



*Évaluation d'outils pédagogiques utilisant l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) afin d'illustrer un concept scientifique.*

Perceptions qu'ont les élèves de l'enseignement de concepts scientifiques.

Article de vulgarisation

par

Annick Caron Ph D

Professeur de biologie

Cégep Marie-Victorin

Programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage (PARÉA)

Juin 2007

## Difficultés de l'enseignement des sciences

L'enseignement et l'apprentissage de concepts scientifiques ne se déroulent pas toujours aussi aisément qu'on le désirerait. Plusieurs difficultés sont rencontrées à divers niveaux : le vocabulaire et les symboles (mathématiques et autres), les difficultés conceptuelles, les méthodes pédagogiques utilisées et la diversité n'en sont que quelques exemples (Thouin, 2002; Astolfi *et al.*, 1997; Brook et Wells, 1988).

Comme difficulté, le vocabulaire et les symboles nouveaux incluant les mathématiques exigent généralement une dizaine d'utilisations avant qu'un élève puisse les assimiler entièrement (Pavlik, 1979; Roth, 1985; De Serres *et al.*, 2003). Certains élèves sont mathophobes, c'est-à-dire, qu'ils peuvent rejeter l'élément à apprendre dès qu'il y a des chiffres. (Lenton et Stevens, 1999). Il sera possible de résoudre ce problème en introduisant les concepts scientifiques de façon qualitative et d'ajouter graduellement l'aspect quantitatif (Thouin, 2002).

Par ailleurs, plusieurs concepts scientifiques sont abstraits. Il s'agit à ce moment d'utiliser une démarche progressive qui débute par du matériel concret en allant vers du matériel abstrait. Cette progression facilitera la compréhension du concept par les élèves (Thouin, 2002; Abide, 1972). De plus, selon Aylwin (1992a), le concret doit précéder l'abstrait. « On ne peut faire un travail d'abstraction qu'à partir du concret » (Aylwin, 1992a).

Une autre difficulté rencontrée dans l'enseignement de concepts scientifiques et qui inquiète un bon nombre d'enseignants est la préconception erronée de l'élève (Grim, 1999). Les élèves possèdent déjà un ensemble de représentations, de conceptions ou d'explications de la réalité (Bertrand et Girault, 1990). Comment enseigner la connaissance scientifique à des élèves qui ont déjà une vision préscientifique de la vie bien ancrée dans leurs cerveaux? Selon Giordan (1983), un enseignement classique ne modifie pas les conceptions initiales des apprenants. L'apprentissage d'un savoir dépend donc de ces conceptions initiales. C'est en introduisant des démonstrations et des preuves qu'il devient possible de modifier les conceptions initiales de l'élève.

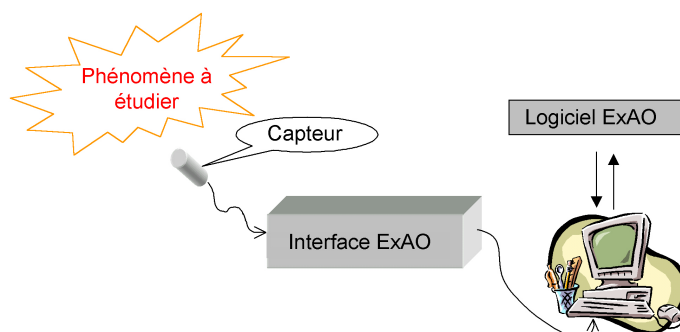
Le choix des méthodes pédagogiques par l'enseignant représente une autre difficulté dans l'enseignement et l'apprentissage de concepts scientifiques (Adey, 1999; Aquirre et Erickson, 1984; Chia, 1995). Selon Thouin (2002), « certaines méthodes d'enseignement ne sont pas très efficaces avec certains élèves ». Cette difficulté découle directement de la diversité des élèves. En effet, le besoin d'enseigner à une population étudiante de diversité croissante avec des perspectives culturelles différentes et différent style d'apprentissage et de comportements représente un défi de taille.

