

Modèle d'élaboration et de validation de matériel didactique en formation professionnelle

Jean Lapointe, Loïc Thérien and Michel Veillette

Volume 17, Number 1, 1991

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/900686ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/900686ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)

1705-0065 (digital)

[Explore this journal](#)

Article abstract

The authors present a systemic model for the elaboration and the validation of computer software. This model is the result of an applied research project whose aim was the production of a computer program for junior college students in professional training enrolled in a course for programming a machine tool using digital commands. A detailed description of the model and its characteristics is presented.

Cite this article

Lapointe, J., Thérien, L. & Veillette, M. (1991). Modèle d'élaboration et de validation de matériel didactique en formation professionnelle. *Revue des sciences de l'éducation*, 17(1), 57–75. <https://doi.org/10.7202/900686ar>

Modèle d'élaboration et de validation de matériel didactique en formation professionnelle

**Jean Lapointe
Loïc Thérien
Professeurs**

**Michel Veillette
Assistant de recherche**

Université de Sherbrooke

Résumé — À partir d'une recherche appliquée visant la production d'un didacticiel destiné aux élèves du professionnel inscrits aux cours de programmation des machines-outils à commandes numériques, les auteurs ont dégagé un modèle systémique d'élaboration et de validation d'un matériel didactique. Ils présentent une description détaillée de ce modèle et de ses caractéristiques.

Problématique

L'enseignement professionnel au Québec

On trouve dans l'article de Blouin (1988) un bref historique de l'enseignement professionnel au Québec ainsi que les difficultés qu'on y rencontre. De nombreux rapports sur ce sujet ont proposé des solutions aux obstacles soulevés par l'application du *Rapport Parent* (Gouvernement du Québec, 1964) recommandant l'intégration des anciennes écoles de métiers aux polyvalentes et collèges actuels. Une restructuration des programmes et des conditions d'admission est actuellement en cours. Sans entrer dans le détail de ces difficultés, signalons-en cependant les principaux symptômes: désaffection du secteur professionnel et, conséquemment, pénurie de main-d'oeuvre qualifiée, équipement souvent désuet, formation générale déficiente, manque de matériel didactique.

Les secteurs du professionnel auxquels s'intéresse le Programme de recherche-développement pour les formateurs (P.R.D.F.) sont ceux où les concepts technico-scientifiques s'avèrent particulièrement importants, comme en agro-alimentaire, en électrotechnique, en robotique, en bureautique, etc. Dans ces secteurs, l'évolution rapide de la technologie a pris de vitesse les enseignants et enseignantes qui ne disposent souvent, pour tout matériel didactique, que des manuels des fabricants et qui doivent faire pratiquer les élèves sur des appareils désuets. De plus, le manque de formation générale au niveau des concepts technico-scientifiques ralentit l'apprentissage et entrave la mobilité de la main-d'oeuvre — de six à huit changements d'orientation au cours d'une vie active —, sans parler des problèmes de sécurité au travail.

Le programme de recherche-développement pour les formateurs

Conscient des besoins de l'enseignement professionnel et des défis que représente l'apparition des nouvelles technologies, le ministère de l'Éducation du Québec mettait sur pied, dès 1979, un programme de recherche axé sur l'enseignement professionnel, en complémentarité avec un programme de perfectionnement universitaire du personnel enseignant. Le volet recherche (voir Pelchat, Pelletier et Chicoine, 1988) favorise la mise sur pied en milieu universitaire d'équipes multidisciplinaires (psychologie de l'apprentissage et disciplines scientifiques) auxquelles s'adjoignent du personnel enseignant et des auxiliaires de recherche.

L'un des buts de ces équipes est de répondre aux besoins identifiés par le personnel enseignant, en mettant à sa disposition des matériels didactiques adaptés à son enseignement, à ses élèves, au programme qu'il dessert et au marché du travail. Ces matériels sont conçus en collaboration constante avec les enseignants et enseignantes qui fournissent ainsi aux autres membres de l'équipe un portrait réel du problème, les éléments indispensables à sa solution, des réactions permettant de corriger le tir et, enfin, un terrain d'expérimentation pour la validation. Dans le but d'affermir la formation générale, ces matériels doivent favoriser l'apprentissage des concepts technico-scientifiques et mathématiques de base reliés au domaine technique visé.

Cette intégration du personnel enseignant aux équipes universitaires poursuit également un objectif de sensibilisation et de perfectionnement quant à la dimension didactique de sa tâche. Bien qu'il soit relativement facile de trouver des compétences pour aider les enseignants et enseignantes dans le domaine de la psychopédagogie, il n'en va pas de même pour les aspects didactiques ou scientifiques. C'est en réunissant au sein d'équipes multidisciplinaires des universitaires provenant des secteurs de l'éducation et des sciences, et en allant sur le terrain, que pourra se développer dans les universités une expertise didactique en enseignement professionnel.

Enfin, l'objectif plus général du programme est de contribuer à l'émergence d'un modèle original de recherche en didactique au professionnel, axé sur la transmission de contenus technico-scientifiques et tenant compte des modes d'apprentissage d'un savoir et d'un savoir-faire spécifiques à ce secteur.

La recherche en didactique

Le problème soulevé par ce modèle à construire est, de façon plus générale, celui de la didactique. Cette dernière est une science relativement jeune qui se cherche encore des modèles bien à elle. Au centre de plusieurs champs d'études que sont, entre autres, la psychologie, la discipline concernée (incluant son histoire et son épistémologie), la pratique et la technologie de l'enseignement ainsi que la pédagogie, elle se partage en deux grands objets de recherche tributaires l'un de l'autre, celui de l'apprentissage de la discipline et celui de son enseignement. C'est une science essentiellement appliquée, comparable à certains égards

à l'ingénierie, dont le but final est la transmission d'un contenu disciplinaire dans les meilleures conditions possibles.

La didactique utilise les résultats de recherche des domaines dont elle dépend. Bien qu'il soit souhaitable qu'elle s'appuie sur un certain nombre de principes généraux, elle doit toutefois s'adapter à un environnement toujours changeant. On ne peut exiger qu'elle adopte les méthodologies de la recherche expérimentale, même si certains éléments de ces dernières peuvent lui être profitables. La recherche-action est sans doute une approche avec laquelle elle partage des affinités, puisqu'elle doit être le plus près possible du terrain (de l'action) et chercher réponses aux problèmes posés avec la collaboration des acteurs eux-mêmes (personnel enseignant et élèves). Cependant, à la différence de la recherche-action, les acteurs contribuent ici par leurs actions et réactions à la solution du problème sans toutefois l'élaborer eux-mêmes. En ce sens, elle est plutôt apparentée à la recherche-développement qu'on retrouve aussi en sciences appliquées. Chose certaine, elle doit être de type systémique, puisqu'elle a à tenir compte de multiples facteurs interreliés.

