environnement, de gérer l'ignorance des savoirs de l'élève, en limitant la structure des savoirs imposés à sa plus simple expression. De plus, ces réseaux conceptuels peuvent aussi être utilisés comme simulateurs effectifs de l'activité technique (voire transformés en simulateurs véritables, mais alors faudrait-il expliciter les liens avec précision) et ils permettent l'exploitation pédagogique d'innombrables situations professionnelles dont ils constituent la matrice conceptuelle. Ainsi, dans *EScale*, un logiciel a été mis au point, *ESCoumins* (Gagnon et Leclerc, 1994), pour composer des réseaux conceptuels et pour démarquer quelles parties de ces réseaux sont sollicitées lorsque des situations problématiques particulières, présentées sous forme de

questionnaires traditionnels, sont abordées dans une perspective fonctionnelle. Intégrée au logiciel, une pondération judicieuse des liens entre les éléments des réseaux, établie à partir de barèmes de correction critériés prédéterminés, permet d'étalonner le degré de maîtrise de chaque lien tel que démontré par le technicien dans toutes les situations problématiques qui y font appel (nécessairement plusieurs pour assurer une bonne fiabilité) (Gagnon et Ettayebi, 1998 ; Ettayebi et Gagnon, 1993). L'ensemble des valeurs ainsi obtenues devient dans *EScale* l'un des deux éléments principaux du modèle de l'élève (l'autre étant le style d'apprentissage auquel nous reviendrons plus loin) et il est interprété comme la *structure cognitive effective* de l'élève. Que cette hypothèse soit fondée a été admirablement démontré par Ettayebi (1993) dans le cas de phénomènes thermiques abordés par des élèves d'électromécanique de systèmes automatisés. Une corrélation de 94 % fut établie entre une correction traditionnelle des épreuves soumises aux élèves et la méthode implantée dans *ESCoumins* (appelée méthode des réseaux conceptuels pondérés ou méthode RCP) et un taux de concordance de 85 % fut obtenu entre les réseaux conceptuels pondérés et des entrevues individuelles extensives. Bien que la généralité de l'hypothèse n'ait pas encore été prouvée, faute d'expériences suffisamment nombreuses sur le sujet, elle s'est en revanche avérée plausible et justifiée dans tous les cas où elle fut supposée (Gagnon *et al.*, 1995, 1996b, 1998).²

Dans *EScale*, le logiciel *ESCoumins* et le traitement des conceptions qu'il sous-tend constitue l'un des moyens privilégiés de gérer l'ignorance partielle des savoirs de l'élève. En effet, non seulement génère-t-il une approximation efficace et utile de la structure conceptuelle sous-jacente mobilisée par l'élève dans les situations problématiques présentées, contribuant de cette façon à accroître la connaissance de leurs savoirs privés, mais encore est-il pratique, c'est-à-dire utilisable facilement en situations de formation véritables. Ce qu'il sacrifie de la précision et de la richesse des entrevues individuelles, il le gagne en utilité puisque de telles entrevues sont virtuellement impossibles à réaliser dans des conditions normales de formation. Le compromis qui en résulte est efficace comme l'ont montré les utilisations qui furent faites d'*ESCoumins* en milieu de travail (Gagnon *et al.*, 1995 ; Gagnon *et al.*, 1998).

² Ces expériences se sont déroulées en milieu de travail. Dans ces conditions, il a d'abord fallu « fermer » les questionnaires, c'est-à-dire permettre un choix de réponses prédéterminées à partir de réponses véritables fournies par des *répondants équivalents* à des versions ouvertes des questionnaires. Dans un esprit constructiviste, des formulations analogues à celles des répondants équivalents furent proposées comme choix (Gagnon *et al.*, 1995 ; Vaillancourt et Gagnon, 1998).

La deuxième contrainte majeure imposée aux réseaux conceptuels par l'environnement *EScale* est l'existence parmi ceux-ci de réseaux technoscientifiques, c'est-à-dire composés à la fois d'éléments techniques (objets, méthodes, systèmes, etc.) et de concepts et principes de disciplines scientifiques connexes. De tels réseaux sont exigés pour faciliter à l'élève la compréhension et la justification fonctionnelles des situations, des décisions et des procédés techniques car ils jouent le rôle d'interfaces entre le domaine technique proprement dit et tous les autres champs de savoirs qui contribuent à donner sens à l'activité technique. Il en résulte le double avantage de dégager l'élève d'une vision autrement trop procédurale de son domaine professionnel (qu'il tend fréquemment à adopter spontanément) et de donner à des savoirs disciplinaires connexes bien particuliers une pertinence manifeste. Dans la formation professionnelle courante, ces savoirs sont souvent considérés illégitimes, puisque inutiles, par les élèves qui, conséquents, les négligent tout simplement. Dans *EScale*, la perspective fonctionnelle et les réseaux technoscientifiques qui la représentent explicitement transforment ces sciences «étrangères» en sciences du technicien.³