## Robotique pédagogique

Le développement de la connaissance est inséparable d'une technologie liée à une société moderne (Landelle, 1987). Il devient alors possible d'enseigner les notions abstraites des sciences et des mathématiques de façon concrète et en lien avec notre environnement quotidien (Baril, 2000). En présentant les données sous forme graphique et en temps réel,

l'ordinateur permet d'appréhender en même temps le phénomène réel à l'étude et une représentation abstraite de celui-ci (Marcotte et Sabourin, 2000). Dans cette optique, la robotique pédagogique vise principalement l'acquisition d'habileté générale et de notions scientifiques. Elle se caractérise par un usage pédagogique de l'ordinateur dans ses fonctions de scrutation, d'analyse, de contrôle et de modélisation (Nonnon, 1991) ceci inclus l'expérimentation assisté par ordinateur (ExAO).

Dans le cas de la présente recherche, nous utilisons l'ExAO comme aide à l'enseignement à l'intérieur de la partie théorique des cours de sciences. Le système d'ExAO est constitué des systèmes d'acquisition de données (chimiques, biologique ou physique) et d'analyse informatique et mathématique. Trois éléments fondamentaux composent ce système d'ExAO (quatre si nous comptons l'ordinateur !) : les capteurs qui mesurent le phénomène à l'étude, l'interface et le logiciel (Nonnon, 1991; Girouard et Nonnon, 1999) (voir Figure 1).



**Figure 1:** Système d'ExAO constitué d'un capteur qui perçoit le phénomène à étudier qui l'envoi vers le logiciel via une interface (schéma modifié du site : <http://perso.orange.fr/tangentiel/images/EXAO.gif>).

De très nombreuses recherches ont été réalisées afin de déterminer les bénéfices de l'utilisation de l'enseignement par ordinateur incluant l'ExAO. Utilisées comme outils pédagogiques, toutes ces technologies peuvent rendre un service majeur dans l'enseignement et jouer de multiples rôles dans l'éducation. La plupart des recherches démontrent qu'un enseignement assisté par ordinateur exerce une influence positive sur l'apprentissage des élèves (Viau, 1987; Barton, 2005; Page *et al.*, 2000; Alberganti, 2000; Marcotte et Sabourin, 2000). Cependant, d'autres recherches n'ont pas révélé d'effets positifs, leurs effets étaient nuls et parfois même négatifs (Tilidetzke, 1992; Yea et Zadnick, 2000; Burchfield et Gifford, 1995). Malgré certains résultats contradictoires, l'ensemble de ces écrits souligne le potentiel pédagogique de l'utilisation de l'ExAO comme outils pédagogiques valables dans l'illustration de concepts scientifiques; potentiel que nous avons exploité dans le cadre de cette recherche.

## Objectifs de la recherche

Les objectifs étaient dans un premier temps de traduire la perception de l'enseignement de concepts scientifiques par les élèves et, dans un second temps, l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'ExAO dans l'optique de répondre aux besoins des élèves dans l'apprentissage des sciences.

C'est en partie aux problèmes de conceptualisation et aux problèmes de choix des méthodes pédagogiques que le projet réalisé a tenté de trouver une réponse. Notre hypothèse était que l'usage d'outils pédagogiques utilisant l'ExAO rendrait l'enseignement et l'apprentissage de concepts scientifiques plus concret et ainsi plus signifiant pour l'élève (Azmitia, 1988; Wood *et al.*, 1995; Kermani et Mahnaz, 1997). Ces outils pédagogiques offriraient une complémentarité aux méthodes traditionnelles.