Les machines-outils à commandes numériques (M.O.C.N.)

Le problème sur lequel s'est penchée notre équipe de recherche touche à la formation mathématique de base, préalable aux cours de programmation des machines-outils (fraiseuses) à commandes numériques. Ce type de machines à usiner des pièces est de plus en plus utilisé par l'industrie, en remplacement des machines à commandes manuelles. Alors que ces dernières nécessitaient avant tout la connaissance des commandes et une habileté manuelle de base, avec peu de calculs mathématiques élaborés, les M.O.C.N. exigent le calcul des coordonnées des points tangents, c'est-à-dire ces points où la fraiseuse doit effectuer des changements de direction. Or, ce calcul demande des connaissances avancées en trigonométrie et, de façon générale, des habiletés en résolution de problèmes.

Après avoir identifié avec les enseignants les principaux paramètres du problème, nous avons été amenés à concevoir un didacticiel facilitant l'apprentissage de ces concepts. Une analyse *a posteriori* de la démarche effectuée nous a permis de dégager le modèle informel que nous avons suivi; elle a aussi servi à identifier les correctifs à lui apporter en prévision d'un prochain travail, et à entrevoir sa portée générale dans la conception d'un matériel didactique en enseignement professionnel.

Présentation générale du modèle

La figure 1 montre que les étapes qui composent notre modèle font naturellement partie de tout processus de fabrication et de validation de matériel didactique. Précisons dès maintenant que nous nous sommes inspirés du modèle de Lunkenbein (1977) élaboré pour la création d'unités d'enseignement en mathématique au primaire, modèle dont nous avons cependant modifié notablement les éléments. Il existe quantité de modèles, systémiques ou non, décrivant des démarches partielles de mise au point de matériels didactiques — particulièrement

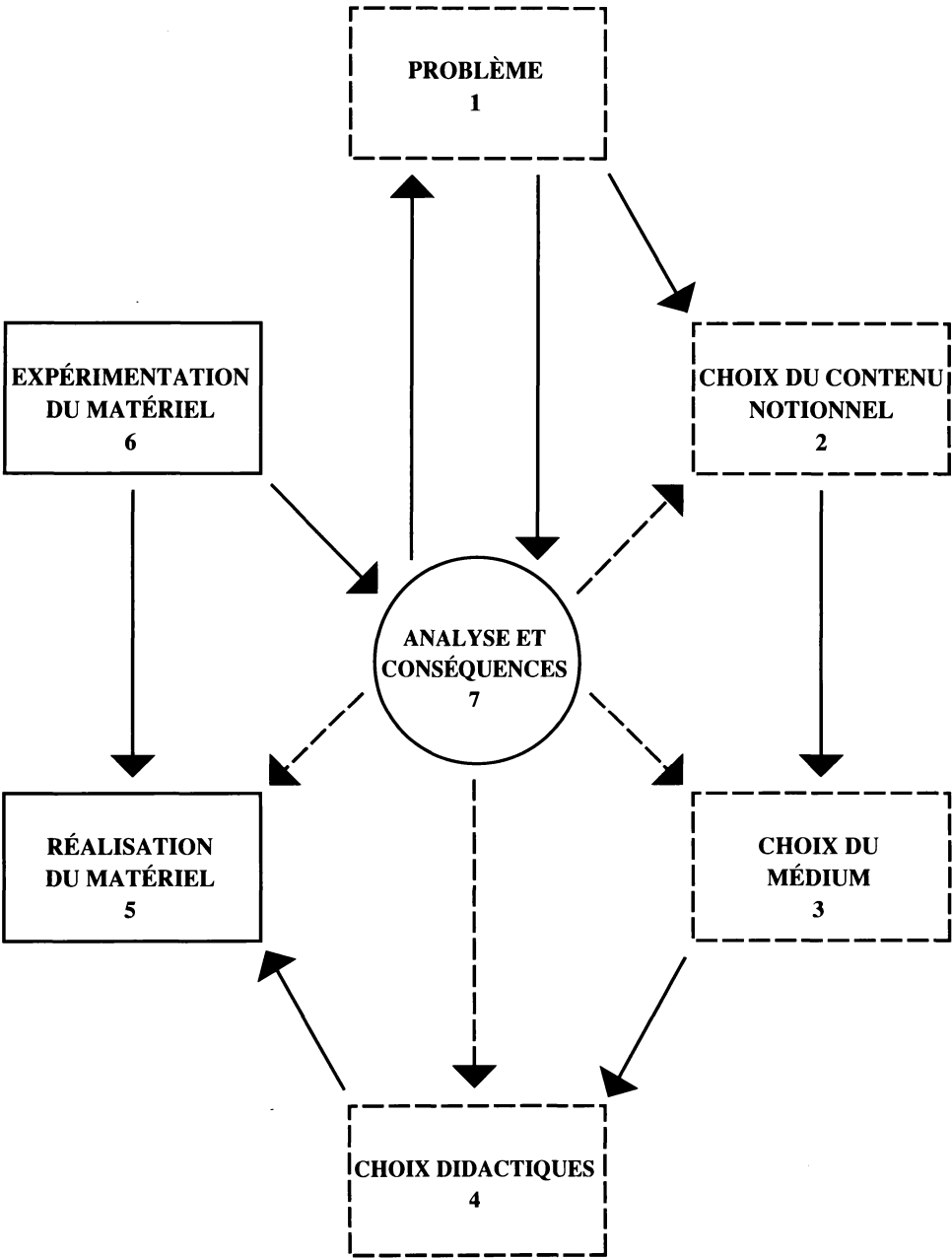


Figure 1. Modèle d'élaboration et de mise au point d'un matériel didactique.

rement dans le domaine de l'audio-visuel, par exemple: Decaigny (1975), Leclerc (1977) — et qui contiennent, sous une forme ou une autre, chacune des étapes du nôtre.

Signification des termes

L'ordre des étapes est indiqué par les flèches pleines, en partant de 1 et aboutissant à 7 (après un retour à 1). Nous reviendrons sur la description détaillée de chacune des étapes ainsi que sur leur signification particulière en regard de nos recherches sur les M.O.C.N. Cependant, pour la compréhension de ce qui suivra, précisons dès maintenant les termes et symboles apparaissant à la figure 1.