La troisième contrainte est presque automatique dans son principe mais beaucoup plus ardue à satisfaire car elle implique un questionnement didactique important : les réseaux conceptuels élaborés dans *EScale* sont socialement valides. Autrement dit, d'une part, ils sont conformes aux savoirs savants et emportent l'adhésion des experts de chacun des domaines de connaissance qui y figurent, mais, d'autre part, ils constituent des références admissibles pour les élèves et sont donc adaptés à leur niveau. Sans entrer dans le détail d'une telle analyse, apprécions néanmoins qu'il faut chercher à concilier les points de vue de techniciens, de scientifiques et d'enseignants experts de leur domaine respectif, celui d'élèves pas encore novices et les vocabulaires particuliers que chacun utilise. Un problème analogue est celui de tout concepteur de matériel didactique qui doit sélectionner, organiser, nommer, décrire et illustrer des contenus d'enseignement, mais qui ne peut la plupart du temps le faire sans une large consultation et sans le souci permanent de faire sens pour les élèves à qui le matériel est destiné. La question du vocabulaire notamment est des plus délicates car un même vocable a fréquemment des acceptions différentes dans des domaines différents, et d'autres encore dans la vie quotidienne (voir Gagnon *et al.*, 1991 pour ce qui est des phénomènes thermiques). Le plus souvent, des compromis doivent être consentis sans

³ Pour un approfondissement de cette question et de la nature de la science du technicien, voir Gagnon (1999).

qu'une règle claire pour en guider l'orientation puisse être établie. On pénètre à ce moment dans une zone à la limite de l'intelligibilité, au-delà de laquelle l'ignorance est irréductible et doit tout simplement être acceptée.

Ainsi, en raison même de ces contraintes, les réseaux conceptuels jouent dans *ESCALE* un rôle prépondérant pour la formation fonctionnelle de techniciens, celui d'en indiquer la perspective, et ils offrent à cet égard de multiples possibilités selon l'utilisation pédagogique qui en est faite. Considérons celles-ci :

- Le cas échéant, les réseaux conceptuels tiennent lieu de schémas organisateurs de contenus (*advanced organisers*) efficaces auxquels peut se référer l'élève pour visualiser le domaine, tel que préconisé par Ausubel (1963).

- Les contenus sélectionnés pour la formation peuvent être rattachés, sous forme de liens «hypertexte», aux éléments conceptuels correspondants qui constituent ces réseaux ; l'organisation du matériel didactique se fait ainsi, elle aussi, à l'image du domaine. Un procédé similaire fut utilisé pour organiser les contenus d'un manuel portant sur l'énergie thermique et les résultats de l'expérimentation de ce manuel ont confirmé la pertinence du procédé (Gagnon, 1990 ; Ettayebi, 1993). Son utilisation dans un environnement de formation assistée par ordinateur devrait être encore plus profitable, surtout si les ressources de l'autoroute électronique sont mises à profit.

- Les réseaux conceptuels peuvent servir de «carte de navigation» à l'intérieur de l'environnement *ESCALE*. On disposerait par le fait même d'une «table des matières» éminemment cohérente et de repères propres à consigner le cheminement d'apprentissage accompli par l'élève.

- Enfin, de tels réseaux offrent les fondements d'un modèle de l'élève approprié à une pédagogie à caractère constructiviste, comme nous l'avons montré en décrivant *ESCOUMINS*.

On s'en sera rendu compte, il résulte de l'utilisation de réseaux conceptuels tels que définis ci-dessus une grande économie d'efforts dans l'environnement *ESCALE*, puisqu'ils servent à plusieurs fins, et une unité évidente des diverses composantes de l'environnement, deux caractéristiques susceptibles de favoriser chez l'élève le développement d'une vision unifiée de son domaine professionnel à condition que l'approche pédagogique y contribue.

Guider l'élève vers une conception fonctionnelle de son domaine professionnel, faciliter l'appropriation de savoirs socialement pertinents et valides pour qu'ils le deviennent aussi sur le plan individuel, stimuler l'harmonisation de toutes les catégories de savoirs de l'élève, y compris les moins communicables, conduire ce dernier à la compétence professionnelle technique reconnue par l'autonomie manifestée et l'intégration socioprofessionnelle, voilà en résumé le mandat pédagogique de l'environnement *EScale*. L'approche ESC (Ettayebi *et al.*, 1993; Gagnon *et al.*, 1996a) qu'il met en œuvre en est chargée.

