

UNIVERSITE DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

Proposition d'une tâche d'évaluation en situation authentique
dans le cours Calcul Différentiel au collégial

par

Babatoundé Maurice Agbatchi

Essai présenté à la Faculté d'éducation
en vue de l'obtention du grade de
Maître en enseignement (M.Éd.)
Maîtrise en enseignement au collégial

15 août 2015

© Agbatchi Babatoundé Maurice, 2015

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

Proposition d'une tâche d'évaluation en situation authentique dans le cours Calcul
Différentiel au collégial

Babatoundé Maurice Agbatchi

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes:

Julie Lyne Leroux Directrice d'essai

Nicole Bizier Évaluatrice de l'essai

Essai accepté le 18 août 2015

SOMMAIRE

Cette recherche porte sur la proposition d'une tâche d'évaluation en situation authentique et de sa grille d'évaluation formative dans le réseau collégial et des défis qu'elle soulève en regard de sa pertinence dans la discipline des mathématiques. Plus précisément, les difficultés posées par l'évaluation en général avec l'implantation de l'approche par compétences (APC) seront abordées. Une proposition d'une nouvelle approche sera faite dans le but de nous assurer d'une cohérence entre les évaluations proposées aux étudiantes et étudiants du 2^e cycle du secondaire et la 1^{ère} session au collégial. Nous allons également proposer des situations problématiques qui permettent à l'étudiante et l'étudiant de mobiliser ses ressources dans le cadre du cours Calcul Différentiel.

Depuis le Renouveau au collégial, la révision des programmes d'études maintenant axés sur le développement des compétences a introduit des changements importants sur le plan des pratiques enseignantes. Dans ce contexte, les enseignantes et les enseignants ont été appelés à modifier leurs pratiques évaluatives de manière à soutenir le développement des compétences. Certaines situations d'apprentissage appellent une réflexion plus élaborée et lorsqu'on explore les études menées en didactiques des mathématiques au cours des dernières années, on constate que peu d'études ont été menées au sujet de la proposition de l'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences (APC) en didactique des mathématiques au collégial. C'est dans cette optique que nous avons choisi de traiter dans cet essai de maîtrise, de la tâche d'évaluation en situation authentique afin de savoir comment répondre à cette question et en faire une proposition de tâche d'évaluation en situation authentique aux enseignantes et enseignants en mathématiques au collégial.

Pour les systèmes éducatifs ayant opté pour l'APC, il est nécessaire de mettre en place une évaluation des acquis des étudiantes et des étudiants qui prenne en

compte ces compétences. L'utilisation de situations authentiques et complexes conduisant à une production de l'étudiante et de l'étudiant, elle-même complexe, se révèle une piste intéressante à cet égard.

L'élaboration, l'utilisation et la validation de ces situations d'évaluation posent plusieurs difficultés qui peuvent être surmontées par une définition précise des paramètres communs à toutes les situations relatives à une compétence, par la définition de critères indépendants et par une gestion rigoureuse des indicateurs.

Pour ce faire, nous avons réalisé une recherche de développement s'inscrivant dans un paradigme interprétatif ainsi qu'une méthodologie de recherche qualitative/interprétative. La tâche d'évaluation en situation authentique développée suivait rigoureusement les étapes proposées par Prigent, Bernard et Kozanitis (2009) pour la conception de tâche d'évaluation en situation authentique et complexe. La tâche développée ainsi que sa grille d'évaluation ont été soumises par questionnaire à trois expertes et expert, qui ont été sélectionnés à partir de trois critères précis. Une entrevue téléphonique enregistrée a permis de recueillir de manière nuancée les commentaires des expertes et experts sur la tâche et sa grille.

Les données recueillies auprès des expertes et experts ont permis de revoir la contextualisation de la mise en situation problème, de refaire la figure représentative des temps de propagation de la vitesse du son lors de son impact au niveau de la croûte terrestre, d'ajouter à la tâche une feuille annexe de définition des termes utilisés dans la mise en situation et d'ajouter d'autres questions à la tâche afin de faciliter sa compréhension par des étudiantes et des étudiants. Ces données ont également permis de revoir la grille d'évaluation du rapport en définissant plus les critères et les indicateurs.

Une des pistes de recherche future pourrait être une mise à l'essai avec un groupe classe et de recueillir les commentaires positifs et négatifs, des étudiantes et étudiants qui l'ont utilisé, afin d'y apporter d'autres améliorations.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	20
PREMIER CHAPITRE LA PROBLÉMATIQUE	24
1. LE CONTEXTE DE LA RECHERCHE	24
1.1 Le programme Sciences de la nature au Collège Montmorency	24
1.2 Le cours Calcul Différentiel (201-NYA) du programme Sciences de la nature au Collège Montmorency	25
1.3 La compétence visée par ce cours	27
1.4 La nécessité d'une cohérence avec le secondaire	28
1.5 Une difficile transformation des pratiques évaluatives	30
2. PROBLÈME DE RECHERCHE.....	32
2.1 Les stratégies d'évaluation des apprentissages: un aspect important pour l'évaluation des compétences	32
2.2 Les lacunes de l'évaluation dans une perspective traditionnelle.....	34
2.3 Les modalités d'évaluation dans le cours Calcul Différentiel au Collège Montmorency	35
2.4 Une adaptation difficile des pratiques évaluatives en mathématiques	39
3. LA QUESTION GÉNÉRALE DE L'ESSAI.....	41
DEUXIÈME CHAPITRE LE CADRE DE RÉFÉRENCE.....	43
1. LE CONCEPT DE COMPÉTENCE	43
2. L'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES	45
2.1 L'évaluation des compétences: quelques principes.....	46
2.2 Un nouveau paradigme en évaluation.	48
2.3 La typologie traditionnelle de l'évaluation des apprentissages	50

2.4	L'évaluation diagnostique	50
2.4.1	L'évaluation formative	51
2.4.2	L'évaluation certificative	52
3.	L'ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES EN MATHÉMATIQUE	54
3.1	La modélisation et les situations problèmes	54
3.2	Les processus de modélisation	56
3.3	Les tâches d'évaluation en situation authentique et complexe.....	57
3.4	La famille de tâche complexe.....	64
3.5	La validité, la pertinence et la fiabilité des tâches en situation authentique et complexe.....	65
3.5.1	Validation de la tâche selon l'approche par compétence	66
3.5.2	Pertinence et fiabilité de la tâche.....	67
3.6	Les grilles d'évaluation	68
3.7	Le développement d'une tâche en situation authentique en mathématique	72
3.7.1	Préparation de l'évaluation.....	72
3.7.2	Production de la tâche d'évaluation	73
3.7.3	Bibliographie, rétroaction et évaluation de la tâche	74
4.	LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE LA RECHERCHE	79
	TROISIÈME CHAPITRE LA MÉTHODOLOGIE	81
1.	LA RECHERCHE DE DEVELOPPEMENT	81
2.	LE DÉROULEMENT DE LA RECHERCHE	82
2.1	La première étape: analyse de la demande	84
2.2	La deuxième étape: le cahier de charge.....	85
2.2.1	Les exigences à rencontrer	85
2.2.2	Le matériel à développer	86
2.3	La troisième étape: la conception de l'objet.....	87
2.4	La quatrième étape: la préparation technique et la construction du prototype	91

2.5	La cinquième étape: la mise au point	91
2.5.1	La sollicitation des expertes et experts	92
2.5.2	Les outils de collecte de données	93
2.5.3	Le questionnaire	94
2.5.4	L'entrevue téléphonique.....	95
2.6	L'analyse des résultats.....	96
2.7	Les aspects éthiques de la recherche	97
2.8	Les moyens pour assurer la rigueur et la scientificité	98

QUATRIÈME CHAPITRE LA PRÉSENTATION ET L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS 102

1.	PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	102
1.1	La compétence.....	103
1.2	L'évaluation de la compétence.....	104
1.3	La modélisation	104
1.4	Les caractéristiques d'une tâche en situation authentique et complexe ...	105
1.5	Les étapes de développement	106
1.6	Les composantes de la tâche en situation authentique	107
1.7	La grille d'évaluation.....	108
2.	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	109
2.1	Les commentaires favorables à la tâche d'évaluation en situation authentique développée	110
2.2	Les ajouts et les modifications de la tâche d'évaluation en situation authentique développée	111
2.3	Les ajouts et modifications apportées à la grille.....	112
3.	L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	113
3.1	La tâche en situation authentique: un réel défi en mathématique.....	113
3.2	Par-delà les constats: la mise en œuvre d'une démarche de modélisation	114

3.3	La mobilisation des ressources	115
3.4	L'adaptation difficile d'une tâche en situation authentique en mathématique	116
4.	LA TACHE D'EVALUATION EN SITUATION AUTHENTIQUE ET SA GRILLE REVISEES	118
	CONCLUSION.....	119
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	123
	ANNEXE A LOGIGRAMME DU PROGRAMME SCIENCES DE LA NATURE (200.BO)	128
	ANNEXE B DEVIS MINISTÉRIEL DE LA COMPÉTENCE LIÉE AU COURS CALCUL DIFFÉRENTIEL.....	132
	ANNEXE C CONTRIBUTION DE L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES À LA FORMATION DE L'ÉLÈVE.....	134
	ANNEXE D ÉVOLUTION DU CONTENU DE FORMATION EN MATHÉMATIQUE AU SECONDAIRE.....	138
	ANNEXE E FICHE DESCRIPTIVE DU COURS CALCUL DIFFÉRENTIEL ET CONTENU MODULAIRE	140
	ANNEXE F QUESTIONNAIRE ET GUIDE D'ENTREVUE	146
	ANNEXE G LETTRE DE PRÉSENTATION ET FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ÉCLAIRÉ	156
	ANNEXE H COMPILATION DES PROPOS DES EXPERTES ET EXPERT	164
	ANNEXE I TÂCHE D'ÉVALUATION EN SITUATION AUTHENTIQUE ET SA GRILLE RÉVISÉES	181

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Tableau comparatif des modalités d'évaluation de cinq enseignantes et enseignants différents dans le cadre du cours Calcul différentiel.....	37
Tableau 2	Deux compétences qui appellent spontanément des activités concrètes et facilement contextualisables	39
Tableau 3	Les caractéristiques d'une compétence conçue comme un savoir agir complexe.....	45
Tableau 4	Synthèse des trois types d'évaluation	53
Tableau 6	Tableau comparatif des tâches d'évaluations authentiques et contextualisées	62
Tableau 7	Les dimensions d'une tâche d'évaluation en situation authentique.....	77
Tableau 8	Tableau synthèse d'une tâche en situation authentique en mathématique..	88
Tableau 9	Calendrier du déroulement de la méthodologie de l'essai	91
Tableau 10	Critères de choix des expertes et experts	92

LISTE DES FIGURES

- Figure 1: L'évaluation dans un programme axé sur les objectifs Leroux, J.L. et Bigras, N. (2003). L'évaluation des compétences : une réalité accessible dans nos collèges. Saint-Hyacinthe : Cégep de Saint-Hyacinthe et Regroupement des collèges PERFORMA..... 34
- Figure 2: Schéma du processus de modélisation selon Verschaffel et *al.* (2008). Enseignement et apprentissage des mathématiques. Que disent les recherches psychopédagogiques? (2e édition). Bruxelles: De Boeck (1re éd. 1996). 57
- Figure 3: Typologie des outils pour l'interprétation et le jugement de Durand, M-J. et Chouinard, R. (2012). L'évaluation des apprentissages: de la planification de la démarche à la communication des résultats. Montréal: Éditions Hurtubise HMH ltée. 71
- Figure 4: Résumé schématique de la démarche de la recherche de Van der Maren, J.-M. (2014). La recherche appliquée pour les professionnels: Éducation, paramédical, travail social. *Méthodes de recherches pour l'éducation* (3e éd.). Bruxelles: De Boeck Université (1^{re} éd. 1995). 83

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

APC	Approche par compétences
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
CEEC	Commission d'évaluation de l'enseignement collégial
CEGEP	Collège d'enseignement général et professionnel
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
MEQ	Ministère de l'Éducation
MESRST	Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et Recherche, de la Science et de la Technologie
PERFORMA	Perfectionnement et formation des maîtres
PFÉQ	Programme de formation de l'école québécoise
SA	Situations d'apprentissage
SAE	Situations d'apprentissage et d'évaluations
TIC	Technologie de l'information et de la communication

REMERCIEMENTS

C'est grâce au soutien de plusieurs personnes que j'ai pu réaliser à terme cette recherche. D'abord, je tiens à remercier Julie Lyne Leroux, ma directrice d'essai, pour sa rigueur, sa rapidité, sa justesse, son aide dans les recherches de nouvelles ressources pédagogiques et surtout ses commentaires toujours pertinents à l'égard de l'amélioration de mon essai. Ses encouragements et sa confiance en moi m'ont grandement aidé à persévérer jusqu'à l'aboutissement de la recherche et du rapport.

Merci à Marie Ménard, conseillère pédagogique et répondante locale de PERFORMA au collège Montmorency, pour son aide lors des recherches de nouvelles ressources et surtout son implication lors de la recherche des expertes et experts.

Merci également à Johanne Myre, professeure au Secteur PERFORMA de l'Université de Sherbrooke, pour son regard perspicace lors de la critique de mon projet d'essai pendant l'activité MEC 803 Séminaires de recherche. Ses commentaires ont contribué à raffiner certaines parties de l'essai.

Je veux également exprimer ma gratitude aux expertes et experts qui ont accepté de participer à cette étude et qui ont contribué ainsi au développement des connaissances dans le domaine de l'enseignement au collégial.

Enfin, je tiens à souligner ma reconnaissance envers ma charmante épouse Lidwine pour son soutien indéfectible et son encouragement tout au long de ce cheminement. Je la remercie du fond du cœur pour sa grande générosité. Elle fut pour moi une aide inestimable...

À mes enfants, Edna, Katia et Fred, qui chaque jour m'apportent bonheur et gaieté, sans vous, je n'aurais pas trouvé l'énergie de terminer.

INTRODUCTION

À travers les divers cours du micro programme en enseignement au collégial (MIPEC) et du diplôme en enseignement (DE), je me suis familiarisé plus avec les pratiques évaluatives dans le cadre d'un programme formulé par compétences. L'approche par compétences (APC) a remis en question les pratiques traditionnelles dans la discipline des mathématiques. Le nouveau curriculum de l'école québécoise, de même que les modifications qui sont apportées dans le programme de formation des étudiantes et étudiants ont forcé à amorcer une réflexion en profondeur sur les situations d'apprentissages et d'évaluations que devront réaliser les étudiantes et étudiants dans la discipline mathématique. Une question a émergé: comment les étudiantes et étudiants du 2^e cycle du secondaire (formation générale des jeunes) pourront être amenés à s'inscrire dans la continuité de ce qu'ils ont connu comme changement au primaire et secondaire, et en particulier dans quelles mesures ces étudiantes et ces étudiants doivent-ils être évalués pour s'assurer de l'atteinte des compétences visées? Ainsi donc, des problématiques entourant l'évaluation des apprentissages en mathématiques ont fait surface.

En mathématiques au collégial, les défis sont grands depuis l'introduction de l'approche par compétences (APC). Les étudiantes et les étudiants qui arrivent du secondaire ont appris à résoudre des situations ou des tâches complexes qui prennent la forme d'une situation d'apprentissage et d'évaluation (SAE) ou d'une situation d'évaluation (SE) dans la discipline des mathématiques dans le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ : Enseignement secondaire). Dans une logique de cohérence entre le collégial et l'université, ce contexte présente de nouveaux défis pour le collégial. Un pas doit être fait en mathématique, car l'objet d'évaluation qu'est la compétence amène à donner aux pratiques d'évaluation un caractère authentique et conduit à proposer à l'étudiante et l'étudiant des tâches plus complexes tirées de la vie réelle.

L'évaluation des apprentissages dans une APC propose un réel défi en didactique des mathématiques. Beaucoup d'interrogations se posent aujourd'hui à savoir: qu'ont-ils fait au 2e cycle du secondaire? Comment concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique qui évalue les apprentissages de l'étudiante ou de l'étudiant? Quel type d'évaluation privilégier? À quelle fréquence (une évaluation à la mi-session et une à la fin)? Faut-il supprimer les devoirs? Comment établir la pondération et le barème de correction? Comment s'assurer que la correction des évaluations mène à un résultat qui reflète les apprentissages des étudiantes et des étudiants? Quelles grilles d'évaluations doit-on privilégier? Voici donc l'esprit dans lequel notre projet de recherche est en train de prendre forme. Puisque l'évaluation des apprentissages doit tenir compte de la notion de compétence et mesurer le degré de maîtrise des étudiantes et des étudiants, il y a lieu de répondre à ces questionnements et en arriver à proposer une tâche et une grille d'évaluation en situation authentique qui respecte les caractéristiques énoncées par de nombreux auteurs du domaine de l'évaluation des apprentissages.

Le premier chapitre présente la problématique qui s'articule autour du programme Sciences de la nature au Collège Montmorency et, plus spécifiquement, le cours de calcul différentiel. Pour ce faire, en premier lieu, le programme Sciences de la nature sera abordé depuis sa création au collège. Par la suite, il sera question de la nécessité d'une cohérence avec le secondaire, la difficile transformation des pratiques évaluatives. En troisième lieu, les stratégies d'évaluation des apprentissages, les lacunes des outils d'évaluation des apprentissages dans le cours de calcul différentiel en lien avec l'APC, les modalités d'évaluation dans le cours Calcul différentiel et la difficile adaptation des pratiques évaluatives en mathématique seront traitées, ce qui amène à poser une question générale de recherche: Comment concevoir une tâche en situation authentique dans le but d'évaluer la compétence de l'étudiante et de l'étudiant dans le cadre du cours Calcul différentiel à la 1ère session du programme Sciences de la nature au collégial?

Le deuxième chapitre définit le cadre de référence appuyé, en premier lieu sur le concept de la compétence à travers une définition de l'APC au collégial et par la suite, le cadre général pour l'évaluation des compétences en y faisant ressortir les étapes de développement d'une compétence pour en déterminer les obstacles de ce dernier afin de choisir les situations d'apprentissages et d'évaluation. Toujours à partir d'une recension d'écrits scientifiques, la pratique évaluative dans une approche par compétences sera abordée tout en faisant ressortir les caractéristiques qui devraient présider au développement d'une tâche d'évaluation en situation authentique. La modélisation et les situations problèmes seront aussi abordées puis les tâches authentiques et complexes dans la pratique évaluative, la famille de tâche complexe, la validité, la pertinence et la fiabilité d'une tâche complexe, le développement d'une tâche authentique en mathématique et la grille d'évaluation seront décrites. Pour finir, les objectifs spécifiques seront présentés.

Dans le chapitre trois, le cadre méthodologique sera décrit. On y présente une structure encadrant la démarche en lien avec la question générale et l'objectif de la recherche. On y trouve tous les éléments essentiels: le type de la recherche, le déroulement de la recherche, la validation ainsi que l'analyse des résultats.

Lors du quatrième chapitre, la présentation et l'interprétation des résultats, nous procédons à une synthèse et à une interprétation des données recueillies lors de la collecte des données en fonction des sept+

dimensions de la tâche en situation authentique développée. Ensuite, nous présentons la tâche d'évaluation en situation authentique et sa grille d'évaluation formative révisée.

Lors de la dernière partie de l'essai, la conclusion, nous résumons le processus de notre recherche. Ensuite, nous présentons les limites de cette recherche et terminons par la présentation de quelques pistes de recherches futures.

PREMIER CHAPITRE

LA PROBLÉMATIQUE

Ce chapitre de la problématique présente, dans un premier temps, le contexte de la recherche qui sera divisé en cinq parties et traitera du programme Sciences de la nature (200.BO) au collège Montmorency, du cours Calcul Différentiel, de la compétence visée par ce cours et de la nécessité d'une cohérence entre le secondaire et le collégial. Par la suite, le problème sera approfondi à l'égard des programmes d'enseignement par objectifs et de l'évaluation dans une perspective traditionnelle (modulaire).et de la difficile transformation de ces pratiques. Un tour d'horizon des différentes stratégies d'évaluation, des limites des outils plus traditionnels en évaluation et des programmes par objectifs, les pratiques évaluatives du cours Calcul Différentiel puis une adaptation difficile des pratiques évaluatives en mathématique qui seront présentés dans ce chapitre, permettra de bien cerner la question générale de cet essai.

1. LE CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Cette section présente d'abord le contexte qui s'articule autour de trois grandes idées: le programme Sciences de la nature (200.BO) au collège Montmorency, le cours Calcul Différentiel et les compétences visées par ce cours.

1.1 Le programme Sciences de la nature au Collège Montmorency

Dès l'origine, le collège a fait de l'accessibilité aux études un élément indissociable de sa mission, tout en maintenant au premier plan le défi de la qualité de la formation et de la réussite des étudiantes et étudiants. Des quelques centaines d'étudiantes et d'étudiants et d'installations temporaires qui le constituaient à ses débuts en 1969, le collège s'est hissé parmi les plus importants cégeps du Québec. Le

programme Sciences de la nature est un programme d'études préuniversitaire séparé en deux profils que l'étudiante ou l'étudiant choisit selon le domaine d'études universitaires qui l'intéresse¹. La finalité du programme de Sciences de la nature est «de bien préparer les élèves aux études universitaires, en vue de carrières dans le domaine des sciences pures, des sciences appliquées, des sciences biologiques et des sciences de la santé» (Collège Montmorency, 1998, p. 5). Ce programme a été révisé selon l'approche par compétences au cours de l'année scolaire 1997-1998, et mis en œuvre à l'automne 1998.

Au Collège Montmorency, la première année de cours offerts est commune aux deux profils du programme Sciences de la nature. Ce programme est conçu ainsi pour permettre aux étudiantes et étudiants qui n'ont pas encore une orientation claire de suivre les cours pouvant se retrouver dans un profil ou dans l'autre, à la première année. Ainsi, le cours Calcul différentiel est un cours de première année, première session, dans les deux profils du programme Sciences de la nature. Le logigramme de cours (annexe A) présente synchroniquement tous les cours du programme offerts.

1.2 Le cours Calcul Différentiel (201-NYA) du programme Sciences de la nature au Collège Montmorency

À la session Automne 2012, selon les chiffres obtenus de la répartition de la charge départementale (Collège Montmorency, 2012) ,339 étudiantes et étudiants étaient inscrits à ce cours de 75 périodes (pondération 3-2-3), répartis dans 11 groupes incluant un groupe avec soutien pédagogique. Il s'agit donc d'un cours très important pour la discipline mathématique puisque ce cours est réinvesti dans plusieurs cours du programme.

¹ Notamment, pour les biotechnologies et le domaine de la santé: le profil *Sciences biologique et de la santé*; pour l'informatique, l'actuariat et le génie: le profil *Sciences pures et appliquées*.

Ce premier cours du programme dont l'objectif ministériel est «*Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes*»² initie l'étudiante et l'étudiant à un vaste domaine des mathématiques qu'est le calcul différentiel et apporte une contribution importante à sa formation scientifique de base en lui permettant de se familiariser avec la démarche mathématique. L'objet principal de ce cours est l'étude de la dérivée, c'est-à-dire l'étude des variations des fonctions. Il permet à l'étudiante et l'étudiant de développer des habiletés en résolution de problèmes portant sur les concepts de limite, de continuité et de dérivée des fonctions. De plus, ce cours initie l'étudiante et l'étudiant au concept d'intégrale, préparant ainsi au cours *Calcul intégral* (201 NYB 05), dont c'est le sujet principal. Ce cours exige que l'étudiante ou l'étudiant utilise ses acquis du secondaire et applique ses nouvelles connaissances aussi bien en mathématique que dans les autres cours du programme, entre autres en physique (cours 203 NYA 05, notamment). Comme buts généraux de formation, ce cours vise à assurer une formation de base en mathématique et, comme tous les cours du programme, il cherche en outre à développer chez l'étudiante et l'étudiant la rigueur du raisonnement, la clarté et la précision dans la communication, l'autonomie dans l'apprentissage, le sens du travail d'équipe et la capacité à utiliser l'outil informatique.

À la suite de la révision du programme, quelques modifications ont été apportées au plan de formation du cours Calcul différentiel au cours de l'année scolaire 2011-2012 (collège Montmorency, 2012), à savoir: préciser l'utilisation des activités d'apprentissage en laboratoire du cours 201-NYA, en y ajoutant le libellé suivant: «Les activités de laboratoire avec le logiciel de calcul symbolique (Mathematica) doivent permettre à l'étudiante et à l'étudiant:

1. de réinvestir ses connaissances acquises en théorie dans la résolution de problèmes difficiles à résoudre sans le logiciel (dû

² MELS, *Programme Sciences de la nature*, 2002, compétence 00UN

par exemple: à la lourdeur des calculs, à la longueur de la procédure, à l'impossibilité de résoudre avec les outils à la disposition de l'étudiant, à la précision requise dans la représentation graphique, etc.);

2. de réinvestir les connaissances et habiletés acquises dans le cadre du cours de *Logiciels appliqués en sciences* donné conjointement avec ce dernier afin d'en apprécier l'utilité dans le domaine du calcul différentiel.» (Comité programme Sciences de la nature du collège Montmorency, mai 2012, p. 1)

À cette fin, les laboratoires du cours Calcul différentiel ne peuvent pas être une simple initiation au logiciel de calcul symbolique, puisque cette initiation a déjà eu lieu dans le cours de *Logiciels appliqués en sciences*. Donc une intégration des technologies permettra de soutenir les apprentissages en laboratoire.

1.3 La compétence visée par ce cours

À la suite de l'élaboration des devis ministériels de programmes préuniversitaires et techniques par le Ministère³ (Gouvernement du Québec, 2000), le Collège Montmorency a mis sur pieds le comité⁴ Sciences de la nature qui a conduit à l'élaboration du programme dans une approche par compétences (APC) en s'appropriant les buts, en revoyant tous les éléments qui le constituent et en définissant les activités d'apprentissage visant l'atteinte des objectifs et standards pour ce programme. Ainsi donc, le Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) élabore des énoncés de compétences, de même que les objectifs et standards qui en découlent (Gouvernement du Québec, 2001). Tous ceux-ci se retrouvent dans le devis ministériel, lequel a été adapté par le comité Sciences de la nature à travers un plan de formation⁵ de cours. Finalement, c'est à partir du plan de formation de

³ Les buts ministériels du programme font ressortir les cibles qui favorisent sa cohérence, de même que l'intégration et le transfert des apprentissages. Ils tiennent compte de la contribution de la formation générale à la finalité du programme

⁴ Le comité était composé d'une représentante ou d'un représentant de chacune des quatre disciplines principales et d'un comité de production.

