

**Les technologies de l'information et des communications dans
l'enseignement primaire et secondaire :**

Une étude approfondie

Charles S. Ungerleider et Tracey C. Burns
Université de la Colombie-Britannique

TRADUCTION

Préparé pour :
Le colloque du Programme pancanadien de recherche en éducation 2002
«La technologie de l'information et l'apprentissage»
30 avril – 2 mai 2002
Hôtel Crowne Plaza Montréal Centre
Montréal (Québec)

Les opinions exprimées dans ce document sont celles des auteurs et ne représentent pas
celles du Conseil des statistiques canadiennes de l'éducation

Résumé

Un grand nombre d'articles consacrés à la technologie dans le domaine de l'éducation vantent l'apport de l'informatique à l'enseignement et à l'apprentissage au primaire et au secondaire. Ces articles prometteurs ont suscité bien des attentes et ont encouragé les instances scolaires régionales et provinciales à consacrer des ressources considérables aux nouvelles technologies. La présente étude se veut une réponse à l'appel du Conseil des statistiques canadiennes de l'éducation (CSCE), qui a demandé un rapport sur les répercussions des technologies de l'information et des communications (TIC) sur l'enseignement et l'apprentissage aux niveaux primaire, secondaire et postsecondaire au Canada.

Nous avons centré notre étude sur deux grands axes : 1) l'efficacité des TIC à favoriser le rendement scolaire, la motivation et l'apprentissage métacognitif; et 2) les répercussions des TIC sur l'enseignement de certaines matières au primaire et au secondaire. En tenant compte de l'importance de facteurs contextuels comme la diversité ethnoculturelle et linguistique, nous avons tenté de nous concentrer sur les recherches canadiennes. Toutefois, comme l'information portant sur le Canada se fait rare, nous avons inclus à notre étude des recherches internationales sur les sujets qui nous intéressaient.

Nous avons l'intention de cerner des éléments qui permettraient aux responsables de l'élaboration ou de la mise en œuvre de lignes directrices de prendre des décisions bien informées. Nous avons toutefois constaté que bien peu d'éléments avaient fait l'objet de recherches suffisamment poussées pour guider l'élaboration ou la mise en œuvre de lignes directrices. Pour conclure, nous formulons des réflexions sur la politique et sur les répercussions de la recherche sur l'enseignement, ainsi que des suggestions de recherches supplémentaires.

Introduction

Malgré toute l'attention et la documentation consacrées à la technologie dans le domaine de l'éducation, il semble y avoir, en comparaison, assez peu de recherches empiriques bien documentées qui pourraient aider les responsables de l'élaboration de politiques à prendre des décisions bien informées. Par «recherches empiriques bien documentées», nous entendons des recherches portant sur des hypothèses vérifiables par des méthodes expérimentales ou quasi expérimentales, dans lesquelles les données sont soumises à un traitement statistique approprié, et où les auteurs tirent des conclusions conformes aux objectifs et aux méthodes employées¹. Nous proposons ici une revue de la documentation consacrée aux technologies, notamment à l'utilisation de l'ordinateur et autres techniques informatiques connexes, et aux effets de cette utilisation sur la socialisation entre élèves et l'apprentissage des élèves de la maternelle à la fin du secondaire. Nous y critiquerons la documentation dans les domaines de l'éducation, de la psychologie, de la sociologie et de la technologie, analyserons les forces et les faiblesses de la documentation et cernerons les domaines dans lesquels il faut pousser la recherche. Même si nos travaux sont principalement axés sur le Canada, nous avons dû, par nécessité, inclure des recherches internationales sur les sujets qui nous intéressaient.

Selon le dernier rapport du Programme d'indicateurs pancanadiens de l'éducation (PIPCE) du Conseil des statistiques canadiennes de l'éducation, 2000, 88 p. 100 des élèves du primaire et 97 p. 100 de ceux du secondaire fréquentent une école connectée à l'Internet à des fins éducatives. Vu l'utilisation massive des technologies de l'information et des communications (TIC), on comprend facilement l'intérêt que suscitent les effets des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage. Même si l'on entend souvent que l'informatique et l'Internet pourraient apporter de grands changements à l'enseignement et l'apprentissage, les enseignantes et enseignants ont été poussés, en raison de pressions publiques, à utiliser les nouvelles technologies même s'ils ne comprenaient pas encore très bien (ni nous non plus) quelles en seraient les répercussions sur leur travail ou sur l'apprentissage des élèves (Stuve, 1997). Du matériel a été fourni aux écoles sans faire au préalable les recherches nécessaires ni prêter attention à la préparation des enseignantes et enseignants (Nicol et al. 1996; Ungerleider, 1997). Malgré les statistiques du PIPCE susmentionnées, selon le tout dernier rapport de Statistique Canada sur le sujet (Tremblay et al., 2001), 70 p. 100 des enseignantes et enseignants de l'Ontario ont déclaré que leurs élèves avaient un accès limité ou pas d'accès du tout à des ordinateurs à l'école. Cette situation pourrait s'expliquer de plus d'une façon : un faible ratio de connexions Internet par élève; une mauvaise répartition du matériel; un manque de temps accordé aux enseignantes et enseignants pour se préparer; ou des obstacles structurels à l'incorporation de nouvelles technologies à l'enseignement (c.f. Cuban, et. al., 2001).

Les tenants de la nécessité de doter toutes les classes d'ordinateurs s'appuient sur la croyance que la technologie permet d'accroître la vitesse, la qualité et l'efficacité de l'apprentissage, ainsi

¹ En raison de la méthodologie choisie, nous avons éliminé du matériel de nature rhétorique qui n'était pas suffisamment documenté. Nous n'avons pas non plus tenu compte de travaux comme la *Second Information Technology in Education Study* (SITES), réalisée sous les auspices de l'Association internationale pour l'évaluation du rendement scolaire (AIE) avec la participation du Canada (voir <http://www.cmec.ca/stats/international/index.asp>). La SITES contient de l'information sur l'utilisation des technologies de l'information et des communications au Canada et dans d'autres pays, et aborde des sujets comme les obstacles à l'utilisation des TIC dans les écoles.

que la quantité de matière apprise (Henchey, 2001). Bien qu'attrayante, cette croyance doit être vérifiée par des recherches bien documentées. Comme le dit Abrami (2001) : «À ce jour, les promesses sont nombreuses, mais les faits le sont beaucoup moins, notamment en ce qui a trait aux preuves à long terme de l'utilité réelle de la technologie pour l'apprentissage» (p. 114). Il est donc impératif de rassembler, d'analyser et de commenter les recherches disponibles de manière à pouvoir cerner précisément les domaines devant faire l'objet de recherches supplémentaires et de lignes directrices. Dans la présente étude, nous entamons ce processus en nous concentrant sur deux grands axes : 1) l'efficacité des TIC à favoriser le rendement scolaire, la motivation et l'apprentissage métacognitif; et 2) les répercussions des TIC sur l'enseignement de certaines matières. Ces deux axes sont directement liés à des indicateurs du PIPCE comme le ratio élève-ordinateur, les taux d'inscription, les taux de réussite, les obstacles à une utilisation poussée des TIC et l'innovation. Notre étude se termine par des réflexions sur la politique et sur les répercussions de la recherche sur l'enseignement.

À l'origine, nous souhaitions limiter la portée de notre étude à des articles relus par des pairs publiés au cours des 10 dernières années. Nous avons cherché de tels articles dans diverses bases de données, dont *EBSCO Online*, ERIC (*Education Research Information Center*), *Sociological Abstracts* et *PsychInfo*. Nous avons également cherché des références canadiennes sur dpnet, une liste de diffusion sur la psychologie du développement. Nous avons en outre cherché sur le Web des examens de politique et les résultats de tests pancanadiens et provinciaux portant sur nos deux axes d'étude. Même si ces derniers documents n'étaient pas «revus par des pairs», nous avons jugé qu'ils constituaient un ajout important pour notre étude, en particulier les résultats des tests pancanadiens et provinciaux.

1. Efficacité des TIC à favoriser le rendement scolaire, la motivation et l'apprentissage métacognitif

De nombreuses études montrent que les enfants d'âge préscolaire sont optimistes par rapport à l'apprentissage; ils surévaluent leurs capacités, sous-estiment la difficulté des tâches et s'attendent à réussir. Vers le milieu de l'enfance, les enfants commencent à faire une distinction entre capacité, effort et facteurs externes quand ils expliquent leurs résultats (Skinner, 1995). Leur attitude face à la réussite et à l'échec de certaines tâches a une incidence sur la possibilité qu'ils développent une motivation intrinsèque à persister devant des tâches difficiles et sur le développement d'habiletés métacognitives efficaces. Et ces éléments influencent à leur tour le rendement scolaire. Dans les sections qui suivent, nous aborderons chacun de ces trois aspects de l'apprentissage.

1.1 Attitudes, attributions et rendement scolaire

1.1.1 Attitudes

Certaines recherches (Allport, 1935; Oskamp, 1977) appuient l'idéologie conventionnelle selon laquelle les élèves bien disposés envers un travail ou un sujet sont susceptibles d'apprendre davantage et mieux que ceux qui ne le sont pas. Pour cette raison, l'attitude des élèves envers l'utilisation d'un ordinateur pourrait avoir une incidence sur leur apprentissage.

Une seule conclusion des recherches sur les attitudes est claire : les enfants ayant accès à un ordinateur ont une attitude plus positive envers l'informatique que ceux qui ne le sont pas (Clark, 1997; Dawes et al., 2000; Hennessy, 2000; Kirkman, 1993; Levine et al., 1998; Miyashita, 1994; Pedretti et al., 1998; Soyibo et al., 2000; Woodrow, 1994; voir aussi Renaud, 1998). Les élèves qui ont une attitude positive envers les technologies seront plus susceptibles d'en faire un usage efficace au cours de leur vie.

Une autre conclusion est assez claire : malgré des années de mesures visant à favoriser une attitude positive des femmes envers les TIC et à accroître leur efficacité à les utiliser, les hommes et les garçons sont encore plus débrouillards en informatique et ont une attitude plus positive envers les TIC que les filles et les femmes (voir la méta-analyse de Whitley, 1997 de plus de 80 études; Inkpen, 1997; Nelson et al., 1997; voir aussi King, Bond et Blandford, 2002). L'écart demeure même si l'emploi des ordinateurs à l'école est maintenant à peu près égal pour les deux sexes (Durndell et Thomson, 1997). Il semble que le simple accès aux ordinateurs ne garantisse pas une attitude positive à leur égard ou, à tout le moins, que l'attitude positive ne se manifeste pas aussi souvent chez les filles et les femmes que chez les hommes et les garçons.