Centrée sur la relation théorie-pratique dont elle cherche à maximiser la congruence, cette approche admet que la connaissance technique est d'autant plus signifiante pour l'individu que la conception ou représentation théorique qu'il s'en fait s'accorde avec les expériences conscientes et réfléchies qu'il a réalisées sur le sujet. Par sa composante scientifique, l'approche ESC poursuit les mêmes buts que la démarche de validation de connaissances scientifiques, mais à l'échelle de l'élève en formation professionnelle plutôt que de la communauté. Premièrement, elle recherche une validation théorique des savoirs de l'élève au terme de laquelle ce dernier sera capable d'explicitier et de justifier le plus possible ce qu'il pense et ce qu'il fait dans une situation professionnelle donnée, à l'aide de concepts, de principes, de faits et règles empiriques, sans recourir continuellement à des arguments d'autorité ou au fatalisme (par des formules du genre : «Cela est ainsi parce que c'est ainsi»). Deuxièmement, l'approche ESC vise à produire aux yeux de l'élève une validation pratique de ses savoirs professionnels, au moyen d'interactions concrètes avec son environnement (d'étude et de travail) réalisées dans une perspective de mise en question consciente, critique et volontaire, afin que par lui-même il puisse identifier, délimiter et contrôler les effets de ses interventions. Enfin, elle veut guider l'élève vers un rapprochement de ses conceptions, explications et justifications vis-à-vis de la situation professionnelle considérée et des conclusions qu'il a tirées de ses interventions pratiques dans le cadre de situations analogues.

Cette triple action (validation théorique, validation pratique et congruence) cherche à produire chez l'élève une double validation de ses savoirs professionnels : validation individuelle, d'un côté, pour qu'il soit capable d'attribuer, par lui-même et pour lui-même, un degré de vérité et de certitude à ses connaissances et savoir-faire professionnels ; validation sociale, de l'autre, pour qu'il mesure jusqu'à quel point ce qu'il sait, comme ce qu'il fait, est conforme aux savoirs et pratiques des autres techniciens et qu'en retour il leur démontre que lui aussi détient des connaissances reconnues, qu'il exerce

son métier selon les règles de l'art conformément aux normes admises. La composante scientifique de l'approche ESC constitue l'épine dorsale de cette approche d'enseignement-apprentissage. Elle guide le choix et l'organisation des contenus de formation (et donc la composition même des réseaux conceptuels) et oriente la détermination des activités théoriques au regard des activités pratiques et expérimentales. Elle dégage pour la formation un cadre didactique que l'on pourrait qualifier d'objectif ou de disciplinaire en ce sens que les caractéristiques individuelles des personnes formées n'y sont pas forcément prises en compte et que la raison du domaine à l'étude prévaut.

En contrepartie, la composante scientifique contraint peu la manière dont se déroulent les activités pédagogiques proprement dites et, toute seule en œuvre, engendrerait des résultats variables selon la qualité des choix effectués. C'est pourquoi les deux autres composantes de l'approche ESC font-elles contrepoids à cette vision objective de la formation, y apportant une dimension subjective, individuelle et non reproductible, balisant du même coup le processus pédagogique pour fortement le limiter. Elles cherchent pour l'une, en l'occurrence la composante expérientielle adaptée du modèle de l'apprentissage de Kolb (1984), à relier la question à l'étude aux expériences de vie et de travail de l'individu formé, y compris les dimensions affectives et psychomotrices, et pour l'autre, la composante constructiviste, à prendre en considération dans le processus de formation les conceptions initiales de l'individu à propos de cette même question. Deux façons différentes et complémentaires de placer l'élève au cœur de la situation éducative et de lui abandonner dans une large mesure le contrôle de son apprentissage. D'abord, parce que le vécu expérientiel pris en compte et enrichi par la composante expérientielle de l'approche pédagogique ne saurait être objectivé sans en sacrifier une part essentielle, soit l'appropriation sensitive et affective d'une situation – l'élève étant le seul en effet qui peut en apprécier l'ensemble et la pédagogie, gérant au mieux l'ignorance, doit juste le guider dans ce processus en dirigeant son attention. Ensuite, parce que sur le plan cognitif, par la composante constructiviste, l'élève doit régulièrement justifier, défendre, modifier des conceptions personnelles qu'il voit comparées, voire confrontées à celles d'autres élèves, d'enseignants ou de techniciens experts. C'est par ces interactions multiples avec le monde des choses d'une part, avec le monde des autres de l'autre, que l'élève devra juger de la pertinence et de la validité, sociales et individuelles, de ses propres compétences.

Pour soutenir ces activités pédagogiques, l'environnement *EScale* offre deux outils majeurs : d'abord, le modèle ESC formalisé, défini jusqu'aux activités pédagogiques possibles et à leurs conditions d'utilisation (cette partie de l'environnement *EScale* est en voie de réalisation sous la forme d'un planificateur de leçons informatisé (Laafou, 1997) ; ensuite, un modèle de

l'élève à deux volets consignant d'un côté ses structures cognitives effectives telles que déterminées au moyen d'*ESCoumins* et portant sur les sujets considérés pendant la formation, de l'autre son style d'apprentissage dominant selon la classification de Kolb (1984). Ce second volet du modèle de l'élève est pris en compte dans l'environnement *EScale* lors du choix des activités pédagogiques et dans leur déroulement. Pour planifier les activités, l'ordinateur peut adéquatement conseiller les enseignants ; pour en assurer le bon déroulement par contre, seuls des intervenants humains formés à cet effet sont capables d'un tel accomplissement.