Ainsi, l'enseignement d'un concept scientifique peut s'avérer un défi de taille. Il faut transformer les savoirs à enseigner afin de faciliter la compréhension des élèves. Les enseignants doivent donc concevoir des outils pédagogiques. Cependant, lors de cette création d'outils, l'enseignant est souvent biaisé par sa propre connaissance des concepts scientifiques qu'il veut illustrer pour l'avoir appris lui-même lors de ses études et pour l'avoir illustré de manière semblable tout au long de sa carrière en enseignement. Ce qui est évident pour lui, ne l'est possiblement pas pour les élèves. C'est pour contrer ce biais, que nous accordons une grande importance aux perceptions de l'enseignement des sciences que possèdent les élèves du cégep Marie-Victorin ainsi que leurs besoins tels qu'ils les expriment car ce sont eux qui doivent mobiliser leurs ressources afin de construire leurs connaissances scientifiques. En comprenant mieux leurs perceptions qui traduisent leurs besoins, cela permettra de trouver des pistes d'intervention améliorant ainsi les méthodes pédagogiques favorisant alors la réussite d'un plus grand nombre.

## Méthodologie

Trois méthodes de collecte de données ont été utilisées afin de traduire la perception qu'ont les élèves de l'enseignement des sciences : le questionnaire Étudiant Plus, un questionnaire maison et des entrevues de groupe. En ce qui concerne les outils pédagogiques utilisant l'ExAO, suite à une consultation des enseignants du département des sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin, deux concepts ont été choisis. Il s'agit de la distance parcourue par un objet en chute libre lors que sa vitesse moyenne est atteinte, en physique mécanique et les courbes de neutralisation par un titrage d'un acide fort ou faible par une base forte en chimie des solutions. Les outils pédagogique illustrant ces deux concepts ont été expérimentés, évalués, améliorés, adaptés, validés et testés en classe à l'intérieur du cours de physique mécanique et de chimie des solutions offerts au Cégep Marie-Victorin à la session d'hiver 2007. Les élèves ont répondu à un questionnaire, des élèves ont été rencontrés pour obtenir leurs opinions et les résultats des examens ont été analysés afin de définir l'efficacité pédagogique des outils.

## Résultats et discussion

### Perceptions des élèves

Selon les résultats du questionnaire Étudiant plus, la principale faiblesse des élèves de sciences du Cégep Marie-Victorin durant l'année scolaire 2006-2007 se situe au niveau de la mémorisation. En effet, il semblerait qu'autour de 48% des élèves se fient encore à cette stratégie pour apprendre. En revanche, de nombreuses forces ont été signalées par ce

questionnaire. En effet, environ 78% des élèves préfèrent des situations pratiques et environ 82% résoudre des problèmes. De plus, environ 80% des élèves procèdent à une vérification et une autoanalyse.

L'analyse des résultats du questionnaire maison a permis de mettre en valeur l'importance des exercices et travaux pour les élèves. Cet élément rejoint le questionnaire Étudiant Plus. Un autre élément soulevé par le questionnaire maison est l'assiduité des élèves. Cet élément s'explique par le fait que si les élèves manquent un ou plusieurs cours, ils auront de la difficulté à rattraper ce qu'ils ont perdu. De plus, les élèves trouvent les explications des professeurs claires tant au niveau de la matière que des travaux. En outre, ils apprécient les locaux dédiés aux sciences (salles de classe, laboratoires scientifiques et le local spécialement pour eux) mais n'apprécient pas vraiment les laboratoires informatiques. En somme, ils sont tous assez satisfaits de la formation scientifique offerte par le cégep Marie-Victorin.

L'analyse du contenu des entrevues de groupes a permis de mettre en lumière certains besoins des élèves. Ces besoins sont regroupés sous trois thèmes : l'enseignement disciplinaire, les caractéristiques du professeur et des éléments de motivation.