L'écart entre les deux sexes diminue, mais beaucoup plus lentement que prévu (Durndell et al., 1997). Cet écart a plusieurs répercussions. D'un point de vue très général, certains avancent que les logiciels les plus courants plaisent davantage aux garçons qu'aux filles et qu'il faudrait donc les concevoir autrement (Inkpen, 1997). D'un point de vue social, les différences d'attitudes se répercutent sur le rendement des élèves, particulièrement sur le travail de groupe. Nous approfondirons davantage ce sujet un peu plus loin, dans la partie consacrée au rendement scolaire.

1.1.2 Attributions

Les attributions positives du rendement scolaire nourrissent un sentiment de maîtrise et font partie d'un cycle positif d'apprentissage associé à la réussite scolaire. Dans ce cycle, les réussites sont associées à la capacité et intériorisées, tandis que les échecs ne sont pas pris en compte et sont associés à des facteurs situationnels hors du contrôle de l'apprenant ou l'apprenant (Dweck, 1978). Par contre, les attributions négatives du rendement scolaire donnent parfois lieu à un sentiment d'impuissance acquis, qui est associé à un mauvais rendement scolaire. Dans ce cycle, les réussites ne sont pas prises en compte et sont attribuées à la chance, tandis que les échecs sont intériorisés et considérés comme des indicateurs de capacité insuffisante, ce qui entraîne un sentiment général d'échec et d'impuissance. Les élèves qui éprouvent un sentiment d'impuissance acquis ne réussissent pas aussi bien leurs travaux scolaires que les élèves qui attribuent leur réussite à leurs propres capacités. Comme l'attribution d'un échec ou d'une réussite à la capacité ou à la chance diffère aussi entre les garçons et les filles, il s'agit d'un sujet d'étude important.

Malgré les nombreuses recherches sur le sujet en général, bien peu portent sur la façon dont ces cycles se manifestent par rapport aux nouvelles technologies. En effet, nous n'avons trouvé que deux études sur le sujet. La première montrait que, par rapport à l'informatique, l'attribution de l'échec ou de la réussite à la capacité et à la difficulté de la tâche (Baron et al., 1996) avait plus d'effet sur le rendement que l'attribution à la chance et à l'effort. Quant à la seconde, elle portait sur la réaction des enfants face à la réussite ou à l'échec de tâches informatiques en fonction de leur sexe (Nelson et Cooper, 1997). Elle révèle que les garçons attribuent plus souvent l'échec à ce type de tâche à des causes instables et externes (pas assez d'effort, disquette corrompue, etc.) tandis que les filles, à l'opposé, attribuent plus souvent la réussite à des causes instables et externes (effort, logiciel facile, etc.).

1.1.3 Rendement scolaire

Plusieurs analyses pancanadiennes d'envergure ont cherché à savoir si l'accès à un ordinateur ou l'utilisation d'un ordinateur à l'école améliorerait le rendement scolaire. Tremblay, Ross et Berthelot (2001) signalent une analyse réalisée par Statistique Canada, d'après des tests provinciaux de l'Office de la qualité et de la responsabilité en éducation de l'Ontario. Les données ont été recueillies en 1997 auprès de 115 000 élèves de troisième année fréquentant des écoles anglophones de l'Ontario. Bien que d'autres facteurs (des classes peu nombreuses par exemple) aient été associés à un rendement scolaire supérieur à la moyenne, cette étude n'a pas établi de lien entre la présence d'un ordinateur dans la classe et la réussite scolaire des élèves de troisième année (Tremblay et al., 2001).

Aux États-Unis, des travaux semblables ont été réalisés à partir de résultats aux tests du *National Assessment of Education Progress* (NAEP). Ces tests, que l'on fait passer tous les deux ans en mathématiques et en lecture, en alternance, évaluent l'effet d'un certain nombre de variables, dont l'utilisation de l'ordinateur, sur le rendement scolaire. L'analyse la plus récente (Johnson, 2000) portait sur les résultats au test de lecture des élèves de 4^e et de 8^e année. L'analyse a montré que les élèves qui se servaient d'un ordinateur en classe au moins une fois par semaine ne réussissaient pas mieux au test du NAEP que ceux qui s'en servaient moins d'une fois par semaine (Johnson, 2000) et ce, même si les enseignantes et enseignants se sont dits assez à l'aise à l'ordinateur et avaient reçu de la formation. En effet, l'analyse n'a porté que sur les

enseignantes et enseignants ayant mentionné qu'ils étaient assez bien préparés à l'utilisation de l'ordinateur à des fins éducatives.

L'analyse la plus récente des tests de mathématiques du NAEP a été faite par Wenglinsky (1998). En analysant les résultats de 6227 élèves de 4^e année et 7146 élèves de 8^e année, il a constaté que la fréquence d'utilisation de l'ordinateur à l'école était inversement proportionnelle au rendement scolaire; que les élèves qui passaient plus de temps à l'écran à l'école réussissaient moins bien que ceux qui en passaient moins. Chez les élèves de 8^e année, il a aussi constaté que le recours à l'ordinateur pour enseigner des habiletés cognitives de bas niveau (didacticiels d'exercices de mathématiques, etc.) avait un effet négatif sur le rendement scolaire, mais que pour l'enseignement d'habiletés cognitives de haut niveau (simulations et applications, etc.), le recours à l'ordinateur avait plutôt un effet positif. Malheureusement, les élèves de 8^e année de classes de groupes défavorisés étaient beaucoup plus susceptibles de se faire enseigner des habiletés cognitives de bas niveau que de haut niveau. Un résultat positif : les élèves de 4^e année qui se servaient de logiciels ludo-éducatifs réussissaient mieux que ceux qui ne s'en servaient pas. Dans l'ensemble, il a conclu que le rapport entre l'utilisation de la technologie et le rendement scolaire était important pour les élèves de 8^e année, mais pas pour ceux de 4^e. Les écarts de rendement peuvent s'exprimer par un rapport entre la position relative des apprenantes et apprenants par rapport à leurs pairs. Sur une période d'enseignement de 36 semaines, Wenglinsky a découvert que les élèves de 4^e année qui utilisaient des logiciels ludo-éducatifs avaient environ trois semaines d'avance sur leurs camarades. En comparaison, les élèves de 8^e année qui utilisaient surtout des didacticiels d'exercices de mathématiques affichaient un retard d'un peu plus de 21 semaines sur leurs camarades.

Les études canadiennes et américaines montrent que le simple accès à un ordinateur en classe n'améliore pas le rendement scolaire. Ce type d'études est important en raison de la taille des échantillons utilisés, de la diversité des contextes géographiques et éducatifs et du degré de détail de la collecte de données. Toutefois, il ne s'agit pas de recherches expérimentales en ce sens que la présence ou l'absence d'ordinateurs n'a pas été manipulée à dessein. Afin d'établir un rapport causal entre l'utilisation de l'ordinateur et le rendement scolaire, il faut mener des travaux expérimentaux dont le déroulement et l'analyse respectent certaines règles de base.

Une bonne partie des recherches actuelles sont assujetties à des contraintes méthodologiques ou théoriques qui restreignent les possibilités d'application des résultats. Les failles méthodologiques les plus fréquentes sont l'absence d'un groupe témoin, un échantillonnage non aléatoire, des évaluateurs conscients de la manipulation expérimentale et des interprétations non fondées sur des données. Les recherches de Ainsa (1989), par exemple, qui s'est intéressée aux effets de l'intégration de l'informatique au programme *Head Start* pour les élèves de 4 et 5 ans, ont subi de telles contraintes. Elle a constaté que l'intégration de l'ordinateur au programme a amélioré le rendement scolaire dans toutes les matières (capacités motrices, cognitives et linguistiques) par rapport au rendement d'un groupe témoin, et a conclu que le recours à l'ordinateur dans le cadre du programme *Head Start* améliorait le rendement scolaire des élèves. Même si la conclusion semble plausible en surface, elle masque une cause possible de faible rendement : les élèves qui n'ont pas bien réussi avaient comme enseignantes et enseignants des futurs maîtres moins efficaces que des enseignantes et enseignants d'expérience. Les enfants dont les enseignantes et enseignants étaient expérimentés (par opposition aux futurs maîtres) s'amélioraient dans toutes les matières de façon comparable aux enfants qui travaillaient à

l'ordinateur. Dans l'ensemble, elle a conclu que l'utilisation de l'ordinateur n'avait pas d'effet sur le rendement scolaire, sauf dans les cas où la qualité de l'enseignement était inférieure à la moyenne. Nous ne disons pas que cette conclusion n'est pas importante. Il est certes intéressant de savoir que si des élèves reçoivent un enseignement de qualité moindre, l'intégration de tâches à l'ordinateur conçues par des enseignantes et enseignants compétents a un effet positif sur le rendement scolaire. Il est toutefois trompeur d'accorder un rôle si positif à l'ordinateur et de minimiser ainsi l'importance d'un enseignement de qualité. Knapp (1997) et Tremblay et al. (2001) ont obtenu des résultats semblables concernant le rôle vital d'enseignantes et enseignants compétents.

Des recherches expérimentales concernant l'accès à l'ordinateur sans enseignement ont été réalisées par Gardner et al. (1993). Ces chercheurs ont procuré des ordinateurs portatifs à 235 élèves pendant toute une année scolaire et les ont comparés à un groupe témoin qui n'avait pas reçu d'ordinateurs. Les deux groupes ont bénéficié du même enseignement. À la fin de l'année, les chercheurs ont évalué le rendement de tous les élèves en anglais, en mathématiques et en sciences. Comme ils n'ont pas constaté de différence sensible entre les deux groupes, ils ont conclu que le seul accès à un ordinateur, sans adaptation de l'enseignement, ne suffisait pas à améliorer le rendement des élèves.