⁵ Plan de formation : «cadre général qui détermine les diverses phases d'une séquence d'apprentissage : préalables, objectifs de contenu et d'habileté, objectifs spécifiques, activités,

cours que les enseignantes et enseignants dans le programme créent leur plan de cours.

Au Collège Montmorency, le cours Calcul différentiel s'appuie sur l'objectif ministériel «*Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes*»⁶. Cet objectif ministériel se décompose en plusieurs compétences appelées «objectifs d'apprentissages» (voir annexe B). Dans le cadre de cet essai, les ressources mobilisées dans le cours de Logiciels appliqués en Science, cours donné conjointement avec celui à l'essai, seront réinvesties et utilisées pour la tâche à réaliser.

1.4 La nécessité d'une cohérence avec le secondaire

Le Programme de la formation de l'école québécoise (PFEQ, Gouvernement du Québec, 2006) pour le 2^e cycle du secondaire constitue une approche renouvelée de l'enseignement au secondaire. Les cohortes qui arrivent depuis 2010 ont vécu le nouveau programme. Notons que la mathématique se trouve dans une multitude d'activités de la vie courante (dans les médias, les arts, l'architecture, la biologie, l'ingénierie, l'informatique, les assurances, la conception d'objets divers, etc.). On ne saurait donc pas apprécier et saisir cette omniprésence sans acquérir certaines connaissances de base. Dès lors le domaine des mathématiques au secondaire est scindé en trois grands champs à savoir: l'arithmétique et l'algèbre, la probabilité et statistique, puis le champ de la géométrie (voir annexe C). Le PFEQ apporte donc de nouvelles exigences en matière de l'apprentissage et conséquemment, de l'évaluation des mathématiques. On parle dès lors des situations d'apprentissages et d'évaluations (SAE) et des situations d'évaluations (SE) (Gouvernement du Québec, 2006). L'accent est davantage placé sur la contextualisation des apprentissages et des évaluations, visant notamment à ce que l'étudiante ou l'étudiant puisse atteindre une

travaux pratiques, matériel, méthodes, mode d'évaluation, critères de réussite. (Legendre, 2005, p. 1048)

⁶ MELS, *Programme Sciences de la nature*, 2002, compétence 00UN

plus grande capacité de transfert dans d'autres contextes, des compétences nouvellement acquises. La mise en œuvre de la réforme s'appuie sur un ensemble de mesures axées sur quatre traits distinctifs:

1. Il vise le développement de compétences chez les élèves engagés dans une démarche d'apprentissage où ils sont les principaux acteurs;
2. Il vise à intégrer l'ensemble des matières dans un tout harmonisé, orienté vers les grandes problématiques contemporaines;
3. Il vise à rendre explicite la mise en œuvre des apprentissages transversaux dans un cadre pluridisciplinaire;
4. Il fait appel à l'expertise professionnelle de tous les acteurs du milieu scolaire, dans une perspective où leurs choix individuels et collectifs sont encouragés. (Gouvernement du Québec, 2008, p. 5)

Autrefois connues sous le nom de capacités génériques, les compétences transversales peuvent être définies comme «l'ensemble de compétences cognitives permettant à l'étudiante et l'étudiant de relier diverses connaissances pour s'adapter à son environnement, s'y développer et y intervenir efficacement» (*Ibid.*, p. 10). Dans le PFEQ, il y a neuf compétences transversales reliées aux domaines généraux de formation en mathématique, dont six feront l'objet de notre essai. En nous inscrivant dans la cohérence secondaire-collégial, nous allons explorer les compétences suivantes: résoudre des problèmes, exercer son jugement critique, mettre en œuvre sa pensée créatrice, se donner des méthodes de travail efficaces, actualiser son potentiel et coopérer.

Le développement et la mise en commun des compétences transversales visent une meilleure métacognition chez l'étudiante et l'étudiant. Le processus d'apprentissage à travers des SAE par des exercices de retour sur sa méthode de travail, la détermination des ressources mobilisables dans un contexte donné, rend l'étudiante et l'étudiant conscient des ressources qu'il utilise et des changements qu'il doit apporter afin de développer la compétence. En ce sens, cela le responsabilise et l'amène à être plus autonome. Le PFEQ renchérit l'idée selon laquelle les SE «permettent de déterminer le niveau de développement de l'étudiante et l'étudiant par

rapport à une compétence et d'apporter les changements nécessaires à sa séquence d'apprentissage» (*Ibid.*, p. 18). Le fait d'associer l'étudiante et l'étudiant à son évaluation le responsabilise au regard de sa formation et lui permet d'atteindre l'autonomie désirée.

1.5 Une difficile transformation des pratiques évaluatives

Dans ce contexte de réforme au collégial, avec les nouvelles exigences imposées par l'implantation graduelle de l'APC et de nouvelles exigences en matière d'évaluation, les enseignantes et les enseignants doivent adapter leurs pratiques à ce contexte et se distancier de l'évaluation portant principalement sur le produit qui était dès lors très répandue dans le système éducatif. Auger (2000) prétend que:

L'accent est maintenant mis sur l'intégration de l'évaluation à la didactique, sur l'évaluation du processus de résolution de problèmes au lieu de l'évaluation du produit, sur l'évaluation du progrès de l'étudiante et l'étudiant. [...] L'évaluation dans ce contexte peut prendre plusieurs formes et plusieurs fonctions. (p. 51)

Avec la réforme de l'enseignement au niveau collégial entreprise dans le système éducatif québécois, l'accent est mis sur le développement des compétences à travers un paradigme d'apprentissage contrairement au paradigme d'enseignement, ce qui amène les enseignantes et les enseignants à concevoir l'évaluation comme une partie intégrante de l'apprentissage. Ainsi, de récents travaux issus de chercheurs du milieu collégial documentent les enjeux que pose l'évaluation d'objets particuliers de la compétence, par exemple la créativité (Filteau, 2009), les attitudes (Gosselin, 2010), l'évaluation des compétences au collégial (Leroux, 2010), l'évaluation d'une compétence spécifique (Laberge, 2010) ou encore le portfolio (Martin, 2012).

La commission d'évaluation de l'enseignement collégial (CEEC) (Gouvernement du Québec, 2008) soutient que «les problèmes les plus spécifiques

des programmes évalués en Sciences de la nature touchent l'adaptation des méthodes pédagogiques à l'APC et l'épreuve synthèse de programme.» (p. 41) Elle ajoute «qu'en Sciences de la nature, depuis la révision du programme en objectifs et standards, les méthodes pédagogiques évoluent plus lentement que dans les autres programmes et inégalement vers une adaptation à l'APC.» (*Ibid.*, p. 40) Au chapitre de l'évaluation des apprentissages, la CEEC a particulièrement considéré les quatre sujets suivants: «l'évaluation de chacune des compétences des programmes; l'attestation de la maîtrise de ces compétences telles qu'elles sont déterminées par le devis ministériel (ou la description du programme, pour les AEC); l'équivalence des évaluations lorsqu'un même cours est donné par plus d'un enseignant; la conformité des modes et instruments d'évaluation à la PIEA.» (*Ibid.*, p. 28) La CEEC a porté une grande attention aux changements que devait introduire l'élaboration des programmes par compétences dans l'évaluation des apprentissages et soutient

qu'il ne s'agit plus de vérifier, souvent de façon continue, l'acquisition de connaissances par une série d'épreuves dont les résultats s'additionnent, mais de mesurer, par une épreuve terminale de type synthèse, le degré de maîtrise de la compétence. Ce changement de paradigme n'a pas encore entraîné, de façon généralisée, tous les changements que nécessite l'évaluation de la maîtrise d'une compétence. (Gouvernement du Québec, 2008, p. 30)

Alors que les plus récents rapports de recherche (Bélangier et Tremblay avec la collaboration de Howe, 2012; Leroux, 2010) font état de pratiques évaluatives qui se transforment sur le terrain pour évaluer les apprentissages dans une APC, les études restent muettes sur comment le faire en mathématique au collégial. À travers les documents parcourus à la formation des jeunes au secondaire, l'évaluation des apprentissages met l'accent sur la proposition de situations d'apprentissage ou d'évaluation (SAE) en mathématique qui sont authentiques et complexes (Gouvernement du Québec, 2003, p. 231). De plus l'énoncé de la compétence du cours donne des indications claires sur le caractère authentique de l'évaluation dans ce cours. La résolution de situations problèmes est au cœur des activités mathématiques comme celles de la vie quotidienne. Elle est observée sous deux

angles. D'une part, elle est considérée comme un processus, d'où la compétence *résoudre une situation problème*. D'autre part, en tant que modalité pédagogique, elle soutient la plupart des démarches d'apprentissage de la discipline (Gouvernement du Québec, 2003).

2. PROBLÈME DE RECHERCHE

Cette section de l'essai traite de l'importance des stratégies d'évaluation des apprentissages pour évaluer l'atteinte des compétences visées par le programme. Il s'agira aussi de présenter les lacunes de l'évaluation dans une perspective traditionnelle (Scallon, 2004) et les modalités d'évaluations actuellement utilisées au Collège Montmorency dans la discipline des mathématiques afin d'évaluer les apprentissages dans le cours Calcul différentiel. Pour finir, il sera question de la difficile adaptation des pratiques évaluatives dans la discipline des mathématiques au collégial.

2.1 Les stratégies d'évaluation des apprentissages: un aspect important pour l'évaluation des compétences

Rappelons que la réforme au collégial avec l'implantation de l'APC a amené des changements dans la pratique des enseignantes et des enseignants au collégial (Leroux, 2010; Bélanger et Tremblay (avec la collaboration de Howe), 2012). Dans ce contexte encadré par les exigences de la CEEC (Gouvernement du Québec, 2009), les collèges doivent se doter et voir à l'application d'une politique institutionnelle de l'évaluation des apprentissages (PIEA) pour s'assurer de la qualité de l'évaluation.

Force est de remarquer dans le rapport de la CEEC que «les problèmes constatés en évaluation des apprentissages démontrent que les collèges n'appliquent pas toujours leur PIEA de manière à être en mesure d'attester l'atteinte de chaque objectif du programme évalué, selon les standards déterminés, ou à assurer

l'équivalence des évaluations.» (*Ibid.*, p. 32) Ainsi donc, l'évaluation des apprentissages est l'un des aspects de la gestion des programmes qui nécessitent, de la part des collègues, une intervention prioritaire afin de généraliser l'adaptation des pratiques d'évaluation des apprentissages à l'APC, de veiller à l'équivalence des évaluations, de prendre soin que chaque étudiante ou chaque étudiant soit évalué de façon individuelle et de s'assurer que les responsabilités des différents acteurs dans l'application de la PIEA soient assumées. (*Ibid.*, p. 33)

Les constats de la CEEC sont pertinents et confirment le fait que les pratiques ou les outils traditionnels d'évaluation des apprentissages entre autre l'évaluation en module en mathématique mesure essentiellement la mémorisation des notes de cours par l'étudiante et l'étudiant, sans vérifier la maîtrise et l'atteinte de la compétence du cours. L'objet d'évaluation qu'est la compétence amène à donner aux pratiques d'évaluation un caractère authentique et conduit à proposer à l'étudiante et l'étudiant des tâches plus complexes tirées de la vie réelle. Ainsi, Louis (2004) soutient que:

[L]'Évaluation des apprentissages dans un programme axé sur les compétences va donc s'intéresser à l'accomplissement d'une variété de tâches qui permettent d'inférer la compétence. L'instrumentation nécessaire à l'évaluation des compétences portera sur des tâches qui se rapprochent le plus possible de la situation réelle que risquent de rencontrer les étudiantes et étudiants dans la vie extrascolaire. (p. 25)

En effet, pour plusieurs enseignantes et enseignants, l'accent sur l'apprentissage amène une rupture avec les pratiques d'évaluation utilisées jusque-là. La planification de l'évaluation n'était pas aussi étroitement liée à la planification de l'enseignement et de l'apprentissage. Avec le nouveau paradigme, les stratégies d'évaluation doivent désormais s'orienter vers la recherche de situations d'évaluation en situation authentique et donc contextualisée. Les enseignantes et les enseignants sont invités à se défaire des tests objectifs ou à choix de réponses et des examens à court développement, et à passer de plus en plus aux études de cas, aux mises en

situation, aux projets, etc. Par ailleurs, l'évaluation formative doit également occuper une place importante dans la planification pédagogique du personnel enseignant (Tardif, 2006; Scallon, 2004).

2.2 Les lacunes de l'évaluation dans une perspective traditionnelle

Les programmes d'enseignement par objectifs amènent les enseignantes et enseignants à utiliser l'évaluation dans une perspective traditionnelle pour évaluer les apprentissages des étudiantes et étudiants. Ces évaluations exigeaient une grande capacité de mémorisation à court terme et ne favorisaient pas l'intégration des apprentissages et le développement des habiletés complexes (voir figure 1). Leroux (2003) soutient que «les pratiques d'évaluation dans les programmes d'enseignement par objectifs départagent et mesurent de façon isolée les connaissances par l'utilisation d'instruments d'évaluation tels que les tests et les questions d'examen» (p. 11). Elle résume l'évaluation dans un programme axé sur les objectifs par la figure suivante:

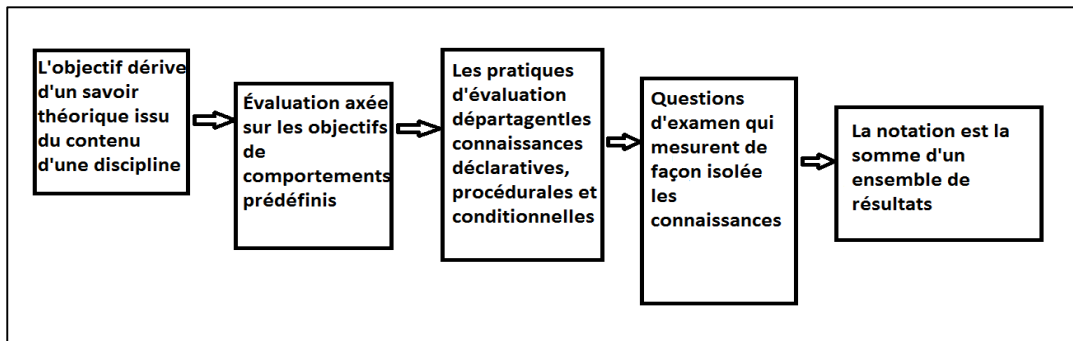


Figure 1: L'évaluation dans un programme axé sur les objectifs Leroux, J.L. et Bigras, N. (2003). L'évaluation des compétences : une réalité accessible dans nos collèges. Saint-Hyacinthe : Cégep de Saint-Hyacinthe et Regroupement des collèges PERFORMA.

Pour Tardif (2006), les évaluations sommatives et certificatives dans les programmes d'enseignement par objectifs, peu importe le champ disciplinaire, se révèlent de même nature: elles sont planifiées dans la perspective de déterminer les

apprentissages à un moment donné. Le test ou l'examen porte souvent sur des apprentissages factuels sans pour autant en vérifier le transfert dans des situations concrètes. Les situations d'évaluation sont donc décontextualisées (Bissonnette et Richard, 2001). Roegiers (2004) soutient que «l'évaluation traditionnelle pose un gros problème de pertinence, dans la mesure où elle néglige la question du sens et de la complexité. Ce n'est pas parce qu'un élève peut répondre à la somme des items dans une évaluation traditionnelle qu'il est compétent» (p. 160). Tardif (2006) prétend que «dans un tel contexte, la continuité des apprentissages et forcément, celle de l'évaluation des apprentissages ne détiennent pas la priorité et, à la limite, elles ne font pas partie des intentions éducatives de ces milieux de formation.» (p. 97)

Les programmes d'enseignement par objectifs et les évaluations qui y sont associées sont donc la base de plusieurs problèmes importants à savoir: les enseignantes et les enseignants ne sont pas tenus de situer leurs pratiques évaluatives par rapport à des pratiques d'évaluation dans un contexte de compétences; apprentissages morcelés en module où chaque activité forme une entité distincte et difficilement transférable, puisqu'évaluée de manière décontextualisée et peu complexe.

2.3 Les modalités d'évaluation dans le cours Calcul Différentiel au Collège Montmorency

Inspirées des pratiques héritées de l'évaluation traditionnelle, les modalités d'évaluation dans le cours Calcul différentiel au Collège Montmorency nécessitent des adaptations afin que celles-ci soient cohérentes avec celles proposées à la formation générale des jeunes et l'évaluation des apprentissages dans une APC et qu'elles permettent de statuer de l'acquisition de la compétence. Dans une logique d'évaluation des compétences, Tardif (2006) affirme que «l'axe des compétences exige, entre autres, que l'évaluation des apprentissages rende compte d'un développement étalé dans le temps et d'un parcours continu de formation. Souvent, les modalités auxquelles recourent les formateurs ne constituent qu'une suite

d'évaluations singulières qu'ils relient d'une façon subséquente l'une de l'autre.»
(p. 2)

Notons que ce cours s'inscrit dans la continuité du domaine de l'arithmétique et de l'algèbre au secondaire. On peut alors voir l'évolution du contenu de formation en mathématique au secondaire à l'annexe D de cet essai. Au Collège Montmorency, le cours Calcul Différentiel offert dans le cadre du programme Sciences de la nature est scindé en quatre modules⁷. La stratégie d'évaluation des apprentissages du cours repose sur quatre examens modulaires (des tests objectifs ou à choix de réponses et des examens à court développement) dont la pondération varie peu ou pas d'une enseignante ou d'un enseignant à l'autre. Voici un tableau comparatif des évaluations de cinq enseignantes et enseignants donnant le même cours:

⁷ Voir fiche descriptive du cours Calcul différentiel et quelques contenus modulaires du cours(annexe E)

Tableau 1
Tableau comparatif des modalités d'évaluation de cinq enseignantes et enseignants
différents dans le cadre du cours Calcul différentiel

Enseignante/Enseignant	1	2	3	4	5
Devoirs	11 de 1% chaque	8 de 1% chaque	4 de 2.25% chaque	12 de 1% chaque	8 de 1% chaque
Examen	4 (22%, 22%, 20%, 24%)	4 de 21% chaque	4 de 22% chaque	4(20%, 22%, 22%,22%)	4(22%, 23%, 22%, 23%)
Mini-test	-	4 de 3% chaque dont seuls les 2 meilleurs comptent	-	-	-
Laboratoire	1 de 1%	2 de 1% chaque	2 de 1.5% chaque	2 de 1% chaque	2 de 1% chaque

Source: Département de mathématique du collège Montmorency (Automne 2012)

La variation observée au niveau des pondérations des examens et travaux d'une enseignante et d'un enseignant à l'autre est d'environ 2 %. Ces informations démontrent que la pondération entre les évaluations est équivalente. Par rapport à la taxonomie de Bloom, le verbe «appliquer» contenu dans l'objectif ministériel de ce cours suppose qu'il faut utiliser les connaissances antérieures acquises (dont les règles de procédure) dans de nouvelles situations pour tenter de résoudre, de meilleure façon ou de façon univoque, des problèmes. Ce morcellement des évaluations et leur pondération laisse croire que les étudiantes et les étudiants dans ce cours font de la mémorisation lors des examens, et de plus ces examens ne permettent pas de relier les contenus vérifiés à la maîtrise de l'objectif ministériel. À la fin de la session, il n'y a aucun indicateur qui permet de vérifier l'atteinte de la compétence du cours.

Il importe aussi de noter que bon nombres des étudiantes et des étudiants, une fois à la session suivante, et précisément dans le cours Calcul intégral, oublient tout ce qui est vu à la session précédente. À cet effet, la Commission d'évaluation de l'enseignement collégial (CEEC) pense que l'adoption de l'APC exige une réflexion sur la façon d'évaluer la maîtrise des compétences du cours. Elle soutient que:

Quant à l'évaluation des apprentissages, les modes et instruments d'évaluation utilisés dans les programmes Sciences de la nature évalués, dans vingt-quatre cas sur trente et un, ne permettent pas toujours de bien attester l'atteinte des compétences. [..]. Il en va à peu près de même pour ce qui concerne l'équivalence des évaluations qui présentait des faiblesses dans treize cas en Sciences de la nature sur l'ensemble des vingt-huit cas relevés. Le manque de conformité des plans de cours et des instruments d'évaluation des apprentissages, particulièrement à la politique institutionnelle d'évaluation des apprentissages, est plus fréquent en Sciences de la nature, puisque l'on y trouve 63% des cas de manque de conformité. (Gouvernement du Québec, 2008, p .41)

En mathématique, les enseignantes ou enseignants, ont pris l'habitude d'attribuer systématiquement des notes aux travaux des étudiantes ou des étudiants sous prétexte que, s'ils ne le font pas, les étudiantes ou les étudiants ne prennent pas au sérieux le travail qu'ils accomplissent. C'est l'une des raisons pour laquelle Bélanger et Tremblay (2013) dans leurs études prétendent que:

Les enseignantes et les enseignants ne voient pas d'inconvénient au fait de multiplier les évaluations comptant pour peu de points. Somme toute, il semble que des tensions subsistent entre la vision traditionnelle retenant une logique de cumul de points pour constituer la note finale et celle propre à l'APC qui veut qu'on apprécie la compétence à des moments significatifs en référence à des tâches intégratrices.» (p. 77)

C'est une bonne stratégie pour forcer les étudiantes et étudiants à travailler, mais qu'en est-il de la motivation à apprendre de l'étudiante ou de l'étudiant? Comment diversifier les modalités d'évaluation que l'on utilise dans le but de poursuivre sur ce qui est fait au secondaire? Et comment amener l'étudiante ou l'étudiant à apprendre et à s'améliorer?

2.4 Une adaptation difficile des pratiques évaluatives en mathématiques

En didactique des mathématiques, l'adaptation des pratiques évaluatives nous paraît difficile. La difficulté se retrouve au niveau de la contextualisation du langage mathématique. Les enseignantes et les enseignants n'ont souvent aucune formation en didactique de leur discipline. Par conséquent, ils n'ont pas dans leur répertoire de connaissances des exemples de situation, de problèmes dans lesquelles les savoirs à enseigner se mobilisent. Il est parfois plus ardu de s'y retrouver et de mettre au point des activités d'apprentissage qui permettent de développer pleinement les compétences ciblées, tout en étant signifiantes et motivantes pour les étudiantes et les étudiants. Pour Duval et Pagé (2013), «les compétences, telles qu'elles sont formulées dans le devis de cours, appellent spontanément ou plus directement certaines activités ou situations d'apprentissage concrètes à proposer aux étudiantes et étudiants.» (p. 14) À titre illustratif, voyons deux cas de situations dans le cadre de programmes techniques à partir du tableau suivant:

Tableau 2
Deux compétences qui appellent spontanément des activités concrètes et facilement contextualisables

Cas 1: Technologie forestière dont la compétence de cours est: <i>cartographier un territoire forestier</i> ⁸	Cas 2: Techniques de travail social dont la compétence à développer est: <i>effectuer des interventions sociales avec des</i>
--	---

⁸ MELS, Programme de Technologie forestière, 1998, compétence 00KU.

Les deux énoncés évoquent des situations de travail, des contextes concrets (étude de cas) où les savoirs seront mobilisés

Source: adapté de Duval et Pagé. (2013, p. 14)

Lorsqu'on explore les études menées en didactiques des mathématiques au cours des dernières années, on constate qu'en mathématique au collégial il n'y a pas de données empiriques qui ont été diffusées au sujet des tâches en situation authentique et complexe. Cependant, des enseignantes et des enseignants du collégial ont développé des problèmes et des exercices en mathématiques dans une perspective formative afin de soutenir l'apprentissage des étudiantes et des étudiants. Par contre, en Europe puis particulièrement en Belgique, on voit que des travaux ont été faits dans ce sens. Ces travaux sont menés principalement au niveau du primaire et du secondaire (Crahay et Detheux, 2005; Fagnant et Demonty, 2005; Dupont et Fagnant, 2013; Verschaffel, De Corte et Grégoire, 2008). Ces auteurs démontrent que les tâches en situation authentique et complexe en didactique des mathématiques nécessitent un ajustement. Mais on ne témoigne pas de cela au Québec, car aucune étude n'a été faite.

En l'absence de données empiriques qui viennent de la recherche, comment concevoir des tâches en situation authentique et complexe des apprentissages et d'évaluations pour soutenir le développement de la compétence *appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes*¹⁰? Selon Duval et Pagé (2013), dans les disciplines comme les mathématiques où l'énoncé de la compétence est abstrait ou général, l'enseignante ou l'enseignant doit, par essais et erreurs, se questionner sur les écueils rencontrés et

⁹ MELS, Programme de Techniques de travail social, 2000, compétence 018W.

¹⁰ MELS, Programme Sciences de la nature, 2002, compétence 00UN

créer de nouvelles situations d'apprentissage mieux adaptées afin que la compétence de départ se transforme le plus efficacement possible en compétence effective chez l'étudiante et l'étudiant. Cette recherche permettra aux enseignantes et aux enseignants d'éviter de procéder par essais et erreurs.

3. LA QUESTION GÉNÉRALE DE L'ESSAI

Dans le but de nous assurer d'une cohérence entre les évaluations proposées aux étudiantes et étudiants du 2^e cycle du secondaire et la 1^{ère} session au collégial et de proposer des situations problématiques qui permettent à l'étudiante et à l'étudiant de mobiliser ses ressources dans le cadre du cours Calcul Différentiel, nous formulons la question générale de cet essai comme suit: **Comment concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique dans le but de soutenir le développement de la compétence de l'étudiante et de l'étudiant dans le cadre du cours Calcul Différentiel à la 1^{ère} session du programme Sciences de la nature au collégial?**

DEUXIÈME CHAPITRE

LE CADRE DE RÉFÉRENCE

Ce chapitre présente les résultats d'une recension d'écrits réalisée dans le but de préciser le cadre de référence. De plus, comme nous tenons à comprendre et à proposer dans le cadre de cet essai une tâche d'évaluation en situation authentique dans le but de soutenir le développement de la compétence de l'étudiante et de l'étudiant du cours Calcul Différentiel, donc ce chapitre se divise en quatre parties. La première partie présente le concept de la compétence à travers diverses définitions. La deuxième partie présente l'évaluation des compétences dans une APC. La troisième partie de ce chapitre aborde le développement des modalités d'évaluation en situation authentique qui s'inscrit dans une APC dans le cours Calcul différentiel. Enfin, pour terminer, les objectifs spécifiques de l'essai seront présentés.