L'étape «problème» se réfère au processus d'identification du *problème de nature didactique*, tel que ressenti par le personnel enseignant et les élèves, et nécessitant l'élaboration d'un matériel didactique favorisant l'acquisition de concepts technico-scientifiques de base. L'étape «choix du contenu notionnel» se réfère au processus d'identification des concepts technico-scientifiques de base que devra véhiculer le matériel didactique. L'étape «choix du médium» se réfère au processus conduisant à déterminer la forme matérielle la mieux adaptée de l'outil didactique envisagé (volume, didacticiel, fiches, etc.). L'étape «choix didactiques» se réfère au processus conduisant à déterminer la ou les approches didactiques les plus aptes à transmettre le contenu notionnel. L'étape «réalisation du matériel» se réfère à la fabrication effective du matériel didactique sous forme d'un prototype ou sous forme d'un produit final. L'étape «expérimentation du matériel» se réfère au processus de vérification de l'efficacité du matériel didactique, incluant la planification, l'exécution et la validation. L'étape «analyse et conséquences» se réfère à l'analyse des résultats de l'expérimentation et aux décisions à prendre, suite à leur confrontation au problème de départ. Ces conséquences sont symbolisées par les flèches en pointillés qui indiquent les diverses étapes où il peut s'avérer nécessaire d'apporter des corrections et, le cas échéant, de recommencer un cycle partiel ou complet.

Principales caractéristiques du modèle

Modèle cyclique et itératif. La plupart du temps, la mise au point d'un matériel didactique nécessite plusieurs versions. Une conséquence fréquente de l'analyse de l'expérimentation est de réviser une ou plusieurs étapes du processus, entraînant ainsi une vérification des étapes subséquentes et, éventuellement, une nouvelle expérimentation, partielle ou totale. De la sorte, un premier tour du cycle est généralement suivi d'un ou de plusieurs tours, complets ou non, jusqu'à ce que le problème soit résolu de façon satisfaisante. On constate que cette progression par couches successives, corrections et raffinements, s'apparente à une démarche particulière de résolution de problèmes.

Modèle cumulatif. Chaque étape du modèle doit s'effectuer en tenant compte, non seulement du problème, mais aussi des étapes précédentes. En d'autres

mots, la progression dans le cycle est cumulative: chaque choix s'effectue à la lumière des choix précédents. Lorsqu'un nouveau cycle est amorcé, chaque étape est abordée en gardant en mémoire les résultats des étapes et des cycles précédents. Mais, bien que cette progression soit représentée de façon linéaire, dans la pratique, plusieurs étapes se complètent en parallèle et se déterminent progressivement les unes par les autres.

On doit cependant noter que situer l'étape 3 avant l'étape 4 peut paraître partiellement arbitraire. Bien qu'il y ait de bonnes raisons d'agir ainsi, il est aussi possible de soutenir que les choix didactiques commandent le choix du médium. En réalité ces étapes se réalisent conjointement par retouches successives en s'influençant l'une et l'autre.

Modèle systémique. Comme on l'a vu, les caractéristiques précédentes font de notre modèle un système où les parties sont interdépendantes et s'alimentent mutuellement. L'approche systémique s'impose de plus en plus comme nécessaire dans les domaines où les variables sont interdépendantes, comme c'est le cas en éducation (voir Claux et Gélinas, 1982).

Modèle multidisciplinaire. Les diverses étapes du modèle font appel à des compétences différentes et complémentaires que l'on trouve rarement réunies en une seule personne. C'est pourquoi le modèle commande presque obligatoirement une équipe multidisciplinaire. Ainsi, l'étape 2 est plus spécifique aux membres de l'équipe spécialisée dans la discipline, l'étape 4 à ceux spécialisés en psychopédagogie ou en didactique, l'étape 5 au technicien ou à la technicienne, alors que ces diverses compétences doivent intervenir avec des poids variables dans les autres étapes. La participation du personnel enseignant se retrouve aussi, à des degrés divers, à chacune de ces étapes. Dans la pratique, la juxtaposition de compétences ne suffit pas: on connaît en effet les écueils de la multidisciplinarité. Un langage et des intérêts communs, une connaissance minimale des champs de spécialisation de chacun doivent progressivement se développer pour déboucher sur une approche interdisciplinaire plutôt que multidisciplinaire.

Modèle en trois phases. Les quatre premières étapes (encadrées en pointillés sur la figure 1) constituent la *phase de planification*. En termes de projet de recherche, elles englobent l'essentiel de ce que l'on pourrait appeler un avant-projet. C'est évidemment une phase importante qui déterminera la qualité finale du matériel didactique et qui doit, en conséquence, être abordée avec le plus de rigueur possible. Les outils méthodologiques pour y parvenir sont encore peu développés. Malheureusement, la tendance est de la traiter trop sommairement et trop rapidement, pour passer le plus tôt possible à l'action, avec des contenus, un médium et des choix didactiques souvent déterminés avant même d'avoir épuisé les subtilités du problème. Les étapes 5 et 6 constituent la phase d'exécution. Enfin, l'étape 7 et l'aller-retour au «Problème» constituent la phase d'analyse, celle qui débouchera sur une action externe (finition, diffusion, communication, etc.) ou interne (autre cycle, partiel ou total).

Modèle cadre. Ce modèle ne préjuge en rien de la façon dont ces étapes sont exécutées. Il existe déjà des méthodologies partielles pour certaines d'entre elles. Ainsi, on trouve divers types de protocoles pour valider un produit. De même, se font jour des approches rigoureuses, par exemple, pour déterminer les concepts technico-scientifiques d'un programme (Gagnon, Besançon et Jean, 1988) ou les processus d'appropriation du savoir par les élèves du professionnel (Hardy, 1988), pour modéliser l'apprentissage d'un objet technique (Mercier et Ahad, 1988) ou pour exploiter l'analogie dans l'illustration de processus complexes (Parent, 1988), pour n'en citer que quelques-unes qui se développent parmi les chercheurs du P.R.D.F. Le modèle n'implique toutefois aucune unicité d'approche à l'une ou l'autre de ces étapes. Bien que le développement de méthodologies générales soit éminemment souhaitable, il demeure, à la limite, que chaque problème exigera un certain degré de particularisation. Notre modèle ne fait que mettre en évidence les étapes qu'il ne faut pas négliger et l'exigence d'un traitement rigoureux.

Présentation détaillée du modèle

Afin de montrer la portée générale du modèle nous détaillerons maintenant chacune de ses étapes, les illustrant chaque fois par nos recherches dans le cadre des M.O.C.N. (Lapointe, Thérien et Veillette, 1988).

Phase de planification

Étape 1: le problème

Les *éléments* suivants font partie d'un problème en enseignement professionnel et, de façon générale, en enseignement:

- les difficultés observées pour atteindre les objectifs terminaux d'un cours ou d'un programme;
- les caractéristiques des élèves: provenance, âge, formation antérieure, niveau d'études, profil psychologique, modes spécifiques d'apprentissage, motivations, etc.;
- les caractéristiques du personnel enseignant: provenance, formation, modes d'enseignement et d'intervention, connaissances scientifiques et techniques, etc.;
- les caractéristiques de l'école: équipement, horaires, encadrement, etc.;
- les caractéristiques des programmes ou des cours: contenus, objectifs, enchaînement, etc.;
- les outils didactiques disponibles;
- les besoins et conditions du futur milieu de travail.

