Document generated on 04/16/2024 8:58 a.m.

Revue des sciences de l'éducation

Démarche de formation à l'intégration des mathématiques, des sciences et de la technologie dans la formation initiale des maîtres en Ontario

Laurier Busque and Raynald Lacasse

Volume 24, Number 1, 1998

Interdiciplinarité et formation à l'enseignement primaire et secondaire

URI: https://id.erudit.org/iderudit/031966ar
DOI: https://doi.org/10.7202/031966ar

See table of contents

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)
1705-0065 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Busque, L. & Lacasse, R. (1998). Démarche de formation à l'intégration des mathématiques, des sciences et de la technologie dans la formation initiale des maîtres en Ontario. *Revue des sciences de l'éducation*, *24*(1), 165–188. https://doi.org/10.7202/031966ar

Article abstract

From 1993, the Government of Ontario, General Programme Guide for grades 1 to 9 provides for an integration of various school disciplines into 4 areas of study, one of these being mathematics, science, and technology. This new structure must also be considered in the teacher training programme. With this objective, the University of Ottawa undertook an exploratory study of students in pre-service training at the intermediate secondary level (grades 7 to 10). The methodology included the development and use of two training strategies: one in the formal University course, the other during the practicum in the school setting where these future teachers are encouraged to apply an interdisciplinary type of pedagogy. The two strategies are described and the results of the project are discussed.

Tous droits réservés © Revue des sciences de l'éducation, 1998

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Revue des sciences de l'éducation, Vol. XXIV, n° 1, 1998, p. 165 à 188

Démarche de formation à l'intégration des mathématiques, des sciences et de la technologie dans la formation initiale des maîtres en Ontario

Laurier Busque
Professeur

Raynald Lacasse
Professeur

Université d'Ottawa

Résumé – En Ontario, depuis 1993, le Programme d'études commun de la première à la neuvième année intègre les disciplines scolaires dans quatre champs d'études, dont celui des *Mathématiques, sciences et technologie*. Cette restructuration doit être prise en compte dans les programmes de formation des enseignants. À cette fin, une démarche exploratoire a été entreprise à l'Université d'Ottawa auprès des étudiants en formation initiale au cycle intermédiaire du secondaire (de la septième à la dixième année). Il s'agit de développer et d'utiliser deux stratégies de formation, l'une dans l'enseignement formel à l'Université, l'autre lors d'un stage en milieu scolaire, où les futurs enseignants sont invités à expérimenter des actes pédagogiques de type interdisciplinaire. Les deux stratégies sont décrites et les résultats de leur mise à l'essai sont discutés.

Introduction

Notre démarche de recherche s'inscrit dans un contexte de changements rapides des politiques gouvernementales ontariennes en matière d'éducation. Ce contexte se caractérise, entre autres, par l'apparition de nombreux documents officiels prescrivant une réforme curriculaire (Gouvernement de l'Ontario, 1993*a*, 1993*b*, 1995, 1997), dont la mise en œuvre soulève de sérieuses difficultés tant dans le milieu scolaire qu'au sein des facultés d'éducation chargées de la formation des enseignants. Dans le but d'identifier des éléments stratégiques susceptibles de favoriser le passage d'un curriculum disciplinaire à un curriculum interdisciplinaire, une double démarche de recherche exploratoire a été entreprise à la Faculté d'éducation de l'Université d'Ottawa dans le cadre de la formation initiale à l'enseignement secondaire.

Ce texte rapporte la mise à l'essai de deux stratégies de formation interdisciplinaire, l'une dans le cadre de la formation formelle en milieu universitaire, l'autre

dans le cadre de la formation en milieu de stage. Les disciplines directement concernées sont les mathématiques, les sciences et la technologie. La première stratégie, mise à l'essai de 1992 à 1996, consiste en un jumelage des cours de didactique des mathématiques et de didactique des sciences. Elle concerne deux professeurs spécialistes et les étudiants en formation; ceux-ci sont invités à expérimenter un acte pédagogique[1] de nature interdisciplinaire. La seconde stratégie, mise à l'essai au printemps 1996, lors d'un stage en milieu scolaire, concerne le futur enseignant, les élèves et l'enseignant qui encadre le stage. Ici également, le futur enseignant est invité à expérimenter un acte pédagogique interdisciplinaire mais, cette fois, en situation réelle d'enseignement. Ces deux stratégies correspondent à des pratiques novatrices dans le domaine de la formation des enseignants à l'interdisciplinarité.

Les quatre sections suivantes présentent le contexte de la recherche exploratoire, son cadre conceptuel et théorique, la mise à l'essai des stratégies de formation et, enfin, une conclusion.

Contexte de l'étude

Le contexte de cette recherche exploratoire est celui de la mise en œuvre du nouveau *Programme d'études commun* prescrit par le ministère de l'Éducation et de la Formation de l'Ontario (Gouvernement de l'Ontario, 1995). Nous verrons les conséquences de ce changement pour les programmes de formation initiale des enseignants à l'Université d'Ottawa. Nous préciserons également les caractéristiques du nouveau programme intégré de mathématiques, de sciences et de technologie, dans le cadre du *Programme d'études commun*.

Le Programme d'études commun*: une proposition d'intégration*

Beaucoup d'initiatives ont vu le jour au cours des dernières décennies en ce qui a trait à l'approche interdisciplinaire des matières scolaires, en particulier pour les mathématiques, les sciences et la technologie. Baez (1988), Lazarov et Golovinsky (1988), Lorson, Heimlich et Wagner (1993), Rehfeld et Haigh (1995) présentent des situations d'intégration des mathématiques et des sciences et, à l'occasion, de la technologie. Ces initiatives résultent soit d'un changement externe, soit d'un changement commencé par l'école. Le *leadership* d'une direction d'école ou même d'un enseignant peut conduire à l'adoption d'une approche interdisciplinaire dans un milieu scolaire. Le plus souvent, c'est un facteur externe, comme le changement dans les programmes prescrits par le ministère de l'Éducation et de la Formation de l'Ontario, qui peut déclencher la mise en œuvre d'une telle approche.

En 1995, le ministère de l'Éducation et de la Formation de l'Ontario publiait la version définitive d'un *Programme d'études commun* qui se caractérise par l'adoption

d'une approche intégrée de l'apprentissage et d'une axiologie fondée sur l'atteinte de résultats d'apprentissage (Gouvernement de l'Ontario, 1995, p. 11). Ce programme définit dans les termes suivants le concept de résultat d'apprentissage:

> Le programme d'études commun est axé sur les résultats d'apprentissage et non sur les objectifs ou sur le temps consacré à l'étude de diverses matières. Ces résultats d'apprentissage englobent les connaissances, les compétences et les valeurs observables ou mesurables que les élèves doivent avoir acquises à certaines étapes clés de leur cheminement scolaire (*Ibid.*, p. 9).

En plus de présenter dix grands résultats d'apprentissage transdisciplinaires, ce programme d'études comprend au-delà de cent cinquante résultats d'apprentissage regroupés dans quatre champs d'études: les arts, la formation personnelle et les études sociales (l'individu et la société), la langue et, enfin, les mathématiques, les sciences et la technologie. La section du document portant sur la mise en œuvre du programme commun précise les liens que l'élève devra établir entre les diverses matières de ce dernier champ d'études. Parallèlement à la publication de son programme, le Ministère a produit deux documents portant sur les normes provinciales en mathématiques et en langues. D'autres documents porteront sur les autres disciplines d'enseignement dans les écoles de l'Ontario. Les normes provinciales, quoique présentées par disciplines, devraient demeurer dans l'esprit du *Programme d'études commun.*

En 1979, l'UNESCO publiait *New trends in integrated science teaching* (Reay, 1979) dans lequel on discutait de programmes interdisciplinaires en sciences. En Angleterre, depuis la fin des années soixante-dix, le projet *Nuffield Combined Science* (Green, Petford, Short et Walker, 1975) propose une approche intégrée des sciences à partir de l'étude de l'environnement. C'est au cours de la présente décennie que l'on a vu apparaître des projets poussant encore plus loin l'intégration. Du côté des États-Unis, le National Council of Teachers of Mathematics (1989) reconnaît l'importance de l'intégration lorsqu'il présente ses normes:

> Les élèves doivent vivre des expériences nombreuses et variées portant sur l'histoire, la culture et l'évolution scientifique des mathématiques de façon qu'ils puissent apprécier le rôle des mathématiques dans le développement de la société actuelle. Ces expériences doivent aussi permettre d'explorer les relations entre les mathématiques et les disciplines qu'elles desservent dans les domaines des sciences naturelles et sciences physiques, sciences sociales et de sciences humaines (p. 5, traduction libre).