Les exemples de programmes novateurs mariant l'accès à la technologie à un enseignement d'appui aux nouvelles ressources technologiques sont nombreux. Woodrow et ses collègues (Pedretti et al., 1998; Woodrow et al., 2001) ont obtenu des résultats longitudinaux de l'efficacité d'un enseignement enrichi par la technologie, en sciences, au secondaire. Ils s'attardent particulièrement à l'exemple d'élèves du secondaire bénéficiant d'un environnement multimédia dans des cours de physique et de sciences. D'après une quantité considérable de données recueillies à l'aide d'entrevues et de questionnaires, ils constatent que les élèves aiment travailler dans un milieu multimédia et croient qu'ils acquièrent des connaissances particulières et des habiletés d'apprentissage générales d'une manière qui ne fonctionnerait pas avec les méthodes d'enseignement conventionnelles. Les articles de ces chercheurs, bien que réfléchis et intéressants en raison des données qualitatives présentées, présentent deux grandes failles : l'absence d'un groupe témoin et la sélection non aléatoire des élèves interrogés. En effet, les élèves interrogés appartenaient tous à un sous-groupe de la classe expérimentale, ce qui empêchait la comparaison avec des élèves de classes traditionnelles. Il se peut très bien que les commentaires du groupe bénéficiant de l'enseignement multimédia étaient uniques et résultaient du nouveau milieu d'apprentissage, mais comme il n'y avait pas de groupe témoin avec lequel comparer ces commentaires, l'hypothèse est impossible à confirmer. Ces failles enlèvent beaucoup de poids à la thèse de ces chercheurs.

Il y a cependant quelques indicateurs de l'effet positif de l'utilisation d'ordinateurs sur le rendement scolaire : Renaud (1998) a établi un rapport positif entre informatique et rendement, dans un contexte d'enseignement assisté par ordinateur, en étudiant les résultats en sciences d'élèves peu doués de 7^e année. Dans le même ordre d'idées, van Daal et al. (2000) ont signalé des améliorations exceptionnelles en lecture et en épellation chez les élèves de maternelle exposés à des logiciels d'apprentissage de la lecture et de l'épellation comparativement à ceux qui n'utilisaient pas ces logiciels. De plus, une étude très bien menée a révélé un lien clair et positif entre l'enseignement hypermédia et le rendement scolaire dans des cours de génie (Zywno et al., 2001). Il existe donc certaines preuves empiriques de l'effet positif des

technologies sur le rendement des élèves. Il est cependant difficile d'interpréter ces résultats à la lumière des effets nuls ou négatifs signalés dans des études canadiennes et américaines réalisées à partir d'évaluations de grande envergure dont nous avons parlé plus tôt. Nous croyons donc qu'il faudra nécessairement mener des recherches expérimentales bien conçues et réalisées avant de pouvoir tirer des conclusions.

1.2 Motivation

On entend depuis longtemps que le recours à l'ordinateur à des fins éducatives augmente la motivation des enfants (Trentin, 1996). Laferrière et al. (1999) remarquent que les enfants qui n'ont pas d'ordinateur à la maison sont plus motivés à aller à l'école s'ils peuvent y utiliser un ordinateur. Même si ces assertions sont raisonnables, par intuition, les chercheurs n'offrent aucune donnée à l'appui. Au nombre des recherches assorties de données empiriques, mentionnons les travaux de Howland et al. (1997), qui montrent que des enfants se servant d'un ordinateur (programme *KidSim* dans ce cas-là) étaient très motivés à faire leurs travaux en plus d'être très curieux, de vouloir réussir et de ressentir une appartenance personnelle au projet. Selon Barak et al. (2000), l'utilisation des technologies dans les écoles secondaires israéliennes rehaussait l'efficacité des élèves et leur motivation à étudier et à réussir. Olsen-Rando (1994) maintient pour sa part que ces effets motivationnels sont aussi valables dans un cadre thérapeutique. Des résultats semblables ont été constatés dans des classes de sciences de 8^e et de 9^e année (Hennessy, 2000). Malheureusement aucun de ces travaux n'avait prévu de groupe témoin d'élèves n'ayant pas utilisé d'ordinateurs. Dans une étude qui comportait un groupe témoin (Dawes et al., 2000), on ne constate aucun effet sensible du travail à l'ordinateur sur la réussite des élèves de 7^e et de 8^e année, mais les élèves ont dit qu'ils accordaient plus de valeur au travail à l'ordinateur qu'aux tâches non informatisées. D'autres travaux contredisent toutefois cette assertion. Kinzie et al. (1992) montrent que, dans une classe de science de 9^e année, la motivation résultant du travail à l'ordinateur variait selon le sexe des élèves. L'utilisation de l'ordinateur augmentait la motivation des garçons, mais seulement lorsque l'information présentée était contrôlée par le logiciel. Dans les cas où ils contrôlaient eux-mêmes l'apprentissage et l'information, on ne constatait pas d'effet sur leur motivation. Quant aux filles, elles ne semblaient pas motivées davantage par le travail à l'ordinateur, peu importe la situation. Dans la même veine, Miyashita (1994) n'a constaté aucun effet de l'utilisation de l'ordinateur sur la motivation dans une étude portant sur des élèves japonais de 1^{re} et de 2^e année.

Ces études montrent que le travail de groupe à l'ordinateur n'améliorait pas en soit l'apprentissage ni la satisfaction. Il semble plutôt que certains aspects de la facilitation sociale et de la collaboration soient sous-jacents à bon nombre de ces résultats. Svensson (2000) a constaté que des élèves de 3^e année travaillant en équipe à l'ordinateur interagissaient davantage et, contrairement à d'autres tâches, que la plupart de ces interactions étaient liées à la résolution du problème. Les enfants de cette étude ont expliqué que les limites de temps imposées à l'ordinateur les obligeaient à se concentrer davantage sur la tâche à accomplir, ce qui les amenait à rassembler leurs efforts et favorisait les interactions liées à la tâche. Orth et al. (1994) ont obtenu des résultats semblables chez un groupe d'enfants de maternelle présentant des troubles de comportement. Recourant à un renversement intrigant, Ocker et al. (1999) ont étudié un groupe qui devait accomplir certaines tâches en face-à-face, sans ordinateur, et l'ont comparé à un groupe devant se servir d'un logiciel de conférences virtuelles qui nécessitait un travail de groupe en différé. Ils n'ont constaté aucun effet sensible sur la qualité du travail ni sur

l'apprentissage dans les deux cas, mais ils ont remarqué une baisse considérable de la satisfaction par rapport à la tâche accomplie chez le groupe qui a utilisé les conférences virtuelles nécessitant une collaboration asynchrone.

1.2.1 Convivialité et facteurs humains

Les enfants ont des habiletés motrices, des capacités cognitives et des motivations qui diffèrent de celles des adultes. Ceux et celles qui conçoivent des technologies et des didacticiels destinés aux enfants doivent donc tenir compte de leurs capacités à tous ces égards, et porter une attention particulière à la conception des systèmes informatiques (autant le matériel que les logiciels) et du contexte d'apprentissage en soi.

Peu d'études ont été réalisées sur la façon dont les systèmes informatiques et les contextes d'apprentissage sont conçus, construits et entretenus. Stuve (1997) a réalisé une étude de cas descriptive (classe jumelée de 3^e et de 4^e année), échelonnée sur trois ans, dans laquelle il a examiné le rôle de l'ordinateur dans une classe. Autrement dit, il a étudié de quelle façon les enseignantes et enseignants et les enfants ont utilisé l'ordinateur pendant plusieurs années. Il a constaté que certains aspects «environnementaux», comme l'emplacement de l'imprimante par rapport à la classe ou la qualité des ordinateurs, avaient des effets importants sur la structure des projets et la continuité des activités d'apprentissage. Il soutient que la réalisation d'innovations techniques se fait socialement, grâce à une interaction complexe entre les élèves, les enseignantes et enseignants, et le contexte physique et social où se situent les technologies. Cette étude est la seule que nous ayons trouvée sur le sujet. Même s'il s'agit d'une étude bien documentée, elle est de nature descriptive et ne peut donc pas être vérifiée par hypothèse. Il est donc impératif de faire des recherches expérimentales plus rigoureuses sur ce sujet.

La conception du contexte d'apprentissage doit aussi tenir compte du ratio ordinateur-élèves, car celui-ci a une incidence sur la taille des groupes que l'on peut former (Bracewell et al., 1998). Selon les derniers indicateurs du PIPCE, le ratio ordinateur-élèves était de un pour neuf (1:9) au primaire, d'un pour huit (1:8) au premier cycle du secondaire et d'un pour sept (1:7) au deuxième cycle. Plusieurs chercheurs (Alsbaugh, 1999; Baron, 1992) ont étudié les effets de l'utilisation d'un ordinateur dans des groupes de travail de cinq élèves ou moins. Le nombre d'ordinateurs disponibles ne semble pas avoir d'effet sur le rendement scolaire des élèves dans de telles conditions.

Par contre, la nature du matériel et des logiciels joue à la fois sur l'usage que l'on en fait et sur l'effet produit sur les apprenantes et apprenants. Dans une étude empirique et rigoureuse, Inkpen (1997) soutient que la conception du matériel et des logiciels doit tenir compte des différences entre les capacités motrices et cognitives des enfants et celles des adultes. Son travail porte principalement sur certains aspects de la conception de l'interface de bas niveau. Inkpen (1997) a constaté que des détails de conception de bas niveau, comme le nombre ou le type de souris, avaient une incidence considérable sur le rendement et la motivation des enfants. D'après les préférences des enfants, leur rapidité et le nombre d'erreurs commises, elle a constaté que les enfants trouvaient plus difficile de faire du glisser-déposer (*drag and drop*) avec la souris que du pointer-cliquer (*point and click*). Joiner et al. (1998) ont aussi obtenu des résultats semblables. Dans le cadre d'un programme de recherche ayant pour objectif de concevoir des environnements pour systèmes portatifs, Inkpen (1999) fait état de ses résultats préliminaires sur le matériel et les interfaces que les enfants préfèrent. Les travaux d'Inkpen

illustrent le côté prometteur et l'importance potentielle de la recherche sur les facteurs humains consacrée aux TIC dans le domaine de l'éducation.