Idéalement, pour bien connaître les paramètres du problème, il faut étudier et analyser méthodiquement tous ces éléments afin de poser un *diagnostic* éclairé. Dans la pratique, on se contente souvent d'une démarche globale et intuitive. Pourtant, cette étape est cruciale pour la réalisation des suivantes, et

c'est pourquoi la présence des membres de l'équipe dans le milieu est essentielle. C'est aussi à ce moment que doit se développer la nécessaire collaboration avec la direction d'école, le personnel enseignant et les élèves pour que le futur matériel didactique soit adéquat et, surtout, accepté et utilisé.

Cette étape, que l'on pourrait aussi dénommer *identification des besoins*, a fait l'objet d'approches systématiques, principalement dans le domaine de la recherche-action (Goyette et Lessard-Hébert, 1987). Que l'on aborde cette étape à l'aide de grilles d'observation ou non, l'important demeure de bien observer, qui et quoi, en fonction des autres étapes à réaliser.

Illustration (M.O.C.N.)

Comme nous l'avons brièvement mentionné plus haut, le problème qui nous a été signalé par des enseignants du professionnel concerne les préalables mathématiques des élèves inscrits au cours de programmation des machines-outils à commandes numériques. Les changements technologiques survenus dans ce secteur exigent des élèves une formation de base en mathématiques, particulièrement en trigonométrie, qui leur permette de programmer ces nouvelles machines. De plus, le prix élevé et le nombre restreint de ces nouveaux outils en réduisent l'accès aux élèves.

C'est en rencontrant à de nombreuses reprises quelques enseignants sur leur lieu de travail et en discutant avec les élèves que nous avons pu cerner les principaux éléments du problème. Nous avons ainsi pu découvrir la provenance, les intérêts, la formation préalable et certaines caractéristiques de la psychologie et des modes d'apprentissage de ces élèves. Nous avons aussi vu les équipements disponibles dans les écoles et nous avons étudié les modalités d'enseignement ainsi que les contenus de cours et de programme de ce secteur. Il nous était essentiel de savoir, par exemple, que les enseignants n'ont ni le temps, ni souvent la préparation suffisante, pour intégrer dans leurs cours les éléments mathématiques manquants ou, encore, de savoir que les élèves manifestent très peu d'inclination pour les exposés magistraux et les concepts théoriques ou abstraits, mais que ces derniers démontrent, par contre, un intérêt réel pour les problèmes et les outils technologiques et sont étonnamment réceptifs aux encouragements et aux rétroactions positives. Les applications mathématiques auxquelles ils sont confrontés font appel à des habiletés de résolution de problèmes et à des connaissances mathématiques diverses allant de la géométrie élémentaire aux systèmes de repérage dans un plan.

Ces informations ainsi que d'autres ont été pour la plupart recueillies lors de la première étape, mais aussi à d'autres étapes ou cycles du modèle.

Étape 2: le choix du contenu notionnel

Un matériel didactique vise généralement beaucoup plus que la simple assimilation de concepts disciplinaires ou technico-scientifiques. Aussi, par «contenu notionnel», nous entendons l'ensemble des contenus nécessaires à la

compréhension, l'assimilation et l'application de ces concepts. Ce terme peut ainsi englober, par exemple, des définitions, des concepts, des principes, des lois, des habiletés intellectuelles ou psychomotrices, des démarches comme la résolution de problèmes, des illustrations, des exercices, des expérimentations, une notation et un langage techniques adéquats, des simulations, etc.

Il est évidemment essentiel que ce choix de contenu s'effectue en tenant compte des différents paramètres du problème. Selon sa nature, il peut s'avérer nécessaire, par exemple, d'analyser les programmes ou les cours quant à leurs contenus et objectifs, d'établir les préalables acquis ou non, de choisir un niveau d'abstraction des concepts et un langage scientifique qui soient conformes aux objectifs, aux élèves et, éventuellement, au futur milieu de travail. Il faut ensuite établir une séquence de présentation qui respecte la cohérence ou la logique interne de la discipline concernée (hiérarchisation des concepts) et qui tienne compte de l'importance relative des concepts en regard de la discipline et du programme, du temps alloué à l'apprentissage, des besoins de formation générale et d'homogénéisation des connaissances. Des connaissances utiles sur l'épistémologie ou même l'histoire de la discipline, sur ses utilisations et applications modernes, sur les nouveaux principes, modèles ou théories qui la fondent peuvent intervenir ici. En enseignement professionnel, selon les secteurs, il est essentiel d'avoir une connaissance minimale du domaine. C'est donc l'étape où la présence de spécialistes de la discipline dans l'équipe est essentielle. Souvent, l'absence de tels spécialistes explique la faiblesse de nombreux produits didactiques: contenus pauvres ou inexistants, présentations dépassées, erreurs, incohérences, etc.

Cette étape variera, évidemment, selon le cycle où l'on est rendu. Lorsqu'on désirera corriger le tir après avoir parcouru une ou plusieurs boucles du modèle, il s'agira plutôt de réaménagements, d'ajouts ou de retraits plus ou moins importants, selon la complexité du problème ou la rigueur avec laquelle les autres étapes ont été réalisées. Il n'existe pas de méthodologie globale pour cette étape. Rappelons cependant l'approche développée par Gagnon et al. (1988) pour analyser et comparer des programmes d'études et en extraire les concepts technico-scientifiques de base.

Illustration (M.O.C.N.)

À partir du contenu du cours de M.O.C.N., des problèmes que les élèves avaient à y résoudre et de leurs acquis mathématiques, nous avons établi, en collaboration avec les enseignants, une première ébauche du contenu notionnel. Celle-ci incluait essentiellement les fonctions trigonométriques dans un triangle rectangle, les lois des sinus et des cosinus, certaines propriétés des triangles, des méthodes de résolution de problèmes, une classification des types de points tangents et des méthodes de calcul de ces derniers, le tout accompagné de banques de problèmes répartis en niveaux de difficulté croissante.

Suite à des vérifications sommaires et à une préexpérimentation d'une ébauche de matériel didactique auprès des enseignants et des élèves, nous avons

dû étendre le contenu à certains préalables mathématiques, tels les systèmes de repérage d'un point dans un plan (coordonnées cartésiennes absolues et relatives), des éléments d'algèbre, le théorème de Pythagore et ses applications et des notions plus élémentaires de géométrie, tout en enrichissant nos banques de problèmes. Enfin, l'expérimentation proprement dite nous a conduits à apporter encore un certain nombre de modifications et d'ajouts de contenu, notamment au niveau du langage et de l'écriture mathématiques et du calcul des points tangents.