Au Québec, le programme PERMAMA (Perfectionnement des maîtres en mathématiques) proposait, dans les années soixante-dix, une vision organique de l'enseignement des mathématiques en opposition avec le modèle traditionnel alors en vigueur. Ce n'était pas encore de l'interdisciplinarité, mais on se préoccupait déjà de formuler, à l'intention des enseignants en exercice, des activités basées largement sur la résolution de problèmes et sur l'élaboration de projets d'apprentissage reliés à des situations réelles.

En Ontario, un guide de planification, publié en 1993 à l'intention des écoles et intitulé *Vers un programme d'études interdisciplinaire* (Gouvernement de l'Ontario, 1993*b*), mentionne qu'un tel programme vise à amener les élèves à «faire des liens entre les diverses matières étudiées et à comprendre que les connaissances acquises ont aussi un sens en dehors de l'école» (p. 1). Les liens s'établissent à deux niveaux: au premier niveau, l'élève s'engage dans des activités d'apprentissage qui intègrent plusieurs disciplines dans un champ d'études; au deuxième niveau, les liens s'établissent par les apprentissages (résultats) transdiciplinaires qui s'appliquent aux quatre champs d'études. Le *Programme d'études commun* justifie ainsi cette position: «Le programme scolaire doit emprunter une approche intégrée pour bien préparer les élèves à vivre dans un monde en évolution» (Gouvernement de l'Ontario, 1995, p. 22).

Or, il ne suffit certes pas de proposer un changement pour le réaliser. Beaucoup d'aspects du nouveau programme sont encore en cours d'implantation dans les écoles. La présente étude se situe au cœur du processus et devance même la mise en œuvre complète des nouvelles prescriptions. Les facultés de formation des enseignants sont engagées dans ce renouveau et la section suivante présente la démarche particulière que la Faculté d'éducation de l'Université d'Ottawa a commencé à réaliser.

Conséquences du changement curriculaire pour la formation initiale des enseignants

À l'Université d'Ottawa, le programme de formation à l'enseignement aux ordres d'enseignement primaire et secondaire se fait consécutivement à l'obtention d'un premier diplôme universitaire; sa durée est d'une année, de septembre à avril. Il compte un total de 36 crédits (un crédit correspond à 13 heures de cours), dont 30 crédits de cours universitaires et 6 crédits de stages en milieu scolaire. Les candidates et les candidats doivent choisir un seul groupement de cycles, soit l'enseignement aux cycles primaire et moyen (de la 1re année à la 6e année), aux cycles moyen et intermédiaire (de la 4e année à la 10e année) ou aux cycles intermédiaire et supérieur (de la 7e année à la 12e année et les cours préuniversitaires de l'Ontario).

De plus, le programme inclut le choix d'une discipline scolaire (formation de trois crédits aux cycles moyen et intermédiaire) et de deux disciplines scolaires aux cycles intermédiaire et supérieur (une formation totalisant 12 crédits dans ce dernier cas). Chacune des deux sessions est constituée de neuf semaines de cours suivies de quatre semaines de stages en milieu scolaire.

Ce programme est actuellement en processus de refonte majeure, tant sur le plan du contenu que sur celui des structures, compte tenu des nouvelles réalités du système d'éducation en Ontario. Notre préoccupation actuelle est double: d'une part, il s'agit de faire évoluer la structure et le contenu du programme en tenant compte de l'approche interdisciplinaire du *Programme d'études commun* et, d'autre part, il importe de mieux arrimer le programme à la formation antérieure des étudiants. Pour ce

deuxième point, il faut mentionner qu'il y a présentement peu de liens réels entre les études préalables des candidats et la formation à l'enseignement comme telle, sauf pour quelques exceptions comme le programme de baccalauréat ès arts (B.A.) en didactique des langues secondes ou le programme de baccalauréat ès sciences/baccalauréat en éducation (B.Sc./B.Ed.) mis sur pied récemment.

Le défi principal de la nouvelle réforme réside dans le fait que le programme de formation est axé, aux cycles intermédiaire et supérieur, sur une conception très disciplinaire du savoir: outre des cours de base en éducation, chaque étudiant doit suivre des cours de didactique dans sa ou ses disciplines. Fenham (1979) soulève le problème de la mise en œuvre d'un programme intégré à la suite d'une formation disciplinaire des étudiants universitaires: «Les sciences disciplinaires [...] les sciences intégrées [...] Il y a de nombreuses indications que le transfert de l'apprentissage d'un secteur à l'autre est une tâche difficile» (p. 81, traduction libre). Par ailleurs, au fil des ans, le corps professoral de la formation a fini par se calquer sur cette exigence du programme, de sorte que les expertises sont elles aussi centrées sur les disciplines.

Le changement du curriculum scolaire exige donc des modifications assez importantes dans le programme de formation initiale à l'enseignement puisqu'il requiert une réorganisation substantielle des contenus de cours, des modes de prestation et des interactions entre professeurs et étudiants. Ces modifications concernent plus particulièrement les cours de didactique où il s'agit de faire appel à l'expertise des professeurs spécialistes dans un contexte pour le moins inhabituel. En effet, il n'y a pas encore à proprement parler de didactique des «mathématiques-sciences-technologie», du moins pas de théorie didactique constituée comme en mathématiques et en sciences. Par ailleurs, il n'y a pas de didactique formelle en technologie.

Caractéristiques du programme intégré en mathématiques, en sciences et en technologie

Cette section présente un court rappel des principaux éléments qui ont abouti à la création d'un champ d'études intégrant les disciplines de mathématiques, de sciences et de technologie au début du secondaire en Ontario. Elle analyse ensuite la situation de la mise en œuvre du *Programme d'études commun*.

En Ontario, les programmes d'études utilisés auparavant en sciences et en mathématiques au début du secondaire se présentaient sous forme de programmes-cadres distincts. Ces programmes proposaient généralement, pour chaque niveau d'études, des unités ou des sections qui devaient être couvertes à l'intérieur d'une période de 110 heures par année scolaire.

Cependant, le *Programme-cadre de mathématiques* (Gouvernement de l'Ontario, 1985) songeait à la possibilité d'intégrer plusieurs matières scolaires. En huitième année, dans les sections «Organisation des données et mesure», on mentionne que «dans la mesure du possible, l'enseignante et l'enseignant devraient intégrer ce processus

à des travaux portant sur d'autres matières» (*Ibid.*, p. 33). De même, dans l'ancien *Programme-cadre de sciences au cycle intermédiaire* (Gouvernement de l'Ontario, 1978), on trouve une incitation à intégrer les disciplines scientifiques entre elles. Le personnel enseignant pouvait concevoir des unités d'apprentissage intégrant la physique, la chimie et la biologie. Le *Programme-cadre de sciences* (Gouvernement de l'Ontario, 1987) a persisté dans cette voie en proposant des unités intégrant diverses disciplines.