1. LE CONCEPT DE COMPÉTENCE

Le concept de compétence est au cœur des nouveaux programmes d'étude. Sa définition a évolué dans les écrits en éducation. Dans les écrits parcourus sur de nombreuses définitions du concept de compétence, il faut avoir conscience que la notion de compétence émerge à des époques différentes, et ses définitions se raffinent et convergent vers une même idée.

Le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) a émis plusieurs définitions du concept de compétence. Dans le devis ministériel des programmes techniques (Gouvernement du Québec, 2002, p. 15), la compétence est définie comme «un pouvoir d'agir, de réussir et de progresser qui permet de réaliser adéquatement des tâches ou des activités de travail et qui se fonde sur un ensemble organisé de savoirs (connaissances, habiletés dans divers domaines, perceptions, attitudes, etc.)». Il ressort de la définition du Ministère qu'une compétence est basée sur les différents savoirs activés pour répondre adéquatement à diverses tâches données.

Le Boterf (2008) définit la compétence comme «la mobilisation ou l'activation de plusieurs savoirs, dans une situation ou une famille de situations et un contexte donné» (p. 20). Tout comme le MELS, il fait remarquer qu'une compétence s'observe dans l'action, mais il ajoute la notion de famille de situations.

Pour Scallon (2004), la compétence se définit comme étant: «la capacité, pour l'élève, de mobiliser ses propres ressources ou de faire appel spontanément à des ressources qui lui sont extérieures dans le but d'accomplir des tâches complexes d'une même famille» (p. 25). Il ajoute qu'une compétence ne se réduit pas à des connaissances ou des savoir-faire.

Tardif (2006) définit la compétence comme «un savoir-agir complexe prenant appui sur la mobilisation et la combinaison efficaces d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations» (p. 26). Les ressources dont il est question ici sont des ressources internes telles que des savoir-faire et des savoir-être, ainsi qu'externes telles que des outils, des procédures, de la documentation, etc. On voit donc l'idée d'une ressource interne et externe que Tardif a nuancée en tenant compte du savoir-faire et du savoir-agir. Donc, pour Tardif (2006), un savoir-faire se caractérise par son caractère algorithmique, qui fait référence à une séquence d'actions pouvant devenir automatisées à raison d'un usage répétitif. Tandis que le savoir-agir se distingue par la combinaison d'une multitude de ressources mobilisées en parallèle dans des situations uniques et complexes de manière à éliminer la possibilité d'être automatisées et exercées hors contexte. On retrouve dans le tableau 3 les cinq caractéristiques d'une compétence comme un savoir agir complexe selon Tardif.

Quant à Leroux (2010), la compétence se définit comme «un savoir agir complexe mobilisant et combinant un ensemble de ressources internes et externes pertinentes pour traiter avec succès des tâches complexes d'une même famille» (p. 73). Il ne s'agit pas donc d'un ensemble de ressources inertes ou isolées les unes des autres, mais plutôt d'une activation et d'une mise en relation de celles-ci.

Tableau 3
Les caractéristiques d'une compétence conçue comme un savoir agir complexe

Caractéristiques	Perspectives
Un caractère intégrateur	Chaque compétence fait appel à une multitude de ressources de nature variées.
Un caractère combinatoire	Chaque compétence prend appui sur des orchestrations différenciées de ressources.
Un caractère développemental	Chaque compétence se développe tout au long de la vie.
Un caractère contextuel	Chaque compétence est mise en œuvre dans des contextes qui orientent l'action
Un caractère évolutif	Chaque compétence est conçue afin d'intégrer de nouvelles ressources et de nouvelles situations sans que sa nature soit compromise.

Source: Tardif (2006, p. 26)

En définitive, la compétence est un tout et l'évaluation des apprentissages se fait alors en référence à des standards de performance à atteindre, dans le but de mesurer la maîtrise de la compétence par l'étudiante ou l'étudiant. Des idées convergentes émergent entre les différentes définitions. Plusieurs auteurs, dont Le Boterf (2008), Leroux (2010), Scallon (2004), et Tardif (2006) s'entendent pour dire que la compétence se manifeste et s'observe dans l'action, qu'elle nécessite la mobilisation et la combinaison des ressources diverses dans des familles de situations.

Dans le cadre de cet essai, nous retenons la définition du concept de compétence formulée par Leroux (2010): «un savoir agir complexe mobilisant et combinant un ensemble de ressources internes et externes pertinentes pour traiter avec succès des tâches complexes d'une même famille.» (p. 73) Nous retenons donc qu'une compétence relève de l'action et qu'elle nécessite la mobilisation, par l'étudiante et l'étudiant, d'un ensemble de ressources intégrées.

2. L'ÉVALUATION DES COMPÉTENCES

Dans le dictionnaire actuel de l'éducation, Legendre (2005), définit l'évaluation des apprentissages comme: «l'évaluation des compétences, des connaissances, des

habiletés ou des attitudes d'un élève, ayant pour objet de déterminer dans quelle mesure des objectifs éducatifs ont été atteints» (p. 639).

Quant à Leroux (2010), elle définit l'évaluation des apprentissages comme «un processus qui repose sur une démarche de collecte et de traitement d'informations dans le but d'apprécier les niveaux d'apprentissage atteint par l'élève pour porter un jugement et prendre une décision» (p. 83). Elle ajoute l'idée du questionnement (le pourquoi?, le quand? et le quoi?) qui facilite la compréhension de l'évaluation traitant le développement des compétences de l'étudiante et de l'étudiant, ce qui rejoint l'idée de l'évaluation des compétences qui rend témoignage du degré d'atteinte de la compétence par l'étudiante et l'étudiant.

2.1 L'évaluation des compétences: quelques principes

Plusieurs auteurs comme Tardif (2006), Scallon (2004), Le Boterf (2008), Leroux (2010) s'entendent sur le fait que l'évaluation, au même titre que l'apprentissage, doit prendre en considération la nature complexe et contextualisée de la compétence.

Ainsi donc, l'APC amène les enseignantes et enseignants du collégial à revoir les moyens d'enseignement et d'évaluation des apprentissages pour favoriser, chez les étudiantes et les étudiants, un apprentissage en profondeur, un apprentissage utile dans la vie réelle et ainsi contribuer à motiver les étudiantes et étudiants et diminuer les abandons scolaires. Dans la discipline des mathématiques au collégial, l'évaluation des apprentissages dans une APC pose un réel défi pour les enseignantes et enseignants.

On comprend que l'évaluation des compétences amène l'enseignante et l'enseignant à juger de la mobilisation des connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles intégrées en vue de réaliser une production ou une construction de savoirs. Mieux, l'évaluation des compétences doit s'appuyer sur une démarche évaluative complexe de collecte, d'interprétation et de jugement de données dans le but de rendre compte du degré de maîtrise d'une compétence par l'étudiante et par l'étudiant (Tardif,

2006). En relation avec cette démarche évaluative, Tardif (2006, p. 105) établit les neuf principes qui encadrent l'évaluation des compétences dont trois de ces principes nous interpellent dans le cas de cet essai. Nous avons choisi ces trois dans le cadre de cet essai, car il s'agit pour nous de montrer comment concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique pour soutenir le développement de la compétence de l'étudiante et de l'étudiant qui s'inscrivent dans une cohérence avec ce qui est fait au 2^e cycle du secondaire (formation générale des jeunes) et aussi en tenant compte des compétences transversales que les étudiantes et les étudiants ont vues. Ces trois principes sont :

1. Circonscrire les situations de déploiement des compétences
2. Rendre compte de l'autonomisation dans le déploiement des compétences
3. Recourir à des critères multiples dans chaque évaluation

En définitive, l'évaluation des compétences avec l'arrivée de l'APC dans le système éducatif québécois amène à donner aux pratiques évaluatives un caractère authentique et conduit à proposer aux étudiantes et étudiants des tâches plus complexes tirées de la vie réelle ou de l'exercice d'une profession. Selon plusieurs auteurs (Scallon, 2004; Tardif, 2006; Louis, 2004), l'évaluation des apprentissages dans une APC s'appuie davantage sur une évaluation basée sur les performances (*performance-based assessment*) et se distancie des évaluations traditionnelles. Perrenoud (1998) décrit l'évaluation traditionnelle comme étant l'épreuve papier crayon administré à toute la classe par l'enseignante ou l'enseignant après avoir enseigné une partie du programme. Cette épreuve reçoit une note, qui est additionnée à d'autres notes à la fin de la session pour obtenir un bilan de la session ou un bulletin. Roegiers (2004) prétend que :

L'évaluation traditionnelle pose un gros problème de pertinence, dans la mesure où elle néglige la question du sens et de la complexité. Ce n'est pas parce qu'une étudiante ou un étudiant peut répondre à la somme des items dans une évaluation traditionnelle qu'il est compétent. (p. 160)

Le but ultime de l'évaluation est de démontrer le cheminement du développement de la compétence et un des moyens est d'utiliser l'évaluation formative en impliquant les étudiantes et les étudiants de façon à ce qu'ils s'évaluent eux-mêmes et développent ainsi

le sens des responsabilités par rapport à leurs apprentissages. C'est pour cette raison que nous retenons dans le cadre de cet essai que l'évaluation est un processus qui consiste à porter un jugement sur les apprentissages des étudiantes et des étudiants, à partir des données recueillies, analysées et interprétées, en vue de prendre une décision pédagogique. Il est donc nécessaire que ce jugement soit balisé afin d'assurer la crédibilité des modalités d'évaluation (Tardif, 2006).

2.2 Un nouveau paradigme en évaluation.

L'APC a introduit un lot de changements dans les pratiques d'évaluation des apprentissages. Des chercheurs se sont penchés sur les pratiques évaluatives qui devaient avoir cours dans ce nouveau paradigme. Parmi eux, nous notons ici les travaux de Scallon (2004) qui aborde ce changement amorcé dans les pratiques évaluatives par le biais du mot clé «assessment». Pour qui, l'idée de performance englobe cette notion qui nécessite une méthodologie de l'évaluation caractérisée par: des situations authentiques ou réalistes; des situations de performance; l'interactivité entre l'examineur et l'examiné; l'importance accordée au jugement; les processus et les produits comme objets de l'évaluation; les exigences, les attentes, les standards; l'intégration de l'évaluation à l'apprentissage et la participation de l'étudiante et de l'étudiant à son autoévaluation. «Le concept «assessment» est sans aucun doute la notion clé du renouveau en évaluation.» (Scallon, 2004, p. 26) Ces lignes directrices n'étaient pas connues au départ par les enseignantes et enseignants au collégial. Cela a engendré la recherche de nouvelles façons d'évaluer des apprentissages à savoirs: des méthodes alternatives ou alternative assessment (Scallon, 2004; Tardif, 2006).

On y note deux procédés d'appréciation. Un des procédés est l'appréciation de la performance ou l'évaluation de performance. Ce procédé fait appel à des situations problèmes ou à des tâches complexes qui requièrent la construction d'une réponse élaborée, construite et complexe. C'est pour cela que Scallon (2004) affirme que «l'expression performance assessment a été créée pour mettre en évidence cet aspect particulier.» (p. 16)

Le deuxième procédé, nommé appréciation authentique ou évaluation en situation authentique du mot anglais «authentic assessment», amène à concevoir des tâches d'évaluation se rapprochant de la vie courante ou des problèmes signifiants rencontrés dans la vie active ou l'exercice d'une profession. Pour Tardif (2006), l'évaluation en situation authentique est «un choix judicieux dans l'évaluation des compétences» (p. 103), car elle prend en compte la nature même de la compétence, l'actualisation des savoirs-agir complexes dans des situations variées et en plus de permettre de «cerner la transférabilité des apprentissages dans une nouvelle situation authentique» (*Ibid.*, p. 103). Cela engendre alors, une communication et une interaction entre l'étudiante ou l'étudiant et l'enseignante ou l'enseignant. «La personne qui évalue est en mesure d'assister à toutes les manifestations d'une performance, voire à son évolution même, et ce, à titre de témoin privilégié.» (Scallon, 2004, p. 17)

Ces nouveaux procédés s'intéressent au caractère multidimensionnel de l'apprentissage qui apparaît clairement dans les capacités qu'on s'efforce de développer chez les étudiantes et étudiants du collège. Pour Scallon (2004), «le caractère multidimensionnel dépend de l'objet visé par la démarche d'appréciation.» (p. 18) On comprend donc l'importance de tenir compte de la progression des apprentissages et de pouvoir porter un jugement global cohérent basé sur des critères explicites. Ce qui conduit au recours d'une grille d'évaluation permettant à l'enseignante et à l'enseignant d'exercer son jugement lors de la réalisation de tâches complexes et authentiques.

La notion d'assessment intègre également l'idée de porter un jugement sur le processus et le produit. (Scallon, 2004; Tardif, 2006). Pour Scallon (2004), «rien ne prouve qu'une mauvaise réponse est un signe d'ignorance ou d'incompétence. Rien ne prouve non plus qu'une bonne réponse est le fruit d'un savoir et d'un savoir-faire accomplis» (p. 21), d'où l'importance que le processus se réfère au cheminement suivi ou à la démarche empruntée, tandis que, le produit réfère à la performance observée ou au résultat d'une démarche.

Pour Tardif (2006), «il est nécessaire qu'un enseignant accorde une très grande importance aux preuves qu'il recueille afin de porter un jugement évaluatif juste et équitable.» (p. 113) Ainsi, combiner le jugement porté sur le résultat au suivi de la progression de la démarche permet une évaluation plus juste du processus et du produit permettant de certifier du degré d'atteinte des compétences.

2.3 La typologie traditionnelle de l'évaluation des apprentissages

Dans le dictionnaire de l'éducation, Legendre (2005) définit l'évaluation comme un «processus systématique de recherche d'informations au sujet de l'apprentissage de l'élève et de formation de jugement sur les progrès effectués.» (p. 630) Il ressort de cela que l'évaluation n'est pas seulement une association des notes, mais aussi le jugement porté par l'enseignante ou l'enseignant au regard du progrès fait par l'étudiante ou l'étudiant. Plus spécifiquement, pour toutes formes d'évaluation, la réponse à des questions posées, qui portent sur des aspects méthodologiques, préoccupe les enseignantes et enseignants lorsqu'ils évaluent les apprentissages dans le cadre d'un cours. Nous aborderons dans cette section les différents types d'évaluation en lien avec l'APC.

2.4 L'évaluation diagnostique

Selon Legendre (2005), l'évaluation diagnostique «est un mode d'évaluation qui a pour but d'apprécier les caractéristiques individuelles d'un sujet [...] et de l'environnement pédagogique, lesquelles devraient avoir des influences positives ou négatives sur son cheminement d'apprentissage.» (p. 640) L'évaluation diagnostique a donc pour objectif principal de permettre aux enseignantes et enseignants d'observer les compétences et d'apprécier les réussites, ainsi que les difficultés éventuelles des apprenants, considérés individuellement, à un moment précis de leur apprentissage. Elle leur fournit ainsi des repères pédagogiques pour organiser la suite des apprentissages. L'évaluation diagnostique peut se faire à deux moments: avant que ne commence une séquence d'enseignement et pendant le déroulement de cette séquence. Les critères

explicites qui ressortent de cette évaluation complètent et enrichissent les différentes sources d'information dont disposent les enseignantes et enseignants pour déterminer les ressources acquises, les erreurs et difficultés éventuelles des étudiantes et étudiants relativement au contenu abordé. L'analyse des résultats obtenus par ces derniers est une aide à la mise en œuvre des actions pédagogiques, dès lors adaptées à leurs besoins particuliers.

Envisagée en début d'apprentissage, l'évaluation diagnostique intervient lorsque l'enseignante ou l'enseignant se pose la question à savoir si un «sujet» possède ou non les capacités nécessaires pour entreprendre une formation ou pour suivre un apprentissage.

2.4.1 L'évaluation formative

Afin de saisir le niveau de développement d'une compétence par les étudiantes et les étudiants, une évaluation formative peut révéler sa progression. Sa fonction principale est de contribuer à une bonne régulation de l'activité d'enseignement et d'apprentissage en prélevant des informations utiles à la régulation du processus d'enseignement-apprentissage, tel que décrit par Scallon (2001):

L'évaluation formative est un processus d'évaluation continu ayant pour objectif d'assurer la progression des individus engagés dans une démarche d'apprentissage ou de formation, selon deux voies possibles: soit par des modifications de la situation ou du contexte pédagogique, soit en offrant à chaque individu l'aide dont il a besoin pour progresser, et ce, dans chacun des cas, pour apporter, s'il y a lieu, des améliorations ou des correctifs appropriés. (p. 21)

L'évaluation formative vise l'autonomie par l'autorégulation et permet de porter un regard sur la progression de l'étudiante ou de l'étudiant. Elle permet aussi de renseigner l'enseignante ou l'enseignant sur le progrès de l'étudiante ou de l'étudiant par rapport à une situation d'apprentissage ou une tâche.

Pour Butler, et Winne (1995) dans Louis (2004) «l'élève qui réussit bien une tâche est celui qui possède la capacité de mettre en œuvre des processus efficaces d'autorégulation.» (p. 108) Pour Louis (*Ibid.*),

L'autorégulation est une forme d'engagement de l'élève dans la tâche à accomplir, engagement au cours duquel l'élève exerce une suite d'activités importantes: la détermination d'un but; la planification d'activités à entreprendre; le contrôle d'activités (*monitoring*) en cours de réalisation; la vérification et l'ajustement des résultats en fonction des critères d'efficacité et d'efficacités. (p. 108)

On comprend donc que l'autorégulation fait partie de l'évaluation formative. En plus de favoriser la régulation des apprentissages par l'étudiante et par l'étudiant, l'évaluation formative facilite la formulation de rétroactions à l'étudiante et à l'étudiant par l'enseignante ou l'enseignant. L'évaluation formative accepte les erreurs, car elles sont source d'apprentissage. De plus, elle permet de mobiliser et de différencier les ressources nécessaires pour aider chaque étudiante et étudiant à progresser vers l'atteinte des objectifs d'apprentissage. À travers la rétroaction sur les connaissances et les stratégies que l'étudiante ou l'étudiant utilise, elle ou il pourra s'améliorer et s'ajuster rapidement. D'où la nécessité que la rétroaction «doive être rapide et continue.» (Louis, 2004, p. 115)

2.4.2 L'évaluation certificative

L'évaluation certificative se fait en fin de formation; il s'agit ici de dresser le bilan des connaissances et des compétences de l'étudiante et de l'étudiant. Elle donne une idée de jugement sur le degré d'atteinte de la compétence au terme de l'apprentissage. Selon Legendre (2005), l'évaluation certificative est «un processus d'évaluation débouchant sur une décision dichotomique de réussite ou d'échec relatif à une période d'apprentissage.» (p. 632)

Pour Leroux (2010), «l'évaluation certificative est un «jugement» intervenant à la fin de la scolarité, qui consiste à effectuer un bilan et à prendre une décision sur la

maîtrise ou la non-maîtrise de la compétence par l'élève» (p. 86). L'évaluation formative en cours d'apprentissage prépare à l'évaluation certificative qui «s'appuie sur la progression de l'élève tout au long de l'apprentissage à travers des tâches réalisées.» (*Ibid.*, p. 86)

Scallon (*Ibid.*), quant à lui, soutient que pour certifier la maîtrise de la compétence par l'élève, le défi introduit par l'APC consiste à porter un jugement sur l'ensemble des manifestations recueillies au terme de la période d'apprentissage. Les notions de compétence, de situation, de progression et de jugement sont donc les éléments clés pour les pratiques évaluatives.

En définitive, comme l'énonce Scallon (2004), dans l'APC l'évaluation ne peut se fonder sur une somme arithmétique de points obtenus au terme du cours. Pour Tardif (2006), l'atteinte de la compétence n'est pas une opération réalisée en marge, en parallèle ou encore uniquement au terme de la formation, et se soldant par un simple résultat arithmétique à la manière des approches traditionnelles. Le tableau suivant regroupe les trois types d'évaluation que l'on retrouve dans les écrits ainsi que les définitions que nous retenons dans le cadre de cet essai:

Tableau 4
Synthèse des trois types d'évaluation

Évaluation	Définition
Diagnostique	L'évaluation diagnostique est utilisée au début du processus d'apprentissage et permet: (1) de détecter si une étudiante ou un étudiant possède les ressources nécessaires pour suivre une formation donnée; (2) d'orienter l'étudiante ou l'étudiant vers une démarche d'appoint si nécessaire et (3) d'ajuster la démarche de formation
Formative	Elle vise à assurer la progression des apprentissages de l'étudiante et de l'étudiant. Elle favorise la régulation des apprentissages par l'étudiante et l'étudiant; facilite la formulation de la rétroaction et permet à l'étudiante et l'étudiant de développer une certaine indépendance par rapport à la rétroaction externe.
Certificative	C'est un jugement intervenant à la fin d'une étape de scolarité, qui consiste à effectuer un bilan et à prendre une décision sur la maîtrise ou la non-maîtrise de la compétence par l'étudiante ou l'étudiant. Elle est préparée par l'évaluation en cours d'apprentissage.

Source: adapté de Leroux (2010)

3. L'ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES EN MATHÉMATIQUE

Qu'en est-il pour l'évaluation des apprentissages en mathématique? Concrètement, de quelle façon faut-il évaluer les compétences dans le cours à l'essai? Dans cette section, nous répondrons à ces questions en examinant la modélisation et les situations problèmes, le processus de modélisation, les tâches complexes et authentiques, la famille de tâche complexe, la validité, la pertinence et la fiabilité d'une tâche complexe, les grilles d'évaluation et pour finir le développement d'une tâche authentique dans le cadre de cet essai.

3.1 La modélisation et les situations problèmes

La réforme du système éducatif au secondaire a apporté un changement pédagogique dans l'enseignement des mathématiques. Dès lors, l'introduction des situations problèmes et des modélisations ont vu le jour. La mathématique, comme on peut le constater, est très importante à la formation intellectuelle, sociale et culturelle de l'individu. Ainsi, le PFÉQ pense «qu'elle fournit à l'étudiante et l'étudiant des outils qui lui permettent de s'adapter à un monde en évolution, de mettre à profit son intuition, sa créativité et son esprit critique, et de prendre des décisions.» (Gouvernement du Québec, 2009, p. 3) Ainsi, le programme de mathématique au collégial s'inscrit dans une continuité du premier cycle du secondaire et vise le développement des compétences: résoudre une situation problème, déployer un raisonnement mathématique et communiquer à l'aide d'un langage mathématique.

Legendre (2005) définit la modélisation comme «une méthode et un processus de représentations d'une situation réelle, éventuelle ou imaginaire dans le but de mieux comprendre sa nature et son évolution dans des conditions particulières» (p. 907). Les mathématiques consistent d'abord en un langage, qui permet de transcrire des problèmes de nature quantitative: il s'agit donc de la modélisation. Une fois cette transcription faite, des outils sont disponibles pour résoudre ces problèmes, partiellement ou complètement. On ramène ensuite la solution dans son contexte d'origine. Modéliser un processus, c'est

le décrire de manière scientifique et quantitative (par exemple en termes d'équations [du second degré, de Laplace, etc.]). Cela permet d'en étudier l'évolution et d'en simuler des variantes en modifiant certains paramètres (note de cours Etchecopar, 1999¹¹).

Pour Legendre (2005), une situation problème est «toute tâche complexe, tout projet qui pose à l'étudiante et l'étudiant des défis, dont celui de mobiliser ses ressources.» (p. 1241) La situation problème est donc une situation d'apprentissage, un moyen d'apprentissage et non le résultat, une stratégie d'enseignement et d'apprentissage qui favorise l'engagement des étudiantes et des étudiants, qui permet la construction des savoirs. En définitive, c'est une tâche globale, complexe et signifiante. En mathématique, une situation problème doit satisfaire à l'une ou l'autre des conditions suivantes:

La situation n'a pas été présentée antérieurement en cours d'apprentissage; L'obtention d'une solution satisfaisante exige le recours à une combinaison non apprise de règles ou de principes dont l'étudiante ou l'étudiant a fait ou non l'apprentissage; le produit, ou sa forme attendue n'a pas été présenté antérieurement. (Gouvernement du Québec, 2009, p. 22).

La résolution de situations problèmes ou de modélisations, qui constitue l'un des fondements de l'activité mathématique, repose sur une démarche axée sur l'exploration et la découverte. Elle permet de construire des objets mathématiques, de leur donner du sens, de mobiliser des savoirs connus, de développer des stratégies et de mettre en œuvre diverses attitudes liées notamment à la confiance en soi et à l'autonomie. Pour le PFÉQ, «résoudre une situation problème s'avère une compétence complexe dont l'exercice mobilise le raisonnement et développe l'intuition créatrice» (*Ibid.*, p. 22). On comprend donc, qu'une situation problème ou une situation de modélisation en mathématique suscitent un besoin de résolution ou un conflit cognitif c'est-à-dire que la réponse n'est pas évidente et demande l'utilisation de ressources diverses. Ce qui amène l'étudiante ou l'étudiant, à faire appel à différents types de raisonnement, tels que l'induction et

¹¹ Cette partie est une adaptation faite à partir des notes de cours de Philippe Etchecopar, Calcul différentiel et résolution de problèmes avec Mathematica et Maple (chapitre 5, p. 17 à 39), Éd. Le Griffon d'argile et Les Presses pédagogiques de l'Est, 1999.

l'analogie, la conceptualisation d'objets mathématique, l'établissement de liens et l'enrichissement des réseaux de concepts et de processus nécessaires à l'élaboration d'une solution.

3.2 Les processus de modélisation

Les mathématiques fournissent une série d'outils pour décrire, analyser et prédire des systèmes dans différents domaines du monde réel. Cette utilité pratique des mathématiques a toujours fourni une justification majeure quant au rôle important des mathématiques dans les divers programmes scolaires (primaire, secondaire, etc.). Dès lors, il y a eu l'introduction des problèmes d'application ou des mises en situation destinée à développer la capacité chez l'étudiante et l'étudiant de savoir quand et comment appliquer les mathématiques de façon efficace dans les nombreuses situations rencontrées au quotidien. Mais son application n'est pas si simple qu'on le pense. Verschaffel et Érick De Corte (2008) prétendent que:

L'application des mathématiques pour résoudre des problèmes situés dans le monde réel, également appelée la modélisation mathématique, peut être conçue comme un processus complexe comprenant plusieurs étapes: la compréhension de la situation décrite; la construction d'un modèle mathématique qui décrit l'essence de ces éléments et les relations significatives impliquées dans la situation; l'application du modèle mathématique pour identifier ce qui en découle; l'interprétation du résultat des calculs afin de parvenir à une solution de la situation pratique qui a donné lieu au modèle mathématique; l'évaluation du résultat interprété en relation à la situation d'origine; et la communication des résultats interprétés. (p. 154)

Par ces différentes étapes, on comprend qu'une situation de modélisation ou une situation problème passe par une procédure adéquate pour arriver à la solution escomptée. Legendre (2005) définit la procédure comme «une séquence d'étapes à suivre pour parvenir à un résultat, pour atteindre un but particulier» (p. 1082). La figure 2 présente les différentes étapes du processus de résolution mathématique de problème d'application qui doit être considéré de façon circulaire et non linéaire selon Verschaffel

et *al.*(2008, p. 155). L'application des mathématiques pour résoudre des problèmes de modélisation décrite par la figure 2 présente les étapes suivantes selon Verschaffel et *al.*(2008) : la compréhension de la situation décrite; la construction du modèle mathématique qui décrit l'essence de ces éléments et les relations significatives impliquées dans la situation; l'application du modèle mathématique pour identifier ce qui en découle; l'interprétation du résultat des calculs afin de parvenir à une solution de la situation pratique qui a donné lieu au modèle mathématique; l'évaluation du résultat interprété en relation à la situation d'origine; et la communication des résultats interprétés. Dans cette figure, les deux cases situées à droite se réfèrent aux aspects purement mathématiques du processus, tandis que les deux cases de gauche font référence à son insertion dans le monde réel. Il est à noter que cette figure présente également le lien existant entre les différentes étapes de ce processus de modélisation.