Au sein de l'enseignement disciplinaire, le premier aspect à être soulevé par les élèves est le besoin d'avoir des éléments concrets. Ce besoin de concret a été discuté par Aylwin (1992a) qui mentionnait que : « l'enseignement, souvent, utilise à tort, des termes abstraits pour expliquer des notions abstraites ». Deux autres aspects ont été soulevés par les entrevues rejoignent des éléments mis en relief par les deux questionnaires. Il s'agit de la pratique en relation avec la théorie et des exemples et exercices. Les élèves ont manifesté le besoin d'avoir un bon équilibre entre la théorie et la pratique qui inclut les exercices et les exemples. À ce propos, les élèves ont mentionné le désir d'avoir une plus grande variété dans les exemples afin de bien s'approprier le concept ou la méthode de résolution de problème. Par ailleurs, les élèves de première année ont eu de la difficulté à bien saisir les liens entre la théorie, les laboratoires, les exemples, les exercices et la vie quotidienne. Cet élément a été également discuté par Aylwin (1992a) qui expliquait qu'il faut prendre soin de relier l'ensemble du cours aux motivations fondamentales des élèves. Il faut s'assurer, à chaque nouveau thème, que ce dernier a un sens « personnel » pour l'élève. Ce sont ces liens qui provoquent le plus de difficulté pour les élèves de première année. Finalement l'aspect visuel s'est avéré d'une extrême importance pour les élèves. En effet, la majorité des élèves en sciences de la nature sont visuels et l'exposé magistral ne rejoint principalement que les auditifs. Du support visuel est donc nécessaire pour répondre à ce besoin.

Deux caractéristiques de l'enseignant de sciences ont été mises en évidence par les entrevues. Il s'agit du dynamisme de l'enseignant et sa disponibilité. Le premier joue un rôle prépondérant et direct dans la motivation des élèves. Le second, qui est un des aspects des enseignants du département des sciences de la nature qui a été le plus remarqué par les élèves et est très apprécié.

Au niveau des éléments de motivation le sentiment de compétence a été révélé par les élèves, principalement par ceux de première année. En effet, quand ils ne se sentent pas capables de faire un exercice ou de résoudre un problème, ils se découragent et perdent leur intérêt et motivation. L'ambiance du département des sciences du cégep Marie-Victorin

représente un second élément de motivation. En effet, les élèves apprécient la convivialité qui règne au département. Cette convivialité s'exprime également par l'absence de compétition. Ce dernier point a été analysé par Aylwin (1992b). En effet, cet auteur rapporte que la coopération est préférable à la compétition car elle permet d'atteindre les meilleurs résultats individuels et collectifs.

## Pourquoi les perceptions?

Les résultats de la présente recherche ont permis de soulever certaines perceptions des élèves dans l'enseignement des sciences. Une question se pose alors, pourquoi connaître les perceptions des élèves de l'enseignement des sciences? Ces perceptions traduisent les besoins des élèves dans la classe et dans leurs apprentissages de concepts scientifiques. Bien comprendre ces besoins nous aide à nous placer plus facilement à leur place. De plus, puisque l'enseignant peut être biaisé par sa propre connaissance des concepts scientifiques qu'il veut illustrer, il devient important de comprendre les besoins des élèves et d'y répondre le plus possible et ainsi favoriser encore plus leur réussite.

## Quoi faire à propos perceptions?

En connaissant les besoins des élèves, que faire par la suite? Les élèves expriment leur besoin d'éléments concrets, d'avoir de la théorie avec beaucoup d'exemples variés. Par ailleurs, un aspect très important a été soulevé par les élèves de deuxième année mais se retrouve dans les analyses de contenu des rencontres suivant les leçons de physique et de chimie par les élèves de première année. Il s'agit du support visuel. En effet, les élèves de deuxième année ont indiqué l'importance d'avoir un support visuel lors des cours théoriques. Ce support ne semble pas largement utilisé dans les cours de sciences puisque le tableau a été rapporté par les élèves comme le principal élément visuel de la majorité des cours. Il faudra néanmoins trouver des solutions à l'intérieur de chaque discipline afin de répondre à ce besoin. Les élèves ont suggéré l'ajout de diaporama de type *PowerPoint*, de films, de démonstrations qui complémenteraient l'utilisation du tableau et qui dynamiseraient le support visuel.