Étape 3: le choix du médium

Par médium, nous entendons le véhicule physique qui transmettra le contenu. Le choix de ce médium dépendra directement des étapes précédentes, c'est-à-dire du problème posé et du contenu retenu, et, d'une façon plus globale, de l'étape suivante, celle des choix didactiques. En pratique, pour des raisons de commodité ou de convenance, ce choix est quelquefois déjà décidé avant même d'aborder le problème. Il en est ainsi, par exemple, des manuels scolaires. Pour des problèmes plus spécifiques, cependant, en particulier là où le manuel scolaire a révélé ses faiblesses, une approche plus rigoureuse s'impose.

On dispose aujourd'hui d'une variété toujours croissante de médias pédagogiques. Citons, à titre d'exemples, les manuels, les cahiers d'exercices, les fiches de travail, les matériels concrets ou semi-concrets, les transparents, les diaporamas, les films, les vidéodisques, les préparations de laboratoires, les didacticiels, etc. À l'intérieur, disons, de la classe des didacticiels, un autre niveau de choix s'impose: simulateur, exerciceur, système-expert, etc. Ensuite, les caractéristiques de présentation, comme la couleur, le son, les caractères, les graphiques, etc., ou de confection technique, comme le choix du langage de programmation, le type d'appareils, les interfaces et les modalités d'interaction doivent être précisées. Chacun des autres médias comporte de la même façon plusieurs niveaux de choix. Suite à un premier cycle du modèle, ou aux suivants, des corrections devront éventuellement être apportées qui modifieront, raffineront ou compléteront ces choix initiaux.

Bien que les coûts de production doivent être pris en considération, ceux-ci doivent d'abord se faire en fonction des paramètres du problème: modes d'apprentissage, niveau d'abstraction, besoins, intérêts et motivation des élèves, équipements disponibles, déroulement des cours et connaissances techniques du personnel enseignant. Ces paramètres détermineront, en particulier, si le médium doit favoriser un apprentissage individualisé, en ateliers, en laboratoire, en équipes ou en collectif, en dehors ou à l'intérieur des cours, assisté ou non des enseignants et enseignantes, etc.

Ces choix doivent aussi s'adapter au contenu: s'agit-il de savoir ou de savoir-faire? d'habiletés intellectuelles ou psychomotrices? d'apprentissage d'objets techniques, d'algorithmes ou de concepts abstraits? Maîtriser le manie-
ment d'un robot industriel ou d'un avion nécessite, à défaut de l'appareil lui-même, l'utilisation d'un simulateur. Pour tenir compte du niveau de maturité

des élèves, certains contenus exigeront, au primaire, par exemple, du matériel de manipulation. D'autres contenus, axés sur l'apprentissage de comportements gestuels, passeront mieux par le vidéodisque ou le film, alors que l'enseignement individualisé sera favorisé par des fiches de travail ou des didacticiels.

Cette étape est typiquement multidisciplinaire. Les spécialistes de la discipline, de la psychopédagogie, de la didactique, de l'enseignement et du médium envisagé, doivent se retrouver ici en étroite collaboration et disposer d'une connaissance minimale des champs d'expertise de chacun et chacune.

Illustration (M.O.C.N.)

Pour diverses raisons, notre choix de médium s'est porté sur la micro-informatique et le didacticiel. Il nous fallait, en effet, construire un matériel didactique utilisable de façon autonome, correspondant aux goûts des élèves, axé sur la résolution de problèmes et donnant accès à la simulation des M.O.C.N. Le didacticiel atteint aisément ces objectifs puisqu'il permet l'interaction et la rétroaction, qu'il peut être utilisé sans assistance, et à tout moment, qu'il satisfait les besoins spécifiques des individus et qu'il s'apparente dans le cas présent à l'objet final d'apprentissage. De plus, pour des élèves ayant éprouvé des difficultés en mathématiques, le logiciel s'avère un outil qui ne juge pas, qui s'adapte au rythme individuel et qui, surtout, offre une approche différente de celles qui ont antérieurement stigmatisé l'échec. Le vidéodisque présente aussi, bien sûr, tous ces avantages, en plus de fournir une meilleure image, une plus grande qualité de l'écrit et du son, mais son coût et le temps nécessaire pour le fabriquer étaient, dans les circonstances, prohibitifs.

Pour des raisons de souplesse et d'autonomie, nous avons choisi de concevoir notre propre langage-auteur qui a l'avantage d'être facilement modifiable et qui assure une rédaction rapide et spécifique à la tâche. De nombreux autres choix de nature technique ont dû être effectués pour obtenir des caractéristiques répondant au modèle didactique retenu.

Étape 4: les choix didactiques

Le contenu et le médium étant choisis, il faut ensuite optimiser l'apprentissage de ce contenu. Bien que déjà présente de façon globale aux deux étapes précédentes, cette préoccupation doit être maintenant précisée à la lumière des données du problème et des connaissances didactiques.

Rappelons que, pour nous, la didactique d'une discipline est une science s'alimentant à diverses sources — psychologie, discipline, pédagogie et pratique de l'enseignement — et qui a pour objectifs généraux d'identifier les modes d'apprentissage propres à la discipline en question et de favoriser sa transmission. Les connaissances en didactique des concepts technico-scientifiques au niveau de l'enseignement professionnel sont encore peu développées. Les choix didactiques devront donc se faire en respectant étroitement les paramètres spécifiques du problème et du contenu auxquels on tentera d'appliquer les connais-

sances actuelles en psychologie de l'apprentissage, en didactique, en pédagogie et en pratique de l'enseignement, sans négliger l'état du développement de la discipline.

À titre d'exemples, voici quelques éléments de choix possibles:

- approches par résolution de problèmes, par mise en situation, par analogies;
- choix d'un niveau de langage (littéraire et scientifique);
- utilisation des représentations graphiques;
- progression dans l'abstraction des concepts et gradation des difficultés;
- problèmes ou illustrations précédant la théorie;
- exploitation de l'interaction et de la rétroaction;
- respect des caractéristiques du médium;
- présentation suscitant la motivation et l'intérêt;
- démonstration formelle ou présentation intuitive des concepts;
- respect de l'interrelation des concepts;
- aspect matériel (textes, couleurs, son, etc.);
- maintien des liens avec le domaine d'application;
- etc.

Comme nous le mentionnions précédemment, quelques modèles partiels commencent à voir le jour au sein des équipes du P.R.D.F. Ainsi, on trouve chez Mercier et Ahad (1988) un modèle d'apprentissage d'un objet technique, chez Parent (1988) une approche exploitant l'analogie, chez Lachiver, Tardif et Levasseur (1988) un modèle fondé sur le constructivisme et la présentation par schémas ou réseaux, chez Hardy (1988) une étude sur l'appropriation du savoir technico-scientifique. Mais cette étape n'en est encore qu'à ses débuts.