Depuis la publication de la première version du *Programme d'études commun,* en février 1993, par le ministère de l'Éducation et de la Formation de l'Ontario, les écoles tentent d'intégrer les mathématiques, les sciences et la technologie selon une approche interdisciplinaire. Deux versions du programme se sont succédé, l'une en 1993 et l'autre en 1995. La version de 1995 a simplifié l'organisation des résultats d'apprentissage attendus. La mise en œuvre de ce programme d'études a débuté en septembre 1996.

Tableau 1

Distinctions entre le programme axé sur les objectifs et le programme axé sur les résultats (Gouvernement de l'Ontario, 1995, p. 26)

Programme axé sur les objectifs	Programme axé sur les résultats
• Ciblé sur ce que le personnel enseignant a l'intention d'enseigner.	• Énonce clairement ce que les élèves doivent savoir et pouvoir faire.
• Met l'accent sur l'atteinte des objectifs prescrits dans le programme d'études.	• Met l'accent sur l'application de l'apprentissage dans divers domaines.
• Détermine le contenu et les objectifs de façon compartimentée.	• Permet l'application de l'approche intégrée de l'apprentissage.
• Met l'accent sur le temps consacré à l'étude de diverses matières.	• Requiert un horaire souple.
• Implique l'estimation de ce que l'élève peut apprendre durant une période donnée.	• Permet à l'élève d'acquérir au cours d'une période flexible les connaissances, les compétences et les valeurs propres à un champ d'études particulier.
• Permet de vérifier l'atteinte des objectifs par l'élève.	• Permet d'évaluer avec précision le rendement de l'élève.

En plus de proposer une approche interdisciplinaire, le *Programme d'études commun* présente une autre caractéristique qui le distingue des programmes-cadres. Les intentions du programme, comme les a formulées le ministère de l'Éducation et de la Formation, correspondent à des résultats d'apprentissage. Le document ministériel explique la distinction entre un programme axé sur des objectifs et un programme axé sur des résultats de la façon suivante (tableau 1).

Rappelons que le *Programme d'études commun* présente deux types de résultats attendus, les résultats d'apprentissage transdisciplinaires et les résultats d'apprentis-

sage spécifiques à chacun des quatre champs d'études: les arts; la formation personnelle et les études sociales (l'individu et la société); la langue; les mathématiques, les sciences et la technologie. Les dix grands résultats transdisciplinaires «sous-tendent l'éducation dispensée jusqu'à la fin de la 9e année [...]. De plus, ils sont étroitement liés entre eux et s'appliquent à tous les champs d'études» (Gouvernement de l'Ontario, 1995, p. 28). Dans sa planification pédagogique, l'enseignant peut se référer à des résultats d'apprentissage transdisciplinaires pour justifier les activités pédagogiques qu'il propose à ses élèves. Ainsi, les actes pédagogiques «Mesure d'objets inaccessibles» et «Origine et destinée de l'eau potable», dont il sera question dans cet article et qui s'adressent à des élèves de 9e année, visent l'atteinte des résultats transdisciplinaires suivants:

> À la fin de la neuvième année, les élèves:
>
> - appliquent les compétences nécessaires pour vivre et travailler en harmonie avec les autres;
> - collaborent harmonieusement avec les autres pour accomplir une tâche commune (*Ibid.*, p. 30).

L'apprentissage coopératif par projets permet aux élèves de développer des habiletés et des attitudes requises pour l'atteinte de ce résultat transdisciplinaire. Il s'agit ici d'habiletés sociales de production et d'attitudes reliées au travail en équipe, comme le respect des autres.

Le champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie» présente quarante-sept résultats d'apprentissage que l'on qualifie de cumulatifs. Le *Programme d'études commun* présente les résultats d'apprentissage pour la fin des cycles qui se terminent en troisième année, sixième année et neuvième année. Voici le résultat d'apprentissage attendu à la fin de la neuvième année auquel se réfère l'acte pédagogique «Mesure d'objets inaccessibles», ainsi que les résultats correspondant aux deux autres niveaux, soit à la fin de la troisième année et à la fin de la sixième année (*Ibid.*):

> À la fin de la troisième année, les élèves:
>
> - posent des questions et cherchent des réponses à propos du monde qui les entoure (par exemple: Pourquoi certains ballons flottent-ils dans les airs? Combien de feuilles possède une plante? Quels sont les matériaux les plus utilisés dans la structure des bâtiments?).
>
> À la fin de la sixième année, les élèves:
>
> - mènent des recherches sur des phénomènes qui touchent leur milieu immédiat ou le monde en général et communiquent leurs conclusions (par exemple, en faisant une enquête sur l'influence de certaines annonces publicitaires).

À la fin de la neuvième année, les élèves:

- mènent des recherches de façon autonome ou en collaboration et communiquent leurs résultats de différentes façons (par exemple, en consultant des livres, des journaux, des bases de données) (p. 98).

Deux publications officielles majeures concernent la mise en œuvre du *Programme d'études commun*: le rapport de la Commission royale sur l'éducation (Bégin et Caplan, 1994*a*) et la publication des normes provinciales. Le rapport de la Commission royale sur l'éducation confirme l'importance de l'application de l'interdisciplinarité dans les programmes d'études. Il pousse ce concept plus loin en souhaitant son élargissement: «le principe de l'intégration doit être adopté, non seulement dans le cadre du programme d'études commun, mais plus largement encore» (*Ibid.*, p. 75). Ce souhait de voir s'élargir l'intégration des matières est avancé malgré l'aveu même de la Commission que «l'intégration des programmes d'études n'a pas fait l'objet de recherches approfondies» (*Ibid.*, p. 74). La recommandation 11 du rapport de la Commission royale suggère une initiative surprenante, puisqu'elle confronte deux idées un peu contradictoires (Bégin et Caplan, 1994*b*):

> Nous recommandons l'élaboration d'un programme-cadre pour chaque matière enseignée dans le programme d'études commun. Ce programme-cadre guiderait les enseignantes et les enseignants dans la préparation de programmes qui aideront les élèves à atteindre les résultats d'apprentissage énoncés dans le *Programme d'études commun*. Ce programme-cadre devrait comporter pour les enseignantes et pour les enseignants des conseils pratiques sur les façons dont les parents peuvent aider leurs enfants à la maison (p. 80).

Peut-on développer un programme d'études au départ interdisciplinaire et ensuite élaborer des programmes-cadres pour chaque matière enseignée? La contradiction est encore plus apparente depuis la publication récente du *Programme-cadre de mathématiques* (Gouvernement de l'Ontario, 1997). Dans un système d'éducation, la fonction d'un programme d'études provincial, comme le *Programme d'études commun*, est de définir pour l'ensemble des personnes qui œuvrent dans ce système, les finalités, les buts et les objectifs à poursuivre. Dans le cas du *Programme d'études commun*, les futurs enseignants peuvent-ils traiter séparément des habiletés, des connaissances et des attitudes se rapportant aux domaines des mathématiques, des sciences et de la technologie et, en même temps, les traiter dans un contexte d'intégration? Dans la recherche exploratoire dont témoigne cet article, l'élaboration, le développement et la mise à l'essai d'actes pédagogiques ont permis, entre autres, d'explorer cette question.

La deuxième publication majeure qui éclaire la situation de la mise en œuvre des programmes de mathématiques, de sciences et de technologie est la série de documents définissant les normes. Les *Normes provinciales de mathématiques* (Gouvernement de l'Ontario, 1993*a*) sont présentées par le Ministère comme un document faisant partie intégrante du *Programme d'études commun*, même si l'élaboration de ce document a commencé avant la publication de ce programme. La philosophie sous-jacente provient

du même esprit que celui du *Curriculum and evaluation standards for school mathematics* du National Council of Teachers of Mathematics des États-Unis (1989). Cependant, dans l'esprit du *Programme d'études commun*, il faut réaliser que les mathématiques se trouvent maintenant dans le champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie» et que les normes en mathématiques doivent être ajustées et complétées par d'autres documents relatifs à l'enseignement des sciences et de la technologie. De plus, la mise en œuvre des prescriptions de ces documents se fait sur le plan de l'école, ce qui exige un effort de concertation particulier de la part de toutes les personnes concernées.