Les recherches exhaustives ou rigoureuses sur l'ergonomie des logiciels et les effets de certains aspects de leur conception sur l'apprentissage et le rendement des élèves sont encore rares à ce jour. Lauret (1999) soutient que même si le rôle de la présentation visuelle dans le traitement de l'information est bien compris, il faut étudier davantage la présentation sonore, qui devient de plus en plus complexe. Ses résultats préliminaires laissent croire que les logiciels et les interactions ayant des attributs visuels et sonores complexes seraient tous deux importants. Dans une étude tout aussi prometteuse, Benshoof et al. (1995) montrent que des élèves de 4^e année ont plus de facilité à accomplir des tâches complexes en utilisant plusieurs fenêtres qu'en demeurant dans une seule. Passig et Levin (1999) montrent pour leur part que le sexe des enfants joue un grand rôle dans l'efficacité de l'interface chez les enfants de la maternelle. Ils ont constaté que les garçons préféraient utiliser les boutons de navigation pour obtenir de l'aide alors que les filles préféraient demander de l'aide, et que les filles préféraient les scènes colorées (surtout dans les tons de rouge et de jaune) qui changeaient lentement et incorporaient le texte au jeu, tandis que les garçons préféraient des scènes qui changeaient rapidement dans des tons de bleu et de vert.

Les logiciels utilisés dans les écoles reçoivent de très mauvaises notes, et ce même s'il est généralement admis que le matériel didactique est plus efficace si son développement est appuyé par la recherche. Coley et al. (1997) offrent un aperçu de résultats obtenus par le *California Instructional Technology Clearinghouse* (CITC), organisme subventionné par l'État qui évalue des logiciels en fonction des normes de recherche et d'éducation. D'après les recommandations du bureau de la technologie éducative du ministère américain de l'Éducation, la plupart des logiciels commerciaux sont soumis au CITC pour évaluation. De 1991 à 1995, le CITC a jugé que moins de la moitié des logiciels pédagogiques qui lui ont été présentés étaient de qualité suffisante pour mériter une évaluation plus poussée. De tous les logiciels évalués, de 6 à 8 p. 100 seulement ont reçu la mention «exemplaire» et de 33 à 47 p. 100, la mention «souhaitable» (Coley et al., 1997, p.52). Les résultats de l'évaluation du CITC et la rareté des recherches dans des domaines comme la convivialité et les facteurs humains illustrent bien la nécessité de développer avec soin tous les aspects des technologies informatiques avant de les implanter dans les écoles, et font ressortir un domaine où il faut pousser la recherche. En outre, il ne faut pas oublier que les systèmes les mieux conçus ne sont efficaces que s'ils sont intégrés à des méthodes pédagogiques et s'ils sont utilisés conformément à leur vocation originale (Benton Foundation Report, 1997).

1.3 Habiletés métacognitives

Le savoir métacognitif englobe la connaissance de soi, de la tâche à accomplir et des stratégies d'apprentissage. La mémorisation et la résolution de problèmes généraux jouent également un rôle dans l'utilisation efficace des ressources métacognitives. L'acquisition et l'application d'habiletés métacognitives efficaces pourront avoir des répercussions considérables sur l'apprentissage et le rendement scolaire.

1.3.1 Stratégies d'apprentissage

On considère que le travail de groupe est l'un des principaux aspects où l'utilisation de l'ordinateur peut enrichir les méthodes d'enseignement conventionnelles. La participation

requis lorsque les enfants sont regroupés devant l'ordinateur, contrairement à quand ils travaillent en isolement, chacun à son poste, peut avoir un effet positif sur le rendement scolaire (Inkpen, 1997; Lou et al., à l'étude). Eraut (1995) illustre les effets de l'interaction sociale et du travail de groupe dans des écoles primaires britanniques et soutient que l'utilisation d'un nombre limité d'ordinateurs dans une classe favorise la collaboration, la prise de décisions, le partage, la participation, la discussion et les conflits. Mevarech et al. (1992) maintiennent pour leur part que l'interaction entre les élèves à l'ordinateur permet l'exploration des relations entre les processus cognitifs, métacognitifs et sociaux. Ils affirment notamment que l'apprentissage coopératif à l'ordinateur facilite l'interaction entre les élèves et a une incidence sur la motivation, la confiance en soi et le comportement social.

L'efficacité du travail de groupe, du moins chez les 9 à 12 ans, se mesure à l'aide de plusieurs facteurs cruciaux, dont le degré d'autonomie atteint par les élèves, le type de négociation au sein d'un groupe et la mesure dans laquelle les élèves s'approprient la tâche (Hoyles et al., 1992). Cette assertion est appuyée par Kinzie (1992), qui signale un effet positif de l'auto-apprentissage sur le rendement. Cependant, l'avantage d'une autonomie accrue (l'enfant maîtrise davantage le processus d'apprentissage) est variable. Des études ont montré que la tâche à accomplir déterminait s'il est souhaitable que les élèves soient plus ou moins autonomes. Pour des élèves de 9^e année dans une classe de physique, trop d'autonomie nuit à l'apprentissage de la matière comme telle (Clark, 1997). Gillingham et al. (1989) ont eux aussi déterminé qu'un haut niveau d'autonomie pour accomplir des tâches de synthèse difficiles (lecture) nuisait au rendement des élèves de 5^e année faisant l'objet de leur étude. Même si une aide plus structurée leur était offerte, par l'intermédiaire du logiciel, les enfants ont choisi de ne pas utiliser cette aide, au détriment de l'apprentissage. Reed et al. (1997) et Schacter et al. (1998) présentent des résultats semblables sur la nécessité de structurer les recherches dans Internet pour les jeunes enfants. Ces chercheurs nous préviennent cependant que le choix de l'élève d'utiliser ou non les structures disponibles pourrait, à cet âge, diminuer son rendement scolaire. Les élèves les plus jeunes, comme ceux de cinq et six ans étudiés par Klein et al. (2000), obtenaient de meilleurs résultats lorsque des adultes faisaient le lien d'union entre l'apprentissage et l'utilisation d'une structure. Chez les élèves plus âgés, toutefois, il peut être positif d'être plus autonome : Adnanes et Ronning (1998) ont constaté que les élèves du secondaire prenaient plus de responsabilités et travaillaient de manière plus indépendante lorsqu'on leur donnait plus d'autonomie.

Les groupes ne sont pas tous égaux. Dans le cas des avantages de l'utilisation de l'ordinateur, il semble que la personne qui fait le travail soit tout aussi importante que la tâche attribuée comme telle. Selon Hoyles et al. (1992), l'interaction élève-enseignante ou élève-enseignant est très importante quand vient le temps de former des groupes en tenant compte des types de personnalité et de travail qui favorisent le meilleur rendement de groupe. Dans ce contexte, le sexe des membres d'un groupe joue un grand rôle. Joiner et al. (1998) ont remarqué que le rendement d'un groupe auquel on a attribué une tâche différait selon le sexe des élèves et le niveau d'attente. Au hasard, ils ont intégré des élèves de 10 et 11 ans dans des groupes où les attentes étaient élevées, et d'autres dans des groupes où les attentes étaient faibles. Pour évaluer le niveau d'attente, ils se sont servis d'un prétest de difficulté variable. Les élèves ayant reçu un prétest difficile avaient des attentes de réussite moins grandes que ceux qui avaient reçu un prétest facile. Ils ont ensuite divisé les élèves en fonction des résultats individuels et d'une comparaison sociale, et les ont fait travailler soit individuellement, soit en groupe. La présence de personnes ayant le même niveau d'attente dans un groupe a amélioré le résultat des filles dont

les attentes de réussite étaient élevées, mais a eu l'effet contraire chez celles dont les attentes étaient faibles. Chez les garçons, la présence de personnes ayant le même niveau d'attente n'a eu aucun effet. Il s'agit là de résultats importants, car on accorde souvent une grande importance au travail de groupe, même si ce type de travail ne semble pas aussi positif pour tous les enfants. Pour les enfants ayant de faibles attentes de réussite, notamment, la présence au sein d'un groupe d'enfants ayant le même niveau d'attente a un effet négatif. Comme les filles sont beaucoup plus susceptibles d'avoir de faibles attentes de réussite (Whitley, 1997, Inkpen, 1997), elles sont particulièrement vulnérables aux aspects négatifs du travail de groupe.

D'autres études contredisent cependant l'importance de la composition des groupes. Selon Kutnick (1997), l'entraînement aux habiletés sociales des enfants est un meilleur indicateur de la capacité de résoudre un problème à l'ordinateur que le sexe ou la composition d'un groupe. Toutefois, Baron (1997), à la suite d'une étude semblable auprès d'élèves de 5^e et de 6^e année, n'a remarqué aucun effet de l'entraînement à la dynamique de groupe ou du regroupement selon les habiletés. Baron et al. (1992; 1996) ont aussi montré que la taille d'un groupe (un, deux ou quatre) n'avait pas d'effet sur les résultats obtenus par les élèves de 5^e et de 6^e année. Alsbaugh (1999) a obtenu des résultats semblables, mais Littleton et al. (1992) ont constaté que les groupes de deux obtenaient de meilleurs résultats que les élèves seuls en situation de jeu.

Preuve de la complexité de la question, Amigues et al. (1993) avancent que c'est plutôt le type de problème à résoudre qui détermine si le travail de groupe sera préférable au travail individuel, que ce soit à l'ordinateur ou non. Ils ont étudié les résultats obtenus par des individus et des équipes de deux qui tentaient de résoudre des problèmes de physique. Ils ont exposé des élèves de physique à une situation canonique (nécessitant l'emploi de règles employées en classe) ou non canonique (les règles n'étaient pas employées en classe). Dans le contexte canonique, il n'y avait pas de différence entre les résultats obtenus individuellement ou à deux. Dans le contexte non canonique, cependant, les équipes de deux ont obtenu de meilleurs résultats que les individus. Cette thèse est appuyée par les travaux de Healy et al. (1995), qui ont montré que les groupes obtenaient de meilleurs résultats que les individus à des projets de mathématiques basés sur des concepts, tandis que les individus obtenaient de meilleurs résultats que les groupes à des projets faisant appel à la technologie. Tous ces résultats trouvent écho dans les travaux de Treacy (1996), qui soutient que les types d'apprentissage (environnemental, émotionnel, sociologique et par ordinateur), tout comme la perception de la technologie, le sexe des élèves et le niveau scolaire, ont un effet sur le rendement.