Comme elle vient d'être décrite, par composante, l'approche ESC peut paraître rigide, linéaire, mécanique dans son application. Mais il n'en est rien, car la linéarité n'est pas dans la pédagogie utilisée, elle est dans la planification des activités et dans leur déroulement, tous deux forcément séquentiels, qu'il y ait ou non correspondance étroite entre eux. C'est qu'une même activité, choisie en conséquence, agit potentiellement sur plusieurs fronts ; elle admet, le cas échéant, des visées expérientielles, scientifiques ou constructivistes car ces trois composantes vont de pair, concourent au même objectif de formation fonctionnelle du technicien. Dans leur mise en œuvre, les composantes de l'approche ESC se fusionnent, leurs actions coexistent. L'approche est complexe cependant, car elle vise simultanément plusieurs fins ; elle doit être enseignée, puisqu'elle ne fait pas partie du répertoire commun de l'enseignant, mais elle est efficace, comme l'ont clairement démontré plusieurs expérimentations qui l'ont mise à l'épreuve en milieu scolaire (Gagnon *et al.*, 1991 ; Ettayebi *et al.*, 1993; Ettayebi, 1993) et en milieu de travail (Gagnon *et al.*, 1995, 1996b, 1998). C'est pour en faciliter l'utilisation et la rendre plus accessible que le planificateur informatisé a été entrepris.

La situation didactique dans l'environnement *EScale*

Tel que présenté, on conçoit donc l'environnement *EScale* comme un ensemble diversifié d'outils et d'intervenants, mais unifié par une vision fonctionnelle du domaine, à caractère technoscientifique, et par une approche pédagogique qui, tout en situant l'élève au cœur de ses apprentissages, recherche à la fois son intégration à la communauté des pairs et le développement de son autonomie professionnelle, car c'est ainsi que se définit la compétence technique dans la problématique du travail contemporaine (Gagnon, 1996).

Pour tous ceux concernés, les conséquences de telles contraintes sont importantes car dans *EScale* le savoir est distribué, la responsabilité pédagogique partagée et l'apprentissage n'est pas l'apanage de l'élève

puisque l'ignorance aussi est commune. Les trois pôles de la relation didactique perdent donc leur distinction ; *maître, savoir, élève* acquièrent un flou conceptuel et opérationnel. Considérons ces termes.

LE MAÎTRE

Le maître, c'est en principe celui qui sait, qui détient le pouvoir, qui exerce l'autorité et qui sanctionne ; qui a des comptes à rendre aussi mais ailleurs, hors de la situation dont il est le maître, ce qui le sert car il peut imposer sans justifier, à la limite sans comprendre : «On» lui impose d'imposer.

Évident dans l'enseignement traditionnel car singulier, humain, reconnu : l'enseignant est le maître. Pluriel et multiforme dans *EScale* comme chaque composante de l'environnement peut prétendre au rôle, l'élève y compris : les trois maîtres de Rousseau (1992) et plus encore, pourrions-nous dire. Bien sûr, il y a là matière à interprétation, mais telles sont les questions justement : qui sait ? Tous : l'élève, l'enseignant, l'ordinateur, les autres élèves, les livres... Des choses différentes, il va sans dire, mais en rapport direct avec le domaine de formation et avec la meilleure façon de l'enseigner et de l'apprendre, car c'est cela le savoir du maître : contenu et pédagogie. Qui détient le pouvoir ? L'enseignant détient le dernier mot dans l'environnement *EScale*, il en exerce le contrôle, au point même d'en sortir s'il le juge nécessaire car il est responsable en titre de sa classe. Mais autrement, cela dépend. Le planificateur de leçons pour diriger le cheminement pédagogique ; l'approche ESC, plus généralement, pour contraindre le processus d'enseignement-apprentissage et prendre en compte l'ignorance des savoirs de l'élève ; les structures conceptuelles et *ESCoumins* pour modeler les conceptions et réduire l'ignorance ; l'élève pour tellement de choses qu'il s'enseigne lui-même... Qui exerce l'autorité ? Cela dépend encore. Des inconnus, très souvent, auteurs de livres, de matériel didactique, de programme de formation, le pouvoir de la plume en quelque sorte ; l'enseignant, bien sûr, très concrètement, par procuration ; les milieux de stage et de travail, énormément, suprêmement même, tellement les élèves font confiance à ce qu'ils observent dans la «vraie vie», au point de contester l'enseignement dispensé à l'école, le pouvoir de l'action cette fois ; l'élève lui-même aussi, quand il est seul à vivre ce qu'il apprend, mais par nécessité souvent, dans le doute jusqu'à ce qu'il ait confiance en lui. Qui sanctionne ? Validation sociale, validation individuelle : *idem*, selon le cas.