Les normes de performance en mathématiques sont présentées selon six domaines constitutifs: résolution de problèmes, numération et sens du nombre, géométrie et sens de l'espace, mesure, modélisation et algèbre, traitement des données et probabilités. Le premier de ces six domaines, la résolution de problèmes, est également considéré comme partie intégrante des autres domaines.

Pour chacun des domaines, des indicateurs de quatre niveaux de performance sont explicités et sont mis en rapport avec les résultats d'apprentissage proposés dans le *Programme d'études commun* à la fin de la troisième, de la sixième et de la neuvième année. Par exemple, en ce qui concerne la mesure, on trouve, entre autres, le résultat spécifique suivant, accompagné de quatre niveaux de performance (Gouvernement de l'Ontario, 1993*a*):

> L'élève utilise les unités conventionnelles et divers outils pour estimer et mesurer la longueur, le périmètre [...] dans des situations de résolution de problèmes et en utilisant divers outils [...].
>
> Niveaux de performance escomptés :
>
> - Niveau 1: L'élève utilise les instruments appropriés pour mesurer la longueur [...] en unités conventionnelles. [...] L'élève utilise, avec de l'aide, des formules dans ses activités de mesure.
> - Niveau 2: L'élève fait des mesures en utilisant l'instrument approprié et des unités de mesure conventionnelles. L'élève résout des problèmes qui appliquent directement des compétences acquises en mesure.
> - Niveau 3: L'élève utilise les notions et les techniques de mesure pour résoudre divers problèmes pratiques [...].
> - Niveau 4: L'élève [...] utilise les formules et les procédés de mesure appropriés pour résoudre les problèmes (p. 44-45).

Le contexte de cette étude est donc caractérisé par l'apparition de documents majeurs (Gouvernement de l'Ontario, 1993*a*, 1993*b*, 1995) portant sur l'enseignement de toutes les disciplines. Toutes les idées présentées dans ces documents ont besoin d'ajustements, de révision et d'interprétations, à la fois pour leur donner plus de cohérence et pour les présenter de manière réalisable.

Cadre conceptuel

Intervention et formation à l'intégration des mathématiques, des sciences et de la technologie

Une première stratégie de formation des enseignants, adoptée à l'Université d'Ottawa, consiste à réaliser une forme d'intégration des cours de didactique des mathématiques et de didactique des sciences en les faisant évoluer vers un modèle plus approprié, celui du coenseignement avec les spécialistes des deux disciplines en vue de la réalisation d'un projet commun. Il apparaît clair qu'il importe d'utiliser les points de vue des spécialistes disciplinaires de façon convergente afin de mieux poursuivre les intentions qui se dégagent du programme d'études. De plus, il convient d'illustrer auprès des étudiants l'une des conséquences pédagogiques du choix d'un curriculum basé sur l'interdisciplinarité. Dans un tel contexte, les étudiants sont invités à expérimenter un acte pédagogique interdisciplinaire, tel qu'ils devront le concevoir et le mettre en œuvre en tant qu'enseignant au secondaire. La deuxième stratégie de formation est la réalisation en stage d'un acte pédagogique interdisciplinaire avec des élèves du secondaire. Les étudiants peuvent ainsi s'exercer à la démarche interdisciplinaire en y incluant toutes les contraintes de mise en œuvre telles qu'elles peuvent être vécues dans une école.

Afin de situer les deux stratégies de formation dans un contexte théorique plus formel, deux modèles de conception de curriculum intégré ont retenu notre attention. Le modèle de Fogarty (1991) présente dix façons de réaliser l'intégration des programmes et celui de Jacobs (1989) présente six formes possibles que peut prendre l'intégration des programmes.

Le modèle de Fogarty reprend la problématique de l'intégration dans une perspective curriculaire. Cet auteur propose dix façons d'élaborer un programme; ces modèles ont été repris par Fried, Shallhorn et Shaw (1993) (tableau 2).

Tableau 2

Les dix façons de réaliser l'intégration des programmes selon Fogarty

Au sein de disciplines distinctes	6) un programme en suspentes
1) un programme fragmenté	7) un programme enfilé
2) un programme de matières interreliées	8) un programme intégré
3) un programme niché	Chez l'apprenant et d'un apprenant à l'autre
Axé sur plusieurs disciplines	9) un programme immergé
4) un programme séquentiel	10) un programme réseauté
5) un programme partagé	

À partir de ces dix options, le modèle de Fogarty illustre de nombreuses possibilités d'organiser le curriculum scolaire en traitant simultanément de différentes modalités d'organisation des savoirs disciplinaires et de diverses approches pédagogiques. Or, ceci amène une confusion inévitable dans le traitement de l'interdisciplinarité dans la mesure où l'intégration des matières scolaires ne se trouve pas nécessairement soumise aux mêmes contraintes que celles de l'intégration des savoirs disciplinaires. En outre, le choix de regrouper les disciplines «Mathématiques, sciences et technologie» dans le *Programme d'études commun* répond à une intention d'intégration disciplinaire, tandis que le regroupement «Sciences, technologie et société» retenu par plusieurs autres pays (Yager, 1996) relève plus souvent de la multidisciplinarité que de l'interdisciplinarité. Le modèle de Jacobs (1989) traite de ces modalités de façon plus explicite.

Il se limite à considérer l'organisation des savoirs des diverses disciplines en vue de proposer six formes d'intégration. Son modèle a été repris par Frazee et Rudnitski (1995) qui le ramènent à cinq options étalées sur un *continuum* dont les deux pôles sont, d'une part, le cloisonnement disciplinaire et, d'autre part, l'intégration interdisciplinaire. La figure 1, adaptée de Frazee et Rudnitski (*Ibid.*) reprend ce dernier modèle.

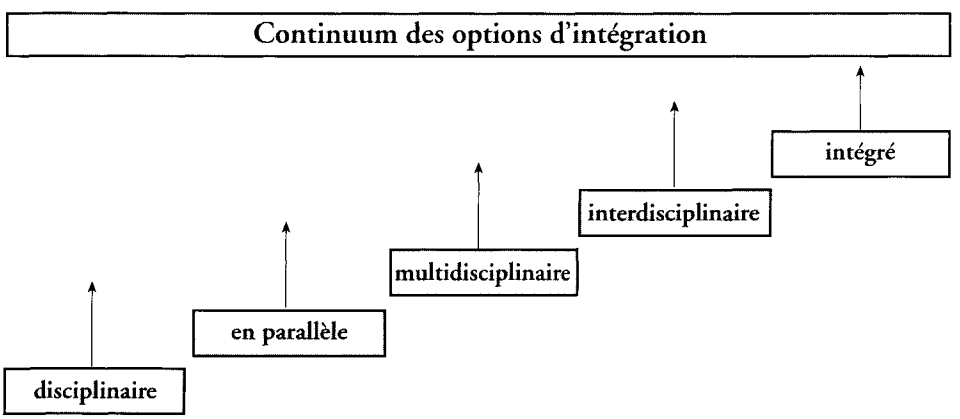

Figure 1 – Un *continuum* des options d'intégration

Le programme disciplinaire reprend les disciplines traditionnelles que l'on rencontre dans les écoles. Comme il s'agit de la façon habituelle d'apprendre à l'école, les étudiants y reconnaissent la façon normale d'enseigner. Le programme en parallèle permet, habituellement sous un thème intégrateur, de couvrir deux disciplines. Le programme multidisciplinaire reprend l'option précédente, mais avec plusieurs disciplines. Le passage à un programme interdisciplinaire exige une véritable intégration des disciplines. Le coenseignement devient une exigence dans le programme interdisciplinaire. Frazee et Rudnitski (1995) mentionnent que «[...[un programme interdisciplinaire implique toutes sinon presque toutes les matières et que l'expérience

des élèves recoupe en partie l'ensemble des options que présente le *continuum* d'intégration» (p. 140-141, traduction libre). La cinquième option repose sur une intégration complète des disciplines. On remarque alors que les élèves traitent d'un problème ou d'un sujet sans faire de distinction entre les disciplines. On observe fréquemment cette modalité d'apprentissage dans des contextes d'activités parascolaires, comme dans les clubs de sciences. Les deux actes pédagogiques dont il est question dans cet article s'apparentent à cette dernière option.