1.3.2 Mémorisation

L'efficacité des procédés mnémotechniques comme la répétition augmente avec le temps et favorise l'assimilation de l'information. L'une des grandes tentatives techniques visant à encourager l'emploi de stratégies de répétition en apprentissage et, par conséquent, à accroître l'assimilation de l'information, est le recours à l'enseignement assisté par ordinateur (EAO). Comme nous en avons parlé précédemment dans la partie sur le rendement scolaire et comme nous y reviendrons dans les sections à venir, il s'est écrit beaucoup d'articles sur le recours à l'informatique pour enseigner diverses matières. Malgré le grand nombre de publications sur le sujet, on ne peut encore établir clairement si l'EAO est un moyen efficace d'améliorer le rendement scolaire (pour lire des opinions divergentes, voir aussi Coley, 1997, et Wenglinsky, 1998).

1.3.3 Résolution de problèmes

On entend souvent que l'informatique améliore la capacité des élèves à résoudre des problèmes et favorise leur autonomie parce qu'elle encourage la pensée indépendante, même chez les enfants d'âge préscolaire (Scherer, 1989). Cette assertion générale est appuyée en partie.

Wheeler et al. (1999) ont réparti les élèves d'un cours d'algèbre de 9^e année, suivant un enseignement conventionnel, dans l'un des trois groupes suivants :

1) un groupe témoin; 2) un groupe placebo, où l'on a donné aux élèves un problème sous forme d'énoncés à résoudre à l'ordinateur, sans tutorat actif; et 3) un groupe expérimental où l'on a donné aux élèves un problème sous forme d'énoncés à résoudre à l'ordinateur, avec tutorat actif. Ils ont constaté que les élèves qui ont bénéficié du tutorat informatique ont obtenu de meilleurs résultats en raisonnement abstrait ou concret aux problèmes sous forme d'énoncés que les élèves des deux autres groupes. Ils n'ont toutefois pas mieux réussi que les élèves ayant reçu un tutorat humain en complément à l'enseignement conventionnel. De plus, même si le tutoriel avait pour fonction d'accroître la capacité de résoudre des problèmes de nature plutôt abstraite et théorique, les élèves se sont plus améliorés aux problèmes concrets qu'aux problèmes abstraits. Cette étude est un exemple de bonne méthodologie : elle est bien équilibrée (les élèves des trois groupes ont reçu le même enseignement de base), elle utilise un échantillon d'assez grande taille et elle comporte un groupe témoin. Parce que les élèves n'ont pas été placés dans les groupes au hasard, il est toutefois plausible que les résultats soient attribuables aux différences qui existaient au préalable entre le groupe de contrôle et le groupe expérimental, puisque le groupe expérimental a obtenu des résultats considérablement plus élevés à un test avant même la manipulation. En dépit de ses limites, l'étude appuie en partie la thèse selon laquelle l'utilisation de tutoriels pourrait renforcer la capacité des élèves à résoudre des problèmes.

D'autres recherches appuient cette thèse quelque peu ou en partie seulement. Margoulis (1988) a montré que les jeux peuvent stimuler l'apprentissage, et notamment la résolution de problème, mais encore une fois, cette étude a une portée limitée en raison de l'absence d'un groupe témoin. Hasselbring et al. (1996) soutiennent que l'intégration d'un volet informatique aux cours de mathématiques de la 1^{re} à la 3^e année aidait les élèves à résoudre des problèmes mathématiques.

Cependant, on a observé les mêmes avantages dans le groupe expérimental que dans le groupe témoin. Puisque les groupes varient grandement de taille, les auteurs de l'expérience évitent de comparer les deux groupes directement, même s'il s'agit, de toute évidence, d'une étape nécessaire à l'obtention de conclusions cohérentes. D'autres études examinées présentaient des failles semblables (par ex. : Somekh, 1991).

2. Rôle des TIC dans l'enseignement de certaines matières

Les méthodes pédagogiques varient selon la nature de la matière et les caractéristiques de l'apprenante ou apprenant. Pour cette raison, nous avons cherché des études qui pourraient nous éclairer sur les répercussions des technologies de l'information et des communications sur l'enseignement de certaines matières.

2.1. Écriture, lecture et épellation

2.1.1 Lecture et épellation : Une étude pancanadienne réalisée récemment (Chambers et al., 2001) propose l'utilisation d'un logiciel appelé *Reading CAT for children with reading problems*. Si les auteurs expliquent dans leur étude initiale que le logiciel a été apprécié à la fois des enfants et des enseignantes et enseignants, ils n'ont toujours pas publié, à ce jour, de données quantitatives sur le rendement ou l'amélioration associés à l'utilisation du logiciel. van Daal et al. (2000) ont signalé des améliorations exceptionnelles en lecture et en épellation chez les élèves de maternelle exposés à des logiciels d'apprentissage de la lecture et de l'épellation comparativement à ceux qui n'utilisaient pas ces logiciels. En outre, l'utilisation de logiciels accroît l'intérêt des élèves peu doués et diminue les comportements non directement liés à la tâche à accomplir. On trouve des résultats positifs semblables en lecture et en épellation dans une étude de cas réalisée par Nixon-Ponder (1999). Dans son étude portant sur deux enfants, elle a constaté que les élèves n'obtenaient pas de meilleurs résultats, mais que leur plaisir et leur motivation augmentaient ce qui, par conséquent, permettait aux enfants d'être plus concentrés et de s'amuser davantage à l'école.

2.1.2 Écriture : À la suite d'une étude pancanadienne, Becker (2000) a constaté que les enseignantes et enseignants avaient remarqué une amélioration en écriture chez les enfants qui avaient utilisé un logiciel d'apprentissage de l'écriture. Il ne donne aucune donnée sur le rendement des enfants, par contre. Rosenbluth et al. (1992) ont pour leur part montré que l'enseignement de l'écriture à l'aide de l'ordinateur n'aidait pas les élèves de 11^e année à composer de meilleures dissertations, mais ils ont remarqué que les élèves avaient plus de facilité à écrire. L'amélioration a été plus remarquable chez les élèves de programmes enrichis que chez les élèves en rattrapage. Des résultats semblables ont été obtenus auprès d'élèves de 4^e et de 5^e année de force moyenne (Moore-Hart, 1995). Selon une étude de Wideman et Owston (1997), les enseignantes et enseignants considèrent que les élèves participant au programme pancanadien *Writers in Electronic Residence* (programme d'écrivains en résidence électronique), qui établit des liens entre des auteurs et des classes, avaient accru leur sens de l'auditoire et écrivaient avec plus de maturité. Dans cette étude, encore une fois, pas de groupe témoin ni d'examineurs impartiaux : en effet, les enseignantes et enseignants qui ont réalisé les évaluations étaient au courant de la participation des élèves au programme. L'étude d'Owston (1997) est mieux conçue : il compare, pendant trois ans, l'écriture d'un groupe d'élèves pouvant travailler souvent à l'ordinateur à un groupe n'ayant pas accès à l'ordinateur très fréquemment. À la fin de cette période, les enfants du groupe qui utilisaient l'ordinateur davantage ont mieux réussi toutes les épreuves d'écriture, ils écrivaient davantage et étaient plus susceptibles de corriger activement leurs compositions que les élèves de l'autre groupe. Une méta-analyse fait état de résultats semblables (Bangert-Drowns, 1993). Par contre, Evans (1991) a constaté que l'utilisation d'un logiciel d'écriture spécialisé n'a pas amélioré le savoir-écrire d'une classe de 8^e année. Les enfants croyaient néanmoins qu'ils s'étaient améliorés et avaient ainsi une attitude

plus positive par rapport à la tâche. Au nombre des 242 logiciels de la catégorie Anglais/Langue soumis à l'examen du CITC, 38 p. 100 seulement ont été jugés de qualité suffisante pour mériter une évaluation plus poussée. De ce nombre, 21 p. 100 seulement ont reçu la mention «exemplaire», et 79 p. 100, la mention «souhaitable» (Coley et al., 1997).

2.2 Arts plastiques : Wohlwill et al. (1988) soutiennent que plus les élèves du primaire progressent, plus ils ont besoin d'avoir la maîtrise cognitive de leur créativité artistique. Il faudrait donc que les logiciels leur permettent d'exercer cette maîtrise tout en encourageant leur expression artistique.

2.3 Histoire/études sociales : Des 208 logiciels évalués par le CITC, 33 p. 100 seulement ont été jugés suffisamment bons pour mériter une évaluation plus poussée. De ce nombre, 26 p. 100 ont reçu la mention «exemplaire», et 74 p. 100, la mention «souhaitable» (Coley et al., 1997).

2.4 Mathématiques : C'est l'enseignement des mathématiques qui a donné lieu au plus grand nombre d'études sur les répercussions des TIC. C'est dans cette matière que les enseignantes et enseignants utilisent l'informatique depuis le plus longtemps à des fins pédagogiques et que l'on compte plusieurs logiciels impressionnants pour l'enseignement des mathématiques et de concepts mathématiques. Des 135 logiciels soumis à l'évaluation du CTIC, 21 p. 100 seulement ont été jugés de qualité suffisante pour mériter une évaluation approfondie. De ce nombre, 20 p. 100 seulement ont reçu la mention «exemplaire», et 80 p. 100, la mention «souhaitable» (Coley et al., 1997). Les logiciels de mathématiques se divisent en deux sections : les didacticiels d'exercices et les logiciels conceptuels de niveau avancé.

2.4.1 Didacticiels d'exercices : Utilisés depuis les années 60 et considérés comme des programmes d'enseignement assisté par ordinateur (EAO), les didacticiels d'exercices ont fait l'objet de nombreuses études². Dans des articles de synthèse et des méta-analyses, Christmann et al. (1997), Kulik et Kulik (1991) et Liao (1992) ont relevé des effets importants et globalement positifs de l'EAO sur le rendement scolaire, mais ils nous avertissent que l'ampleur et l'orientation des effets varient selon la méthodologie adoptée. Coley (1997) fait des constatations semblables. Wenglinsky (1998), par contre, soutient que l'utilisation de didacticiels d'exercices nuit au rendement scolaire. Il ajoute que l'EAO n'est pas rentable et que le tutorat donne de meilleurs résultats à un coût moins élevé.