Bien que plus spécifique au membre de l'équipe spécialisé en psychopédagogie ou en didactique, cette étape nécessite la collaboration efficace des autres membres, afin de s'assurer que ces choix sont réalistes, tant au niveau de la classe que de la réalisation technique, et qu'ils respectent l'intégrité de la discipline.

Illustration (M.O.C.N.)

Notre approche s'est inspirée du modèle de Corno et Snow (1986) qui offre un cadre théorique minimal pour la construction de logiciels éducatifs. Il s'agit d'un modèle d'enseignement adapté aux différences individuelles que constituent les habiletés intellectuelles, les styles cognitifs et les traits de personnalité. Selon ces auteurs, le logiciel est un médium particulièrement bien adapté pour concrétiser ce modèle.

Sur le plan proprement didactique, nous avons eu comme objectif général d'adapter le didacticiel aux rythmes d'apprentissage, aux intérêts et aux antécédents des élèves. Ceci s'est concrétisé par de multiples choix qui ont eu une influence sur la présentation générale, l'enchaînement des contenus et la structure informatique. Citons, à titre d'exemples, certains de ces choix:

- emploi d'un langage simple, facilement compréhensible et le plus dépouillé possible;
- place importante à l'image et à l'animation;
- préférence pour la présentation intuitive des concepts, tirée souvent d'applications aux M.O.C.N. et rattachée à des notions déjà connues, et accompagnée, le cas échéant, de démonstrations facultatives;
- découpage modulaire des contenus et cheminement par menus pour assurer une démarche individualisée et adaptée aux formations préalables variées;
- banques de problèmes de niveaux croissants avec tests pour y accéder et retour obligatoire au contenu théorique, en cas d'échec;
- solutions détaillées des problèmes;
- implantation d'un test diagnostique qui guide l'élève dans l'utilisation du didacticiel;
- table des matières détaillée à laquelle l'élève peut constamment retourner à la fin de chaque module;
- interactivité poussée en ce qui a trait aux réponses fournies ou aux démarches employées;
- implantation d'un simulateur reproduisant les mouvements d'une M.O.C.N. et obéissant aux mêmes codes de programmation que ceux que l'élève aura à utiliser.

Certains de ces éléments procèdent de correctifs apportés à la suite des préexpérimentations ou de l'expérimentation. Ainsi, le goût des élèves pour les problèmes aux dépens des présentations théoriques nous a incités, d'une part, à augmenter le nombre, le niveau et la qualité des problèmes et, d'autre part, à en limiter l'accès par des tests d'entrée. De même, il s'est avéré qu'une trop grande autonomie d'utilisation conduisait à l'éparpillement; nous avons contourné ce problème par l'implantation d'un test diagnostique et d'une table des matières. Ces modifications ont eu un impact, tantôt sur le contenu, tantôt sur le médium.

Ces quatre premières étapes, qui constituent la *phase de planification*, sont essentielles avant de passer à l'action. Cette phase permet de développer des modèles d'apprentissage et une connaissance solide des besoins et des caractéristiques du milieu. Elle diminue aussi le risque d'aboutir à un produit qui nécessitera de trop nombreuses retouches ou qui n'aura pas de cohérence interne. Même si cette phase est essentielle, il faut cependant se garder de l'écueil évident qu'elle renferme, celui de dévier de l'objet premier de recherche et de s'éparpiller dans les complexités des nombreuses dimensions du problème qu'elle peut faire surgir. Il importe donc de limiter dans le temps *a priori* la durée de cette phase. Il se peut que la phase de planification nécessite des expérimentations *ad hoc* servant, par exemple, à l'établissement du contenu ou à vérifier le médium ou une démarche didactique. La fin de cette phase peut déjà donner lieu à des communications, rapports ou articles sur la problématique, la méthodologie utilisée, les modèles d'apprentissage envisagés, etc.

Phase d'exécution

Étape 1: la réalisation du matériel

Cette étape se réfère à la réalisation effective du matériel didactique. On peut en dégager deux grandes périodes: a) la rédaction du scénario; b) l'implantation du scénario sur le médium retenu.

La première période, celle de la rédaction du scénario, relève plus particulièrement des spécialistes de la discipline et de la psychopédagogie ou de la didactique, en collaboration étroite avec le personnel technique et, dans une mesure moindre, avec le personnel enseignant. La seconde période, celle de l'implantation du scénario, est plus spécifique au personnel technique. Les guides de fabrication sont propres au médium choisi. Ainsi, on peut trouver des grilles de critères spécifiques à la rédaction de manuels scolaires ou de logiciels éducatifs. Il importe surtout que les capacités inhérentes au médium soient clairement exploitées: il faut éviter, par exemple, qu'un logiciel soit la réplique d'un manuel. Ces périodes étant suffisamment explicites, il nous paraît peu utile d'en élaborer davantage la description.

Illustration (M.O.C.N.)

Dans notre recherche, nous avons mené en parallèle la rédaction du scénario et son implantation sur le médium informatique. Ce médium soulève un problème particulier que partagent les médias ne relevant pas de l'écrit, comme, par exemple, le vidéodisque ou le film: le scénario fait appel au matériel écrit, lequel traduit difficilement les particularités que possède le logiciel, telles le son, la couleur, l'animation, la simulation, etc. Cette situation exige du scénariste une bonne connaissance des possibilités et des limites techniques du médium et elle incite, malheureusement, à négliger l'étape essentielle de la scénarisation écrite pour passer directement au médium.

Étape 2: l'expérimentation du matériel

L'expérimentation du matériel consiste en une observation systématique et une consignation méthodique des résultats de cette observation, dans des conditions contrôlées et préalablement planifiées qui sont le plus près possible des conditions réelles d'utilisation future. Les conditions réelles sont évidemment difficiles à reproduire, compte tenu du contexte nécessairement artificiel d'une expérimentation qui exige de focaliser sur certains paramètres et d'en négliger d'autres, et compte tenu des conditions de temps, de disponibilité, d'horaire, etc. Mais lorsqu'on veut mettre au point du matériel didactique, il importe de l'expérimenter dans le cadre scolaire et d'impliquer des élèves comparables à ceux à qui il est destiné. Il est souhaitable d'effectuer cette expérimentation en classe avec un groupe «normal», dans des conditions voisines de celles qui prévaudront lors de l'utilisation réelle (locaux, encadrement, équipement, etc.).