Conception et mise à l'essai de deux stratégies de formation à l'intégration

Cette section présente la conception et l'expérimentation de stratégies de formation initiale des enseignants à l'intégration des mathématiques, des sciences et de la technologie. Rappelons que la première stratégie a été mise à l'essai à la Faculté; elle requiert l'expérimentation d'un acte pédagogique interdisciplinaire intitulé «Mesure des objets inaccessibles». La deuxième stratégie de formation a été mise à l'essai lors du stage de deux étudiants maîtres dans deux classes de neuvième année de la région d'Ottawa. Il s'agit de l'expérimentation d'un acte pédagogique interdisciplinaire intitulé «Origine et destinée de l'eau potable».

Formation en contexte formel: expérimentation de l'acte pédagogique intitulée «Mesure d'objets inaccessibles»

Présentation – La nouvelle orientation du ministère de l'Éducation et de la Formation de l'Ontario, décrite préalablement, a évidemment, dans les écoles, des conséquences sur l'enseignement des mathématiques, des sciences et de la technologie. Ces conséquences se répercutent aussi sur la formation des enseignants. Ainsi, en ce qui concerne l'enseignement de la didactique des mathématiques et des sciences, une unité de formation intégrée a été conçue, à titre expérimental, en tenant compte de deux aspects: l'interdisciplinarité proposée dans le cadre du champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie»; l'apprentissage coopératif par projets.

Ces deux aspects paraissaient complémentaires, l'interdisciplinarité requérant un travail de spécialistes différents autour d'un projet commun. Il s'agissait donc de mettre en relation des étudiants poursuivant une formation dans des matières différentes, aussi bien que leurs professeurs de didactiques différentes. La coopération était essentielle.

La mise à l'essai de cette stratégie de formation a été étalée sur deux rencontres au cours d'une même semaine, dans le cadre des deux cours de didactique: «Mathématiques au cycle intermédiaire» et «Sciences générales au cycle intermédiaire». Elle devait permettre à l'étudiant de réaliser l'intégration des deux disciplines en expérimentant un acte pédagogique axé sur la résolution de problèmes. L'acte péda-

gogique expérimenté par les étudiants visait l'atteinte de deux résultats d'apprentissage spécifiques qui se trouvent sous la rubrique «La recherche, le raisonnement et la communication» dans le champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie» (Gouvernement de l'Ontario, 1995):

> De plus, à la fin de la neuvième année, les élèves :
>
> – mènent des recherches de façon autonome ou en collaboration et communiquent leurs résultats de différentes façons (par exemple en consultant des livres, des journaux, des bases de données).
>
> De plus, à la fin de la neuvième année, les élèves :
>
> – évaluent et utilisent plusieurs méthodes de recherche pour résoudre des problèmes, y compris leurs propres méthodes (par exemple pour concevoir et fabriquer un produit, pour étudier les facteurs qui influent sur le fonctionnement des cellules) (p. 98).

À la suite de la planification de l'acte pédagogique, on a pu identifier plus spécifiquement les habiletés, les attitudes et les connaissances concernées. Le tableau 3 présente les résultats attendus au terme de l'expérimentation du projet pédagogique «Mesure d'objets inaccessibles».

Tableau 3

Résultats interdisciplinaires attendus au terme de l'expérimentation de l'acte pédagogique «Mesure d'objets inaccessibles»

Mathématiques	Sciences	Technologie
Habiletés interdisciplinaires		
Application des rapports	Observation et inférence	Design
Modélisation	Mesure	Construction
Genèse des concepts mathématiques		Manipulation d'outils
Attitudes interdisciplinaires		
Persévérance	Minutie	Sécurité
Pertinence	Précision	Soins de l'instrument
Connaissances interdisciplinaires		
Rapports	Unités de mesure	Outils
Perpendicularité	Erreurs de mesure	Mode d'emploi
Parallélisme, similitude et trigonométrie	Histoire	

On constate que ce projet pédagogique intègre des habiletés, des attitudes et des connaissances relevant des disciplines des mathématiques, des sciences et de la techno-

logie. On note que dans ce projet axé sur la démarche de résolution de problèmes, l'étudiant a l'occasion d'aborder chacune des dimensions importantes des disciplines dans un contexte interdisciplinaire.

Le choix du thème de la mesure se justifie parce que ce dernier se prête facilement à une intégration de différents contenus mathématiques, scientifiques et technologiques. En effet, mesurer est une activité importante à bien des égards. D'une part, c'est le mesurage des quantités et le raffinement des instruments de mesure qui sont à l'origine de la démarche scientifique; d'autre part, les réflexions théoriques des mathématiciens ont souvent eu pour origine des problèmes de mesure et ont donné naissance à la définition d'outils conceptuels très féconds: l'ensemble des nombres rationnels, l'ensemble des nombres réels, les géométries classique et moderne. Enfin, l'invention et l'étalonnage d'instruments de mesure de plus en plus solides, efficaces et précis sont aux sources de la société technologique.

Déroulement – La mise à l'essai de la stratégie de formation se déroule depuis la session d'hiver 1993. Elle a mis en cause tous les étudiants inscrits en didactique des mathématiques ou des sciences au niveau intermédiaire jusqu'au printemps 1995, soit une trentaine de personnes en tout. Depuis l'automne 1995, la mise à l'essai se poursuit avec l'ajout des étudiants du cycle supérieur, ce qui représente environ vingt-cinq personnes par année. La raison de ce changement en 1995 est purement technique. Depuis ce temps, en effet, pour des raisons économiques, les étudiants des deux cycles sont réunis dans un même cours, ce qui n'était pas le cas auparavant.

Lors des deux rencontres prévues, les deux groupes d'étudiants, accompagnés des deux professeurs, sont réunis dans le même local. La situation en classe adopte donc en même temps une forme de coenseignement (*team-teaching*), ce qui amène ainsi les étudiants à réfléchir également sur cette formule particulière d'enseignement.

L'étudiant est appelé à travailler à l'intérieur d'un petit groupe; il expérimente l'apprentissage coopératif par projets afin de concevoir et de construire un instrument (corde à mesurer, théodolite, niveau d'arpenteur, goniomètre ou équerre) permettant de déterminer une mesure dite inaccessible (par exemple la largeur d'un cours d'eau, la dénivellation d'une colline, la hauteur d'un arbre ou d'un édifice).

Chaque équipe de trois ou quatre étudiants est confrontée à un problème particulier. Par exemple, une équipe doit construire un instrument qui permet de mesurer la largeur d'une rivière. Une fois l'instrument conçu sur papier, les étudiants proposent aux professeurs une liste de matériaux qui leur permettra de bricoler leur instrument: marqueurs, morceaux de carton, pièces de bois, vis, clous, bouts de corde, attaches diverses. Ensuite, les étudiants vont en atelier. Une fois leur produit réalisé, ils doivent composer le guide d'utilisation le plus clair possible et discuter de la précision et de l'efficacité de leur instrument.