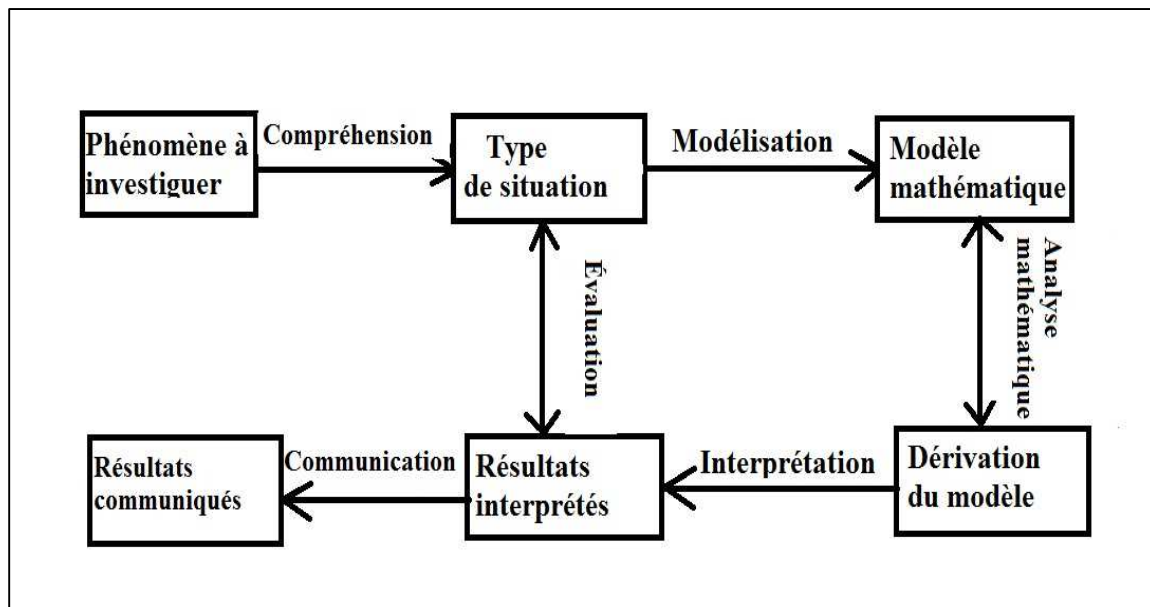


Figure 2: Schéma du processus de modélisation selon Verschaffel et *al.* (2008). Enseignement et apprentissage des mathématiques. Que disent les recherches psychopédagogiques? (2e édition). Bruxelles: De Boeck (1re éd. 1996).

3.3 Les tâches d'évaluation en situation authentique et complexe

Les tâches complexes sont caractérisées par des compétences contextualisées et finalisées. Scallon (2004) souligne que l'évaluation des apprentissages avec l'utilisation

des tâches complexes et authentiques s'éloigne «des questions maintes fois exploitées dans les examens objectifs ou les tests standardisés» (p. 151). Il propose les caractéristiques qui guideront l'analyse et la conception d'une tâche complexe à savoir: (1) doit déboucher sur une production attendue (2) réaliste (authentique) (3) exige la mobilisation de plusieurs ressources (complexité) (4) précise bien les ressources à mobiliser (5) propose des problèmes mal définis ou des données manquantes ou superflues (6) est d'une durée ou amplitude contrôlée (7) est un contexte d'autonomie (*Ibid.*, p. 161-162).

Il ressort donc, qu'une tâche complexe puisse être représentée par un projet ou un problème qui regroupent les ressources à mobiliser associées à une ou plusieurs compétences. Scallon (2004) insiste sur le lien entre la mobilisation et l'intégration: «mobiliser ne signifie pas [...] se rappeler ou évoquer une à une des ressources pertinentes. Rien de comparable avec une addition d'éléments considérés isolément: les savoirs et les savoir-faire mobilisés et transformés.» (p. 110) Donc une tâche complexe ne se réduit pas à une application automatique d'une procédure ou démarche. Chaque étudiante ou étudiant doit adopter une démarche personnelle de résolution. C'est en cela que Scallon (2004) pense que «quelles que soient les tâches retenues, on ne peut porter un jugement sur l'élève que si on a également suivi sa progression.» (p. 121)

Les récents travaux de Demonty, Dupont et Fagnant (2014) sur la double interrogation en ce qui a trait à la tâche complexe en mathématique consiste à savoir: «(a) si les tâches complexes permettent, à elles seules, d'évaluer ce tout et partant (b) si l'évaluation isolée des composantes n'a de sens que dans une visée diagnostique (les tâches décomposées ou indépendantes seraient alors des indicateurs pour cibler les difficultés et non les indicateurs de la compétence)» (p. 181). Ces études ont été réalisées dans quelques pays francophones d'Europe. Les problèmes testés diffèrent en fonction des programmes scolaires des pays respectifs et des années d'études ciblées. Les auteurs se sont intéressés aux tendances générales que ces études permettent de dégager relativement à l'évaluation des tâches complexes en mathématique. Ils concluent qu'au niveau des lycées :

les tâches complexes, les tâches élémentaires (évaluant les composantes impliquées dans ces tâches ou d'autres composantes permettant de couvrir plus largement le domaine ciblé) et les indicateurs motivationnels ne sont que des éléments permettant d'approcher la compétence des élèves en mathématiques ou, autrement dit, que ces différentes tâches évaluent des compétences au sens où le pluriel indique ici des éléments de la compétence. (*Ibid.*, p. 189)

Ainsi, par ses caractéristiques, la compétence est contextualisée et finalisée. Elle est étroitement liée aux situations dans lesquelles elle s'exerce et est indissociable des tâches proposées. Pour Louis (2004), «la compétence prend pour source des tâches complexes et pratiques nécessaires à l'accomplissement d'un rôle ou d'une fonction» (p. 25). Ainsi, la compétence est une disposition à agir afin de réaliser avec succès une tâche complexe. Par conséquent, le choix des tâches est important dans l'évaluation des compétences. Wiggins (1993) dans Louis (2004), véritable précurseur de l'évaluation authentique, pense qu'elle est une évaluation des compétences, car elle permet à l'étudiante et l'étudiant de démontrer sa maîtrise de la compétence à partir de tâches contextualisées, qui ont des similitudes importantes avec des situations réelles.

Pour Wiggins (1993) et Hart (1993), dans Louis (2004)

Une évaluation est dite en situation authentique lorsqu'elle présente à l'élève des tâches: qui expriment des situations tirées de la vie normale; qui sont significatives et motivantes pour l'élève; et qui permettent de comprendre ou de résoudre un problème fréquemment rencontré dans la vie extrascolaire (p. 78).

Pour Normand (2014) dans Bizier (2014), pour qu'une situation soit authentique, significative et complète, les situations d'apprentissage doivent répondre à certains critères:

1. Il doit être impossible pour les étudiantes ou étudiants de résoudre le problème ou de mener à bien le projet à partir de leurs connaissances antérieures, c'est-à-dire sans la construction des connaissances spécifiques au cours. Il doit donc s'agir d'un défi;

2. Elles doivent être technoscientifiques, c'est-à-dire qu'elles doivent mettre en évidence l'aspect problématique et favoriser l'engagement de l'étudiante et l'étudiant comme citoyen;
3. Elles doivent permettre l'expression de l'attitude essentielle de la discipline;
4. Elles doivent prendre en compte les buts généraux du programme;
5. Elles doivent faire appel, le plus possible, à des connaissances d'autres cours de la même discipline et, mieux encore, d'autres disciplines. En bref, la situation doit favoriser la transdisciplinarité et le transfert des apprentissages. (p. 171)

Nous retenons que la conception des tâches doit s'appuyer sur un ensemble de caractéristiques pour évaluer les compétences. Nous croyons donc, que l'évaluation doit prendre en compte les préoccupations actuelles qui visent à rendre l'étudiante ou l'étudiant actif dans sa démarche d'apprentissage et qui s'intéresse aussi bien au processus qu'au produit. Ainsi, Popham (1995) dans Louis (2004), pense que la tâche devrait être: «généralisable, authentique, multidisciplinaire, liée à l'enseignement, équitable, faisable et de correction fiable.» (p. 97)

Puisque l'évaluation de la compétence nécessite l'utilisation des tâches complexes et authentiques, Tardif (2006) pense que «les tâches authentiques sont considérées comme le contexte idéal pour l'évaluation des compétences» (p. 103). Conséquemment, il mentionne qu'avec l'implantation de l'APC dans le système éducatif québécois «les programmes axés sur le développement de compétences exigent que, dans le domaine de l'évaluation des apprentissages, les enseignants et les professeurs revoient complètement leurs pratiques.» (*Ibid.*, p. 133)

Pour Leroux (2010), à l'ordre d'enseignement collégial, il revient aux enseignantes et enseignants de rédiger des tâches qui non seulement mesurent l'atteinte des compétences, mais aussi permettent de porter des jugements sur la progression des apprentissages des étudiantes et étudiants. Elle ajoute: «qu'on peut inférer des capacités à partir d'une seule situation ou d'une seule tâche.» (p. 90) L'auteur soutient qu'une évaluation en situation authentique doit présenter des caractéristiques suivantes:

Les tâches portent sur des problèmes complexes et réels;
Les tâches complexes proposées à l'élève sont authentiques et contextualisées;
Elles peuvent comporter une forme de collaboration entre les pairs;
Elles s'appuient sur la mobilisation et la combinaison de ressources nombreuses et variées; elles nécessitent la construction d'une réponse élaborée par l'étudiante et l'étudiant. (p. 99)

Des écrits consultés, nous retenons aussi que pour évaluer la compétence des étudiantes et étudiants de manière formative et certificative à partir de tâches complexes, différents instruments d'évaluation et outils sont requis. Parmi les instruments susceptibles de convenir à l'évaluation dans un contexte où nous voulons établir une cohérence avec ce qui a été fait au 2^e cycle du secondaire, plusieurs écrits convergent vers l'utilisation d'une tâche d'évaluation contextualisée en cours et au terme d'apprentissage. Ainsi, nous retrouvons les principales caractéristiques d'une tâche d'évaluation en situation authentique et contextualisée dans le tableau 6 suivant:

Tableau 5
Tableau comparatif des tâches d'évaluations authentiques et contextualisées

Wiggins (1993)	Popham (1995)	Scallon (2004)	MELS (2006) (SAE et SE)	Leroux (2010)	Roegiers (2010)
<p>Généralisable: elle doit porter sur des questions et des problèmes importants, stimulants et valables</p> <p>Réaliste: elle intègre les caractéristiques du contexte réel, elle contient un nombre d'indices suffisant pour que la situation soit réelle</p> <p>Créatif: l'élève démontre ses habiletés personnelles, sa créativité</p> <p>Rétroaction: interaction entre l'évaluateur et l'évalué (dépannage, indices, ressources, etc.)</p> <p>De correction fiable: évalué sur la base de critères et de standards clairs et compris par l'élève</p>	<p>Généralisable: la performance de l'élève peut être généralisable à des tâches comparables</p> <p>Authentique: que l'élève peut connaître dans la vie extrascolaire</p> <p>Multidisciplinaire: plusieurs aspects de l'apprentissage et non un seul</p> <p>Lié à l'enseignement: la tâche devrait être une conséquence de l'enseignement reçu</p> <p>Équitable: elle ne porte pas préjudice à l'élève en raison de son sexe, son origine ou son statut socioéconomique</p> <p>Faisable: réalisable dans le temps alloué</p> <p>De correction fiable: obtenir des réponses dont la correction est précise</p>	<p>Situation de performance: La tâche exige de l'élève la construction d'une réponse élaborée</p> <p>Signifiante: les problèmes sont réalistes et liés à la vie courante</p> <p>Rétroaction: l'individu évalué peut formuler des commentaires et obtenir de la rétroaction</p> <p>Contextualisée: elle repose sur des situations permettant d'observer un individu sous plusieurs aspects</p> <p>Lié à l'enseignement: l'évaluation est intégrée à l'apprentissage</p> <p>Processus et produit: on s'intéresse à ce que l'individu sait faire, mais aussi à la façon dont il s'y prend pour démontrer une habileté ou une compétence</p>	<p>Les SAE sont significatives: les problèmes sont liés à la vie courante; motivent l'élève en éveillant son intérêt et en lui permettant d'exercer un contrôle sur son apprentissage;</p> <p>Contextualisée: les apprentissages que l'élève est censé acquérir sont transposables dans la réalité;</p> <p>Complexes: présente un défi à relever ou un but à atteindre;</p> <p>Mobilisation de nombreuses ressources: savoirs, savoir-faire et savoir-être sont mobilisés; avoir accès à d'autres ressources externes, humaines et matérielles</p> <p>Production unique: créativité de l'élève pour fournir des réponses originales; les critères d'évaluation sont connus de l'élève</p> <p>Travail de coopération: fait en équipe ou collaborer entre eux</p>	<p>Significatives: les tâches portent sur des problèmes complexes et réels</p> <p>Authentique: les tâches complexes proposées à l'étudiante et à l'étudiant sont authentiques et contextualisées</p> <p>Travail de coopération: elles peuvent comporter une forme de collaboration entre les pairs</p> <p>Mobilisation de diverses ressources: elles s'appuient sur la mobilisation et la combinaison de ressources nombreuses et variées</p> <p>Processus et produit: elles nécessitent la construction d'une réponse élaborée par l'étudiante ou l'étudiant</p>	<p>Signifiante, authentique et contextualisée: Elle pose un problème lié à la vie de tous les jours. Elle suscite la motivation et l'engagement de l'élève</p> <p>Complexe: Présence d'un défi à relever ou d'un but à atteindre</p> <p>Mobilisation de nombreuses ressources: S'appuie sur un ensemble de ressources (savoirs, savoir-faire et savoir-être) afin d'apporter une solution au problème posé</p> <p>Production unique: L'élève fait appel à sa créativité pour fournir des réponses originales</p> <p>Travail de coopération: fait en équipe ou collaboré entre eux</p> <p>Famille de situations d'apprentissage: Plus d'une situation d'apprentissage est nécessaire pour inférer le développement d'une compétence</p> <p>Moyen terme: L'élève a le temps nécessaire pour réaliser les tâches</p>

L'évaluation doit être globale, multidimensionnelle (dimensions cognitives et affectives) et surtout contextualisée dans notre cas. L'évaluation diagnostique, formative et certificative sont associées à des productions concrètes en situation authentique, qui favorisent l'intégration de savoirs multiples. L'évaluation des apprentissages peut porter à la fois sur le processus ou les produits. Nous retenons dans le cadre du présent essai que l'étape du jugement demeure la toile de fond dans la démarche évaluative de l'enseignante ou de l'enseignant, puisqu'elle s'appuie sur son jugement professionnel. De manière plus précise, en nous appuyant sur le Gouvernement du Québec (2003), nous retenons que:

Le jugement est présent dans la planification des situations d'apprentissage et d'évaluation. Il entre en jeu lors du choix des méthodes et des critères d'évaluation afin de les rendre pertinents et valides par rapport à l'intention de l'évaluation. Enfin, le jugement permet de rendre compte des apprentissages et il conduit à prendre des décisions. Dans un contexte d'évaluation des compétences, leur jugement sur le développement doit être appuyé sur le recours à une instrumentation appropriée. Il requiert une analyse et une synthèse des données recueillies. Dans ce sens, le jugement doit être précédé d'une prise d'information suivie de son interprétation. (p. 34)

Outre ces mesures, Duval et Pagé (2013) soulignent qu'avant d'amorcer la rédaction de la tâche, on se rappellera les caractéristiques essentielles d'une évaluation en situation authentique, afin de s'assurer qu'elle répond bien aux exigences d'un apprentissage complexe:

1. Aspect réaliste du contexte de réalisation;
2. Accomplissement d'une réalisation plutôt que reprise d'information;
3. Proposition de tâches complexes qui favorisent le jugement et l'innovation;
4. Consultation entre les étudiantes et étudiants et rétroactions en vue de l'amélioration de la réalisation;
5. Forte motivation, qui dépasse le désir d'obtenir une bonne note. (p. 48)

Dans le but de recueillir les traces de l'étudiante et l'étudiant et porter un jugement sur le niveau d'atteinte de la compétence, Leroux (2010) et Durand et

Chouinard (2012) soulignent l'importance d'utiliser les grilles d'évaluation ou d'appréciation ainsi que des instruments de consignation des données.

3.4 La famille de tâche complexe

Comme le mentionne Leroux (2010), nous retenons qu'une «tâche» est un terme générique qui peut être remplacé par plusieurs expressions considérées ici comme synonymes: situation problème, situation complexe, famille de situation problème, action, activité, projets ou travaux (Leroux, 2010).

Parmi les auteurs, les tâches sont mises en relation avec les situation-problèmes. Legendre définit la famille de situation problème comme «un ensemble de tâches complexes, tout projet qui pose à l'étudiante et l'étudiant des défis, dont celui de mobiliser ses ressources.» (p. 1241) Pour De Ketele (2013a), «c'est un ensemble de situations problèmes de niveau de difficulté plus ou moins équivalente qui traduisent une même compétence.» (p. 46) Ainsi, toute situation problème comprend deux composantes:

1. une situation complexe, c'est-à-dire un ensemble contextualisé d'informations présentées à l'étudiante ou étudiant et à analyser en vue de réaliser une tâche complexe;
2. la tâche complexe elle-même, c'est-à-dire un processus de résolution et un produit face au problème posé par la situation. (*Ibid.*, p. 46)

La tâche est complexe dans le sens où elle ne peut être effectuée en appliquant une démarche établie fermée: plusieurs processus de résolution peuvent être utilisés pour y parvenir; de nombreuses connaissances et savoir-faire sont susceptibles d'être mobilisés; il existe un éventail de produits susceptibles de répondre aux critères de qualité fixés. La situation est complexe, non pas nécessairement parce que l'on fournit de nombreuses informations à l'étudiante et l'étudiant, mais parce qu'elle demande une analyse de la part des étudiantes et étudiants pour identifier et organiser les connaissances

et savoir-faire pertinents à mobiliser pour réaliser la tâche attendue (De Ketele 2013a; De Ketele et Gérard 2005; Roegiers 2004).

Préparer une évaluation certificative consiste donc avant tout à se fixer, en cohérence avec le devis ministériel du cours, une famille de situations problèmes dans laquelle puiser pour les phases terminales de l'apprentissage et pour la ou les évaluations finales. De Ketele (2013a) ajoute que par famille de situations problèmes, il faut entendre un ensemble de situations problèmes caractérisées par

1. un invariant, c'est-à-dire les caractéristiques communes incontournables de toutes les situations de la même famille et qui permettent de dire que celles-ci seront d'un niveau plus ou moins équivalent;
2. un habillage, c'est-à-dire tout ce qui permet de générer des situations différentes apparemment, mais de même niveau, car de même invariant.

L'important est donc de caractériser l'invariant de la famille terminale de situations problèmes. Dans le cadre de cet essai, on peut relever quatre types d'éléments dans l'invariant:

1. le type de contexte;
2. les informations fournies ou non fournies (le fait de ne pas fournir certaines informations peut changer la nature de la situation problème);
3. le type de tâche demandée;
4. les ressources prioritaires à mobiliser nécessairement et leur organisation.

3.5 La validité, la pertinence et la fiabilité des tâches en situation authentique et complexe

Pour les systèmes éducatifs ayant opté pour l'APC, il est nécessaire de mettre en place une évaluation des acquis des étudiantes et des étudiants qui prend en compte ses compétences. L'utilisation de situations complexes conduisant à une production de

l'étudiante et de l'étudiant, elle-même complexe, se révèle une piste intéressante à cet égard. Que ce soit pour l'apprentissage des compétences ou pour leur évaluation, il convient donc de situer l'étudiante et l'étudiant dans un environnement complexe et de l'amener à mobiliser ses différentes ressources pour résoudre une situation complexe. Néanmoins, les questions qui se posent par rapport à ces tâches sont les questions classiques relatives à tout recueil d'informations: sont-elles pertinentes, valides et fiables? (De Ketele, 1993; Roegiers, 2004).

3.5.1 Validation de la tâche selon l'approche par compétence

Legendre (2005) définit la validation comme «une opération par laquelle, on étudie, établit, éprouve ou apprécie la validité d'un instrument de mesure.» (p. 1436) Pour De Ketele (1993), «La validité est le degré d'adéquation entre ce que l'on déclare faire (évaluer telle ou telle dimension) et ce que l'on fait réellement, entre ce que l'outil mesure et ce qu'il prétend mesurer.» (p.2) Divers types de validation peuvent être envisagés de façon complémentaire: une validation a priori par recours à des juges; une validation empirique interne et une validation empirique externe. Dans le cadre de cet essai, nous nous intéressons à la validation a priori par recours aux juges.

La validation a priori par recours à des juges est une technique également utilisée dans les épreuves classiques. Dans ce cas, elle consiste à demander aux juges de vérifier si les items font bien partie de l'univers de référence. Dans le cadre de l'APC, le travail sera du même type, mais ce sont les «items» et l'univers de référence qui sont fondamentalement différents. Dans le cadre de cet essai, les «items» sont les situations problèmes concrètes qui sont proposées aux étudiantes et étudiants et l'univers de référence est la famille de situations qui correspond à la compétence. Les juges devront donc vérifier que les situations appartiennent bien à la famille de situations. C'est la question de l'équivalence des situations. La condition indispensable pour réaliser ce travail est de disposer d'une description suffisamment précise de la famille de situations, c'est-à-dire d'une définition des paramètres qui la caractérisent (De Ketele et Gerard, 2005).

3.5.2 *Pertinence et fiabilité de la tâche*

Pour De Ketele et Gerard (2005) la pertinence est le caractère plus ou moins approprié de la tâche, selon qu'elle s'inscrit dans la ligne de la compétence visée par le cours. C'est son degré de compatibilité avec les autres objectifs du programme auquel elle appartient. La question à se poser est: jusqu'où devons-nous aller dans nos efforts pour rendre réaliste les problèmes de modélisation et d'application? Jusqu'à quel point la référence à la complexité de la réalité est-elle possible et adéquate dans le contexte de la classe? La capacité d'émettre des jugements personnels à propos de la réalité des problèmes posés nous permettra de nous aligner dans la ligne de la compétence visée et ainsi rendre pertinent la tâche conçue.

La fiabilité est le degré de confiance que l'on peut accorder aux résultats observés: seront-ils les mêmes si on recueille l'information à un autre moment, avec une autre tâche, par une autre personne, etc.? De Ketele (2013*b*) prétend que :

Avant de commencer tout processus d'enseignement apprentissage, il est recommandé d'être au clair sur ce qui est attendu au terme de celui-ci. La meilleure façon de le faire est de le concrétiser sous la forme d'un exemple d'épreuve finale, y compris les modalités de correction et la façon de prendre la décision de certification. (p. 60)

En ce faisant, nous pourrions recueillir à la fin de la session des informations fiables sur les résultats à interpréter.

Ces dimensions, théoriquement indépendantes les unes des autres, forment ensemble des conditions nécessaires pour disposer d'une épreuve d'évaluation digne de ce nom. Mais, prises isolément, elles ne sont jamais suffisantes: une tâche fiable peut très bien n'être ni valide, ni pertinente, ou une tâche pertinente ni valide ni fiable, etc. Il faut en tenir compte dans le développement de la tâche authentique.

3.6 Les grilles d'évaluation

Dans un programme formulé par compétences, plusieurs chercheurs (Durand et Chouinard, 2012; Leroux, 2010; Scallon, 2004; Tardif, 2006) proposent différents types d'instruments dans le but de recueillir les traces de l'apprentissage de l'étudiante et de l'étudiant, de les interpréter et de porter un jugement sur le niveau d'atteinte de la compétence. Puisque la compétence implique la mobilisation d'un ensemble de ressources internes et externes dans le but de réaliser une tâche complexe, l'utilisation d'instruments qui permettent de recueillir les traces variées et multidimensionnelles des apprentissages de l'étudiante et de l'étudiant est requise (Scallon, 2004). Les instruments de jugement doivent fournir une rétroaction qui aide l'étudiante et l'étudiant à apprendre et à développer une compétence (Louis, 2004; Scallon, 2004).

Dans le but de recueillir les traces des manifestations de la compétence et porter un jugement sur l'état de développement d'une compétence, Leroux (2010) et Durand et Chouinard (2012) soulignent l'importance d'utiliser les grilles d'évaluation ou d'appréciation ainsi que des instruments de consignation des données. Conséquemment, «le jugement exprimé doit résumer et intégrer une multitude d'observations relevées en cours de progression.» (Scallon, 2004, p. 173) Dans ce cas, le jugement porté sur le rendement ou la performance doit être exprimé, expliqué et justifié. Selon le contexte, le jugement peut être exprimé de façon analytique ou globale. Dans des récents travaux menés au collégial, Leroux (2010), a constaté que des enseignantes et des enseignants utilisent les grilles d'évaluation à échelles descriptives afin de porter un jugement sur l'atteinte de la compétence de l'élève. Ces grilles d'évaluation à échelles descriptives utilisées par des enseignantes et des enseignants du collégial sont principalement analytiques. Selon Leroux (*Ibid.*), les grilles d'évaluation analytiques ont l'avantage d'évaluer chaque critère séparément ce qui permet à l'enseignante ou à l'enseignant d'obtenir des informations au sujet de chacun des critères. Contrairement aux grilles d'évaluation analytiques, les grilles d'évaluation globales permettent d'évaluer tous les critères simultanément. Ce type de grille permet de porter un jugement plus rapidement en situation d'évaluation certificative. Comme en témoignent les pratiques évaluatives

d'enseignantes et d'enseignants du collégial, il est constaté que les grilles d'évaluation globales ne sont pas utilisées (Leroux, 2010).