2.4.2 Logiciels conceptuels de niveau avancé : Selon Wenglinsky (1998), l'enseignement de concepts mathématiques avancés à des élèves de 8^e année (applications et simulations par exemple) a un effet positif sur le rendement scolaire. Borton (1989) constate pour sa part que l'enseignement individualisé assisté par ordinateur accroît de façon considérable le rendement scolaire des élèves de 5^e année. Cependant, les études ne sont pas unanimes même à ce sujet. Seagraves (1998) a réalisé une étude auprès d'élèves de 12 à 17 ans et a constaté que pour les enfants et les adolescents à risque, l'ordinateur ne remplaçait pas des enseignantes ou enseignants compétents et attentionnés.

² Même si nous croyons que l'utilisation et les effets de l'enseignement assisté par ordinateur auprès d'élèves ayant des besoins pédagogiques particuliers mérite qu'on s'y attarde, il est impossible d'entreprendre un tel examen dans le cadre de la présente étude.

2.5 Biologie : Soyibo et al. (2000) soutiennent que l'EAO a grandement contribué à rehausser le niveau de réussite d'une classe de biologie au secondaire et à améliorer l'attitude des élèves par rapport à l'informatique. Cette étude est toutefois mal conçue. Les membres du groupe expérimental ont en effet assisté à des cours et à des discussions, et ont appliqué l'EAO à des concepts biologiques. Comme les membres du groupe témoin ont seulement assisté aux cours et pris part aux discussions, ils ont reçu moins d'heures d'enseignement en biologie. Il est donc impossible de savoir si l'amélioration des résultats du groupe expérimental est due à l'EAO, comme le suggèrent les auteurs, ou simplement au nombre d'heures d'enseignement accru.

2.6 Physique : Clark (1997) affirme que bon nombre d'éléments de la physique se prêtent à des démonstrations à l'ordinateur et à l'usage de didacticiels, et montre que les élèves d'une classe de 9^e année qui utilisaient un ordinateur ont tiré profit de cette utilisation. Même si ces élèves n'ont pas obtenu de meilleurs résultats que les groupes témoins, ils adoptaient une attitude plus positive et étaient plus motivés à poursuivre leur travail et à finir leurs exercices en laboratoire que les élèves n'ayant pas travaillé à l'ordinateur. Il considère toutefois que de nombreux laboratoires assistés par ordinateur ne sont pas assez structurés et exigent trop d'efforts des élèves. Il recommande que l'on structure les logiciels de façon à ce que les efforts cognitifs des utilisateurs soient réduits et que les élèves puissent se concentrer davantage sur les expériences à réaliser et non sur la technologie. Pedretti et al. (1998) avancent pour leur part que le recours au multimédia en classe encourage les élèves à suivre les cours et rehausse le plaisir de les suivre. Les élèves de la 9^e à la 12^e année ont particulièrement apprécié la souplesse que leur offrait le médium et de pouvoir travailler à leur propre rythme et avec leurs camarades de classe. Coley (1997) et Winne et al. (1998) ont également obtenu des résultats semblables. Malgré son intérêt, l'étude de Pedretti souffre de graves lacunes (absence d'un groupe témoin et attribution non aléatoire du travail aux groupes).

2.7 Sciences générales : Hennessy (2000) signale que l'utilisation de l'ordinateur et d'instruments de dessin de graphiques dans le cadre d'un projet de météorologie a augmenté la motivation des élèves et leur compréhension des techniques de dessin de graphiques. Pedretti et al. (1998) ont obtenu des résultats semblables auprès d'élèves suivant des cours de sciences générales, tout comme Kinzie et al. (1992). Yalcinalp et al. (1995) ont pour leur part constaté que le recours à l'informatique pour enseigner la chimie à des élèves de 8^e année a rehaussé les résultats de la classe et a mené les élèves à adopter une attitude plus positive envers la chimie que les méthodes pédagogiques conventionnelles. Bruce et al. (1997) font des constatations similaires, mais de nature descriptive seulement. Des 295 logiciels soumis à l'évaluation du CITC, 47 p. 100 seulement ont été jugés de qualité suffisante pour mériter une évaluation plus poussée. De ce nombre, 20 p. 100 ont reçu la mention «exemplaire», et 80 p. 100, la mention «souhaitable» (Coley et al., 1997).

2.8 Géographie : Koetter (1990) a trouvé, en procédant à une évaluation systématique, que même si l'enseignement de concepts de géographie à l'ordinateur était possible, les élèves de 5^e année étudiés avaient une attitude plus positive (et obtenaient de meilleurs résultats) par l'enseignement direct. Par contre, Yusuf (1994) a constaté que des élèves de 7^e ou de 8^e année ayant travaillé à l'ordinateur avaient une compréhension beaucoup plus poussée de concepts de géographie fondamentaux que les élèves d'un groupe témoin.

2.9 Autres matières : Les TIC sont aussi utilisées dans l'enseignement d'autres matières. Au nombre des innovations dans la production de matériel informatique éducatif, mentionnons la participation d'élèves comme concepteurs multimédias (Liu, 1998), concepteurs de bases de données (Scardamalia and Bereiter, 1996), producteurs de films (Baecker et al., 1999) ou collaborateurs (Ward et al., 1997). On note des résultats positifs dans tous les cas, les élèves affichant une hausse de leur motivation, de leur plaisir et de leurs résultats. Chewning et al., (1999) font rapport de l'utilisation d'un logiciel de décision pour la prise de contraceptifs destiné aux jeunes femmes en fin d'adolescence. Le grand échantillon utilisé leur a permis de constater que les jeunes femmes mises en contact avec le logiciel ressentaient des effets considérables et durables sur leurs connaissances et leur confiance à prendre des décisions.

3. Conclusions

D'après notre examen, il n'est possible de faire que quatre constatations non ambiguës :

- L'attitude des élèves envers l'informatique et les technologies connexes s'améliore en raison de leur accès à ces technologies.
- L'application des TIC au travail de groupe peut être bénéfique si les enseignantes et enseignants sont à même de prendre en compte les interactions complexes entre divers éléments comme l'âge des élèves, le type de travail à accomplir et le degré d'indépendance accordé.
- Le recours aux TIC en enseignement des mathématiques a un effet positif considérable sur l'enseignement de concepts avancés à des élèves de 8^e année ou plus.
- La majorité des études examinées sont contradictoires ou comportent de graves lacunes.

4. Les répercussions de la recherche sur l'enseignement

Le manque de travaux empiriques fiables et l'absence de résultats non équivoques a fait dévier notre intention originale de bien cerner les pratiques qui pourraient être bénéfiques à l'enseignement. Les recherches préliminaires sur l'ergonomie des logiciels et des systèmes, ainsi que les évaluations professionnelles de didacticiels signalées par Coley et al. (1997) devraient mettre les enseignantes et enseignants en garde par rapport à l'adoption de logiciels sans évaluation soignée de leur utilité pour atteindre les objectifs pédagogiques souhaités. Un aspect à ne pas négliger est sans doute l'âge des élèves, puisque les effets de l'ordinateur sur les différents groupes d'âge sont parfois radicalement différents. Par exemple, des TIC qui n'ont aucun effet sur un groupe d'âge pourraient avoir un effet considérable sur un autre groupe d'âge (les didacticiels d'exercices mathématiques n'ont pas eu d'effet sur les élèves de 4^e année, mais ils ont eu des effets très négatifs sur ceux de 8^e année [voir les commentaires de Holden, 1998]). Selon notre examen, il faudrait pousser les recherches dans presque tous les domaines. Nous croyons notamment que les questions ci-dessous mériteraient une étude approfondie, bien conçue et réalisée :

- Quel rôle joue le sexe des élèves dans leur façon d'attribuer leur réussite ou leur échec à des travaux liés aux TIC?

- Motivation à la réussite et rendement scolaire : Comment concilier les résultats d'évaluations à grande échelle montrant des effets nuls ou négatifs de l'accès à l'ordinateur et les résultats expérimentaux contradictoires? Un aspect de cette question, qui nous semble très important et que nous n'avons pas été en mesure d'aborder par manque de ressources, est le rôle des enseignantes et enseignants et de leur degré de préparation.
- Quels sont les effets des TIC sur la motivation des élèves, et comment doit-on les mesurer? Peut-on se fier aux dires des élèves qui constatent une hausse de leur motivation, sans égard à leur rendement, ou aurait-on besoin d'une mesure plus objective?
- Comment conçoit-on le matériel et les logiciels associés aux TIC? Les résultats obtenus dans ce tout nouveau domaine de recherche révèlent que le manque d'attention accordé à la conception matérielle et logicielle a des effets importants sur le rendement des élèves. La conception de nos systèmes tient-elle compte du développement moteur et cognitif des élèves à divers âges?
- L'apprentissage par les TIC améliore-t-il les habiletés métacognitives? Les didacticiels d'exercices ont-ils leur place dans toutes les matières? L'apprentissage par les TIC rehausse-t-il la capacité générale des élèves à résoudre des problèmes? Les recherches à ces sujets sont contradictoires. Les résultats dépendent souvent de la méthodologie utilisée. Même un sujet d'apparence simple comme les stratégies d'apprentissage engendrées par le travail de groupe produit des résultats conflictuels. La complexité des résultats de recherche dans ce domaine se trouve-t-elle incorporée à des programmes et à la conception pédagogique?
- Quel est le rôle des TIC sur des matières autres que les mathématiques ou les «arts du langage»?

5. Répercussions de la recherche sur l'élaboration de lignes directrices

Une bonne partie des recherches examinées ici ont été réalisées à l'étranger. Même si elles procurent des renseignements utiles, elles n'offrent pas une perspective uniquement pancanadienne. Malheureusement, le nombre d'études quantitatives pancanadiennes publiées dans des revues avec comité de lecture par les pairs au cours des 10 dernières années sont assez restreintes. Et celles qui le sont présentent souvent les mêmes failles méthodologiques et théoriques qui limitent l'utilité de la plupart des études sur les TIC dans le milieu de l'éducation.