L'étape suivante est l'évaluation du produit. Une nouvelle équipe s'en charge. Celle-ci va tester l'instrument sur le terrain à partir d'une liste de critères. Dans le cas de la largeur d'une rivière, les étudiants sont allés mesurer la largeur du canal Rideau qui passe tout près de l'Université d'Ottawa et dont on peut connaître (aux fins de vérification) la largeur exacte en téléphonant aux préposés à l'entretien du canal de la Commission de la capitale nationale.

Résultats – La mise à l'essai de cette stratégie de formation est d'abord un test de la formule de coenseignement. Est-il possible pour deux didacticiens non seulement de s'entendre sur un projet à faire exécuter par les étudiants, mais de manifester leur point de vue respectif et de contribuer au progrès cognitif des étudiants dans ce contexte? La réalisation des projets offre une réponse positive à la première question. Il est intéressant de noter que les points de vue de deux experts enrichissent sensiblement le débat. L'obstacle principal n'est pas à ce niveau. La démarche du programme de formation actuel est calquée sur la compartimentation des savoirs traditionnels. La mise à l'essai, assez limitée dans le temps, a quand même permis de soulever la question de l'organisation de ce type d'enseignement. Si cette démarche était prolongée ou généralisée de quelque façon, il faudrait résoudre un certain nombre de problèmes de calcul de charges de travail, d'horaire, de disponibilité de locaux, etc. Tout ceci pourrait vite se révéler un petit cauchemar administratif, les structures facultaires n'étant pas nécessairement aménagées à cette fin, du moins pas pour l'instant.

De leur côté, après avoir vécu l'expérience, les étudiants ont discuté de la manière laquelle ils pourraient la reprendre avec des élèves d'une école: l'organisation d'un projet, le travail d'équipe, la résolution d'un problème concret. Ils ont vu deux professeurs à l'œuvre et ils peuvent être tentés de refaire l'expérience dans le cadre scolaire. Leur perception de l'articulation entre les mathématiques, les sciences et la technologie s'est aussi développée.

Formation en contexte de stage: expérimentation de l'acte pédagogique «Origine et destinée de l'eau potable»

Présentation – La culture générale et la culture scientifique en particulier se définissent toujours par rapport à un environnement donné. Traditionnellement, dans les écoles, cet axe est abordé dans le contexte de l'étude des sciences sociales. Par contre, on observe que l'environnement est souvent pris comme sujet de recherche par les élèves dans une démarche de résolution de problèmes en mathématiques, en sciences et en technologie. Or, le personnel enseignant se trouve souvent sans ressources valables pour appuyer cette démarche.

L'acte pédagogique intitulé «Origine et destinée de l'eau potable» vise à aider l'enseignant en lui fournissant un exemple de démarche pédagogique appropriée (planification, déroulement, évaluation) et en suggérant des stratégies de nature à combler le manque de ressources. Il s'agit d'impliquer des partenaires de la communauté et de

faciliter l'accès aux sources d'information, au milieu naturel ou aux installations physiques nécessaires à l'investigation des élèves.

Deux résultats d'apprentissage spécifiques au champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie» ont été retenus:

> De plus, à la fin de la neuvième année, les élèves:
> - mènent des recherches de façon autonome ou en collaboration et communiquent leurs résultats de différentes façons (par exemple en consultant des livres, des journaux, des bases de données) (Gouvernement de l'Ontario, 1995, p. 98).

> De plus, à la fin de la neuvième année, les élèves:
> - évaluent les problèmes environnementaux à l'école ou dans la communauté, élaborent et mettent en œuvre un plan d'action collectif pour les corriger (par exemple en planifiant et en organisant le nettoyage des berges d'un ruisseau ou d'un terrain boisé en collaboration avec des groupes communautaires ou des organismes gouvernementaux) (*Ibid.*, p. 102).

Le tableau 4 présente les résultats attendus chez les élèves au terme de l'acte pédagogique «Origine et destinée de l'eau potable».

Tableau 4

Résultats interdisciplinaires attendus au terme de l'acte pédagogique «Origine et destinée de l'eau potable»

Mathématiques	Sciences	Technologie
Habiletés interdisciplinaires		
Estimation d'outils Calcul	Mesure Planification d'une investigation	Manipulation Utilisation de l'ordinateur Photographie
Attitudes interdisciplinaires		
Confiance dans les calculs	Minutie Précision Sécurité au laboratoire	Confiance dans l'ordinateur Sécurité en usine
Connaissances interdisciplinaires		
Formules: volume, débit	Formule chimique du pH Température Dureté de l'eau Turbidité	Instruments domestiques Terminologie des techniques de l'eau

Cet acte pédagogique présente les caractéristiques suivantes:

- il porte sur des questions environnementales;
- il requiert l'obtention et le traitement de l'information sur la filtration de l'eau et le traitement des eaux usées;

- il favorise la participation directe des élèves à l'investigation par le biais de la stratégie de l'apprentissage coopératif par projet;
- il met en lien différentes équipes au sein de la classe et différentes classes de diverses écoles autour d'un projet d'exploration commun;
- il fait appel à des partenaires de la communauté.

En postulant que l'environnement fait partie de la culture scientifique d'une personne, il s'avère nécessaire d'inciter les élèves à s'ouvrir à l'étude de leur environnement et à participer à la résolution des problèmes qu'une telle étude soulève. Dans l'acte pédagogique «Origine et destinée de l'eau potable», le cheminement de l'eau potable dans la municipalité constitue le fil conducteur qui relie les écoles participantes entre elles et à leurs partenaires. Ce thème général est subdivisé en quatre sous-thèmes (correspondant à quatre activités), eux-mêmes subdivisés en objets d'études (tableau 5). Ce découpage du thème central permet de répartir la tâche d'investigation entre les équipes d'élèves des classes participantes; il permet également d'entreprendre des travaux d'envergure réaliste.

Tableau 5

Découpage du thème central «Origine et destinée de l'eau potable» en sous-thèmes et en objets d'études

Activité: Utilisation de l'eau	
Équipe d'investigation 1	Consommation de l'eau
Équipe d'investigation 2	Fonctionnement d'un chauffe-eau
Équipe d'investigation 3	Fonctionnement d'une toilette
Équipe d'investigation 4	Fonctionnement d'un robinet
Équipe d'investigation 5	Eau dans l'alimentation humaine
Activité: Filtration et distribution de l'eau	
Équipe d'investigation 6	Prise d'eau et prétraitement
Équipe d'investigation 7	Préfiltration
Équipe d'investigation 8	Filtration
Équipe d'investigation 9	Caractéristiques de l'eau potable
Équipe d'investigation 10	Emmagasinement et distribution
Activité: Cheminement des eaux usées	
Équipe d'investigation 11	Plomberie d'un évier
Équipe d'investigation 12	Contrôle des odeurs et de la pression
Équipe d'investigation 13	Nature et entretien des conduits
Équipe d'investigation 14	Évacuation des eaux usées
Équipe d'investigation 15	Fonctionnement des reins
Activité: Traitement des eaux usées	
Équipe d'investigation 16	Traitement primaire des eaux usées
Équipe d'investigation 17	Traitement secondaire des eaux usées
Équipe d'investigation 18	Traitement des biosolides
Équipe d'investigation 19	Contrôle de la qualité
Équipe d'investigation 20	Retour de l'eau à l'environnement

Les élèves forment des équipes qui se répartissent les sujets d'études et mènent une démarche d'investigation. Lors de l'étape de communication, les équipes mettent en commun leurs résultats respectifs. Les présentations sont enregistrées sur vidéocassette, de façon à ce que les différentes classes qui participent au projet global puissent échanger entre elles.