Dans l'environnement *EScale*, le maître est diffus, mobile. Il habite divers corps, divers objets, les soumet en quelque sorte. Ce n'est pas la démocratie, ce n'est pas l'anarchie, mais la suprématie du meilleur, de celui qui sait le mieux dans les circonstances, et la reconnaissance de cette

excellence. Avec l'incertitude qui en résulte et l'insécurité et l'implacable responsabilité, car, au fond, qui est le maître ? Où, quel est-il ?

N'est-ce pas vrai aussi dans l'enseignement traditionnel ? Ne pourrions-nous également y disperser le maître ? Non, à cause de la reconnaissance, car l'enseignement traditionnel définit clairement l'identité du maître et tous, bon gré, mal gré, le reconnaissent. *EScale*, lui, distribue cette identité sur plusieurs acteurs que tous, de gré ou de force, doivent assumer. Le principe est le même, mais pas le résultat.

LE SAVOIR

De quoi le savoir est-il fait dans l'environnement *EScale*, où se localise-t-il et qu'est-ce qui le caractérise ? Le savoir que l'on retrouve dans les programmes de formation, c'est le savoir d'enseignement, forcément public ; il «correspond à des connaissances officielles, construites et validées suivant des critères reconnus par une communauté importante d'individus» (Gagnon, 1999). Mais il demeure pauvre et presque inopérant tant qu'il n'est pas relié à l'ensemble des savoirs d'un individu, majoritairement privés, surtout si son expérience est considérable. Aussi le but premier de la formation est-il d'établir cette liaison entre savoirs publics et privés, pour que le sujet apprenant «introjecte», assimile pour y donner du sens, l'objet d'enseignement. C'est cela que suggère Conne (1992) lorsqu'il expose les deux mouvements d'une relation didactique : l'enseignant, d'un côté, qui projette le savoir sur un segment de réalité ; l'élève, de l'autre, qui recontextualise ce savoir, en estime l'utilité et la proximité de ses autres savoirs et, s'il le juge à propos, l'y incorpore. Le savoir perd au change une part de son objectivité mais gagne en nuances et en signification : il devient utilisable.

Ce savoir d'enseignement, il se retrouve dans l'environnement *EScale* à plusieurs endroits, en tout ou en partie : dans des livres, des manuels techniques, des guides pédagogiques, des documents vidéo, le logiciel *ESCoumins*, sur tout support apte à le recevoir. On le trouve aussi chez l'enseignant et chez toute autre personne impliquée dans la formation de l'élève ; et chez ce dernier au fur et à mesure qu'il fait sien le savoir d'enseignement.

Chez les humains cependant, le savoir d'enseignement est étroitement entremêlé à des savoirs privés et à d'autres savoirs publics éloignés du domaine de formation (Gagnon, 1996, 1999). Néanmoins, tous ces savoirs peuvent participer à la formation d'élèves et font intégralement partie d'*EScale*. Car bien, et parce qu'ils ne sont pas tous objectivables, ils y sont pris en compte pour gérer l'ignorance.

Par ailleurs, le savoir d'*EScale* est structuré dans une perspective fonctionnelle et technoscientifique, par le biais particulier d'*ESCoumins*. Et cette structure intègre et unifie tout le savoir d'enseignement, où qu'il soit dans l'environnement et quel qu'en soit le support ; elle oriente aussi l'élève dans la structuration de ses propres savoirs, et l'enseignant dans la sélection, l'organisation et le traitement didactique des contenus ; elle fonde encore, rappelons-le, le volet disciplinaire du modèle de l'élève.

En somme, dans l'environnement *EScale*, le savoir est ouvert, indéfini, puisqu'il laisse une large place aux savoirs privés, tacites, non formalisés, non verbalisés ou autres, mais contraint, en revanche, par la forme propre du savoir fonctionnel explicitement représentée dans les savoirs d'enseignement.

L'ÉLÈVE

Et l'élève ? Est-il lui aussi multiple dans *EScale* ? S'il se fait maître parfois, l'inverse est-il vrai également ; le maître, c'est-à-dire l'enseignant, devient-il lui-même élève à l'occasion ? Assurément, puisqu'il y a dans *EScale* un modèle de l'élève composé du style d'apprentissage et de la structure cognitive effective de l'élève, deux éléments qui influencent les décisions et les comportements pédagogiques et que l'enseignant doit intégrer durablement à sa propre structure cognitive pour ajuster son action ; il apprend donc. Et l'ordinateur en fait autant pour son propre travail, il apprend lui aussi. Tous apprennent les uns des autres dans l'environnement *EScale* ; tous ont besoin de connaissances dont les autres disposent pour fonctionner ; tous sont interdépendants ; tous, par conséquent, y sont élèves.