L'échelle descriptive s'inspire des rubriques ou guides de notation (*scoring rubrics*) des écrits américains (Scallon, 2004; Tardif, 2006). Son utilisation est recommandée en évaluation des productions complexes exigeant la manifestation d'une ou plusieurs compétences. Plusieurs auteures et auteurs en évaluation des compétences s'entendent sur cette recommandation (Leroux et Bigras, 2003; Louis, 2004; Prigent *et al.*, 2009; Scallon, 2004; Tardif, 2006). Toutes ces auteures et tous ces auteurs décrivent comment les construire en fournissant des exemples. Des explications sur l'élaboration des grilles d'évaluation à échelles descriptives de même que des exemples d'applications sont présentées par plusieurs chercheurs (Scallon, 2004; Tardif, 2006). Au collégial, une recherche-action menée par Leroux et Bigras (2003) décrit en détail le processus d'élaboration des grilles d'évaluation à échelles descriptives et présente plusieurs exemples de grilles d'évaluation à échelles descriptives pour différents programmes.

Louis (2004) explique qu'il faut rédiger une grille d'appréciation une fois le contenu de la tâche décrit. Il ajoute «on trouvera donc, dans la grille, des rubriques liées aux *opérations intellectuelles* portant sur le contenu de la discipline et des rubriques touchant à la dimension *communication*» (*Ibid.*, p. 95). Pour chacune des rubriques retenues, la grille décrit un ensemble de performances allant de celle qui est acceptable à celle qui serait inacceptable. Nous utiliserons dans le cas de cet essai une grille d'évaluations à échelles uniformes.

Les grilles d'évaluation à échelles descriptives sont différentes des grilles à échelles uniformes, puisque dans cette forme de grille, chacun des critères possède une échelle spécifique. Selon Scallon (2004), en situation d'évaluation des performances complexes, les grilles d'évaluation à échelles uniformes possèdent plusieurs avantages lorsqu'elles sont appliquées à des critères bien définis, car elles assurent:

1. un degré élevé de concordance des évaluations menées par différentes personnes;
2. la qualité de la *rétroaction* adressée aux élèves;
3. le caractère critérié, et non normatif, du jugement;
4. l'expertise exigée des personnes qui construisent des outils d'appréciation;
5. une application limitée à un très petit nombre de critères;
6. l'aspect descriptif, indépendant d'autres productions. (p. 181)

Dans cette logique, les enseignantes et enseignants devraient concevoir des instruments d'évaluation qui permettent de recueillir les traces de manifestations de la compétence dans le but de porter un jugement sur la progression et du niveau d'atteinte de la compétence à travers la grille d'appréciation. Selon Scallon (2004) «quelles que soient les situations retenues, on ne peut porter un jugement sur l'élève que si on a également suivi sa progression.» (p. 121) La progression se présente d'abord comme une façon de visualiser et de regrouper différentes sources d'informations relativement aux apprentissages de l'étudiante ou de l'étudiant. Dans le but de soutenir le développement de la compétence et la progression de l'étudiante et de l'étudiant, les enseignantes et enseignants en mathématique doivent «inscrire les observations les plus essentielles dans une perspective historique, autrement dit de saisir l'histoire du développement de la compétence, tel que le révèlent les accomplissements de l'élève.» (*Ibid.*, p. 223)

Leroux (2014) prétend que

dans une perspective d'engager l'étudiante et l'étudiant dans la réalisation de sa tâche et le développement d'une autonomie accrue, [...] il est souhaitable que la grille d'évaluation formative soit composée de consignes accessibles pour l'étudiante et l'étudiant, de critères d'évaluation, d'indicateurs et d'une échelle d'appréciation. (p. 345)

Pour permettre de distinguer les différents niveaux de réussite par rapport à ce qui est attendu, les écrits scientifiques proposent des échelles dichotomiques, uniformes et descriptives. Durand et Chouinard (2012) catégorisent les types d'échelles qui sont présentés dans la figure 3:

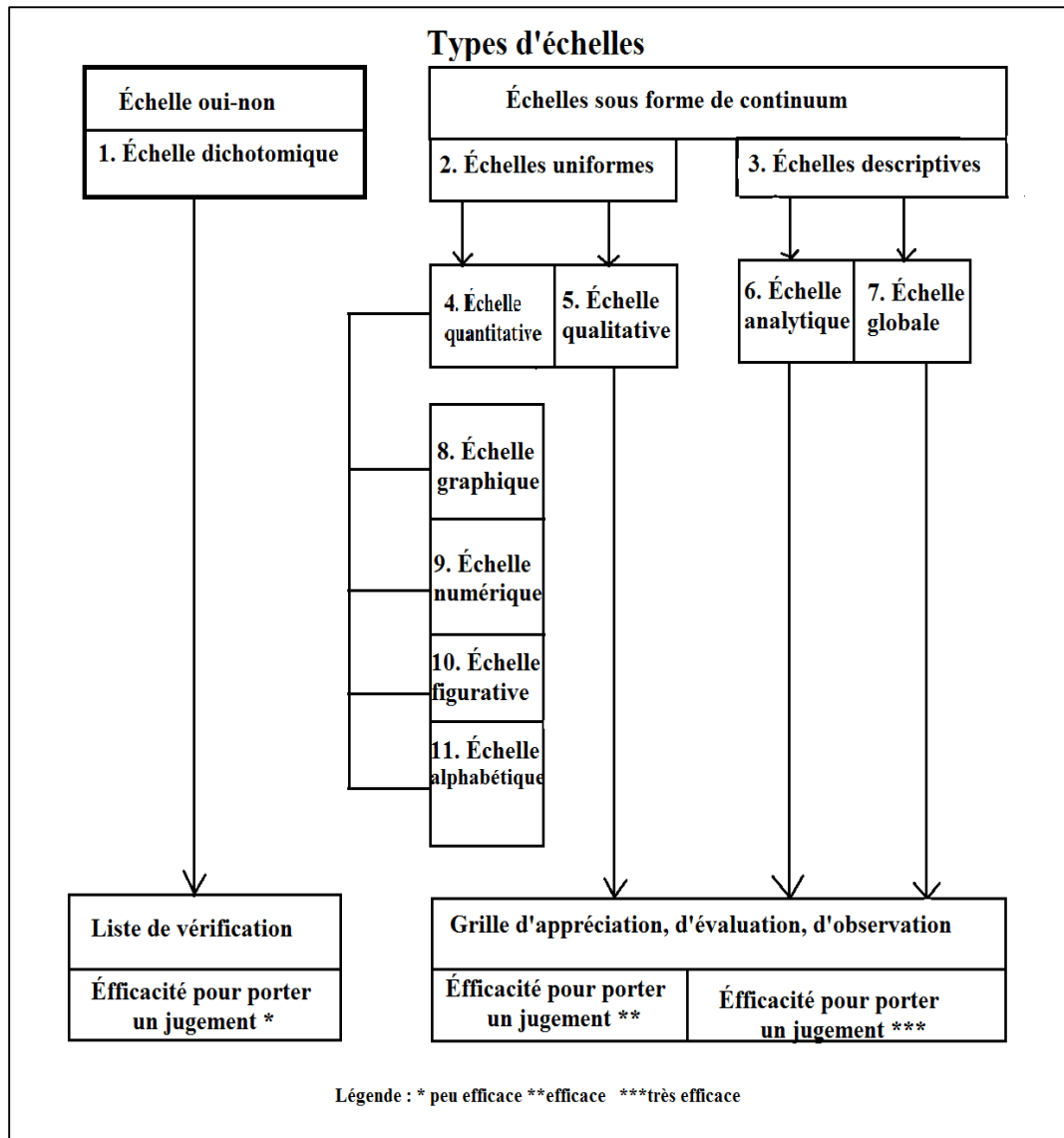


Figure 3: Typologie des outils pour l'interprétation et le jugement de Durand, M-J. et Chouinard, R. (2012). L'évaluation des apprentissages: de la planification de la démarche à la communication des résultats. Montréal: Éditions Hurtubise HMH ltée.

Effectivement, le travail de construction d'échelles uniformes ne se réalise pas sans effort et doit être validé par les personnes qui l'utilisent (Scallon, 2004). Leroux (2014) prétend «qu'elle est délicate et difficile à élaborer parce qu'on doit choisir les critères les plus pertinents qui, permettront de prendre une bonne décision en vue de réguler les apprentissages.» (p. 345)

Le concept de critère vient du grec «*Kritêrion*», signifiant ce qui sert à juger, à distinguer le vrai du faux. (Durand et Chouinard, 2012, p. 259) Selon Simon et Forgette-Giroux (2001, tiré de Durand et Chouinard, 2012) «un critère est une caractéristique d'une performance, d'un produit ou d'une réponse élaborée qui peut se teinter selon différentes valeurs.» (p. 259). Plus précisément, un critère est un regard que le correcteur porte sur l'objet évalué, un point de vue où l'on se place pour évaluer la production de l'élève. Le critère correspond à une qualité de la production. Trois mises en garde s'imposent: a) éviter de choisir des critères trop spécifiques qui ne sont pas généralisables à toutes les productions d'une même famille de situation problème ou de tâche, b) éviter de choisir des critères trop larges ou abstraits qui peuvent susciter une subjectivité et c) éviter une surcharge de détails qui rendent les paragraphes longs et fastidieux dans leur utilisation. Donc pour évaluer les compétences, les grilles d'évaluation à échelle uniforme doivent répondre aux exigences évaluatives de la compétence.

3.7 Le développement d'une tâche en situation authentique en mathématique

Prégent *et al.*, (2009) proposent cinq étapes pour concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique qui mesure les performances complexes. C'est ce modèle que nous avons choisi dans le cadre de cet essai. Les deux premières étapes du développement seront présentées dans le cadre de cet essai tout en y apportant les précisions utiles.

3.7.1 Préparation de l'évaluation

Il s'agit ici de déterminer les ressources susceptibles d'être mobilisées et combinées dans une variété de situations. C'est d'ailleurs l'une des raisons pour laquelle Tardif (1998) «incite à se concentrer sur les ressources, mais en privilégiant leur mobilisation et leur combinaison.» (p. 108) Il invite les enseignantes et enseignants à mettre en place les stratégies et les moyens appropriés pour être en mesure de rendre compte des ressources mobilisées par les étudiantes et étudiants, l'efficacité de ses ressources combinées et des ressources qui auraient dû être mobilisées et qui sont

ignorées. (*Ibid.*, p. 108). Nous préciserons à cette étape sous forme de performances les ressources nécessaires à la réussite de la tâche évaluative proposée.

Pour ce faire, nous allons définir les contenus du cours Calcul Différentiel qui feront l'objet de l'évaluation et ceci en fonction des objectifs d'apprentissage définis dans la description institutionnelle du cours (voir annexe E). Cinq objectifs se rapportent à ce cours et feront l'objet d'évaluation.

3.7.2 *Production de la tâche d'évaluation*

Que ce soit pour un examen, un travail ou un projet intégrateur, Prégent et *al* (2009) pensent que, la production d'un moyen d'évaluation en situation authentique exige du professeur trois opérations à savoir:

1. La rédaction d'une tâche complexe (associée aux compétences et aux contenus);
2. La description des responsabilités des étudiantes et étudiants dans cette tâche;
3. La rédaction des consignes de réalisation. (p. 150)

Lors de la production de la tâche d'évaluation authentique dans le cadre de notre essai, nous allons tenir compte des trois opérations précisées plus hautes et aussi des différentes caractéristiques d'une évaluation authentique. Nous allons déterminer la construction observable qui exigera de l'étudiante ou de l'étudiant la manifestation de la performance et ainsi juger de l'atteinte des objectifs et de la compétence visés par ce cours.

Outre ces trois opérations, Prégent *et al.* (2009) proposent d'utiliser des grilles d'évaluations, aussi bien pour les rétroactions aux étudiantes et étudiants que pour l'évaluation finale de leurs apprentissages. La tâche d'évaluation en situation authentique conçue sera validée à partir d'une grille d'évaluation à échelle uniforme. Nous allons prendre en considération les cinq objectifs d'apprentissages (voir annexe E) dans le

développement de la tâche. Nous allons croiser les critères d'évaluation avec une échelle d'appréciation de type uniforme. Pour que la grille offre des renseignements éclairants possibles à l'étudiante et à l'étudiant, elle doit comporter des rubriques qui décrivent précisément ce que l'on attend d'eux. Ces rubriques ont été décrites à la section 3.4 de ce chapitre.

3.7.3 *Bibliographie, rétroaction et évaluation de la tâche*

La supervision par l'enseignante ou l'enseignant de la progression des étudiantes et des étudiants est aussi une étape importante de l'évaluation des compétences. Pour Prigent *et al.* (2009), les rencontres de supervision ont pour but d'offrir des rétroactions. Ces auteurs prétendent que ces rétroactions doivent être détaillées, précises et constructives. Le recours à notre grille d'évaluation conçue nous permettra de mettre en évidence les critères de performance qui viendront éclairer nos commentaires.

Les critères d'évaluation sont un des paramètres essentiels de la famille de situations puisque c'est à travers eux que toutes les situations relatives à la compétence vont être analysées. Un critère est un point de vue que l'on adopte pour évaluer un objet, une qualité attendue de celui-ci. Les critères doivent permettre d'évaluer la production de l'étudiante et de l'étudiant. Il est indispensable que ces critères soient indépendants l'un de l'autre afin de ne pas évaluer deux fois la même chose (et donc de ne pas pénaliser deux fois l'étudiante ou l'étudiant pour la même erreur). Dans le cadre de cet essai, nous porterons une attention particulière aux critères suivants:

1. la pertinence, ou adéquation de la production à la situation (et notamment à la consigne);
2. la correction ou l'utilisation correcte des concepts et des outils de la mathématique
3. la cohérence, c'est-à-dire l'utilisation d'une démarche logique sans contradiction interne (même si elle n'est pas pertinente), le choix cohérent des procédures d'application, l'enchaînement logique de ceux-ci, l'unité de sens de la production, les difficultés rencontrés dans l'application du processus de modélisation; etc.;

4. La nature de l'acte de modélisation est influencée par les buts implicites de la situation, imposés par l'enseignante et par l'enseignant ou négociés;
5. Le sujet qui résout le problème utilise une large gamme de ressources (y compris les outils informatiques de modélisation) aux différentes étapes de la modélisation mathématique et dans ses analyses;
6. L'interprétation implique de comparer les modèles alternatifs;
7. La phase de communication peut aller au-delà de la simple présentation des résultats des calculs
8. la complétude, ou le caractère complet de la réponse, pour autant qu'il soit possible de déterminer ce qu'est une réponse complète;
9. la qualité de la langue;
10. la qualité de la présentation du travail, de la copie de l'étudiante et de l'étudiant;
11. la profondeur des propositions émises face au problème posé.

Outre ces mesures, Huba et Fred (2000) dans Prégent *et al.* (2009), suggèrent que les moments de rétroactions soient des occasions pour aider et non blesser, explorer des solutions et non diriger, prendre en considération les besoins des étudiantes et des étudiants, cibler les points spécifiques et non généraux et poser des questions afin de permettre à l'étudiante ou l'étudiant de reconnaître les aspects à améliorer. Nous allons tenir compte de tout ceci lors des rétroactions aussi bien dans le déroulement de la matière en classe que de l'évaluation des apprentissages. Le choix du manuel de cours qui prend en compte les éléments de la compétence visée par ce cours est très important dans le déroulement de la tâche. Ce qui est important est d'aboutir à l'évaluation la plus pertinente, la plus valide et la plus fiable de la maîtrise des critères.

Le tableau 7 illustre qu'une tâche en situation authentique doit intégrer les différentes dimensions auxquelles sont associées des questions. Pour chacune de ces dimensions les principaux éléments retenus des auteurs parcourus sont présentés :

Tableau 6
Les dimensions d'une tâche d'évaluation en situation authentique

Dimensions	Questions	Nous retenons des auteurs parcourus que:
Compétence	Quelle est la compétence visée par ce cours?	«un savoir-agir complexe mobilisant et combinant un ensemble de ressources internes et externes pertinents pour traiter avec succès des tâches complexes d'une même famille» (Leroux (2010, p. 73)
Évaluation de la compétence	Comment évalue-t-on la compétence? À quel moment? À quelle fin?	«il est nécessaire qu'un enseignant accorde une très grande importance aux preuves qu'il recueille afin de porter un jugement évaluatif juste et équitable» (Tardif, 2006, p. 113)
Modélisation	Quelles sont les démarches de modélisation en mathématique?	«L'application des mathématiques pour résoudre des problèmes situés dans le monde réel, également appelée la modélisation mathématique, peut être conçue comme un processus complexe comprenant plusieurs étapes» (Verschaffel, L. et Erick De Corte, 2008, p. 154)
Tâche d'évaluation en situation authentique et complexe	Quels sont les caractéristiques de la tâche en situation authentique?	pour qu'une situation soit authentique, signifiante et complète, les situations d'apprentissage doivent répondre à certains critères: 1. Il doit être impossible pour les élèves de résoudre le problème ou de mener à bien le projet à partir de leurs connaissances antérieures, c'est-à-dire sans la construction des connaissances spécifiques au cours. Il doit donc s'agir d'un défi; 2. Elles doivent être technoscientifiques, c'est-à-dire qu'elles doivent mettre en évidence l'aspect problématique et favoriser l'engagement de l'élève comme citoyen; 3. Elles doivent permettre l'expression de l'attitude essentielle de la discipline; 4. Elles doivent prendre en compte les buts généraux du programme; 5. Elles doivent faire appel, le plus possible, à des connaissances d'autres cours de la même discipline et, mieux encore, d'autres disciplines. En bref, la situation doit favoriser la transdisciplinarité et le transfert des apprentissages (Normand, 2014, p. 171)
Les étapes de développement	Quelles sont les composantes d'une tâche complexe et authentique?	Les étapes de développement privilégiées dans le cadre de cet essai: 1. Préparation de l'évaluation: déterminer les ressources susceptibles d'être mobilisées et combinées dans une variété de situations? 2. Production de la tâche (Prégent et al., 2009, p. 150)

Dimensions	Questions	Nous retenons des auteurs parcourus que:
Les composantes de la tâche	Quels sont les éléments qui composent la tâche?	«c'est un ensemble de situations problèmes de niveau de difficulté plus ou moins équivalente qui traduisent une même compétence (situation complexe et tâche complexe elle-même.» (De Ketele, 2013a, p. 46)
La grille d'évaluation	Quels sont les outils qui permettent de recueillir les traces et de porter des jugements sur le développement de la compétence de l'étudiante et de l'étudiant?	«Dans une perspective d'engager l'étudiante ou l'étudiant dans la réalisation de sa tâche et le développement d'une autonomie accrue, l'enseignante ou l'enseignant peut proposer et concevoir, à certains moments, en collaboration avec les étudiantes et les étudiants de grilles d'évaluation dans le but de soutenir l'autoévaluation, la coévaluation et l'évaluation par les pairs» (Leroux, 2014, p. 345)

4. LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE LA RECHERCHE

Dans un premier temps, rappelons que cette recherche a pour question générale «Comment concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique dans le but d'évaluer la compétence de l'étudiante et de l'étudiant dans le cadre du cours Calcul différentiel à la 1^{ère} session du programme Sciences de la nature au collégial?». Cet essai est réalisé dans le but de suggérer aux enseignantes et enseignants en mathématique les modalités d'évaluation des apprentissages et à certifier de l'atteinte des compétences visées par les étudiantes et étudiants inscrits au cours à l'essai.

Afin de répondre à la question générale de recherche et en considérant les éléments de notre cadre de référence, je formule les deux objectifs spécifiques de cet essai:

1. Concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique et une grille d'évaluation formative dans le cadre du cours Calcul Différentiel à la 1^{ère} session du programme de Sciences de la nature au niveau collégial
2. Valider la tâche d'évaluation en situation authentique et une grille d'évaluation formative dans le cadre du cours Calcul Différentiel à la 1^{ère} session du programme de Sciences de la nature au niveau collégial.

TROISIÈME CHAPITRE

LA MÉTHODOLOGIE

Le présent chapitre décrit les choix méthodologiques qui ont guidé notre essai pour répondre à l'objectif de recherche qui vise à concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique et de la grille d'évaluation dans le cadre du cours Calcul Différentiel dans le programme de Sciences de la nature au niveau collégial. Dans un premier temps, nous exposerons l'approche méthodologique de manière plus spécifique, la recherche de développement. Dans un deuxième temps, les phases de la recherche sont décrites de manière successive: analyse de la demande, le cahier de charge, la conception de la tâche, la préparation technique et la construction du prototype, mise au point, les aspects éthiques de la recherche et l'analyse des résultats.

1. LA RECHERCHE DE DEVELOPPEMENT

Le présent essai visait la conception d'une tâche d'évaluation en situation authentique des apprentissages dans le cadre du cours Calcul Différentiel au Collège Montmorency. Le type de recherche le plus approprié s'avère être la recherche de développement et plus précisément pour cet essai, celle de Van Der Maren (2014).

Selon les écrits de Van Der Maren (*Ibid.*), la recherche de développement est une recherche à enjeu pragmatique. Notons que les «recherches à enjeu pragmatique ne se posent pas la question du «pourquoi», mais celle du «comment.» (p. 25) Elle propose trois genres de recherche à enjeu pragmatique: la recherche évaluative aux fins d'amélioration, la recherche intervention et la recherche de développement. La recherche de développement d'objet est une recherche qui consiste «à concevoir, à produire un outil, un objet matériel (programme, manuel, outil d'enseignement ou de réadaptation, etc.) puis à le tester avant de l'utiliser de manière régulière.» (Van Der Maren, 2014, p. 26). Dans cet essai, nous avons préconisé la recherche de développement puisqu'elle correspond aux visées de notre recherche.

Dans le contexte de la recherche, plusieurs définitions sont proposées pour décrire la recherche de développement. Selon la recension des écrits consultés sur la recherche de développement (Van Der Maren, 2003 et 2014), le chercheur établit une distinction entre la recherche de développement et la démarche de développement. Tout d'abord, Van Der Maren (*Ibid.*) «expose que la première vise exclusivement la réalisation d'un produit, tandis que la seconde s'inscrit dans une perspective qui vise aussi l'avancement des connaissances générées par ce développement.» (p. 145)

Ainsi, Van Der Maren (2014) définit le produit de la recherche de développement de la manière suivante: «ce type de recherche amène à mettre au point un matériel d'enseignement ou une nouvelle manière d'exploiter des documents et des exercices, un matériel de laboratoire ou un guide d'observation, etc.» (p. 146) Dans l'optique de résoudre un problème réel d'évaluation en situation authentique dans une APC dans le cours à l'essai, le processus de création et de développement d'objets pédagogiques mène à une innovation comme la mise en œuvre, la création de nouveaux produits, à l'aide d'une démarche précise et rigoureuse, en cherchant des pistes de solutions concrètes et pragmatiques à la question de recherche portant sur l'évaluation en situation authentique et l'atteinte des compétences visées par le cours à l'essai.

On comprend donc que la recherche de développement permet de développer du matériel pédagogique en suivant un cheminement rigoureux, tout en tenant compte des connaissances scientifiques et d'un cadre de référence bien étoffé.

2. LE DÉROULEMENT DE LA RECHERCHE

La méthodologie retenue s'inspire principalement des écrits de Van Der Maren (*Ibid.*) concernant la démarche à effectuer en vue du développement d'un objet pédagogique. Sa démarche possède des étapes précises et s'éloigne sans contredit «d'une démarche intuitive et artisanale». Cette démarche comporte cinq étapes soit l'analyse de la demande, le cahier de charge, la conception de l'objet, la préparation et la mise au

point. La figure 4 illustre schématiquement ces cinq étapes inspirées des travaux de Van Der Maren (*Ibid.*). Étant donné les limites d'un essai professionnel, les étapes de l'implantation et de mise sur marché seront complétées une fois l'essai terminé.

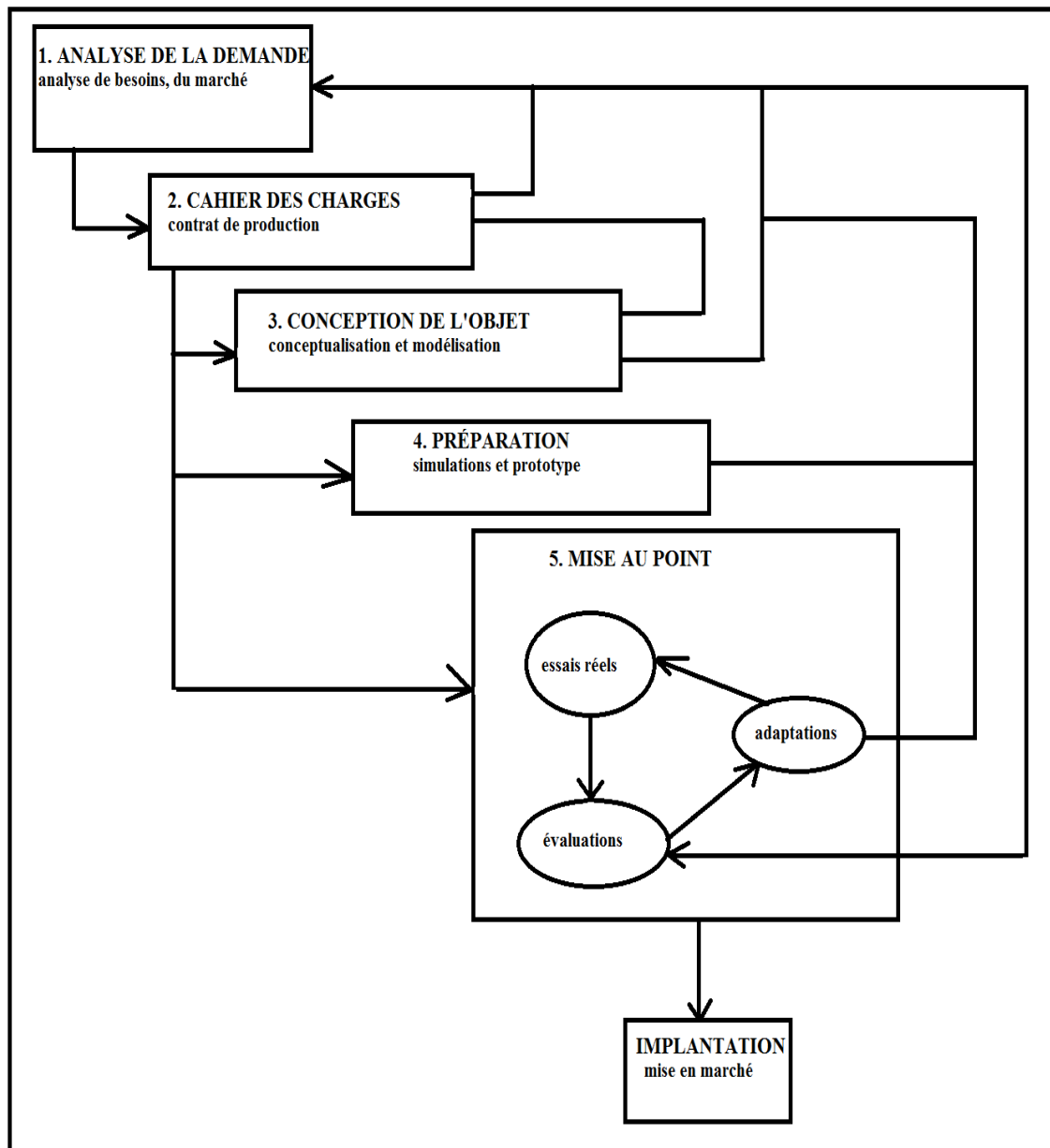


Figure 4: Résumé schématique de la démarche de la recherche de Van der Maren, J.-M. (2014). La recherche appliquée pour les professionnels: Éducation, paramédical, travail social. *Méthodes de recherches pour l'éducation* (3e éd.). Bruxelles: De Boeck Université (1^{re} éd. 1995).