Déroulement – Rappelons que cette stratégie de formation consiste à inviter les étudiants stagiaires à expérimenter avec les élèves, en situation réelle, un acte pédagogique sur le thème de l'eau potable dans une municipalité. Dans ce cas-ci, à la suite d'un accord entre les enseignantes associées, les stagiaires et le professeur conseiller, deux étudiants maîtres ont pu participer à la mise à l'essai dans deux classes différentes de neuvième année. Une classe d'une première école a étudié l'utilisation de l'eau potable à l'école et le traitement de l'eau à l'usine de filtration. Une autre classe d'une deuxième école a effectué l'étude du cheminement et du traitement des eaux usées. L'expérimentation s'est déroulée au cours des quatre semaines de stage du printemps 1996.

À l'école secondaire Champlain, le travail sur l'utilisation de l'eau (investigations 1 à 5) s'est déroulé du 3 au 12 avril 1996, avec un groupe de vingt et un élèves, répartis en équipes de quatre ou cinq. C'est le stagiaire qui a pris en charge l'expérimentation. L'activité «Filtration et distribution de l'eau» (investigations 6 à 10) s'est déroulée le 15 et le 16 avril 1996. Elle a nécessité une visite à l'usine de filtration. L'enseignante a pris la relève du stagiaire et a assigné elle-même les sujets d'investigation aux équipes déjà formées.

À l'école secondaire Louis-Riel, le groupe comprenait trente-deux élèves (dont deux malentendants) répartis en équipes de six ou sept élèves. Le travail sur le «Cheminement des eaux usées» (investigations 11 à 15) s'est déroulé du 27 mars au 9 avril 1996. C'est l'enseignante qui a pris en charge la gestion du projet et qui a formé les équipes. Le stagiaire a pu mettre à l'essai deux démarches d'évaluation formative: une sur les rôles (interdépendance positive) et l'autre sur la communication orale. Le travail sur le traitement des eaux usées (investigations 16 à 20) s'est déroulé le 10 et le 11 avril 1996. L'enseignante a assigné elle-même les sujets d'études aux équipes déjà formées. Le travail a d'abord eu lieu à l'école, pour permettre aux élèves de fonctionner en équipe dans leur milieu naturel, puis ils se sont rendus à l'usine de traitement des eaux usées. Signalons que deux membres du personnel de l'usine ont participé à la planification de l'activité à l'école, planification qui s'est tenue le 10 avril.

Résultats – Les résultats de la mise à l'essai de la stratégie de formation concernent plusieurs aspects:

- l'arrimage de la formation reçue à l'université et la formation en cours de stage;
- l'établissement d'un partenariat entre l'université, les écoles où se déroulent les stages, et les organismes communautaires;

- une démarche réflexive de la part des stagiaires et des enseignantes associées sur le déroulement du stage.

L'acte pédagogique intitulé «Origine et destinée de l'eau potable», comme celui qui porte sur la «Mesure d'objets inaccessibles», fait appel à la stratégie pédagogique de l'apprentissage par projets. L'expérimentation de cette stratégie pédagogique en situation réelle a permis l'arrimage d'une formation acquise à l'université dans le cadre des cours de didactique des mathématiques et des sciences aux activités de formation en stage. Au cours de leur formation à l'université, les deux étudiants maîtres, qui ont participé à la mise à l'essai, avaient pu en effet maîtriser les fondements de la stratégie, les liens avec les programmes, en particulier avec le *Programme d'études commun*, les étapes et les aspects didactiques de la stratégie. De plus, ils ont pu réaliser l'acte pédagogique sur la «Mesure d'objets inaccessibles» avant la tenue de leur stage. Cet exercice préalable les a préparés à expérimenter eux-mêmes en situation réelle un projet pédagogique basé sur les mêmes principes pédagogiques.

En plus de favoriser l'atteinte des résultats d'apprentissage exigés par le programme intégré de mathématiques, des sciences et de la technologie, l'élaboration et la mise à l'essai des activités pédagogiques sur le thème de l'eau ont permis la participation de personnes provenant de la communauté: le personnel des deux usines a participé activement à la préparation et à l'expérimentation des activités pédagogiques. Plusieurs rencontres avec les responsables des relations publiques, les ingénieurs et les techniciens des usines de filtration des eaux et du traitement des eaux usées de la municipalité ont permis de mieux planifier et d'encadrer les investigations proposées aux élèves. Des membres du personnel des usines ont été invités à participer aux activités qui ont eu lieu à l'école. Les démarches d'investigations sur le site des usines ont eu lieu durant une journée complète et elles ont permis à plusieurs personnes ressources des usines de participer activement aux travaux des élèves.

Cette interaction entre le milieu du travail et l'école offre aux élèves la possibilité de confirmer l'importance et la pertinence de développer des connaissances, des habiletés et des attitudes dans le champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie». Le partenariat permet de développer et de mettre à l'essai des activités pédagogiques qui peuvent tenir lieu de stages en milieu de travail. Les différents partenaires ont communiqué leurs commentaires à la suite de cette mise à l'essai.

Les stagiaires ont documenté leur démarche réflexive dans leur rapport de stages. Ils ont souligné la nécessité d'une planification détaillée afin de favoriser l'atteinte de résultats d'apprentissage lors de sorties éducatives. On remarque que la perception des stagiaires qui ont reçu une formation intégrant les perspectives et les orientations du *Programme d'études commun* en général et du champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie» en particulier est désormais plus adéquate. À la suite de ce stage, un stagiaire a reconnu l'efficacité d'un programme articulant la formation théorique à la formation pratique à l'enseignement. De plus, il a fait mention de

l'expérience enrichissante de la planification et de l'exploitation d'une stratégie pédagogique dans une situation de classe. De son côté, le deuxième stagiaire a souligné les exigences de l'évaluation formative dans le cadre d'un acte pédagogique.

Les enseignantes associées ont réalisé des liens concrets entre les activités scolaires et les activités d'investigation dans un milieu industriel. De plus, dans leur rapport, elles ont relevé plusieurs points majeurs au sujet de l'intégration des mathématiques, des sciences et de la technologie. En particulier, les enseignantes participantes perçoivent davantage le contenu scientifique et technologique des activités proposées que le contenu relatif aux mathématiques. Ce dernier n'est pas aussi facilement identifié et exploité. L'une des enseignantes mentionne la difficulté de couvrir le contenu habituel des mathématiques, faute de temps après la période consacrée aux activités d'investigations thématiques. Plusieurs initiatives des responsables du Ministère devaient favoriser la mise en œuvre du *Programme d'études commun* et l'atteinte des résultats d'apprentissage dans le champ d'études «Mathématiques, sciences et technologie». Malgré ces efforts, on note le peu de préparation des enseignants à faire face à ce changement.

Enfin, les suggestions concrètes formulées par le personnel des usines ont permis d'améliorer le contenu des activités pédagogiques et de planifier une mise en œuvre moins coûteuse en ce qui concerne les ressources humaines concernées.

Discussion et conclusion

Ce texte a présenté la mise à l'essai de deux stratégies de formation initiale des enseignants à l'intégration des mathématiques, des sciences et de la technologie, dans le cadre de la mise en œuvre du nouveau *Programme d'études commun* dans les écoles ontariennes. Certes, il ne s'agit pas d'une recherche de type expérimental: le contexte ne le permettait pas. Toutefois, la réflexion des acteurs fournit un éclairage sur la formation à la mise en œuvre d'un programme intégré. De cette mise à l'essai, il est possible de tirer quatre commentaires généraux.

Premièrement, la formation à l'approche intégrée est nécessaire. Tant pour l'enseignant en exercice que pour l'étudiant en formation, la conception et la mise en œuvre d'activités interdisciplinaires deviennent vite complexes parce qu'elles font appel non seulement à des connaissances multiples, mais aussi à des habiletés spécifiques et à des modes de pensée *a priori* difficiles à concilier.