Comme dans n'importe quel milieu d'apprentissage ? Non, parce que dans *EScale*, tous acceptent et reconnaissent ouvertement leur statut d'élève, bon gré mal gré ajouterons-nous encore, selon l'esprit de l'environnement et de l'approche ESC qui recherche systématiquement les deux formes de pertinence et de validité des connaissances dont il fut fréquemment question dans cet article, individuelle et sociale ; que cela ne saurait se faire sans délégation mutuelle de l'autorité, sans inversion des rôles, sans confiance partagée aussi, vulnérables tour à tour, au risque que ça ne marche pas, que l'apprentissage fonctionnel n'ait pas lieu, par incapacité peut-être de gérer correctement l'imprévisible et parfois fouguese ignorance.

Telle est, en somme, la situation didactique dans l'environnement *EScale* : complexe, partiellement définie, éminemment interactive, incertaine, ambiguë, insécurisante et responsabilisante. Délicate, dangereuse même, s'il y a manque d'encadrement, de rétroaction, s'il y a trop de questions retournées, si l'autonomie est trop vite présumée ; exigeante mais sereine autrement. Le

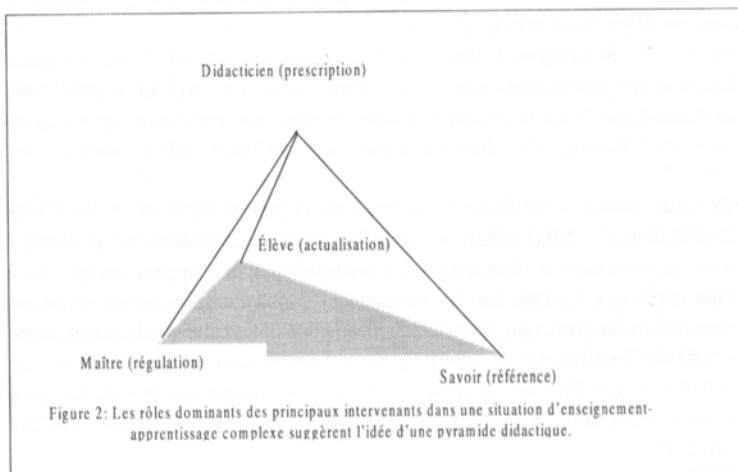
contraire de la tradition, souvent sans doute, mais de l'enseignement programmé, toujours.

Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté et analysé un environnement de formation professionnelle technique assistée par ordinateur. Dénommé *EScale*, il vise la formation de techniciens fonctionnels, capables d'expliquer la raison d'être des systèmes et des gestes techniques dont ils ont la charge dans l'exercice de leur métier. Ouvert, composé d'éléments variés, humains, matériels, logiciels, *EScale* obéit au principe dynamique que l'élément de l'environnement le plus qualifié pour une tâche donnée est responsable de la mener à bien mais que l'autorité ultime est celle de l'enseignant. Deux grands axes conditionnent son action formatrice : la structuration conceptuelle, systémique et technoscientifique des savoirs d'enseignement pour l'un, afin que s'y modèlent semblablement les savoirs de l'élève ; une approche pédagogique centrée sur l'apprenant pour l'autre, l'approche ESC, pour favoriser chez l'élève les validations sociale et individuelle de ses savoirs professionnels. *EScale* facilite aussi la gestion qu'entretient le formateur de l'ignorance partielle des savoirs de l'élève grâce à cette même approche qui, au besoin, conduit ce dernier à vivre par lui-même et pour lui-même des savoirs non transmissibles, mais également grâce à un modèle de l'élève à deux volets comprenant le style d'apprentissage de ce dernier et sa structure cognitive effective des savoirs à l'étude.

À l'analyse, la situation didactique, telle que vécue dans l'environnement *EScale*, s'est révélée complexe, en raison notamment des multiples rôles attribués aux participants, conséquence directe du principe dynamique qui y est mis en oeuvre. Ainsi, aucun des pôles didactiques traditionnels n'est très clairement défini et la possibilité de confusion serait grande si l'encadrement était insuffisant. Celui-ci se traduit par des outils informatiques, *ESCoumins* pour les réseaux conceptuels et la détermination des structures cognitives effectives, ainsi qu'un planificateur de leçons (en construction) qui concrétise l'approche ESC. Il se traduit aussi par deux autres éléments qui ne sont pas pris en compte directement dans l'environnement *EScale* mais qui sont essentiels à son bon fonctionnement : d'abord, une formation adéquate des enseignants à l'approche ESC et au « pilotage » de l'environnement, ensuite, l'existence de matériel didactique compatible avec *EScale*. Ce matériel devrait tout spécialement comprendre des réseaux conceptuels préétablis et des banques adéquates de situations-problèmes pour générer les structures cognitives effectives du modèle de l'élève. Toutefois, ce

travail est long et difficile à réaliser et requiert des capacités d'analyse et une expertise didactique considérables. Il pourrait être entrepris par des équipes d'enseignants disposant de ces compétences et enrichi avec les années, avec ou sans le concours d'autres organismes. Sous ce rapport, la situation n'est pas très différente de celle des enseignants de toujours qui, pour que s'adaptent leurs élèves au monde, doivent innover et se renouveler régulièrement. Mais elle fait aussi ressortir l'important rôle prescriptif que joue la didactique pour limiter la tâche de l'enseignant de terrain et la nécessité d'un support à l'innovation pédagogique. C'est à une «pyramide didactique» qu'il faut songer (Figure 2) si l'on veut opérer une transition réussie de pratiques pédagogiques qui répondent de plus en plus difficilement aux exigences de la formation technique contemporaines vers d'autres plus prometteuses que l'on connaît encore mal.