Les élèves ont également mentionné un besoin de structure. Ils ont besoin de savoir où ils s'en vont dans le cours. Cependant, ce besoin ne se traduit pas de la même manière d'un individu à l'autre. Certains ont besoin d'une structure détaillée; d'autres, d'une structure du général vers le spécifique et d'autres, le contraire. Il s'agira de voir, en début de session, le niveau structure requis par le groupe surtout pour les élèves de première année afin de favoriser leur réussite à la première session. Par la suite, des outils de structuration pourront être mis à la disposition des élèves pour qu'ils puissent se constituer leur propre structure.

## Expérimentation physique

Dans le cours de physique mécanique, l'outil pédagogique illustrant la chute libre d'un objet à l'aide de l'ExAO n'a pas suscité plus d'intérêt que le cours traditionnel. Il n'a pas permis de mieux comprendre ni aider à mieux retenir. En revanche, les élèves rencontrés ont exprimé leur appréciation face à certains points de l'outil pédagogique. En

effet, ils ont noté le côté pratique et rapide de l'outil mais ce qu'ils ont le plus apprécié était relatif aux éléments de démonstration et de preuve du concept à l'étude. En effet, la démonstration avec l'outil a permis de prouver ce qu'ils venaient de voir en classe. Par ailleurs, l'automatisation de la prise de données que procure l'ExAO a soulevé certaines craintes de la part des élèves. Plusieurs éléments peuvent expliquer ces craintes : l'explication très rapide du montage, les explications des transformations de données trop rapides et trop en surface et la mauvaise perception des élèves à propos de l'automatisation de la prise de données en relation avec la compréhension du concept. Finalement, il semblerait que l'outil pédagogique illustrant la chute libre d'un objet avec l'ExAO soit efficace puisqu'une tendance à la hausse des résultats à l'examen est observée. De plus, cet outil répond aux besoins de concret, de preuve et d'éléments visuels important pour les élèves de sciences.

## Expérimentation chimie

Lors de l'expérimentation du second outil pédagogique dans le cours de chimie des solutions, certaines précautions ont été prises afin de ne pas répéter les erreurs encourues dans le cours de physique mécanique. En effet, l'explication et la démonstration des courbes de titrage ont été ralenties et approfondies. Lors de l'analyse des résultats, une tendance a été observée à l'effet que l'outil pédagogique a suscité plus d'intérêt. L'outil pédagogique usant de l'ExAO semble avoir permis d'un peu mieux comprendre le concept et semble avoir aidé à mieux le retenir. De plus, les élèves rencontrés ont noté que l'outil a attiré plus l'attention en ayant l'expérience qui se déroule devant soi. L'utilisation de l'ExAO a permis de mieux comprendre comment le titrage fonctionnait. En revanche, la démonstration a été un peu trop longue au goût des élèves. Cet élément peut facilement être corrigé. Finalement, les résultats à l'examen ont été plus élevés pour les élèves ayant eu le nouvel outil que pour les élèves du groupe témoin.

## Intégration ExAO

Les outils pédagogiques utilisant l'ExAO possèdent de nombreux effets bénéfiques potentiels. Au même titre que l'intégration des TICs, il doit y avoir une réflexion sur les objectifs pédagogiques poursuivis par ces outils. Il ne faut donc pas intégrer l'ExAO pour seulement l'intégrer. Un parallèle étroit peut être fait entre l'intégration des TICs et l'intégration de l'ExAO dans les cours de sciences. Comme le mentionne Barrette (2004a, 2004b et 2005), les TICs ont un impact sur l'enseignement par des changements pédagogique et une hausse de la compétence technologique. De plus, les TICs ont également un impact sur l'apprentissage par une amélioration des résultats scolaires, des opérations cognitives complexes, de la motivation et de l'intérêt dans les études et une préparation au marché du travail (Barrette, 2004a, 2004b et 2005). Ces impacts peuvent aussi être transposés lors de l'intégration de l'ExAO aux cours de sciences. Finalement, au même titre que pour l'intégration des TICs, un engagement institutionnel doit être présent au niveau de l'équipement (suffisant et accessible), du soutien et du service conseil technique et pédagogique et d'une formation adéquate et appropriée des usagers (Barrette, 2004a, 2004b et 2005).