Deuxièmement, en contrepartie, l'intégration ne doit pas empêcher de reconnaître les disciplines sous-jacentes. Il y a des contenus et des techniques à apprendre. Bien que le recours à la réalité soit une condition essentielle de la démarche scientifique, il existe toutefois des limites à vérifier «expérimentalement» le bien-fondé d'un théorème. De la même façon, un outil ne peut pas se contenter d'être «bien pensé»; il doit être fonctionnel. Les mathématiques, comme la physique, la chimie ou la

biologie, possèdent leur propre organisation interne, même si leurs perspectives respectives se confondent dans certaines tâches d'exploration des réalités de la vie courante.

Troisièmement, passer d'un programme axé sur les disciplines à un programme défini en termes de résultats interdisciplinaires et transdisciplinaires exige un changement de paradigme. Mais que faut-il changer? Comment faire les changements? Jusqu'où peut-on aller? Dans le cas du projet intitulé «Mesure des objets inaccessibles», nous avons fait appel à une stratégie de coenseignement. Fallait-il aller jusque-là? Un enseignement véritablement transdisciplinaire doit-il faire appel constamment à diverses expertises allant jusqu'à exiger la présence en classe de plus d'un intervenant? Si tel est le cas, c'est tout le modèle de l'école actuelle qui est en cause.

Le quatrième et dernier commentaire porte sur l'importance de former les futurs enseignants en recourant à des stratégies pédagogiques qui faciliteront leur démarche d'appropriation de l'interdisciplinarité. Les deux démarches présentées dans cet article ont mis en perspective cette préoccupation importante; elles nous amènent à poursuivre et à encourager dans ce sens la recherche et le développement en didactique.

Note

1. Un acte pédagogique correspond à un ensemble d'activités de planification, de mise à l'essai et d'évaluation d'une stratégie pédagogique.

Abstract – From 1993, the Government of Ontario, General Programme Guide for grades 1 to 9 provides for an integration of various school disciplines into 4 areas of study, one of these being mathematics, science, and technology. This new structure must also be considered in the teacher training programme. With this objective, the University of Ottawa undertook an exploratory study of students in pre-service training at the intermediate secondary level (grades 7 to 10). The methodology included the development and use of two training strategies: one in the formal University course, the other during the practicum in the school setting where these future teachers are encouraged to apply an interdisciplinary type of pedagogy. The two strategies are described and the results of the project are discussed.

Resumen – Desde 1993, en Ontario el programa de estudios comunes del primero al noveno año integra las disciplinas escolares en cuatro campos de estudio, entre los cuales se encuentra el de *Matemáticas, Ciencia y Tecnología.* Esta reestructuración debe ser tomada en cuenta en los programas de formación de docentes. Para este fin, un proceso exploratorio fue llevado a cabo en la Universidad de Ottawa con estudiantes en formación inicial para el ciclo intermedio de secundaria (del séptimo al décimo años). Se trata así de desarrollar y de utilizar dos estrategias de formación, una en enseñanza formal en la Universidad, la otra en un internado en la escuela donde los futuros docentes deben experimentar actos pedagógicos de tipo interdisciplinario. Se describen las dos estrategias y se discuten los resultados de sus experimentaciones.

Zusammenfassung – Seit 1993 werden in Ontario die Unterrichtsfächer des allgemeinen Schulplans der ersten bis neunten Klasse in vier Felder, darunter *Mathematik, Naturwissenschaft und Technik*, integriert. Diese Umstrukturierung muss in den Lehrerbildungsplänen berücksichtigt werden. Deshalb wurde an der Universität Ottawa ein experimentelles Programm eingeführt, mit dem Ziel, bei den im Hinblick auf die siebte bis zehnte Klasse arbeitenden Studenten zwei Bildungsstrategien zu entwickeln und einzusetzen. Die eine betrifft den offiziellen Unterricht an der Universität, die andere das Praktikum in der Schule. Beide Strategien schlagen den künftigen Lehrern vor, in ihrem pädagogischen Handeln Beispiele interdisziplinärer Art zu erproben. Im vorliegenden Artikel werden diese Strategien beschrieben und die ersten Ergebnisse erörtert.

Références

Baez, A.V. (1988). L'approche «science, technologie et société» et ses incidences dans le domaine de l'éducation. *In* D. Layton (dir.), *Innovations dans l'enseignement des sciences et de la technologie* (Vol. 1, p. 145-174). Paris: UNESCO.

Bégin, M. et Caplan, G. L. (1994*a*). *Pour l'amour d'apprendre* (Rapport de la Commission royale sur l'éducation, version abrégée). Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Bégin, M. et Caplan, G. L. (1994*b*). *Pour l'amour d'apprendre* (Rapport de la Commission royale sur l'éducation, tome II). Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Fenham, P. (1979). Strategies and implementation of integrated science education at the post-secondary level. *In* J. Reay (dir.), *New trends in integrated science teaching* (Vol. V, p. 77-87). Paris: UNESCO.

Fogarty, R. (1991). *How to integrate the curricula. The mindful school.* Palatine, IL: Skylight.

Frazee, B. M. et Rudnitski, R. A. (1995). *Integrated teaching methods: Theory, classroom applications, and field-based connections.* Albany, NY: Delmar.

Fried, S., Shallhorn, J. et Shaw, J. (1993). *Partons de la base. Les années de transition. Un renouveau pédagogique.* Toronto: Fédération des enseignantes et des enseignants de l'Ontario.

Gouvernement de l'Ontario (1978). *Programme-cadre de sciences au cycle intermédiaire.* Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Gouvernement de l'Ontario (1985). *Programme-cadre de mathématiques. Cycles intermédiaire et supérieur 1985. Troisième partie.* Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Gouvernement de l'Ontario (1987). *Programme-cadre de sciences. Cycles intermédiaire et supérieur 1987. Deuxième partie.* Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Gouvernement de l'Ontario (1993*a*). *Normes provinciales de mathématiques. Le programme d'études commun de la 1re à la 9e années.* Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Gouvernement de l'Ontario (1993*b*). *Vers un programme d'études interdisciplinaire. Guide de planification à l'intention des écoles.* Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Gouvernement de l'Ontario (1995). *Le programme d'études commun de la 1re à la 9e années.* Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Gouvernement de l'Ontario (1997). *Le curriculum de l'Ontario de la 1re à la 8e années: mathématiques.* Toronto: Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.

Green, G., Petford, K., Short, A. et Walker, D. (1975). *Combined Science 1.* Londres: John Murray.

Jacobs, H. H. (1989). Design options for an integrated curriculum. *In* H. H. Jacobs (dir.), *Interdisciplinary curriculum: Design and implementation* (p. 13-24). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Lazarov, D. et Golovinsky, E. (1988). Integrating the natural sciences and other school subjects. *In* D. Layton (dir.), *Innovations in science and technology education* (Vol. 2, p. 113-119). Paris: UNESCO.

Lorson, M. V., Heimlich, J. E. et Wagner, S. (1993). *Integrating science, mathematics, and environmental education: Resources and guidelines.* In The Curriculum File ERIC CSMEE, May 1993 (p. 92-96). ERIC: Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.

National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics.* Reston: National Council of Teachers of Mathematics.

Reay, J. (1979). *New trends in integrated science teaching* (Vol. V). Paris: UNESCO.

Rehfeld, D. et Haigh, W. (1995). Integration of secondary mathematics and science methods courses: A model. *School Science and Mathematics, 95*(5), 240-247.

Yager, R. E. (1996). Meaning of STS for science teachers. *In* R. E. Yager (dir.), *Science/Technology/ Society as a reform in science education* (p. 16-23). Ithaca, NY: State University of New York Press.