La situation de l'éducation au Canada est unique. Une tradition de respect de la diversité linguistique, culturelle et ethnique, la proximité des États-Unis et un gouvernement fédéral hésitant à s'immiscer dans un domaine de compétence provinciale sont des conditions uniques dont il faut tenir compte dans toute étude portant sur l'éducation. La diversité linguistique à elle seule crée un obstacle à la production et à l'utilisation de didacticiels dans les trois principales agglomérations du Canada. La présence au Canada d'un nombre considérable d'élèves dont l'anglais ou le français n'est pas la langue maternelle complique le recours à toute approche pédagogique, y compris aux méthodes axées sur les TIC. La diversité culturelle et les différences entre les sexes – comme le travail en solo par rapport au travail de groupe –

compliquent elles aussi l'élaboration de méthodes pédagogiques convenant à l'utilisation des TIC en classe.

Nous avons échoué à notre tentative de cerner des recherches qui permettraient de guider les décisions sur l'utilisation et la mise en œuvre des TIC dans les écoles primaires et secondaires. Le nombre et la rigueur des études ne suffisent tout simplement pas pour prendre des décisions bien informées. C'est là une situation particulièrement troublante en ce sens que l'utilisation des TIC nécessite des dépenses considérables dans un contexte de ressources limitées. Un objectif à long terme dans ce domaine, ou dans tout autre d'ailleurs, est d'avoir des options d'orientations bénéfiques auxquelles il est possible d'associer un coût. On n'a pas assez souvent recours à cette façon de procéder dans le domaine de l'éducation, et la rareté d'options claires concernant les TIC n'aide aucunement la situation.

Pour tout dire simplement, nous n'en savons pas assez sur les effets de l'utilisation des TIC au primaire et au secondaire, et le peu d'information dont nous disposons est tellement complexe qu'il serait important d'encourager véritablement les recherches systématiques et programmatiques nous permettant de dégager des options d'orientations dont le coût serait connu. Dans tous les domaines – de l'accessibilité des ordinateurs à la conception des logiciels et du matériel en passant par le rendement des élèves et les orientations sociales qui en résultent – nous croyons qu'il est nécessaire de mener des études claires, réfléchies et programmatiques. Après avoir passé en revue plus de 800 articles scientifiques, Jones et al. (1998) soutiennent que, étant donné la complexité des résultats d'apprentissage associés à la technologie, il y a un besoin urgent de recherche suffisamment complexe et formelle pour appuyer les décisions des personnes qui adaptent les technologies à des fins éducatives.

Des résultats comme ceux qu'a obtenus Wenglinsky (1998) soulignent la nécessité de mener des études rigoureuses sur les répercussions des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage. Puisque le temps d'enseignement est limité et qu'une fois écoulé, il est impossible à récupérer pour une autre matière sans réduire le temps consacré à d'autres, les responsables de l'élaboration des politiques et les enseignantes et enseignants ont une obligation d'améliorer l'utilisation faite des TIC et d'éliminer les conséquences nuisibles. Comme première étape du processus, il est essentiel de faire la distinction entre les éléments positifs et les éléments nuisibles.

Bibliographie

- Abrami, P. C. (2001). Understanding and promoting using complex learning using technology. *Educational Research and Evaluation*, 7, 113-136.
- Adnanes, M., & Ronning, W. M. (1998). Computer-networks in education - a better way to learn? *Journal of Computer Assisted Learning*, 14, 148-157.
- Ainsa, T. (1989). Effects of computers and training in Head Start Curriculum. *Journal of Instructional Psychology*, 16, 72-78.
- Alsbaugh, J. W. (1999). The relationship between number of students per computer and educational outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 21, 141-150.
- Allport, G. (1935). Attitudes. In C. Murchison (Ed.), *Handbook of Social Psychology* (pp. 798-844). Worcester, MA: Clark University Press.
- Amigues, R., & Agostinelle, S. (1993). Collaborative problem-solving with a computer: How can an interactive learning environment be designed? *European Journal of Psychology of Education*, 7, 325-337.
- Baecker, R. M. & Posner, I. (1999). Children as Digital Motion Picture Authors. In Druin, A. (Ed.), *The Design of Children's Technology* (pp. 169-200). NY: Morgan Kaufmann.
- Bangert-Drowns, R. (1993). The word processor as an instructional tool: A meta-analysis of word processing in writing instruction. *Review of Educational Research*, 63, 69-93.
- Barak, M., Waks, S., & Doppelt, Y. (2000). Majoring in technology studies at high school and fostering learning. *Learning Environments Research*, 3, 135-158.
- Baron, L. J. (1997). The effects of cooperative training and ability grouping on microcomputer learning. *Computers in Human Behaviour*, 13, 285-304.
- Baron, L., D'Amico, M., Sissons, M., & Peters, P. (1996). Attributions, group size and exposure time as predictors of elementary children's performance on a microcomputer task. *Computers in Human Behavior*, 12, 145-157.
- Baron, L., & Abrami, P. (1992). The effects of group size and exposure time on micro-computer learning. *Computers in Human Behaviour*, 8, 353-365.
- Becker, H. (2000). *Findings from the Teaching, learning and computing survey: Is Larry Cuban right?* Report from a National Study. Irvine, CA: Center for Research on Information Technology and Organizations. <http://www.crito.uci.edu/tlc/>. Accessed November 7, 2001
- Benshoof, L., Graves, M., & Hooper, S. (1995). The effects of single and multiple window presentations on achievement, instructional time, window use, and attitudes during computer-based instruction. *Computers in Human Behaviour*, 11, 261-272.
- Benton Foundation.(1997). *The learning connection: Schools in the information age* [On-line]. Available: <http://www.benton.org/Library/Schools> Accessed November 5, 2001.
- Borton, W. (1989). The effects of computer managed mastery learning on mathematics test scores in the elementary school. *Journal of Computer Based Instruction*, 15, 95-98.

- Bracewell, R., Laferrière, T., Breuleux, A., Benoit, J., & Abdous, M. (1998). *The emerging contribution of online resources and tools to classroom learning and teaching*. Ottawa, Rescol Canada.
http://www.fse.ulaval.ca/fac/tact/fr/html/apport/app98_es.html. Accessed October 31, 2001.
- Bruce, B. C., Carragher, B. O., Damon, B. M., Dawson, M. J., Eurell, J. A., Gregory, C. D., et al. (1997). Chickscope: An interactive MRI classroom curriculum innovation for K-12. *Computers in Education*, 29, 73-87.
- Canadian Education Statistics Council. (2000). *Education Indicators in Canada*. Report of the Pan-Canadian Education Indicators Program 1999. Toronto: Council of Ministers of Education.
- Chambers, B., Abrami, P., McWhaw, K., & Therrien, M. (2001). Developing a computer-assisted tutoring program to help children at risk learn to read. *Educational Research and Evaluation*, 7, 223-240.
- Chewning, B., Mosena, P., Wilson, D., Erdman, H., Potthoff, S., Murphy, A., et al. (1999). Evaluation of a computerized contraceptive decision aid for adolescent patients. *Patient Education and Counselling*, 38, 227-239.
- Christmann, E., Badgett, J., & Lucking, R. (1997). Progressive comparison of the effects of computer-assisted instruction on the academic achievement of secondary students. *Journal of Research on Computing in Education*, 29, 325-336.
- Clark, S. (1997). The impact of computers and other technologies on young adolescent physics students. *Dissertation Abstracts International*, 58(6-A):2141.
- Coley, R., Cradler, J., & Engel, P. (1997). *Computers and Classrooms: The Status of Technology in US schools*. Princeton, NJ: Policy Information Center, Educational Testing Service.
- Cuban, L. Kirkpatrick, H., & Peck, C. (2001) High access and low use technologies in high school classrooms: Explaining an apparent paradox. *American Educational Research Journal*, 38, 4, 813-834.
- Dawes, M., Horan, J., & Hackett, G. (2000). Experimental evaluation of self-efficacy treatment on technical/scientific career outcomes. *British Journal of Guidance and Counselling*, 28, 87-99.
- Durndell, A., & Thomson, K. (1997). Gender and computing: A decade of change? *Computers and Education*, 28, 1-9.
- Dweck, C. S. (1978). The role of expectations and attributions in the alleviation of learned helplessness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 31, 674-685.
- Eraut, M. (1995). Groupwork with computers in British primary schools. *Journal of Educational Computing Research*, 13, 61-87.
- Evans, K. (1991). The effects of a metacognitive computer writing tool on classroom learning environment, student perceptions, and writing ability. Paper presented at the annual meeting of the *National Reading Conference*, Palm Springs, CA.
- Gardner, J., Morrison, H., & Jarman, R. (1993). The impact of high access to computers on learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 9, 2-16.
- Gillingham, M., Garner, R., Guthrie, J., & Sawyer, R. (1989). Children's control of computer-based reading assistance in answering synthesis questions. *Computers in Human Behavior*, 5, 61-75.
- Hasselbring, T., & Moore, P. (1996). Developing mathematical literacy through the use of contextualized learning environments. *Journal of Computing in Childhood Education*, 7, 199-222.