2.1 La première étape: analyse de la demande

Pour Van der Maren (2014), cette étape consiste à faire l'analyse de la situation problématique afin d'en préciser le contexte, les ressources en cause, les objectifs et les buts à atteindre.

Rappelons les grandes lignes de cette problématique, qui a été détaillée au premier chapitre de cet essai. La problématique de cet essai se situe au niveau de l'évaluation en situation authentique dans le cadre du cours Calcul Différentiel au Collège Montmorency. Le but était de concevoir et valider une tâche en situation authentique et sa grille d'évaluation formative dans le cadre d'un cours de première année. Développé dans le cadre des nouveaux programmes élaborés par compétences, le cours Calcul Différentiel a été ciblé aux fins de l'étude. Il s'agit d'un cours obligatoire de la première session première année dans le programme Sciences de la nature au Collège Montmorency. Ce cours est donné au Collège Montmorency conjointement avec le cours Logiciels appliqués en Sciences dont les ressources sont investies dans le cadre de cet essai. Les étudiantes et étudiants seront répartis dans des équipes pour la réalisation de la tâche d'évaluation en situation authentique développée.

Comme nous en avons fait état dans la problématique, rappelons que le morcellement du cours à l'essai en quatre modules a des conséquences sur le jugement de l'enseignante et de l'enseignant lorsqu'il doit rendre compte du niveau de développement de la compétence. Il devient difficile pour l'enseignante et l'enseignant d'avoir un portrait global du degré de maîtrise de la compétence, de son niveau de développement lorsque celle-ci se développe à l'intérieur de quatre modules. Dans ce contexte, l'étudiante ou l'étudiant peut difficilement identifier ce qu'il doit privilégier pour atteindre la compétence visée par le cours. Ce problème soulevé dans le chapitre de la problématique, a révélé l'absence d'un outil qui permet de recueillir les traces ou les preuves des apprentissages des étudiantes et étudiants dans le but de rendre compte du développement de la compétence du cours.

Formée de trois ou quatre personnes, chacune des équipes est appelée à consulter un site internet en lien avec la mise en situation problème répondant à des critères précis. Se partageant les tâches, les membres d'une équipe réalisent collectivement les étapes de la situation problème. Cette tâche en situation authentique vise la cohérence entre le secondaire et le collégial en mathématiques et plus spécifiquement dans le cours de Calcul différentiel. De manière concrète, nous avons développé cette tâche dans le but de rendre compte de l'atteinte de la compétence individuelle de chaque étudiante et étudiant, en regard de la compétence «*Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes*¹²».

2.2 La deuxième étape: le cahier de charge

Selon Van Der Maren (2014), l'élaboration du cahier de charge a pour but de circonscrire l'ampleur du travail à réaliser. En précisant les exigences à rencontrer, le matériel à développer, l'utilisation qui en sera faite, les ressources disponibles et celles à acquérir, les contraintes et les limites d'utilisation, on arrive à définir avec précision les objectifs à atteindre.

2.2.1 Les exigences à rencontrer

Il s'agit ici de produire une tâche d'évaluation en situation authentique et une grille d'évaluation formative pour évaluer le niveau d'atteinte de la compétence acquise par des étudiantes et étudiants dans le cadre du cours Calcul Différentiel au collège Montmorency. L'ensemble des politiques et les règles départementales de mathématique et la politique institutionnelle des apprentissages (PIEA) en vigueur au Collège Montmorency (2001) ont été pris en compte, dans les contraintes liées à un essai de maîtrise.

¹² MELS, Programme Sciences de la nature, 2002, compétence 00UN

2.2.2 *Le matériel à développer*

Selon Van Der Maren (2014), le matériel pédagogique développé dans le cadre de la recherche de développement vise à combler un besoin immédiat en salle de classe, d'où son caractère hautement utilitaire et pragmatique. Elle ajoute que, dans ce type de recherche, «le chercheur détermine ce que le matériel que l'on développera devra pouvoir faire (ses fonctions) pour répondre à la demande, ce que les utilisateurs devront pouvoir faire de ce matériel et à quelles exigences il devra répondre» (*Ibid.*, p. 147). On comprend donc que le processus de développement du matériel pédagogique, pour sa part, était plus rigoureux qu'une simple démarche artisanale de développement de produit.

Afin d'élaborer la tâche d'évaluation en situation authentique, le cadre de référence que nous avons construit nous a guidés. Ainsi, la recension des écrits nous a guidés et nous a permis de regrouper les principales dimensions de la tâche. Pour chacune des sept dimensions identifiées au tableau 7 à la page 77 du cadre de référence, des questions ont été formulées afin de nous aider à structurer la conception du prototype de la tâche. La tâche d'évaluation en situation authentique que nous avons développée dans le cadre de cet essai tient compte des caractéristiques qui viennent d'être énoncées.

La tâche développée fait partie intégrante du processus apprentissage-évaluation des étudiantes et étudiants, lequel est assujéti à de multiples contraintes spécifiques liées au cours Calcul Différentiel au Collège Montmorency dont:

1. Les contraintes de temps (75 périodes de cours réparties sur 15 semaines, voir contenu modulaire à l'annexe E);
2. Les contraintes matérielles (l'effectif souvent trop grand pour le mobilier dans les salles de classe);
3. Pour l'enseignante et l'enseignant, l'introduction rigoureuse dans les SAE, les tâches en situation authentique, les situations problèmes, les modélisations, et la mobilisation des ressources du cours Logiciels appliqués en Science conjointement donné avec le cours à l'essai;

4. Des façons d'évaluer de chacune des enseignantes et de chacun des enseignants tout en tenant compte de la description institutionnelle du cours et de la PIÉA au collège.

2.3 La troisième étape: la conception de l'objet

Selon Van Der Maren (2014), la phase de conception de l'objet consiste à procéder à l'analyse des connaissances sur le sujet en consultant les écrits de nature professionnels, technologiques et scientifiques disponibles. En nous référant aux théories existantes et aux possibles applications et évaluations qui en ont été faites, nous avons élaboré un modèle général contenant les éléments essentiels à partir des huit dimensions de la tâche ainsi que des questions et réponses répertoriées au niveau du tableau 8 à la page suivante. La consultation des écrits portant sur les expériences réalisées dans d'autres domaines documentés par Duval, et Pagé (2013) nous a permis de découvrir comment le problème peut être traité, puis d'analyser les limites et les lacunes observées de manière à envisager les adaptations et modifications importantes à y apporter. À la fin de cette étape, nous étions en mesure de créer un modèle de la tâche à développer, de préciser quelles en sont les grandes lignes et l'organisation générale qu'il prendra.

Au chapitre deux du présent essai, nous avons documenté le concept de compétence, l'évaluation des compétences dans un programme formulé par compétences, l'évaluation des apprentissages en mathématique. En nous appuyant sur les nombreux écrits recensés, nous avons identifié un ensemble de caractéristiques applicables à l'évaluation dans le cadre d'un programme formulé par compétences.

Au terme de cette recension des écrits, nous avons fait le choix de regrouper les caractéristiques proposées pour évaluer les compétences visées par un cours de façon authentique en utilisant le modèle de Prégent *et al.* (2009) et en se référant au tableau synthèse suivant qui illustre les dimensions qu'une tâche en situation authentique en mathématique doit intégrer ainsi que les questions et descriptions, qui y sont associées.

Tableau 7
Tableau synthèse d'une tâche en situation authentique en mathématique

Dimensions	Question	Description selon le cours Calcul Différentiel
Compétence	Quelle est la compétence visée par ce cours?	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Objectif ministériel</u>: (00UN): Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes 2. <u>Compétence visée</u>: Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions à une variable réelle et à la résolution de problèmes
Évaluation de la compétence	Quels sont les buts d'évaluation de la compétence? Quels sont les moments de l'évaluation? Quels sont les moyens?	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Les buts</u>: Utiliser la dérivée et les notions connexes pour analyser les variations d'une fonction et tracer son graphique; puis résoudre des problèmes d'optimisation et de taux de variation 2. <u>À quelle fin</u>: de manière formative une tâche en cours d'apprentissage 3. <u>Moment</u>: À partir de la semaine 10 de la session 4. <u>Type</u>: version papier et version numérique
Modélisation	Quelles sont les étapes de la modélisation en mathématique?	<p>En lien avec la compétence visée du cours de calcul différentiel, on a quatre étapes à savoir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Étape 1: Observation d'un site: consulter un site de l'île d'Anticosti et recueillir des informations sur l'exploration pétrolière 2. Étape 2: La mathématisation: à partir des données du problème et des données recueillies sur le site, décrire la situation problème à l'aide des fonctions et des équations à partir des variables dépendantes et indépendantes identifiées. En second lieu, rédiger un protocole de laboratoire à partir de ce que l'on veut savoir sur le problème présenté. 3. Étape 3: L'expérimentation: Réaliser essentiellement à l'aide du logiciel Mathematica, ce qui a été prévu dans le protocole de laboratoire. 4. Étape 4: L'interprétation des résultats: Résumer les points les plus importants qui se dégagent de l'étude faite et formuler des recommandations pour la sauvegarde de l'environnement.
Tâche complexe et authentique	Quelles sont les caractéristiques de la tâche en situation authentique?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Présente un défi: minimiser les lignes de faille pour la sauvegarde de l'environnement lors d'une exploration pétrolière 2. Est authentique et réaliste: une mise en situation inspirée des travaux du BAPE sur l'exploration pétrolière et la sauvegarde de l'environnement 3. Favorise le jugement et l'innovation: identifie les liens entre les lignes de faille, l'environnement et les

Dimensions	Question	Description selon le cours Calcul Différentiel
		<p>mathématiques</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Prends en compte les buts généraux du programme: nous avons pris en compte les objectifs d'apprentissage du cours (appliquer les règles et les techniques de dérivation; utiliser la dérivée et les notions connexes pour analyser les variations d'une fonction et tracer son graphique; résoudre des problèmes d'optimisation et de taux de variation) 5. Prends en compte les difficultés et erreurs des étudiantes et des étudiants 6. Doit être technoscience¹³: mettre l'étudiante et l'étudiant dans la peau d'un géophysicien en interaction avec les ingénieurs qui sont sur le terrain 7. Doit être de production unique: les étudiantes et étudiants choisissent leur protocole de laboratoire
Les étapes de développement	Quelles sont les composantes d'une tâche complexe et authentique?	<p>Les étapes de développement de Prigent et <i>al.</i> (2009) sont les étapes privilégiées dans le cadre de cet essai:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Préparation de l'évaluation: On désire que les vibrations ne se propagent pas plus loin qu'une distance horizontale D. Voici la logique de notre raisonnement: <ol style="list-style-type: none"> 1.1 h, C₁, C₂ sont des constantes fixes reliées à l'environnement du site. 1.2 D donne directement T₁ (D= C₁*T₁) 1.3 D donne directement T₃ (D= Racine [0,5(C₁T₃)²-2h²]) 1.4 Comme la vibration qui ira le plus vite sera celle au temps T₂, elle sera la première arrivée à Q. D ne donne pas directement T₂. Ce temps dépend de l'angle Θ. <p>Si l'on minimise T₂ par rapport à Θ, on pourra cibler l'angle de la vibration qui voyage le plus rapidement et donc qui cause le moins de dommage terrestre.</p> 2. Production de la tâche: en trois opérations à savoir (a) la rédaction d'une tâche complexe en lien avec la sauvegarde de l'environnement (associée aux compétences et aux contenus); (b) la description des responsabilités des étudiantes et étudiants dans cette tâche; (c) la rédaction des consignes de réalisation 3. Bibliographie: manuel de cours, notes de cours disponible sur Moodle, guide d'utilisation du logiciel Mathematica et grille d'autoévaluation disponible sur Moodle 4. Rétroactions: semaine 11, semaine 12; correction à la semaine 13 et bilan général à la semaine 14
Les composantes de la	Quels sont les éléments qui	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tâche: résoudre une situation problème inspirée des audiences du BAPE sur les gaz de schistes et

¹³ Technoscience: ensemble dans lequel coopèrent institutions, chercheurs et ingénieurs afin de mettre en œuvre, pour des applications précises, les ressources de la science et de la technique.

Dimensions	Question	Description selon le cours Calcul Différentiel
tâche d'évaluation en situation authentique	composent l'évaluation en situation authentique?	prenant en compte les éléments de la compétence du cours à l'essai 2. Conception d'un cahier de production numérique de l'étudiante ou de l'étudiant disponible sur Moodle 3. Grilles (d'auto-évaluation et d'évaluation) disponibles sur Moodle
La grille d'évaluation	Quels sont les outils qui permettent de recueillir les traces et de porter des jugements sur le développement de la compétence de l'étudiante et de l'étudiant? Quels sont les critères? (seuil de performance)	1. Grille d'évaluation à échelle uniforme: une grille d'évaluation formative à échelle uniforme pour juger de son niveau de développement des éléments de la compétence 2. Six critères essentiellement liés aux objectifs d'apprentissage du cours et les buts du programme à savoir: (a) communique de façon claire et précise des éléments identifiés (b) résout la situation problème de façon systématique (c) applique les concepts et savoir-faire mathématiques (d) utilise des technologies appropriées de traitement de texte et du logiciel de calcul symbolique (e) est pertinent et rigoureux dans le commentaire (f) respecte des normes de présentation et (g) respecte la qualité de la langue

2.4 La quatrième étape: la préparation technique et la construction du prototype

La phase de réalisation de la tâche d'évaluation en situation authentique et de la grille d'évaluation à échelles uniformes a été la partie la plus importante de cette recherche. En premier lieu, nous avons analysé la demande et établi notre cahier de charge selon le modèle de Van Der Maren (2014). En second lieu, nous avons ciblé et construit la tâche d'évaluation en situation authentique, tout en prenant en compte les différentes étapes du modèle proposé par Prégent *et al* (2009) et en nous référant au tableau 8. En troisième lieu, nous allons procéder au choix des expertes et des experts. En quatrième lieu, recueillir les données auprès des expertes et experts impliqués dans la recherche. En cinquième lieu, nous ferons une évaluation afin d'apporter des améliorations à l'ensemble du projet. Cette étape se déroulera une fois l'essai terminé. Le tableau 9 présente l'ensemble des échéanciers.

Tableau 8
Calendrier du déroulement de la méthodologie de l'essai

<u>Étapes</u>	<u>Actions</u>	<u>Échéanciers</u>
Étape 1	Analyse de la demande	Juin 2014
Étape 2	Cahier de charge	Juillet à septembre 2014
Étape 3	Conception et modélisation de la tâche d'évaluation complexe	Novembre à décembre 2014
Étape 4	Cueillette des données auprès des expertes et experts	Janvier 2015
Étape 6	Apporter des améliorations à l'ensemble du projet	Février à mai 2015

2.5 La cinquième étape: la mise au point

La mise au point (conception et validation de la tâche) sera mise en œuvre une fois l'essai terminé. Dans le cadre des phases de la recherche de développement, nous avons tout de même décidé de procéder à l'étape de validation de la tâche d'évaluation en situation authentique auprès des expertes et des experts. Afin de procéder à cette validation, nous avons sollicité des expertes et experts auprès desquels nous avons recueilli des données à l'aide d'un questionnaire et d'une entrevue semi-dirigée.

L'ampleur du travail engendré par la conception d'une tâche d'évaluation en situation authentique ainsi que sa grille dépasse largement le cadre habituel de la tâche d'une enseignante ou d'un enseignant, comme le précise Van Der Maren (2014):

La mise au point d'activités et de matériel pédagogique est une activité quotidienne des enseignants. Cependant, ils procèdent souvent de manière intuitive et artisanale, parant au plus pressé et sans grande planification: la production est efficace pour le lendemain, mais son usage reste local et temporaire. Dès lors, lorsque des enseignants souhaitent réaliser une production ou une intervention dont l'usage serait plus large, ils ont besoin d'une démarche plus organisée. (p. 145)

Ainsi, cet appel fait aux diverses expertes et experts pour la validation du prototype nous a permis de détecter les forces et les points à améliorer de la tâche et des ressources afférentes développées. Une mise à l'essai formel auprès des étudiantes et des étudiants se fera une fois l'essai terminé.

2.5.1 *La sollicitation des expertes et experts*

Dans le cadre du présent essai, l'échantillon est non-probabiliste. Ce type d'échantillon a été choisi avant tout pour sa pertinence au regard des objectifs spécifiques de la présente recherche. Cet échantillon est intentionnel, c'est-à-dire que nous avons identifié «un ensemble de critères provenant du cadre théorique afin d'avoir accès, pour le temps de l'étude, à des personnes qui partagent certaines caractéristiques» (Karsenti et Savoie-Zajc, 2011, p. 130).

Cet échantillon est composé d'enseignantes et d'enseignants de la discipline mathématique. Le cadre d'échantillonnage est basé sur les quatre critères suivants:

Tableau 9
Critères de choix des expertes et experts

Critères	Description
Critère 1: Être enseignante et enseignant du secteur	Enseignante ou enseignant ayant dispensé des cours

régulier;	de mathématiques en Sciences humaines (300.AO) et/ou Sciences de la nature (200.BO) et qui ont suivi le MIPEC, le DE ou l'équivalent dans une autre université.
Critère 2: Expérience requise	Avoir deux ans au moins d'expérience en enseignement au collégial;
Critère 3: Connaissance disciplinaire	Avoir donné le cours visé par la recherche pendant au moins deux sessions ou plus

Ces trois critères étaient incontournables, car nous visions à vérifier une tâche en situation authentique en évaluation des apprentissages qui s'inscrivent dans une APC. Un contact personnalisé auprès de quelques enseignantes et enseignants de la discipline mathématique nous a permis la constitution d'une liste d'individus potentiels.

Au total des sept expertes et experts sollicités, quatre expertes et experts d'entre eux ont accepté de participer à cet essai. Ces quatre expertes et experts ont été sondés par courriel et suite à une réponse positive, nous leur avons fait parvenir la tâche d'évaluation et les ressources développées ainsi que le questionnaire.

2.5.2 *Les outils de collecte de données*

Parmi les auteurs que nous avons consultés, les principaux que nous retenons sont, Fortin (2010), Gauthier (2009) et Karsenti et Savoie Zajc (2011). Pour valider la tâche en situation authentique et sa grille, nous avons eu recours à deux instruments, c'est-à-dire le questionnaire et l'entrevue téléphonique semi-dirigée. En recherche qualitative interprétative, «le chercheur a également intérêt à combiner plusieurs modes de collectes de données pour faire ressortir différentes facettes du problème étudié et pour corroborer certaines données reçues» (Savoie Zajc, 2011, p. 132). Gauthier (2009) pour sa part définit le questionnaire comme «un ensemble de questions dont la combinaison doit former un instrument de mesure valide, fidèle, mais également cohérent et agréable à répondre» (p. 478). En ce qui concerne l'entrevue, elle consiste à un entretien à l'aide des questions prédéterminées.

2.5.3 *Le questionnaire*

Le questionnaire est l'instrument utilisé en recherche sociale pour recueillir des informations. C'est un moyen de communication essentiel entre le chercheur et les participants. Il est le support, où une suite de questions déterminées est formulée afin de recueillir les informations à analyser.

Nous avons donc opté pour cet instrument pour la validation du prototype de la tâche d'évaluation en situation authentique réalisée. Le questionnaire, présenté à l'annexe F, comportait 22 questions ouvertes et fermées. La structure du questionnaire est inspirée des travaux de Leroux (2010) lorsqu'elle a validé le questionnaire auprès des juges experts. Le questionnaire a été construit pour vérifier l'intégration à la tâche d'évaluation développée les caractéristiques d'une tâche d'évaluation en situation authentique telle qu'on retrouve dans notre cadre de référence, qui s'inscrit dans une APC. Pour chaque question, il y a une échelle d'appréciation de quatre niveaux, soit d'insatisfaisant à tout à fait satisfaisant, ainsi qu'une section «commentaires» permettant d'exprimer plus explicitement leurs points de vue de manière à faire des propositions et des suggestions d'amélioration. Avant son utilisation, il avait été soumis à une conseillère pédagogique et à un membre du département ne faisant pas partie de l'échantillon pour sa validation. Cette procédure visait à attirer notre attention sur la clarté, la précision au niveau des questions et les points faibles de la tâche d'évaluation en situation authentique développée. Une fois complété, nous avons pris contact avec les expertes et experts dans un premier temps, avec une lettre de présentation et de consentement éclairé (annexe G) qui ont été envoyées par courrier électronique afin de connaître leur désir et leur disponibilité pour participer à la recherche. À la suite d'une réponse positive de la part des experts et expertes à la réception du consentement signé, nous avons procédé à l'envoi par courrier électronique le prototype réalisé, le lien pour atteindre le site Moodle réalisé dans le cadre de cet essai, les noms d'utilisateurs et mot de passe, le questionnaire ainsi que le plan de cours.

Cette participation consistait à répondre à un questionnaire, d'une durée de 90 à 120 minutes, portant sur le fond et la forme de la tâche développée ainsi que la conception des éléments du site. À la réception du questionnaire envoyé dûment rempli par les expertes et l'expert, nous avons pris un rendez-vous auprès des expertes et de l'expert dans une semaine environ afin de réaliser la suite de la démarche de collecte des données, c'est-à-dire l'entrevue téléphonique pour obtenir des informations complémentaires au questionnaire.

2.5.4 *L'entrevue téléphonique*

Pour mener à bien l'entrevue téléphonique, un guide d'entretien a été élaboré (voir annexe F). Selon Fortin (2010), le guide d'entretien doit être constitué de thèmes et de sous-thèmes écrits à l'avance dans le but de centrer l'échange entre l'intervieweur et l'interviewé sur chacun de ces thèmes. Elle ajoute que «le guide d'entrevue facilite la communication, grâce à l'enchaînement logique des questions sur différents aspects du sujet» (*Ibid.*, p. 429). Dans notre cas, nous avons choisi de réaliser des entrevues par téléphone dans le but de rendre notre stratégie plus souple afin de préserver une interaction avec les expertes et l'expert. L'entrevue consistait en un entretien à l'aide de trois questions ouvertes et prédéterminées qui sont présentées à l'annexe F. Généralement, ce type d'échange augmente la profondeur des commentaires et c'est ce que nous avons recherché à cette étape, car «un réel échange s'engage entre les personnes: l'une tentant d'expliquer sa pensée, l'autre voulant mieux la comprendre» (Gauthier, 2009, p. 342). L'entrevue a duré en moyenne 30 minutes et a été enregistré une fois l'experte et l'expert informé. Il a été question de discuter avec l'experte et l'expert de la structure de la tâche développée ainsi que des ressources afférentes, des points forts et faibles et des aspects manquants à l'apprentissage de l'étudiante et de l'étudiant.

Les données recueillies à la suite du questionnaire et de l'entrevue ont permis d'apporter des améliorations et de transformer la tâche développée tant dans sa forme que par le fond afin de maximiser son implantation future dans le cours Calcul Différentiel.

Le recours à l'enregistrement a permis la transcription intégrale des données recueillies dans le but de compléter la dernière étape des résultats.

2.6 L'analyse des résultats

Pour cette étape, il était important, à la suite du questionnaire et de l'entrevue semi-dirigée, de colliger l'ensemble des données pour mettre à jour le prototype conçu à partir des commentaires des expertes et experts. Pour bien comprendre, analyser les données recueillies et établir des liens entre les différents concepts de la tâche conçue, une méthode d'analyse qualitative a été utilisée à la suite des données recueillies.

Les données qualitatives que nous avons recueillies ont fait l'objet d'un traitement et d'une analyse particulière, soit l'analyse de contenu. Selon Miles et Huberman (2003), il faut transcrire les données brutes (entrevue semi-dirigée), réduire les données obtenues par une opération de catégorisation qu'ils qualifient de condensation des données. Selon eux, la condensation des données renvoie à l'ensemble des processus de sélection, de centration, d'abstraction et de transformation des données qui figurent dans la transcription des données. Pour faciliter et pour amorcer l'analyse des données, une lecture préliminaire de tout le questionnaire a été effectuée afin d'obtenir une impression générale des données recueillies. La seconde étape a consisté à faire une transcription et une synthèse des verbatim dans un fichier Word sous forme de tableau tout en les répartissant selon les huit dimensions d'une tâche en situation authentique (annexe H). Un premier tableau a été conçu pour présenter les réponses de chaque experte et expert pour mettre en relief et comparer leur niveau d'appréciation et leur commentaire. Les entrevues téléphoniques ont été enregistrées à partir d'une tablette et retranscrites fidèlement dans un second tableau. Une transcription du verbatim des données, en vue de mieux comprendre et les analyser après chaque entrevue individuelle enregistrée a été réalisée. À la suite de cette analyse, nous avons catégorisé et classifié les données permettant d'apporter des changements à la tâche et sa grille; les commentaires et les appréciations ont guidé les modifications du prototype initialement présenté aux expertes et experts. Dans le cadre de cette recherche, la combinaison du questionnaire et de

l'entrevue téléphonique réalisée auprès des expertes et de l'expert a permis de faire surgir des informations diverses en vue de faire ressortir des pistes d'amélioration de la tâche ainsi que de sa grille d'évaluation formative.