La meilleure approche de l'intégration de l'ExAO dans les cours de science en est une graduelle. En premier lieu, l'intégration de l'ExAO comme outil de démonstration pour certains concepts permettrait aux usagers enseignants et techniques de s'approprier cette nouvelle technologie avec ses forces et ses limites. Ensuite, une introduction en laboratoire dans l'objectif de comparer la méthode traditionnelle avec l'ExAO permettrait aux élèves de développer leur rigueur scientifique et leur sens critique. Il faut noter l'importance de maintenir certains laboratoires avec la méthode traditionnelle parce que les élèves doivent apprendre à faire des lectures directes avec les instruments de laboratoire, doivent aussi bien comprendre le pourquoi et le comment des étapes d'un protocole. En outre, il y a les préoccupations budgétaires à prendre en considération. Ceci découle directement de l'engagement institutionnel.

En conclusion, un enseignement avec des outils pédagogiques utilisant l'ExAO favoriserait davantage la réussite des élèves qu'un enseignement traditionnel magistral unique puisqu'il aide à donner un sens pour les élèves. L'enseignement avec l'ExAO comporte des éléments très visuels et dynamiques et il s'avère concret. Pour ces raisons, il stimule l'intérêt des élèves et, pour l'instant, sort des sentiers battus.

## Bibliographie

- Abide, A. (1972). *An inquiry into the phenomenon of understanding abstract concepts with application to curriculum and instruction*, New York, Columbia University.
- Adey, P. (1999). *The science of thinking, and science for thinking: a description of cognitive acceleration through science education (CASE)*. Geneva, International Bureau of Education.
- Alberganti, M. (2000). *A l'école des robots ? : l'informatique, l'école et vos enfants*, Paris, Calmann-Lévy.
- Aquirre, J., et G. Erickson (1984). « Student's conceptions about the vector characteristics of three physics concepts », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 21, n°5, p. 439-457.
- Astolfi, J.P., E. Darot, Y. Ginsbuger-Vogel, et J. Toussaint (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck.
- Aylwin, U. (1992a). « Les principes d'une bonne stratégie pédagogique (1ère partie) » *Pédagogie Collégiale*, vol. 5, n°4, p. 11-15.
- Aylwin, U. (1992b). « Les principes d'une bonne stratégie pédagogique (2e partie) » *Pédagogie Collégiale*, vol. 6, n°1, p. 23-29.
- Azmitia, M. (1988). « Peer interaction and problem solving: when are two heads better than one? » *Child development*, vol. 59, p. 87-96.
- Baril, D. (2000). « Une «lunette cognitive» pour observer la réalité abstraite », *Forum*, vol. 35, n°2 [[http://www.forum.umontreal.ca/numeros/2000\\_2001/forum\\_00\\_09\\_05/article09.html](http://www.forum.umontreal.ca/numeros/2000_2001/forum_00_09_05/article09.html)], consulté le 22 septembre 2006.
- Barrette, C. (2004a). « Vers une métasynthèse des impacts des TICs sur l'apprentissage et l'enseignement dans les établissements du réseau collégial québécois : de la recension des écrits à l'analyse conceptuelle », *Bulletin Clic*, n°55, p. 8-15.