- Healy, L., Pozzi, S., & Hoyles, C. (1995). Making sense of groups, computers, and mathematics. *Cognition and Instruction*, 13, 505-523.
- Henchey, N. (2001). *Technology*. Position report for CERIS. <http://ceris.schoolnet.ca/e/Tech1.html#Q>. Accessed October 26, 2001.
- Hennessy, S. (2000). Graphing investigations using portable (palmtop) technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 243-258.
- Holden, C. (1998). Dubious benefits of early computer use. *Science*, 282 (5388), p. 407.
- Howland, J., Laffey, J., & Espinosa, L. (1997). A computing experience to motivate children to complex performance. *Journal of Computing in Childhood Education*, 8, 291-311.
- Hoyles, C, Healy, L., & Pozzi, S. (1992). Interdependence and autonomy: Aspects of groupwork with computers. *Learning and Instruction*, 2, 239-257.
- Inkpen, Kori M. (1999). Designing handheld technologies for kids. *Personal Technologies Journal*, 3, 81-89.
- Inkpen, K. M. (1997). *Three important research agendas for educational multimedia: Learning, children, and gender*. Vancouver, BC: Technical Report of Department of Computer Science, University of British Columbia.
- Johnson, K. (2000). *Do computers in the classroom boost academic achievement?* A report of the Heritage Center for Data Analysis. <http://www.heritage.org> Accessed November 07, 2001.
- Joiner, R., Messer, D., Light, P., & Littleton, K. (1998). The effects of gender, expectations of success and social comparison on children's performance on a computer-based task. *Educational Psychology*, 18, 319-326.
- Joiner, R., Messer, D., Light, P., & Littleton, K. (1998). It is best to point for young children: A comparison of children's pointing and dragging. *Computers in Human Behaviour*, 14, 513-529.
- Jones, T. H., & Paolucci, R. (1998). The learning effectiveness of educational technology: A call for further research. *Educational Technology Review*, 9, 10-14.
- King, J., Bond, T., & Blanford, S. (2002). An investigation of computer anxiety by gender and grade. *Computers in Human Behaviour*, 18, 69-84.
- Kinzie, M., Sullivan, H., & Berdel, R. (1992). Motivational and achievement effects of learner control over content review within CAI. *Journal of Educational Computing Research*, 8, 101-114.
- Kirkman, C. (1993). Computer experience and attitudes of 12 year old students: Implications for the UK National Curriculum. *Journal of Computer Assisted Learning*, 9, 51-62.
- Klein, P., Nir-Gal, O., & Darom, E. (2000). The use of computers in kindergarten with or without adult mediation; effects on children's cognitive performance and behaviour. *Computers in Human Behaviour*, 16, 591-608.
- Knapp, M. (1997). Between systemic reforms and the mathematics and science classroom: The dynamics of innovation, implementation, and professional learning. *Review of Educational Research*, 67, 227-266.
- Koetter, L., Aufferfeld, A., Juengst, K., & Struchholz, H. (1990). Optimization of teaching and learning of concepts. *Computers in Human Behaviour*, 6, 3-15.
- Kulik, C., & Kulik, J. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7, 75-94.

Kutnick, P. (1997). Computer-based problem-solving: The effects of group composition and social skills on a cognitive, joint action task. *Educational Research*, 39, 135-147.

Laferrière, T., Breuleux, A., & Bracewell, R. (1999). *Avantages des technologies de l'information et des communications (TIC) pour l'enseignement et l'apprentissage dans les classes de la maternelle à la fin du secondaire*. Rescol, Industrie Canada.

Lauret, D. T. (1999). The auditory display in interactive courseware: Moving human factors into computer education. *Dissertation Abstracts International*, 59 (7-A): 2459.

Levine, T., & Donitsa-Schmidt, S. (1998). Computer use, confidence, attitudes, and knowledge: A causal analysis. *Computers in Human Behaviour*, 14, 125-146.

Liao, Y. (1992). Effects of computer-assisted instruction on cognitive outcomes: A meta-analysis. *Journal of Research on Computing in Education*, 24, 367-380.

Littleton, K., Light, P., Joiner, R., & Messer, D. (1992). Pairing and gender effects on children's computer based learning. *European Journal of Psychology of Education*, 7, 311-324.

Liu, M. (1998). A study of engaging high-school students as multimedia designers in a cognitive apprenticeship-style learning environment. *Computers in Human Behaviour*, 14, 387-415.

Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Appolonia. (under review). *Small groups and individual learning with technology: A meta-analysis*. Montreal, QC: Centre for the Study of Learning and Performance, Concordia University.

Margoulis, Y. (1988). Psychological peculiarities of computer-assisted educational games. *Voprosy-Psychologii*, 2, 45-51.

Mevarech, Z., Light, P. (1992). Peer-based interaction at the computer: Looking backward, looking forward. *Learning and Instruction*, 2, 275-280.

Miyashita, K. (1994). Effect of computer use on attitudes among Japanese first and second-grade children. *Journal of Computing in Childhood Education*, 5, 73-82.

Moore-Hart, M. (1995). The effects of multi-cultural links on reading and writing performance and cultural awareness of fourth and fifth graders. *Computers in Human Behaviour*, 11, 391-410.

Nelson, L., & Cooper, J. (1997). Gender differences in children's reactions to success and failure with computers. *Computers in Human Behaviour*, 13, 247-267.

Nicol, J., & Utler, S. (1996). Promise and fulfilment: The use of computers in B.C. elementary schools. *Education Canada*, 36, 22-27.

Nixon-Ponder, S. (1999). I just loved those projects! Choice and voice in students' computer-based language arts activities: A case study. In Dugan, J. (Ed.) et al. *Advancing the world of literacy: Moving into the 21st century: The 21st yearbook of the College Reading Association*, (pp. 108-121). Carrollton, GA: College Reading Association.

Ocker, R., & Yaverbaum, G. (1999). Asynchronous computer-mediated communication versus face-to-face collaboration: Results on student learning, quality, and satisfaction. *Group Decision and Negotiation*, 8, 427-440.

Olson-Rando, R. (1994). Proposal for the development of a computerized version of the Talking, Feeling, and Doing Game. *Computers in Human Services*, 11, 69-80.

- Orth, L., & Martin, R. (1994). Interactive effects of student temperament and instruction method on classroom behaviour and achievement. *Journal of School Psychology, 32*, 149-166.
- Oskamp, S. (1977). *Attitudes and Opinions*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Owston, R. (1997) The World Wide Web: A technology to enhance teaching and learning? *Educational Researcher, 26*, 27-33. Accessed November 7, 2001 <http://www.edu.yorku.ca/~rowston/written.html>
- Passig, D., & Levin, H. (1999). Gender interest differences in multimedia learning interfaces. *Computers in Human Behaviour, 15*, 173-183.
- Pedretti, E., Mayer-Smith, J., & Woodrow, J. (1998). Technology, text, and talk: Students' perspectives on teaching and learning in a technology-enhanced secondary science classroom. *Science Education, 82*, 569-589.
- Reed, W. M., & Wells, J. G. (1997). Merging the internet and hypermedia in the English language arts. *Computers in the Schools, 13*, 75-102.
- Renaud, C. A. (1998). A use of computer-assisted instruction in rural science education. *Dissertation Abstracts International, 58* (7-A):2590.
- Rosenbluth, G., & Reed, M. (1992). The effects of writing process-based instruction and word processing on remedial and accelerated 11th graders. *Computers in Human Behaviour, 8*, 71-95.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1996). Engaging students in a knowledge society. *Educational Leadership, 54*, 6-10.
- Schacter, J., Gregory, Chung, G. K. W. K., & Dorr, A. (1998). Children's internet searching on complex problems: Performance and process analyses. *Journal of the American Society for Information Science, 49*, 840-849.
- Scherer, C. (1989). Computing for young children. *Journal of Human Behaviour and Learning, 6*, 44-49.
- Seagraves, M. (1998). The use of calculators in mathematics and mathematics achievement of adjudicated adolescents. *Dissertation Abstracts International, 58*(9-A):3419.
- Skinner, E. (1995). *Perceived Control, Motivation, and Coping*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Somekh, B. (1991). Pupil autonomy in learning with Micro-computers: Rhetoric or reality? An action research study. *Cambridge Journal of Education, 21*, 47-64.
- Soyibo, K., Hudson, A. (2000). Effects of computer assisted instruction (CAI) on 11th graders' attitudes to biology and CAI in understanding of reproduction in plants and animals. *Research in Science and Technological Education, 18*, 191-199.
- Stuve, M. J. (1997). 48 children, 2 teachers, 1 classroom and 4 computers: A personal exploration of a network learning environment. *Dissertation Abstracts International, 58* (6-A): 2060.
- Svensson, A. K. (2000). Computers in school: Socially isolating or a tool to promote collaboration. *Journal of Educational Computing Research, 22*, 437-453.
- Treacy, A. (1996). Learning styles, feelings and beliefs about technology and mathematics achievement. *Dissertation Abstracts International, 56* (12-A): 4691.
- Tremblay, S., Ross, N., & Berthelot, J-M. (2001). Factors affecting Grade 3 student performance in Ontario: A multilevel analysis. *Education Quarterly Review, 7*, 25-36.

- Trentin, G. (1996). Internet: Does it really bring added value to education? *Educational Technology Review*, 6, 10-13.
- Ungerleider, C. (1997). *West Vancouver Teacher's Association Teacher Computer Technology Use Survey*. Vancouver, BC.
- van Daal, V., Reitsma, P. (2000). Computer-assisted learning to read and spell: Results from two pilot studies. *Journal of Research in Reading*, 23, 181-193.
- Ward, D. R., & Tiessen, E. L. (1997). Adding educational value to the Web: Active learning with Alive Pages. *Educational Technology*, 37, 22-31.
- Wenglinsky, H. (1998). *Does it Compute? The Relationship Between Educational Technology and Student Achievement in Mathematics*. Princeton, NJ: Policy Information Center, Educational Testing Service.
- Wheeler, J., & Regian, J. (1999). The use of a cognitive tutoring system in the improvement of the abstract reasoning component of word problem solving. *Computers in Human Behavior*, 15, 243-254.
- Whitley, B. E., (1997). Gender differences in computer-related attitudes and behavior: A meta-analysis. *Computers in Human Behavior*, 13, 1-22.
- Wideman, H. H., & Owston, R. (1988). Student development of an expert system: A case study. *Journal of Computer Based Instruction*, 15, 88-94.
- Winne, P., & Stockley, D. (1998). Computing technologies as sites for developing self-regulated learning. In Schunk, D., & Zimmerman, B. (Eds.), *Self-Regulated Learning: From Teaching to Self-Reflective Practice* (pp.106-136). New York: Guilford Publications, Inc.
- Wohlwill, J., Wills, S. (1988). Programmed paintings: Elementary school children's computer-generated designs. In Farley, F. et al. (Eds.), *The Foundations of Aesthetics, Art, and Art Education* (pp. 337-363). New York, NY: Praeger Publishers.
- Woodrow, J., Mayer-Smith, J., & Pedretti, E. (2001). Assessing technology enhanced instruction: A case study in secondary science. *Journal of Educational Computing Research*, 23, 15-39.
- Woodrow, J. (1994). The development of computer related attitudes of secondary students. *Journal of Educational Computing Research*, 11, 307-338.
- Yalcinalp, S., Geban, O., & Oezkan, I. (1995). Effectiveness of using computer-assisted supplementary instruction for teaching the mole concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 1083-1095.
- Yusuf, M. (1994). Cognition of fundamental concepts in geometry. *Journal of Educational Computing Research*, 10, 349-371.
- Zywno, M., & Waalen, J. (2001). The effect of hypermedia instruction on achievement and attitudes of students with different learning styles. *Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, Session 1330.