L'objectif général d'une telle expérimentation est de savoir si le matériel répond au problème posé et d'identifier les ajustements à y apporter. Cela signi-

fié, entre autres choses, que les observations doivent permettre de conclure: a) si le matériel sera accepté par le personnel enseignant et les élèves; b) s'il est adapté à l'environnement de l'école; c) s'il favorise adéquatement l'apprentissage visé. Ces objectifs spécifiques impliquent une vérification auprès de l'école, du personnel enseignant et des élèves. Chez ces derniers, au moins trois dimensions doivent être évaluées: les réactions émotives (plan affectif), les apprentissages réalisés (plan cognitif) et les difficultés techniques rencontrées (plan matériel).

De ces objectifs découlent la méthodologie d'expérimentation et les outils de validation à développer. En éducation, il existe déjà, pour ce faire, de nombreux modèles, la plupart empruntés aux sciences expérimentales. Aux fins d'analyse, ces méthodologies emploient abondamment les statistiques. Non seulement nous paraissent-elles souvent peu pertinentes en éducation, mais elles sont pratiquement sans utilité en enseignement. Elles exigent des conditions la plupart du temps incompatibles avec celles d'un enseignement normal et obligent, de plus, à se concentrer sur un très petit nombre de facteurs dans un domaine où ils sont interdépendants et difficilement dénombrables. Pour ces raisons, les recherches en enseignement et, en particulier, les expérimentations en milieu scolaire demandent des méthodologies spécifiques qui respectent les conditions réelles d'enseignement et les objectifs précédemment cités.

La pertinence de la présence des membres de l'équipe lors de l'expérimentation dépendra en grande partie du degré de précision des conditions d'expérimentation et des outils de validation mis au point. Cependant, dans la situation actuelle de la recherche en enseignement où ces éléments sont encore loin d'être standardisés et dépendent du problème posé, il est souhaitable qu'ils y participent activement. C'est d'ailleurs pour eux une occasion unique de se familiariser aux techniques d'observation et d'accentuer leur sensibilité didactique.

La première expérimentation constitue souvent ce que l'on pourrait appeler une «préexpérimentation» où l'on teste le prototype et les outils de validation. Il est, en effet, peu probable que le problème soit solutionné de façon satisfaisante dès le premier essai. Elle est l'occasion d'apporter les retouches, majeures ou mineures, qui s'imposent, de tester les outils de validation (tests, questionnaires, grilles d'analyse, etc.) et de préparer une véritable expérimentation.

En résumé, on peut décomposer cette étape en trois sous étapes: a) planification des conditions d'expérimentation; b) développement d'outils de validation adéquats; c) réalisation de l'expérimentation sur le terrain.

Illustration (M.O.C.N.)

Nos observations ont été recueillies en au moins trois temps: 1) une première cueillette auprès des enseignants, après une première version très partielle et sommaire; 2) une deuxième cueillette auprès des enseignants et des élèves, après la rédaction de moins de la moitié du didacticiel; 3) une dernière cueillette auprès des enseignants et des élèves, après une version complète.

En plus de ces observations plus structurées, nous avons soumis nos versions préliminaires aux commentaires de nombreux autres intervenants: enseignants dans d'autres secteurs du professionnel ou du général, responsables de la formation d'adultes, collègues lors de congrès ou de conférences, etc.

La deuxième cueillette — qui a constitué notre préexpérimentation — s'est faite d'abord auprès des enseignants. Après une présentation individuelle et sommaire du didacticiel et de ses caractéristiques, nous leur avons remis un questionnaire détaillé, à remplir lors d'une utilisation plus personnelle et plus approfondie du didacticiel. En ce qui concerne les élèves, notre préexpérimentation s'est déroulée durant les heures normales de classe avec un groupe régulier inscrit à un cours de M.O.C.N. Nos outils de validation étaient au nombre de quatre:

- programme ajouté au didacticiel et servant à garder trace du cheminement de chaque élève: temps consacré, notions vues, réponses choisies, allées et venues;
- prétest et post-test écrits, sous forme d'examens, et couvrant le contenu mathématique du didacticiel;
- grille d'observation à remplir par les expérimentateurs et portant sur diverses composantes jugées primordiales à l'efficacité du didacticiel: présentation matérielle, réactions affectives, réactions au contenu et à la présentation didactique;
- questionnaire adressé aux élèves, à compléter à la fin de chaque séance, et questionnaire plus global à compléter à la dernière séance.

Le choix de plusieurs outils servait à nous procurer plusieurs points de vue complémentaires qu'un seul n'aurait pu nous donner. Ainsi, alors que les prétests et post-tests ne nous donnaient que des informations sur l'efficacité globale du didacticiel, les grilles d'observation, elles, nous apportaient des indications beaucoup plus précises sur des détails de la présentation matérielle ou didactique.

En plus de nous indiquer des correctifs à apporter, cette préexpérimentation nous a permis de juger de la valeur de nos outils de validation. Ces derniers ont ainsi été modifiés pour l'expérimentation finale: le programme ajouté au didacticiel a été abandonné parce que redondant par rapport à l'observation directe, les questionnaires ont été simplifiés et diminués en nombre, le contenu des prétests et des post-tests a été augmenté.

L'expérimentation proprement dite a été menée dans des conditions réelles de classe avec deux groupes inscrits à un cours de M.O.C.N., dans deux écoles différentes. L'analyse des résultats a conduit à de nombreuses modifications au niveau du contenu, du matériel informatique et de la démarche didactique. Certaines ont été mentionnées dans les pages précédentes.

Phase d'analyse

La phase d'analyse est l'aboutissement du cycle. Les données recueillies sont compilées, analysées et interprétées, confrontées au problème de départ, pour finalement donner lieu à une prise de décision: nouveau cycle à partir de l'étape 2, 3, 4 ou 5, avec ou sans expérimentation nouvelle; ou début de la production du matériel didactique (version définitive, matériel d'accompagnement, diffusion) et, le cas échéant, production de recherche (articles, communications, rapports).

Selon la qualité et la diversité des outils de validation, on pourra tirer de l'analyse des données des conclusions sur l'efficacité du matériel didactique en regard de l'environnement scolaire, des objectifs des programmes et des besoins du personnel enseignant et des élèves. La confrontation au problème permettra de décider si des correctifs doivent être apportés au niveau du contenu, du médium, de l'approche didactique ou de la présentation formelle du matériel. L'ampleur de ces correctifs orientera vers un nouveau cycle, ou vers la production finale, après modifications mineures.

Cette dernière étape relève principalement des spécialistes de la psychopédagogie ou de la didactique et de la discipline, bien que le personnel enseignant doive intervenir dans la confrontation du problème et que le personnel technique soit le principal agent de la réalisation technique finale.

En considérant les grandes lignes du modèle que nous venons d'exposer et en mettant en évidence de façon plus fonctionnelle l'analyse des tâches que ce modèle comporte, on peut le représenter à l'aide de l'organigramme de la figure 2.