Pour notre part, pour progresser dans notre compréhension des caractéristiques et des possibilités d'*ESCaLe*, nous particularisons l'environnement à la problématique spécifique de l'efficacité énergétique en milieu de travail. L'environnement résultant incorpore un site *Internet* à des fins de collecte de données et de sensibilisation de personnel à la problématique considérée. Dénommé *ESCient*, il est en cours d'expérimentation (Gagnon *et al.*, 1998).

Remerciements

Nous remercions chaleureusement le Bureau des technologies de l'apprentissage du ministère des Ressources humaines du Canada pour son soutien financier.

Références bibliographiques

ADAMBOUNOU, L., Landry, C. et Dionne, M. (1995). «Hiérarchie des difficultés d'apprentissage de notions technico-scientifiques en alimentation humaine», *In : Conceptions et connaissances*, sous la direction d'A. Giordan, Y. Girault et P. Clément. Berne: Peter Lang S. A., pp. 227-236.

AUSUBEL, D. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning: an introduction to School Learning*. New York: Grune & Stratton, 255 p.

BESANÇON, J., Collard, G., Gagné, R., Gagnon, R., Jean, P. et Leclerc, L.-P. (1988). «Support scientifique de deux programmes techniques du secondaire: son importance et ses répercussions», *In : Actes du 6^e Colloque national sur la recherche en enseignement professionnel*, Sherbrooke: Université de Sherbrooke, pp. 109-120.

BRIEN, R., Besançon, J., Leclerc, L.-P. et Nizet, I. (1991). «Conception d'un modèle pédagogique de type constructiviste en agrotechnique», *In : La didactique des sciences appliquées en enseignement technique et professionnel*, Sherbrooke: Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, pp. 59-67.

BRUILLARD, É. (1997). *Les machines à enseigner*. Paris: Hermès, 320p.

CERVERA, D., MÉTIOUI, A., YOUSSEF, Y. A. et BIGRAS P. (1991).

«Les représentations des élèves en hydraulique et l'apprentissage d'un objet technique», *In : La didactique des sciences appliquées en enseignement technique et professionnel*, Sherbrooke: Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, pp. 85-103.

CONNE, E. (1992). Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 12(23), pp. 221-270.

DESILETS M., PARADIS, F., TARDIF, J. et LACHIVER, G. (1991).

«Un modèle pédagogique pour l'enseignement professionnel», *In : La didactique des sciences appliquées en enseignement technique et professionnel*, Sherbrooke: Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, pp. 217-225.

DEVELAY, M. (sous la direction de) (1995). *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris: ESF éditeur, 358p.

ETTAYEBI, M. (1993). *Structures conceptuelles relatives aux phénomènes thermiques chez des élèves en formation technique: évolution et méthode*