- Barrette, C. (2004b). « Vers une métasynthèse des impacts des TICs sur l'apprentissage et l'enseignement dans les établissements du réseau collégial québécois : parcours méthodologique », *Bulletin Clic*, n°56, p. 17-25.
- Barrette, C. (2005) « Vers une métasynthèse des impacts des TICs sur l'apprentissage et l'enseignement dans les établissements du réseau collégial québécois : mise en perspective », *Bulletin Clic*, n°57, p. 18-23.
- Barton, R. (2005). « Supporting teachers in making innovative changes in the use of computer-aided practical work to support concept development in physics education », *International Journal of Science Education*, vol. 27, n°3 p. 345-365.
- Bertrand, Y. et Y. Girault. (1990). « Une approche différente de la didactique des sciences », *Vie pédagogique* n°65, p. 37-39.
- Brook, A.J. et P. Wells, (1988). « Conserving the circus? An alternative approach to teaching and learning about energy », *Physics Education*, vol. 23, n°2, p. 80-85.
- Burchfield, M. L. et V. D. Gifford, (éditeurs) (1995). « The Effect of Computer-Assisted Instruction on the Science Process Skills of Community College Students » *Annual Meeting of the Mid South Educational Research Association*,
- Chia, T.-C. (1995). *Learning difficulty in applying notion of vector in physics among "A" level Students in Singapore*, Nanyang Technological university, Singapore, National Institute of Education.
- De Serres, M., M. Bélanger, M.-C. Piché, M. Riopel, C. Staub, et C. De Grandpré, (2003). *Intervenir sur les langages en mathématiques et en sciences*, Montréal, Modulo Éditeur.
- Giordan, A. (directeur) (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, Berne, P. Lang.
- Girouard, M. Nonnon, P. 1999. « La lunette cognitive pour l'acquisition d'un langage graphique de codage, son influence sur l'atteinte d'objectifs terminaux des cours de physique à l'éducation des adultes », *Actes du 5<sup>e</sup> colloque international de robotique pédagogique*, Montréal, Université de Montréal.
- Grim, N.C. (1999). *A Force Concept Correlation Study with Instructional Methods, Anxiety, Perceptions of Difficulty and Student Background Variables*. Chicago, US Department of Education.
- Kermani, H. et M. Mahnaz, (1997). « Cross-age tutoring: Exploring features and processes of peer-mediated learning ». Article présenté à l'*Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago II. March 24-28 1997.
- Landelle, J.-J. (1987). *L'évaluation, une pratique scientifique ?* Paris, ESF.
- Lenton, G. et Stevens, B. (1999). « Numeracy in science ». *School Science Review*, vol. 80, n°293, p. 59-64.
- Marcotte, A. et G. Sabourin, (2000). *Projet de fin d'étude en biologie avec expérimentation assisté par ordinateur*. Rapport de projet présenté dans le cadre du concours «Sortir des sentiers battus» du [Saut quantique](#), Montréal, Collège Ahuntsic.

- Nonnon, P. (1991). « Robotique pédagogique », dans Nonnon, P., M. Vivet, et P. D'Amour, (Éditeurs) *Robotique pédagogique : les actes du II<sup>e</sup> congrès international*, Montréal, Les Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Collection Actes de colloque, Université de Montréal.
- Page, B.J., D.L. Delmonico, J. Walsh, N.A. L'Amoreaux, C. Danninirsh, R.S. Thompson, A.I. Ingram, et A.D. Evans, (2000) « Setting Up On-Line Support Groups Using the Palace Software », *Journal for Specialists in Group Work*, vol. 25, n°2, p.133-145.
- Pavlik, R.A. (1979). *Making an Impact by...Reading in the Content Fields*. Reston, Virginia, National Association of Secondary School Principals.
- Roth, K.J. (1985). *Conceptual change learning and student processing of science texts*, Washington, DC, Association of American Publishers.
- Thouin, M., (2002), *Changement conceptuel et formation des maîtres dans Changement conceptuel et apprentissage des sciences : recherches et pratiques*. Collectif sous la direction de Rodolphe M.J. Toussaint. Montréal, Éditions logiques.
- Tilidetzke, R. (1992). « A comparison of CAI and traditional instruction in a college algebra course », *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, vol. 11, n°1, p. 53-62.
- Viau, R. 1987. « L'enseignement assisté par ordinateur, bilan qualitatif » *Pédagogie Collégiale* n° pilote, p. 20-22.
- Wood, D., H. Wood, S. Ainsworth, et C. O'Mally, (1995). « On becoming a tutor: toward an ontogenic model », *Cognition and Instruction*, vol. 13, p. 565-581.
- Yea, S., et M. Zadnik, (2000). « Newton, we have a problem », *Australian Science Teachers' Journal*, vol. 46, n°1, p. 9-13 et 15-18.