Plus spécifiquement, l'analyse de contenu a permis, grâce à la méthode thématique, d'emprunter une technique objective et systématique de description du contenu manifeste de la communication (Miles et Huberman, 2003, p. 421). Les résultats découlent de cette analyse de données, ils ont été classés et catégorisés et sont présentés dans le chapitre 4.

2.7 Les aspects éthiques de la recherche

Au cours de cette recherche, nous avons porté une attention particulière à la confidentialité, à l'anonymat et au consentement éclairé. Pour ce faire, une rencontre a eu lieu entre la personne ressource chargée de la politique institutionnelle d'éthique de la recherche avec les êtres humains dans au collège Montmorency pour déterminer les balises à prendre pour assurer le respect de la dignité humaine, le respect du consentement libre éclairé, le respect de la vie privée et des renseignements personnels et le respect de la justice et de l'intégrité. Par souci du respect de l'éthique et compte tenu que une des expertes et expert provient du Collège Montmorency et les autres d'autres collèges du Québec, une autorisation a été demandée à Madame Johanne Bergeron, la conseillère pédagogique du collège Montmorency responsable du soutien à la recherche. Cette autorisation de procéder à la collecte de données a été obtenue le 11 juin 2014. Aussi, le présent essai a été fidèle à la Politique institutionnelle en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains (Université de Sherbrooke, 2014). Cette politique comprend quatre principes: l'intégrité scientifique, l'intégrité de la personne, le respect de la dignité et de la vie privée et l'autonomie de la personne.

Les expertes et l'expert ont été informés que leurs noms seront remplacés par des pseudonymes, afin de protéger l'anonymat. Dans le souci de confidentialité, aucune experte et aucun expert n'a eu accès aux réponses individuelles données par chacune ou

chacun d'eux. Les données sont conservées à la maison dans une armoire fermée à clé pour une durée de deux ans après le dépôt final et évaluation de cet essai.

Les expertes et l'expert ont été contactés par une lettre explicative (voir annexe G) et un appel téléphonique plus personnalisé. Ils étaient informés de l'ensemble du projet et du temps nécessaire pour répondre au questionnaire ainsi que du temps approximatif à consacrer à l'entrevue semi-dirigée. Les risques encourus par eux dans cette recherche sont minimes. Mais, comme il s'agit d'enseignantes et d'enseignants, de conseillères et conseillers pédagogiques et coordonnatrices et coordonnateurs départementaux en exercice au collégial, des collègues de leur programme d'étude ou d'autres intervenantes et intervenants de leurs collèges auraient pu réagir négativement à certaines réponses formulées. Pour éviter cela, les données ont été traitées avec confidentialité et les résultats de l'analyse des données ne mentionnent pas le collège de provenance de l'experte ou de l'expert.

Aussi, ils ont été informés qu'ils participent à cette recherche de façon bénévole, volontaire et qu'ils ont l'opportunité de se retirer s'il le désire sans préjudice. Tous les fichiers sonores et les verbatim seront détruits après l'analyse et le dépôt de l'essai. (Voir Annexe G)

2.8 Les moyens pour assurer la rigueur et la scientificité

Dans le cadre de cet essai, qui vise à faire une proposition d'une tâche d'évaluation authentique dans le cadre du cours Calcul différentiel au collège Montmorency, en nous appuyant sur le devis de production d'un matériel pédagogique qui fait appel à une méthodologie de recherche qualitative/ interprétative, nous nous sommes assurés de la rigueur et des critères de scientificité (Savoie-Zajc, 2011).

Nous avons donc dans le cadre de cet essai élaboré un prototype de tâche complexe et authentique et une grille d'évaluation descriptive à échelle uniforme pour répondre aux exigences évaluatives de la compétence dans le cadre du cours Calcul différentiel dans le programme Sciences de la nature au collège Montmorency. Plus

spécifiquement les critères de crédibilité, de fiabilité de confirmation et de transférabilité ont été pris en compte dans le cadre du présent essai.

Au sujet du critère de crédibilité qui «consiste à vérifier la plausibilité de l'interprétation du phénomène étudié» (Savoie-Zajc, 2011, p. 140). Pour assurer ce critère, nous avons utilisé diverses méthodes à savoir: a) l'utilisation de plusieurs modes de collectes de données, dans notre cas le questionnaire et une entrevue téléphonique semi-dirigée, b) le retour constant aux expertes et l'expert pour la clarification de certains propos recueillis lors de l'entrevue, c) l'interprétation des résultats des analyses selon les éléments du cadre de référence du présent essai (*Ibid.*, p. 144). Tel que mentionné par Savoie-Zajc (2011), en plus des différentes méthodes utilisées, l'engagement prolongé du chercheur dans le programme en Sciences de la Nature depuis 2001 contribue à une connaissance du programme, des cours offerts et des compétences à développer a contribué à soutenir la crédibilité des interprétations par une compréhension fine de l'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences pour la discipline de la mathématique.

Le critère de fiabilité «porte sur la cohérence entre les questions posées au début de la recherche, l'évolution qu'elles ont subie, la documentation de cette évolution et les résultats de la recherche» (*Ibid.*, p. 141). Notre journal de bord a contribué également à assurer la fiabilité entre la problématique, la question générale, le cadre de référence, les objectifs spécifiques, et les résultats. Plusieurs modifications ont été faites en partant de la problématique, le cadre de référence et la méthodologie de la recherche. Le questionnaire de collectes des données a été adapté afin de tenir compte des sept dimensions qu'une évaluation authentique en mathématiques prises en compte dans le cadre de référence du présent essai. La transcription des verbatim et l'analyse des données ont permis de proposer une tâche d'évaluation en situation authentique qui a été validé par des experts et les ajustements ont été effectués en nous appuyant sur les résultats ont permis d'assurer ce critère.

Le critère de confirmation «renvoie au processus d'objectivation mis en œuvre pendant et après la recherche» (*Ibid.*, p. 141). Dans le cadre de cet essai, nous n'avons pas cherché à concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique en nous appuyant sur un cadre de référence et la description des étapes de son développement. Le choix de la situation d'apprentissage en lien avec la compétence du cours, la mise en place d'une tâche qui prend en compte plusieurs objectifs d'apprentissage du programme Sciences de la nature, le recours aux compétences d'autres cours du programme (physique, géologie) ont permis d'assurer ce critère. En dernier lieu, l'utilisation de la triangulation indéfinie permettant d'assurer la validation interne auprès des expertes et de l'expert nous a permis de réviser la tâche d'évaluation en situation authentique développée.

Quant au critère de transférabilité qui «est un critère partagé entre le chercheur et le lecteur de la recherche, dans la mesure où ce dernier [...] s'interroge sur la pertinence, la plausibilité, la ressemblance qui peut exister entre le contexte décrit par cette recherche et son propre milieu de vie» (*Ibid.*, p. 140). Dans le cadre de ce présent essai la description précise de la situation problème, du cadre de référence et des étapes précises de la méthodologie permet de décrire avec précision le contexte pris en compte soit le cours Calcul différentiel dans le programme Sciences de la nature au collège Montmorency. Le cadre de référence et les objectifs ont permis de guider l'élaboration de la tâche complexe et la méthodologie de l'essai. Un autre chercheur pourrait reprendre la méthodologie utilisée et reprendre celle-ci. Ajoutons que la transférabilité des résultats obtenus a été assurée par une riche description du milieu et du contexte de notre recherche, grâce à notre collecte de données.

Au cours de l'entrevue semi-dirigée, nous avons recueilli le témoignage des expertes et de l'expert sur la nature des apprentissages réalisés au cours de la validation et le suivi souhaité à ce projet. Ces échanges nous ont permis d'approfondir le sujet de la recherche, d'assurer la validité de la tâche développée. Aussi, nous avons recueilli des suggestions d'ajouts et de modifications qui ont été apportées au prototype initial afin d'en arriver au prototype final de la tâche d'évaluation en situation authentique développé.

QUATRIÈME CHAPITRE

LA PRÉSENTATION ET L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Dans ce quatrième chapitre, la présentation et l'interprétation des résultats, nous procédons à une synthèse et à une interprétation des données recueillies auprès des expertes et de l'expert à l'aide d'un questionnaire et d'une entrevue téléphonique.

Dans un premier temps, nous présentons les données recueillies auprès des expertes et de l'expert à travers les sept dimensions tirées du cadre de référence et analysées afin de faire ressortir les propos et les constats des expertes et de l'expert. Ces dimensions sont: la compétence, la grille d'évaluation; les composantes de la tâche en situation authentique; les étapes de développement; les caractéristiques d'une tâche en situation authentique et complexe; la modélisation; l'évaluation de la compétence.

Dans un deuxième temps, nous présenterons la synthèse des résultats et les ajouts et les modifications apportées à la tâche et sa grille d'évaluation formative. Une troisième étape sera dédiée à une interprétation des résultats des données analysées. Le chapitre se terminera par la présentation de la tâche en situation authentique développée et sa grille révisées.

1. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Dans cette première partie, nous présentons les résultats provenant des données recueillies auprès des expertes et de l'expert qui ont été analysées par la suite. Les données qualitatives que nous avons recueillies ont fait l'objet d'un traitement et d'une analyse particulière, soit l'analyse de contenu. Nous rapportons les données de chacune des expertes et de l'expert interviewés à travers les huit

dimensions, qui ont participé à la validation du prototype de la tâche d'évaluation en situation authentique développée ainsi que sa grille d'évaluation.

1.1 La compétence

En lien avec la compétence du devis ministériel du cours «*Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes*», tous les juges reconnaissent les liens entre la tâche proposée et la compétence du cours. Toutefois, des questionnements sont soulevés quant au niveau de difficulté exigé par la tâche pour évaluer la compétence. Deux expertes et l'expert soutiennent que cette tâche va au-delà de la compétence.

Comme l'explique l'experte 1,

j'ai trouvé que la partie 1 si je me trompe, est là pour avoir un petit peu l'ensemble de la démarche scientifique on dirait que le fait d'aller leur faire visiter un site et de leur faire commenter si le site est bon ou pas, j'ai trouvé que cela sortait du cadre du programme de calcul différentiel, car je me demande pourquoi ils font ça, car ce n'est pas dans la compétence d'un élève en calcul différentiel de commenter un site internet.¹⁴

Elle ajoute que «la tâche proposée va au-delà des objectifs d'apprentissages, mais très intéressante en lien avec la compétence du cours».

Les propos de l'experte 2 qui connaît le programme tel que dispensé au Collège Montmorency se distancient des autres juges experts. Elle trouve que les objectifs d'apprentissages du cours à l'essai sont trop élevés. Toutefois, elle qualifie la tâche proposée d'un niveau de difficulté appropriée pour une étudiante ou un étudiant de première année première session.

¹⁴ Le verbatim n'a pas été corrigé pour respecter les propos des expertes et experts.

L'experte 3, soutient que l'objectif poursuivi est bien établi et ajoute qu'il faut préciser les questions afin que les étudiantes et étudiants sachent ce qu'ils doivent faire.

L'expert 4, soutient que le contexte de la tâche permet une belle application du calcul différentiel en lien avec la compétence du cours et ajoute de cibler un peu plus le lien entre les objectifs d'apprentissages du cours et la conclusion à formuler par les étudiantes et étudiants.

1.2 L'évaluation de la compétence

Au sujet de l'évaluation de la compétence, les données rapportées par les juges experts reconnaissent que l'étudiante et l'étudiant doivent résoudre une tâche qui exige une production concrète. Les expertes et experts sont d'accord avec le fait de proposer une tâche complexe pour évaluer la compétence. Par contre, le moment à laquelle elle est proposée a été questionné ainsi que la durée de réalisation.

Pour les expertes 1 et 2, l'évaluation de la compétence dans le prototype de la tâche en situation authentique est claire et permet l'évaluation de la compétence du cours. L'experte 2 et l'expert 4, trouvent que le temps alloué est très court si l'on doit donner d'autres matières pendant la période de réalisation de la tâche. Ces deux juges souhaitent que les trois semaines soient entièrement consacrées à la réalisation de la tâche. De manière unanime, les expertes et experts ont apprécié la pertinence et la clarté de l'objectif de la tâche, du moment et ajoutent que chaque aspect constitue un point fort de la tâche.

1.3 La modélisation

Les expertes et l'expert ont confirmé que les différentes étapes de la modélisation sont pertinentes et bien ciblées. Toutefois, l'experte 1 mentionne

que l'étape de la conception d'un protocole de laboratoire et son expérimentation au laboratoire est trop complexe pour les étudiantes et étudiants de première année dans le cours Calcul Différentiel.

L'expert 4 va dans le même sens que l'experte 1 et se questionne sur les données à expérimenter au laboratoire. Il soutient qu'on peut y faire une très belle démarche scientifique en permettant à l'étudiante et à l'étudiant de créer des liens entre les quatre étapes (les articles, l'optimisation, le protocole de laboratoire, le modèle mathématique (à expliquer) et le rapport). Il ajoute de modifier un peu l'étape de la mathématisation en y ajoutant des questions supplémentaires permettant aux étudiantes et étudiants d'identifier les variables indépendantes et dépendantes de la tâche.

1.4 Les caractéristiques d'une tâche en situation authentique et complexe

Les juges expertes et experts reconnaissent unanimement que les caractéristiques d'une tâche en situation authentiques sont présentes. Les juges soutiennent que la tâche est intéressante et est une évaluation en situation authentique. Néanmoins quelques questionnements surgissent au sujet de l'ampleur du travail à accomplir et le réel défi que cela présente à l'étudiante et l'étudiant.

Concernant la tâche développée, comme l'explique l'experte 1, «c'est sûr que la tâche était intéressante parce qu'elle était complète». Elle ajoute que le défi est trop grand pour les étudiantes et étudiants et que l'idéal serait de fixer un des paramètres et leur demander de minimiser les autres. Sinon de manière générale «je crois que cette tâche présente un réel défi pour les étudiants et qu'elle est conçue selon les caractéristiques que je connais de l'évaluation authentique».

Dans le même sens que les commentaires formulés par l'experte 1 au sujet de la complexité de la tâche, l'experte 2 souligne que cette tâche est «réaliste, c'est un

accomplissement d'une réalisation, tâche complexe (jugement et innovation), consultation entre étudiants, rétroaction et motivation forte». Elle ajoute que la créativité de l'étudiante et de l'étudiant se verra lorsqu'ils vont «relier les pistes de calcul avec le contexte environnemental». Pour elle, la tâche est signifiante et propose un réel défi aux apprenants. Tout en favorisant l'utilisation des habiletés supérieures de la pensée, elle présente un niveau de complexité adaptée à des étudiantes et étudiants de première année première session dans un programme préuniversitaire.

L'experte 3 soutient «le contexte de l'exploitation pétrolière est très intéressant de tous les points de vue, mais je ne vois pas le lien avec les maths que tu proposes». Elle ajoute également que «le défi est trop grand et pas assez bien encadré, par contre cela pourrait être un beau projet à faire en fin d'obtention d'un diplôme d'études collégial (DEC) en collaboration avec des gens de physique, de géologie ou autres». Elle a mentionné que le fait que certaines étapes de la tâche se fassent en lien avec l'actualité contribue à en faire une évaluation en situation authentique. De plus, «il serait souhaitable de revoir la contextualisation et bien établir le lien entre l'optimisation et le calcul différentiel et donner un guide d'étude aux étudiants pour les orienter».

L'expert 4 abonde dans le même sens que l'experte 3 et soutient que «certaines parties de l'évaluation permettent la créativité comme l'analyse de l'article d'actualité». Il ajoute qu'il sera difficile pour un étudiant d'être créatif s'il ne connaît pas son objectif. De plus, «cette situation authentique permet de placer l'étudiant dans un contexte où il doit effectuer une analyse complète pour arriver à un but donné et concret (tiré de la réalité)».

1.5 Les étapes de développement

Les expertes et l'expert sont unanimes au fait qu'une telle tâche nécessite un encadrement et un déroulement très bien articulé et très précis. De plus ils soutiennent que les consignes doivent être clairement formulées. À travers les résultats recueillis,

les expertes et l'expert expliquent qu'il y a à quelques endroits des petites améliorations qui pourraient être pertinentes. Par exemple, la contextualisation, le cahier de production, la figure dans la mise en situation sont autant d'éléments à améliorer.

Pour l'experte 3, il faut «revoir la contextualisation de la mise en situation problème et bien établir le lien entre l'optimisation et le calcul différentiel». Elle ajoute de donner un guide d'étude aux étudiants pour les orienter.

1.6 Les composantes de la tâche en situation authentique

Toutes les expertes et l'expert ont trouvé que les composantes de la tâche sont présentes. Les juges sont unanimes sur les moyens utilisés pour la présentation de la tâche. Le fait que la tâche soit en version électronique est très intéressant selon eux. Quelques questionnements ont été néanmoins soulevés.

Pour l'experte 1, le site Moodle du cours est bien fait et très attrayant. Le forum, l'autoévaluation du cours et l'évaluation formative sont très pertinents. Pour elle, il aurait peut-être été intéressant de retrouver les notes de cours en lien avec l'optimisation, ou des ressources supplémentaires en lien avec la tâche. De plus, elle ne voit pas la nécessité de donner un cahier de production s'il ne contient pas d'informations supplémentaires quant à la tâche. Par contre, elle ajoute que c'est une bonne façon de s'assurer que la forme du rapport est la même pour toutes les équipes.

L'experte 2 abonde dans le même sens au sujet du site Moodle réalisé dans le cadre de ce travail. De plus, il serait intéressant de retrouver sur ce site des documents en lien avec la tâche et un document qui définit les termes clés utilisés dans la tâche et aussi reprendre la figure au niveau de la tâche permettant à l'étudiante et l'étudiant de distinguer les différents temps d'impact au niveau de la croûte terrestre. Elle affirme

que le cahier de production est une bonne structure qui permet d'avoir les mêmes choses et elle trouve que c'est très bien fait.

Tout comme l'experte 2, l'experte 3 soulève le problème de la figure présentée et suggère de mettre de la couleur différente pour signifier le chemin parcouru pour chaque temps au cours de l'impact». Elle ajoute que le site est bien fait, mais il manque des documents en lien avec la tâche. L'experte 3 va dans le même sens au sujet du cahier de production et souligne qu'il «est très incomplet et pas assez structurant». Pour elle, l'idéal serait de rajouter des documents en lien avec la modélisation. Elle suggère de contextualiser plus la mise en situation et de reprendre la figure et faire ressortir le lien entre les lignes de faille et l'environnement ainsi que l'apport des mathématiques là-dedans.

L'expert 4 affirme que c'est une belle idée de fournir un cahier de production aux étudiants. Il faut spécifier dans les consignes s'ils doivent le compléter ou écrire un rapport séparé. Il affirme que «les forums sur le site sont excellents». Il ajoute qu'il «y a trop d'autoévaluation par les étudiants. Le questionnaire d'autoévaluation pourrait être un guide d'élaboration (sous forme de questions) et la grille d'évaluation formative améliorée».

1.7 La grille d'évaluation

Les juges expertes et experts sont unanimes sur la pertinence de la grille d'autoévaluation de l'équipe. Les expertes et l'expert affirment qu'elle est bien faite et sera d'une grande utilité pour les étudiantes et étudiants. Les expertes et l'expert recommandent que cette grille soit un guide de travail pour les étudiantes et étudiants. Par contre, la grille d'évaluation du rapport nécessite des modifications.

Pour l'experte 1, l'emphase doit être mise sur les éléments de calcul au niveau de la grille d'évaluation du rapport. Elle ajoute qu'il serait préférable d'avoir

plusieurs sous-critères afin de pouvoir évaluer les éléments de compétences du cours touché par ce projet.

L'experte 2 abonde dans le même sens et affirme que la définition de l'échelle n'est pas vraiment claire pour elle. Elle ajoute avoir de la misère entre les critères et indicateurs. Selon elle, il faut mettre par exemple: très bien (aucune erreur ou tous les concepts sont présents), bien (moins de deux erreurs), moyen (maximum quatre erreurs) et faible (plus que quatre erreurs). Elle affirme donc, que mettre des gradations entre les indicateurs facilitera la correction.

L'experte 3 est en désaccord avec la formulation des 5 niveaux. De toute manière, elle prétend ne pas être à l'aise avec des grilles à échelle uniforme. Les descriptions 4 et 5 dans la mise en page doivent être revues. Selon elle, il faut revoir les descriptions des indicateurs 4 et 5 au niveau de la grille d'évaluation du rapport et suggère de mettre des points pour chaque critère et regarder la grille avec les étudiantes et les étudiants.

L'expert 4 abonde dans le même sens et affirme que les indicateurs sont trop lourds. Il faut revoir leurs formulations et utiliser les échelles de 1 à 5 au lieu de très bien, bien et autres. Il suggère l'utilisation des mots clés comme dans la grille d'autoévaluation. De plus, «Il n'y a pas de pondération identifiée ou de points accordés dans la grille. Il est donc difficile de juger d'une performance». Pour finir, «en simplifiant la grille, je crois qu'on peut éliminer les termes trop pédagogiques qui seraient difficiles à comprendre par les étudiants».

2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les données recueillies ont été classées et analysées dans un tableau permettant de faire un regroupement en fonction des sept dimensions de la tâche, formulées à la fin du deuxième chapitre (annexe H). De plus, l'analyse et la synthèse

des résultats ont permis de faire des ajustements au niveau de la tâche en situation authentique proposée ainsi que sa grille d'évaluation. Dans cette synthèse des résultats, nous rendons compte de l'appréciation générale par les expertes et expert de la tâche d'évaluation en situation authentique développée. Nous traiterons d'abord de ses points forts et de ses points faibles, pour terminer avec les améliorations à apporter.

2.1 Les commentaires favorables à la tâche d'évaluation en situation authentique développée

Trois expertes sont unanimes afin que pour réussir la tâche demandée, l'étudiante ou l'étudiant devra faire un effort intellectuel, exercer son jugement, et utiliser diverses ressources (apprentissage en surface ou apprentissage en profondeur). Ceci est donc un point fort de la tâche développée. Une des expertes affirme que ce serait un point fort si «l'évaluation de la tâche devenait plus claire». Deux des expertes ont également affirmé que «la tâche proposée à l'étudiante et à l'étudiant offre la possibilité d'exercer un certain contrôle sur leur déroulement, ou la possibilité de faire des choix» est un autre point fort de cette tâche. Le défi laissé à l'étudiante et l'étudiant lors de la réalisation de cette tâche est selon deux des expertes et experts un point fort de cette tâche.

Une des expertes, qui connaît bien le milieu de la géologie, affirme que «faire un sondage terrain et faire l'analyse du sol pour en dégager les ressources gazières, établir le lien entre la géologie: contexte géologique à expliquer» sont autant de points forts que l'on retrouve dans cette tâche. L'experte ajoute que «montrer des applications dans la réalité: ingénieurs, miniers, etc.» comme c'est fait dans cette tâche est un point fort, car cela permet de développer des habiletés connexes au niveau des étudiantes et des étudiants.

L'autre point fort sur lequel s'entendent deux expertes et l'expert est «la réalisation de la tâche proposée faisant appel à plusieurs types d'opérations

intellectuelles en lien avec la compétence». Les trois trouvent que cela s'inscrit dans la continuité avec les apprentissages réalisés au niveau secondaire, y voyant même la possibilité de continuer à développer des compétences transversales. Selon ces trois, le fait d'avoir considéré les critères «qualité de la communication» et «respect de la langue» dans la grille d'évaluation du rapport est un autre point fort de la tâche en situation authentique développée, puisque l'évaluation d'une tâche complexe nécessite au préalable l'utilisation et l'appropriation des critères d'évaluation par l'étudiante et l'étudiant, dans une perspective de soutien à l'apprentissage ou développement d'habiletés d'évaluation durables.

Deux des expertes ont mentionné que l'un des points forts de cette tâche d'évaluation en situation authentique est son caractère authentique. Elle est «réaliste, elle est l'accomplissement d'une réalisation, tâche complexe (jugement et innovation), consultation entre étudiants, rétroaction et motivation forte». De plus, elle porte sur un sujet d'actualité, ce qui serait motivant pour les étudiantes et étudiants.

2.2 Les ajouts et les modifications de la tâche d'évaluation en situation authentique développée

À la suite de la validation auprès des expertes et de l'expert, l'ensemble des commentaires formulés permettra d'améliorer le prototype initial afin d'en arriver à une version révisée, que nous présenterons à la prochaine section.

Les expertes et l'expert ont tous souligné la même lacune: la clarté de la mise en situation. Les expertes et l'expert ont indiqué clairement qu'il serait très important de revoir la contextualisation de la mise en situation problème, de revoir la représentation graphique qui l'accompagne, de définir les mots qui se retrouvent là-dedans et faire ressortir le but poursuivi. Ce faisant la tâche serait plus réaliste aux étudiantes et aux étudiants.

En ce qui concerne les modifications apportées au prototype de départ, nous avons tenu compte de tous les commentaires portant sur la contextualisation, la représentation graphique et la définition de certains termes utilisés. Ainsi, l'étudiante ou l'étudiant peut se situer et faire le lien entre le but et l'objectif poursuivi. Nous avons ajouté une «feuille annexe» dans laquelle les définitions et images de certains termes utilisés dans la mise en situation ont été répertoriées. Des hyperliens ont été ajoutés pour permettre à l'étudiante et l'étudiant d'aller chercher des informations complémentaires sur l'internet.

Ensuite, nous avons porté une attention particulière sur le fond. Comme suggéré par un expert, nous avons fait de l'étape 1 une introduction à la mise en situation problème. Nous avons aussi ajouté des questions permettant à l'étudiante et l'étudiant de déterminer les variables indépendantes et dépendantes ainsi que les constantes à cette mise en situation. La figure a été refaite en y insérant des couleurs différentes tel que suggéré par les expertes et l'expert, afin de permettre à l'étudiante et l'étudiant de distinguer les différents temps avant l'impact des vitesses de son au niveau de la croûte terrestre.

2.3 Les ajouts et modifications apportées à la grille

En ce qui concerne la grille d'évaluation du rapport, les expertes et l'expert ont indiqué qu'il serait très important de revoir les critères et les indicateurs et faire de la grille d'autoévaluation de l'équipe un guide de réflexion. Les expertes et les experts ont ajouté de reformuler les notes de bas de page pour les niveaux, ce qui permettra à l'étudiante et l'étudiant de comprendre ce qui est attendu de lui, et d'uniformiser le sens donné à chacun des niveaux de performance. Nous avons donc tenu compte de ces commentaires pour améliorer la grille d'évaluation du rapport.