- d'évaluation*. Thèse de doctorat. Faculté des sciences de l'éducation, université Laval, Québec, 303 p.
- ETTAYEBI, M. et GAGNON, R. (1993). «Mise à jour de représentations à partir d'une épreuve classique de rendement», *In : Actualité de la recherche en éducation et formation*. Résumés des communications. Paris: Conservatoire national des arts et métiers, pp. 61-62.
- ETTAYEBI, M., GAGNON, R. et LANGEVIN, N. (1993). «Modèle didactique en formation professionnelle et technique», *In : Libérer la recherche en éducation. Travaux et recherches*. Tome 2. Vanier: Centre franco-ontarien de ressources pédagogiques, pp. 627-635.
- GAGNON, R. (1990). «L'apprentissage de la chaleur et des phénomènes associés en enseignement professionnel», *In : Actes du colloque sur les contenus et impacts de la recherche universitaire actuelle en sciences de l'éducation*. Tome 2. Sherbrooke: Éditions du CRP, Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, pp. 729-734.
- GAGNON, R. (1996). *Considérations sur les déterminants d'une didactique de disciplines techniques*. Rapport de recherche. Faculté des sciences de l'éducation, université Laval, Québec, 19p.
- GAGNON, R. (1999). «Une connaissance fonctionnelle pour la construction d'un environnement de formation professionnelle technique assistée par ordinateur» *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXV, n°2, pp. 211-242.
- GAGNON, R. et ETTAYEBI, M. (1998). «Mise à jour effective de structures cognitives d'élèves par le biais d'une méthode applicable en classe». *Revue de l'Université de Moncton*, 16 p. (à paraître).
- GAGNON, R. et LECLERC, L.-P. (1994). *ESCoumins*. Logiciel de mise à jour de structures cognitives effectives d'apprenants. Faculté des sciences de l'éducation, université Laval, Québec.
- GAGNON, R., LECLERC, L.-P. et LACERDA DOS SANTOS, G. (1996a). *Approche nouvelle de formation et de sensibilisation en milieu de travail : le cas de l'efficacité énergétique en milieu sociosanitaire. Deuxième partie : mise à l'essai*. Rapport de recherche. Faculté des sciences de l'éducation, université Laval, Québec. 37 p.
- GAGNON, R., LECLERC, L.-P. et LACERDA, G. (1995). «Formation et sensibilisation en efficacité énergétique en milieu sociosanitaire.» Rapport présenté à la Régie régionale de la santé et des services sociaux de Québec et à la Vice-présidence Efficacité énergétique d'Hydro-Québec. Québec: Faculté des sciences de l'éducation, université Laval, 450 p.
- GAGNON, R., LECLERC, L.-P. et MARTIN, L. (1996b). *Parallèle entre deux expériences pilotes de formation et de sensibilisation en efficacité énergétique*. Rapport présenté à la Régie régionale de la santé et des services sociaux de Québec et au ministère des Ressources naturelles du Québec. Québec: Faculté des Sciences de l'éducation, Université Laval, ISBN 2-9801377-2-3, 77 p.

- GAGNON, R., LECLERC, L.-P., PACCIONI, A., GODBOUT, S., VAILLANCOURT, M. et PARENT, N. (1998). *ESCient© : prototype de dispositif de formation et de sensibilisation en efficacité énergétique en milieu sociosanitaire. Rapport final*. Rapport de recherche présenté au ministère des Ressources naturelles du Québec et à la Régie régionale de la santé et des services sociaux de Québec. Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval, 66 p. et annexes.
- GAGNON, R., MOREAU, J.-P. et ETTAYEBI, M. (1991). «Elaboration et expérimentation d'un manuel de physique à l'usage du secteur professionnel», dans *La didactique des sciences appliquées en enseignement technique et professionnel*, Sherbrooke: Faculté d'Éducation, Université de Sherbrooke, éditeur, pp.199-215.
- JONNAERT, P. (1988). *Conflits de savoirs et didactique*. Bruxelles: De Boeck.
- KOLB, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall Inc., 256 p.
- LAAFOU, M. (1997). *Conception d'un planificateur de leçons pour un environnement de formation assistée par ordinateur utilisant le modèle didactique ESC*. Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval, 8 p.
- LACERDA, G. (1995). *Développement d'un savoir fonctionnel à l'aide d'un environnement de formation technique assistée par ordinateur intégrant une approche pédagogique adaptée*. Thèse de doctorat inédite. Québec: Université Laval, 235 p. et annexes.
- LACERDA, G. et Gagnon, R. (1995). «Développement d'un environnement de formation technique assistée par ordinateur intégrant une approche pédagogique adaptée.» *Annales de l'Acfas*, vol. 63, p. 115.
- LACERDA, G., Gagnon, R. et Simian, G. (1994). «Quelles connaissances pour les bases de connaissances ?» *Annales de l'Acfas*, vol. 62, p.120.
- LORD, J.-L. (1993). *Degré de maîtrise des concepts scientifiques jugés essentiels pour l'apprentissage fonctionnel du système de refroidissement du moteur d'automobile*. Mémoire de maîtrise inédit. Québec: Université Laval, 127 p.
- LUC, F. (1994). «L'utilisation des concepts et des procédures dans l'enseignement technique». *Recherche en Éducation: théorie et pratique*. n^o 17, pp. 77-87.
- PELCHAT, Y. (1990). *Programme recherche-développement pour les formateurs*. Québec: Direction générale de l'enseignement et de la recherche universitaires. Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science, Gouvernement du Québec, 36 p.
- ROUSSEAU, J.-J. (1992). *Émile ou de l'éducation*. Paris: Classiques Garnier, Bordas, p. 7.

TOUPIN, L. (1995). *De la formation au métier : savoir transférer ses connaissances dans l'action*. Paris: ESF éditeur, pp. 15-16.

VACHON, J.-C. et Fortin, M. (1994). «Développement de la compétence à résoudre des problèmes sur les nouvelles technologies de l'automobile », *Didaskalia*, n^o 4, pp. 99-106.

VAILLANCOURT, M. et GAGNON, R. (1998). «Analyse des conceptions relatives à l'énergie et à l'efficacité énergétique de groupes d'employés d'un établissement sociosanitaire. Dispositif ESCient© »

<http://www.is.mcgill.ca/acfas66/S1046.HTM>