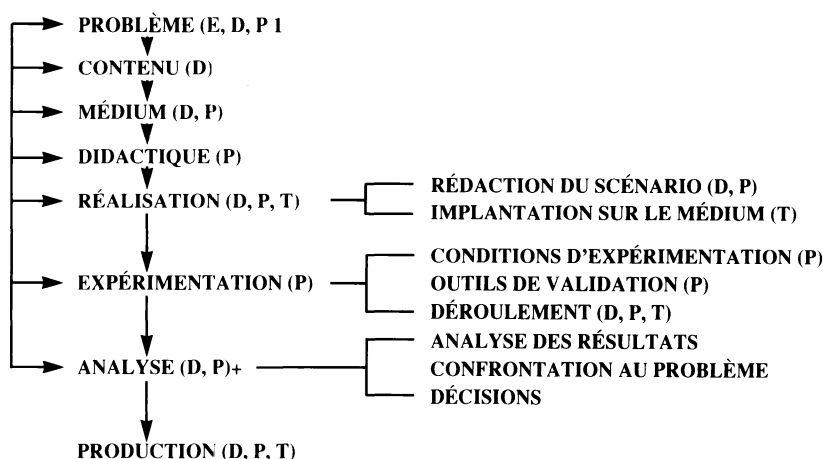


Figure 2. Présentation du modèle sous forme d'organigramme de tâches.

Note. Entre parenthèses, sont indiquées à chaque étape ou sous-étape les participations *prépondérantes* des membres de l'équipe (D: spécialiste de la discipline; P: spécialiste de la psychopédagogie ou de la didactique; E: personnel enseignant; T: personnel technique).

Conclusion

Ce modèle a été élaboré à partir de nos expériences de recherche en production de matériel didactique. Nous ne prétendons pas, cependant, avoir suivi fidèlement cette démarche lors de notre travail sur les M.O.C.N.: nous constatons plutôt *a posteriori* avoir rencontré et réalisé chacune de ces étapes qui, si nous avions été plus conscients de leur présence et de leur importance, auraient sûrement diminué le nombre de nos essais et de nos erreurs. Bien qu'élaboré d'abord en fonction de nos préoccupations dans le cadre du P.R.D.F., ce modèle nous semble facilement adaptable à la fabrication de matériel didactique en général, quels que soient le niveau d'enseignement ou la discipline auxquels il s'adresse.

Abstract — The authors present a systemic model for the elaboration and the validation of computer software. This model is the result of an applied research project whose aim was the production of a computer program for junior college students in professional training enrolled in a course for programming a machine tool using digital commands. A detailed description of the model and its characteristics is presented.

Resumen — Los autores concibieron un modelo sistémico de elaboración y de validación de material didáctico a partir de un estudio aplicado destinado a producir un didacticiel para los alumnos del profesional inscritos en los cursos de programación de máquinas-instrumentos con comandos numéricos. Presentan una descripción detallada de este modelo y de sus características.

Zusammenfassung — Ausgehend von einer praktischen Untersuchung, die ein informatisiertes Lehrprogramm für Berufsschüler in einem Kurs für Programmierung von Werkzeugmaschinen mit numerischen Bedienungstasten herstellen sollte, haben die Verfasser ein systemisches Modell zur Ausarbeitung und erprobung von Lehrmaterial erstellt. Sie geben eine genaue Beschreibung dieses Modelles und seiner Besonderheiten.

RÉFÉRENCES

- Blouin, J. (1988). S.O.S. Métiers. *L'Actualité*, 13(11), 93-98.
- Claux, R. et Gélinas, A. (1982). *Systémiques et résolution de problèmes — Guide d'utilisation*. Montréal: Agence d'ARC.
- Corno, L. et Snow, R. (1986). Adapting teaching to individual differences among learners. In M.C. Wittrock (éd.), *Handbook of Research on Teaching* (3^e éd., p. 605-629). New York: Macmillan.
- Decaigny, T. (1975). *Technologie éducative et audio-visuel*. Paris: Nathan.
- Gagnon, R., Besançon, J. et Jean, P. (1988). *Analyse de programmes techniques en termes de concepts et principes scientifiques*. Communication présentée lors de la 1^{re} rencontre scientifique en enseignement professionnel, 3 et 4 novembre 1988, tenue à Sainte-Foy.
- Gouvernement du Québec. (1990). *Programme de recherche-développement pour les formateurs (P.R.D.P.)*. Québec: Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science.
- Gouvernement du Québec. (1964). *Rapport Parent (tome 2)*. Québec: Gouvernement du Québec, Rapport de la Commission royale d'enquête sur l'enseignement dans la province de Québec présidée par Mgr Alphonse-Marie Parent.
- Goyette, G. et Lessard-Hébert, M. (1987). *La recherche-action: ses fonctions, ses fondements, son instrumentation*, Sainte-Foy, Québec: Presses de l'Université du Québec.

- Hardy, M. (1988). Appropriation du savoir technico-scientifique chez les élèves inscrits en enseignement professionnel à l'école secondaire: problématique, cadre d'analyse et méthodologie. *Actes du VI^e Colloque national sur la recherche en formation professionnelle* (p. 51-68). Sherbrooke: Éditions du CRP.
- Lachiver, G., Tardif, J. et Levasseur, D. (1988) *Techniques d'observation (cognitivistes) des stratégies d'apprentissage de l'électronique au collégial*. Communication présentée lors du VI^e Colloque national sur la recherche en formation professionnelle, Sherbrooke.
- Lapointe, J., Thérien, L. et Veillette, M. (1988). Développement et validation d'un logiciel de trigonométrie, *Actes du VI^e Colloque national sur la recherche en formation professionnelle* (p. 127-133). Sherbrooke: Éditions du CRP.
- Leclerc, J.-M. (1977). *Dossier sur l'enseignement: systèmes, méthodes, techniques*. Montréal: Service pédagogique de l'Université de Montréal.
- Lunkenbein, D. (1977). Rationalizing teaching interventions — A working model of a process of research in mathematics teaching. *Educational Studies in Mathematics*, 8, 271-293.
- Mercier, J. et Ahad, E. (1988). *Apprentissage d'un objet technique*. Communication présentée lors de la 1^{re} rencontre scientifique en enseignement professionnel, 3 et 4 novembre 1988, tenue à Sainte-Foy.
- Parent, R. (1988). Utilisation des analogies dans l'apprentissage des concepts scientifiques: ce que nous dit la recherche. *Actes du VI^e Colloque national sur la recherche en formation professionnelle* (p. 121-126). Sherbrooke: Éditions du CRP.
- Pelchat, Y., Pelletier, R. et Chicoine, H. (1988). *Programme de recherche au profit des maîtres de l'enseignement professionnel*. Québec: Ministère de l'Éducation, Direction générale de l'enseignement et de la recherche universitaires.