3. L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

La présentation de notre cadre de référence s'est terminée par un tableau synthèse qui présente les dimensions attendues d'une tâche en situation authentique en mathématique qui s'inscrit dans une APC. Les données recueillies auprès des expertes et de l'expert en didactique de mathématiques selon les huit dimensions ont permis de dégager quatre thèmes pour l'interprétation des résultats. Nous interprétons les résultats obtenus pour les thèmes suivants.

3.1 La tâche en situation authentique: un réel défi en mathématique

Les données confirment l'importance accordée à la clarté de la mise en situation problème. Bien qu'une tâche complexe nécessite la proposition d'une production attendue comme le souligne Scallon (2004), en didactique des mathématiques, cette production doit être d'une durée ou amplitude contrôlée. Ces résultats confirment ce que propose Scallon (2004). Toutefois, les données témoignent de l'importance que le problème soit très bien défini et que les données soient disponibles aux étudiants. Ces résultats se distancient des propos de Fagnant et Demonty (2014) qui propose des problèmes mal définis ou des données manquantes ou superflues.

Il est à noter que l'évaluation de la tâche en situation authentique développée intègre les éléments du programme soit les objectifs de formation, les compétences communes au programme Sciences de la nature au Collège Montmorency en lien avec les ressources du cours Logiciels appliqués en Science donné au collège conjointement avec le cours à l'essai. Donc c'est une tâche complexe qui mobilise des ressources internes et externes de deux cours planifiés au même moment dans le programme Science de la nature au Collège Montmorency. Ce qui confirme les propos de Fagnant et Demonty, (2014), Leroux (2010) et Tardif (2006).

Toutefois, les applications authentiques systématiques et les activités de modélisation sont encore rares dans la pratique quotidienne de l'enseignement des mathématiques. Plusieurs causes importantes ont été relevées dans le cadre de cet essai: la difficulté d'intégrer la démarche de modélisation dans les examens ainsi que la charge très élevée que représente cette démarche pour les enseignantes et enseignants à la fois du point de vue mathématique, pédagogique et personnel. Ce qui confirme les constats notés par Fagnant et Demonty (2014) lors des recherches effectuées en didactique des mathématiques au niveau primaire et secondaire à savoir la difficulté de l'élaboration et la mise en œuvre d'une démarche de modélisation. Néanmoins, quelques questionnements surgissent: jusqu'où devons-nous aller dans nos efforts pour rendre réaliste les problèmes de modélisation et d'application? Jusqu'à quel point la référence à la complexité de la réalité est-elle possible et adéquate dans le contexte de la classe?

3.2 Par-delà les constats: la mise en œuvre d'une démarche de modélisation

Les résultats suscitent des questionnements sur l'ampleur du travail à réaliser au niveau de la modélisation. Comme le soutiennent Verschaffel et De Corte (2008), tel que décrit dans notre cadre de référence (figure 2 à la page 57), le recours à l'analyse mathématique pour résoudre des problèmes réels implique un processus de modélisation qui suppose non seulement la compréhension de la situation, mais aussi la construction d'un modèle mathématique et son application aux données du problème. Viennent ensuite les étapes d'interprétation des résultats et leur communication, sans oublier le recours régulier à une opération d'évaluation des résultats.

Les résultats mettent aussi en évidence que les connaissances de base détenues par les enseignantes et les enseignants dans une situation de modélisation permettent aux juges qui ont des connaissances de base en modélisation d'être plus en mesure de voir la possibilité d'adapter la situation à leur cours. Dans ce processus complexe, la

construction d'un modèle mathématique approprié est cruciale. Parmi la diversité des problèmes dans le manuel du cours de calcul différentiel pour lesquels il est possible de recourir aux mathématiques pour aboutir à une solution, certains ont été formalisés de sorte que les procédures à mobiliser sont assez clairement déterminées. Il est donc indispensable dans la mise en œuvre de la démarche de modélisation de distinguer plusieurs groupes de problèmes face auxquels les étudiantes et les étudiants doivent apprendre à recourir avec discernement aux diverses procédures de la modélisation. Ce qui est en adéquation avec les recherches de De Ketele (2013a) et Normand (2014). De surcroît, plus la structure du problème demande de brasser des informations et de mobiliser des procédures, plus il est probable que les étudiantes et les étudiants se retrouvent en situation de surcharge cognitive.

3.3 La mobilisation des ressources

Les résultats questionnent le plus le protocole de laboratoire et son expérimentation par les étudiantes et les étudiants. Les résultats ont établi que la faisabilité d'une telle tâche, les consignes et le temps alloué à la réalisation de cette tâche ont une influence sur l'engagement des étudiantes et étudiants. Ils ont aussi révélé que pour assurer la réussite de l'expérimentation il fallait mettre en place une structure d'encadrement et de soutien technique pour utiliser adéquatement le protocole de laboratoire. En effet, le cours de Logiciels appliqués en Sciences, dont l'objectif ministériel, est «*Se servir d'une variété de notions, de procédés et d'outils mathématiques ou informatiques à des fins d'usage courant*¹⁵» donné conjointement au Collège Montmorency avec le cours à l'essai a été d'une très grande utilité. Ce cours permet d'aborder plusieurs outils informatiques et mathématiques utiles dans la formation en Sciences de la nature. Les ressources mobilisées dans ce cours sont réinvesties dans le cadre de la réalisation de la tâche. Ces résultats confirment les propos de Normand (2014) qui soutient que la situation problème doit faire appel, le

¹⁵ MELS, *Programme Sciences de la nature*, 2002, compétence 0012

plus possible, à des connaissances d'autres cours de la même discipline et, mieux encore, d'autres disciplines.

Idéalement, les TIC viennent interpeller l'étudiante et l'étudiant et ainsi capter son attention. En effet, la tâche lui paraît plus attrayante. On aimerait que l'étudiante et l'étudiant soient alors plus ouverts à l'apprentissage qui est visé. En étant concentré sur son processus d'apprentissage, l'étudiante ou l'étudiant développe son autonomie. Cette motivation extérieure apportée par les TIC favorisera le développement d'une motivation davantage intérieure, car il sera plus intéressé à l'activité et enclin à participer au processus d'apprentissage.

3.4 L'adaptation difficile d'une tâche en situation authentique en mathématique

De tous les auteurs consultés lors de la recension des écrits qui inscrivent leur réflexion ou mieux, leur pratique pédagogique, dans l'APC, s'accordent pour dire que celle-ci s'exerce lorsqu'il s'agit de résoudre des situations problèmes nécessitant la mobilisation de plusieurs ressources. Que ce soit pour l'apprentissage des compétences ou pour leur évaluation, il convient donc de situer l'étudiante ou l'étudiant dans un environnement complexe et de l'amener à mobiliser ses différents acquis pour résoudre une situation complexe (Scallon, 2004; Tardif, 2006).

Les résultats sont cohérents avec les propos de De Ketele et Gerard (2005) qui révèlent que l'évaluation par situations authentiques et complexes est un processus difficile, mais elle est pourtant indispensable pour évaluer des compétences. Or construire de telles tâches n'est pas une chose aisée dans un contexte où une place prépondérante était faite jusqu'alors aux dispositifs d'évaluation qui privilégiaient plus la vérification des acquis et des connaissances que leurs intégrations dans des situations pratiques. Comme le suggère Verschaffel *et al.* (2008), l'enjeu est de s'approprier des changements plutôt que de les appliquer. Dans une telle logique, la

participation des enseignantes et enseignants ne peut se faire que s'ils donnent du sens au changement, s'ils en perçoivent l'utilité.

De l'analyse des résultats obtenus, il convient de noter que malgré la complexité, le recours à des situations problèmes est une modalité indispensable pour l'évaluation des compétences, en complément d'autres pratiques comme le portfolio par exemple. Ces résultats confirment les propos de Roegiers (2004) qui soutient que la complexité ne dépend pas tellement du type d'activité à exercer, du type de savoirs et de savoir-faire à mobiliser, mais surtout de la quantité de savoirs et savoir-faire à mobiliser. Ainsi, lorsqu'une enseignante ou un enseignant souhaite évaluer des compétences à partir d'une situation complexe, il doit s'être assuré préalablement que toutes les ressources à mobiliser pour résoudre la situation ont été non seulement apprises par les étudiantes et les étudiants, mais également maîtrisées.

Pour terminer avec la complexité de l'élaboration des tâches d'évaluation en situation authentique par des situations problèmes complexes, les résultats montrent qu'il est très difficile d'élaborer du premier coup une situation qui corresponde à toutes les exigences nécessaires d'une telle tâche. Ce qui confirme les propos de Gerard (2007) qui soutient qu'il est difficile de formuler une consigne qui soit intégralement comprise en vue de mobiliser l'action des étudiantes et des étudiants, suffisamment contraignante tout en leur laissant des marges de créativité, en ne disant pas tout ce qui doit être fait et comment, mais en guidant suffisamment.

Il nous semble dès lors important de tester les situations afin de s'assurer que tout fonctionne bien, de confronter la situation à la réalité des étudiantes et des étudiants, et de recueillir l'information nécessaire pour réguler la tâche.

D'autre part, les résultats révèlent que peu de gens ont la connaissance des grilles à échelle uniforme ou en sont familiers. Selon les résultats, les critères d'évaluation et même les indicateurs sont presque inexistantes. Ce qui confirme les

propos de De Ketele et Gerard (2005) qui soutiennent que l'évaluation critériée est complexe et tout tourne autour des indicateurs. La difficulté de démêler les critères et indicateurs confirment les propos de Leroux (2014) quand elle parle de la délicatesse et de la difficulté de choisir les critères les plus pertinents qui permettront de prendre une bonne décision en vue de réguler les apprentissages. Force est de noter qu'un critère est un point de vue auquel on se place pour évaluer une qualité attendue. La liste de ces critères dans le cadre de cet essai découle d'un choix effectué en fonction des objectifs d'apprentissage et les buts du programme Science de la nature au Collège Montmorency.

4. LA TACHE D'ÉVALUATION EN SITUATION AUTHENTIQUE ET SA GRILLE REVISEES

Cette dernière étape de présentation des résultats présente la version finale de la tâche d'évaluation en situation authentique révisée ainsi que sa grille révisée.

Les suggestions des expertes et de l'expert ont été prises en compte. Des définitions ont été ajoutées et des notes de bas de page reformulées afin de préciser le sens des termes de la grille d'évaluation formative. La mise en situation a été contextualisée de plus et la représentation graphique refaite. Après avoir utilisé dans un groupe-cours, la grille d'évaluation formative du rapport sera révisée afin de bien refléter les différents niveaux de performance qu'il est possible d'observer. Elle pourra faire l'objet de révision continue, si cela est nécessaire.

La tâche d'évaluation en situation authentique et sa grille révisées peuvent être consultées à l'annexe I.

CONCLUSION

Lors de cette dernière partie de l'essai, la conclusion, nous résumons le processus de notre recherche. Ensuite, nous présentons les limites de la recherche ainsi que les retombées et les suites pédagogiques qui se dégagent de notre recherche. Le rapport se termine par la présentation de quelques pistes de recherches futures.

1. PROCESSUS DE CETTE RECHERCHE

Notre intérêt à mener un projet de recherche dont le titre est «Proposition d'une tâche d'évaluation en situation authentique dans le cours Calcul Différentiel au collégial» cherchait à répondre à la question: Comment concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique dans le but d'évaluer la compétence de l'étudiante et de l'étudiant dans le cadre du cours Calcul Différentiel à la 1^{ère} session du programme Sciences de la nature au collégial?

Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur un cadre de référence théorique qui nous a permis de dégager les caractéristiques qui devraient définir une tâche d'évaluation en situation authentique dans une APC. Cette démarche a donné lieu à deux objectifs spécifiques suivants:

1. La conception d'une tâche d'évaluation en situation authentique et une grille d'évaluation formative dans le cadre du cours Calcul différentiel à la 1^{ère} session du programme de Sciences de la nature au niveau collégial
2. La validation de la tâche d'évaluation en situation authentique et une grille d'évaluation formative dans le cadre du cours Calcul différentiel à la 1^{ère} session du programme de Sciences de la nature au niveau collégial.

Pour atteindre ces objectifs spécifiques, nous avons réalisé une recherche de développement (Van Der Maren, 2014) s'inscrivant dans un paradigme interprétatif ainsi qu'une méthodologie de recherche qualitative/interprétative. L'étude a été réalisée dans le cadre du cours Calcul Différentiel au Collège Montmorency dans le programme Sciences de la nature. Trois expertes et un expert ont accepté de participer à cette recherche en répondant à un questionnaire et une entrevue téléphonique enregistrée. Le prototype de la tâche en situation authentique développé a fait l'objet de quelques modifications à la suite de l'analyse des données recueillies auprès des expertes et de l'expert. La version finale de la tâche ainsi que sa grille d'évaluation formative intègre les ajouts et les modifications retenus.

En ce qui concerne les retombées, les enseignantes et enseignants en Mathématiques du collège Montmorency qui le désirent pourront mettre à l'essai la tâche en situation authentique développée à l'automne 2015. À la suite de l'expérimentation qui seront menées, des suggestions d'adaptation de la tâche et de sa grille pourraient être faites dans le but de l'améliorer afin qu'elles puissent être adaptées et utilisées par des enseignantes et enseignants du programme Sciences de la nature.

2. LES LIMITES DE LA RECHERCHE

Une des limites de cette recherche concerne l'échantillon. Soulignons, en premier lieu, que les expertes et l'expert sont issus du milieu collégial et sont au nombre de quatre. L'échantillon choisi est composé d'une experte qui connaît le contexte du programme Sciences de la nature au Collège Montmorency et les autres proviennent d'un collège différent. Par ailleurs, ces expertes et cet expert ont été sélectionnés selon trois critères précis et ont accepté de participer à la recherche de façon volontaire. Il est difficile de déterminer si le phénomène de désirabilité sociale et ses effets ont interagi lors des entrevues téléphoniques enregistrées. La technique complémentaire de collecte de données, l'observation de la tâche en situation

authentique développée par un questionnaire électronique, a contribué à atténuer le phénomène de désirabilité sociale en permettant de faire ressortir des aspects différents.

Il est possible que l'auteur de cette recherche n'ait pu demeurer objectif tout au long de la recherche. En utilisant un questionnaire, le chercheur a favorisé la distanciation entre lui et les expertes et l'expert. Cependant, l'utilisation de l'entrevue téléphonique enregistrée a permis le rapprochement entre le chercheur et les expertes et l'expert afin de mieux comprendre l'avis des expertes et de l'expert sur le prototype de la tâche d'évaluation en situation authentique développée. D'autre part, il est possible que le chercheur ne soit demeuré totalement objectif lors de la cueillette d'information auprès des expertes et de l'expert, puis particulièrement lors des traitements des informations reçues.

Enfin, il est concevable que les expertes et l'expert interrogés aient voulu faire plaisir au chercheur en formulant davantage de commentaires positifs et en minimisant certains aspects développés. Cette limite est d'ailleurs soulignée par Savoie-Zajc (2009 dans Gauthier, 2009): «L'interviewé peut être mû par un désir de rendre service ou d'être bien vu par le chercheur, limitant ainsi la crédibilité des messages communiqués.» (p. 357) Cependant, en combinant le questionnaire et l'entrevue semi-dirigée enregistrée, ainsi que le choix des expertes et de l'expert dont trois lui sont inconnu, le chercheur tente d'éviter ce biais.

3. LES PISTES DE RECHERCHES FUTURES

Quelques pistes de recherches futures ont émergé tout au long de cette recherche de développement.

Dans le cadre de cette recherche de développement, la phase de mises à l'essai a été remplacée par une validation auprès des expertes et experts. Par contre, une

expérimentation avec un groupe-classe lors d'une recherche évaluative ou d'une recherche-action représente une piste de recherche future. Elle permettrait d'apporter des modifications à la tâche ainsi que sa grille d'évaluation formative, augmentant ainsi sa validité.

D'autre part, notre recherche pourra, dans un premier temps, servir de guide à une enseignante ou enseignant qui décide d'élaborer une tâche en situation authentique et complexe en mathématique au niveau collégial. Dans un second temps, nous pourrions envisager la formation d'une équipe inter collégiale d'enseignantes et d'enseignants de mathématique dans le but d'en concevoir d'autres tâches en situation authentique pour les autres cours de mathématique du programme Sciences de la nature.

Par ailleurs, certains aspects de la tâche pourraient faire l'objet d'une recherche future, par exemple (a) l'importance accordée à certains critères d'évaluation du rapport par rapport aux autres (b) la justesse des échelles descriptives uniformes ou globales pour une situation donnée ou (c) le poids relatif à accorder aux étapes de la modélisation et l'optimisation par une correspondance à une pondération précise.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Auger, R. (2000). *Formation de Base en Évaluation des Apprentissages*. (Vol.1-Bref Historique de l'évaluation des apprentissages). Outremont: Éditions Logiques.
- Bélanger, D.-C., & Tremblay, K. (2012). *Portrait actualisé des croyances et des pratiques en évaluation des apprentissages*. Montréal: Cégep Maisonneuve et Regroupement des collèges PERFROMA (180 p.).
- Bissonnette, S. et Richard, M. (2001). *Comment construire des compétences en classe. Des outils pour la réforme*. Montréal: Chenelière McGraw-Hill.
- Bizier, Nicole, dir. (2009). *L'impératif didactique: au cœur de l'enseignement collégial*. Coll. Performa, performa, Sherbrooke: Éditions du CRP.
- Bizier, Nicole, dir. (2014). *L'impératif didactique: au cœur de l'enseignement collégial*. Coll. Performa, performa, Sherbrooke : AQPC.
- Collège Montmorency. (2001). *Politique institutionnelle d'évaluation des apprentissages*. Laval: Direction des études.
- Collège Montmorency. (2002). *Rapport d'évaluation du programme Sciences de la nature*. Laval: Service du développement pédagogique et de programme.
- Collège Montmorency. (2003). *Plan de formation du cours de calcul différentiel Révisé* (1^{ère} éd. 1998). Laval: Comité de programme Sciences humaines.
- Collège Montmorency. (2012). *Rapport du comité programme Sciences de la nature*. Laval: Direction des études.
- De Ketele, J.-M. (1993). L'évaluation conjuguée en paradigmes, *Revue Française de Pédagogie*, 103, 59-80.
- De Ketele, J.-M. (2013b). *L'évaluation de la production écrite*. *Revue française de linguistique appliquée*, 2013/1 vol. XVIII; p. 59-74
- De Ketele, J.-M. (2013a). *L'évaluation de tâches complexes*. Implications pour l'évaluation certificative, pour l'évaluation formative et pour l'apprentissage. Mai 2013. Mission de pédagogie universitaire.
- De Ketele, J.-M. et Gérard, F.-M. (2005). La validation des épreuves d'évaluation selon l'approche par compétences, *Mesure et Évaluation en Éducation*. Version 2.0. P. 1-18.

- De Ketele, J.-M. et Roegiers, X. (1993). *Méthodologie du recueil d'informations*. Bruxelles: De Boeck Université (1^{ère} éd. 1991).
- Demonty, I., Dupont, V. et Fagnant, A. (2014). Analyse des régulations interactives entre élèves lors de la résolution d'un problème mathématique en groupe. *Les cahiers des sciences de l'éducation*, 36, 175-214.
- Durand, M.-J. et Chouinard, R. (2012). *L'évaluation des apprentissages: de la planification de la démarche à la communication des résultats*. Montréal: Éditions Hurtubise HMH ltée.
- Duval, A.-M. et Pagé, M. (2013). *La situation authentique: De la conception à l'évaluation*. Montréal: Chenelière Éducation.
- Etchecopar, P. (1999). Note de cours de Calcul différentiel et résolution de problèmes avec *Mathematica* et *Maple* (chapitre 5, p. 17 à 39), Éd. Le Griffon d'argile et Les Presses pédagogiques de l'Est, 1999.
- Fagnant, A., Demonty, I., Dierendonck, C., Dupont, V. et Marcoux, G. (2014). Résolution de tâches complexes, évaluation «en phase» et compétence en mathématique. In C. Dierendonck, B. Rey et E. Loarer (dir.), *L'évaluation des compétences en milieu scolaire et en milieu professionnel* (pp. 179-189). Bruxelles: De Boeck.
- Fortin, M. F. (2010). Fondements et étapes du processus de recherche (2^e éd.). Montréal: Chenelière Éducation. (1^{re} éd. 2006).
- Gauthier, B. (dir.) (2009). Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données. (5^e éd.). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec. (1^{re} éd. 1984).
- Gerard, F.-M. (2007). La complexité d'une évaluation des compétences à travers des situations complexes: nécessités théoriques et exigences du terrain, Actes du Colloque international «*Logique de compétences et développement curriculaire: débats, perspectives et alternative pour les systèmes éducatifs*», Montréal: ORÉ, 26 et 27 avril 2007.
- Gouvernement du Québec (2008). Évaluation de programmes du renouveau de l'enseignement collégial. Québec: Ministère de l'Éducation.
- Gouvernement du Québec. (2000). *Les prescriptions ministérielles et l'élaboration d'un programme défini en objectifs et standards*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec, Direction de l'enseignement collégial.
- Gouvernement du Québec. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise - Enseignement secondaire, deuxième cycle*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, Direction générale à la formation des jeunes.
- Gouvernement du Québec (2009). Politique d'évaluation des apprentissages au 2^e cycle du secondaire. Québec: Ministère de l'Éducation.

- Gouvernement du Québec (2002). *Portfolio sur support numérique*. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.meq.gouv.qc.ca/drd/tic/pdf/portfolio.pdf>>.
- Gouvernement du Québec (2010). Cadre d'évaluation des apprentissages. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. Téléaccessible dans Internet à l'adresse suivante: [<http://www.mels.gouv.qc.ca/DGFJ/de/>].
- Gouvernement du Québec. (2003). *Politique d'évaluation des apprentissages*. Québec: Ministère de l'éducation, de l'enseignement supérieur et recherche, de la science et de la technologie.
- Karsenti, T. et Savoie-Zajc, L. (2011). *La recherche en éducation: étapes et approches*. (3^e éd.) Sherbrooke: Éditions du CRP, Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke. (1^{re} éd.2004).
- Le Boterf, G. (2008). *Repenser la compétence. Pour dépasser les idées reçues: 15 propositions*. Paris: Éditions d'Organisation.
- Legendre, M. -F. (2005). Dictionnaire actuel de l'éducation, (3^e éd.). Montréal: Guérin (1^{ère} éd. 1988).
- Leroux, J. L. (2014). Évaluer pour faire apprendre. In L. Ménard et L. St-Pierre (dir.), *Se former à la pédagogie de l'enseignement supérieur* (p. 330-353). Montréal: AQPC/ Collection PERFORMA.
- Leroux, J. L. et Bigras, N. (2003). *L'évaluation des compétences. Une réalité accessible dans nos collèges*. St-Hyacinthe: Cégep de St-Hyacinthe et Regroupement des collèges PERFROMA.
- Leroux, J-L. (2010). *L'évaluation des compétences au collégial: un regard sur des pratiques évaluatives*. Saint-Hyacinthe: Cégep de Saint-Hyacinthe.
- Louis, R. (2004). *L'évaluation des apprentissages en classe. Théorie et pratique*. Laval: Groupe Beauchemin Éditeur.
- Crahay, M., Verschaffel, L., De Corte, E. et Grégoire, J. (2008). Enseignement et apprentissage des mathématiques. *Que disent les recherches psychopédagogiques?* (2^e édition). Bruxelles: De Boeck (1^{re} éd. 1996).
- Miles, M. B. et Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives*. Paris: De Boeck Université.
- Normand, L. (2014). Une démarche de construction des savoirs en physique In Bizier, Nicole, dir.2014. *L'impératif didactique: au cœur de l'enseignement collégial*. Coll. Performa, performa, Sherbrooke: AQPC. pp.167-179.
- Perrenoud, P. (1998). *L'évaluation des élèves. De la fabrication de l'excellence à la régulation des apprentissages. Entre deux logiques*. Paris: De Boeck Université.

- Roegiers, X. (2004). *L'école et l'évaluation. Des situations pour évaluer les compétences des élèves*. Paris: De Boeck Université.
- Savoie-Zajc, L. (2011). La recherche qualitative/interprétative en éducation. In Karsenti, T. et Savoie-Zajc, L. (2011). *La recherche en éducation: étapes et approches*. (3e éd.) Sherbrooke: Éditions du CRP, Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke. (1re éd.2004).
- Scallon, G. (2004). *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences*. Montréal: Éditions du Renouveau Pédagogique Inc.
- Simon, M. et Forgette-Giroux, R. (2001). Notation du rendement des élèves à partir de tâches complexes de performance: recension des écrits, *Rapport soumis au ministère de l'Éducation de l'Ontario*. Ottawa: Université d'Ottawa.
- Tardif, J. (2006). *L'évaluation des compétences. Documenter le parcours de développement*. Montréal: Chenelière Éducation.
- Gouvernement du Québec. (2001). Évaluation de la mise en œuvre de la composante de la formation générale des programmes d'études. Québec: Commission d'évaluation de l'enseignement collégial.
- Laberge, M. (2010). *Le développement d'un outil d'évaluation des apprentissages dans le cours L'entreprise dans le monde contemporain*. Mémoire de maîtrise en Éducation, Université de Sherbrooke, Sherbrooke
- Martin, N. (2012) *Conception d'un portfolio pour documenter le développement des compétences de l'élève au collégial*. Mémoire de maîtrise en Éducation, Université de Sherbrooke, Sherbrooke
- Filteau, S. (2009). *Proposition d'un modèle du concept de créativité applicable pour le design de mode au collégial et transférable à d'autres domaines et ordres d'enseignement*. Mémoire de maîtrise en Éducation, Université de Québec à Montréal, Québec
- Gosselin, R. (2009). *L'évaluation des attitudes et des comportements en stage au collégial*. Mémoire de maîtrise en Éducation, Université de Québec à Montréal, Québec
- Savoie-Zajc, L. (2009). L'entrevue semi-dirigée. In Gauthier, B. (dir.) *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données*. (5e éd.) (p. 298-355). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec. (1re éd.1984).
- Prégent, R., Bernard, H. et Kozanitis, A. (2009). *Enseigner à l'université dans une approche-programme. Guide à l'intention des nouveaux professeurs et chargés de cours*. Montréal : Presses internationales Polytechnique.
- Fagnant, A. et Demonty, I. (2005). *Résoudre des problèmes : pas de problème (10-12 ans)*. Bruxelles : De Boeck.

- Demonty, I., Dupont, V. et Fagnant, A. (2013). Comment favoriser la régulation interactive lors d'activités de résolution de problèmes en petits groupes ? Actes du colloque de l'AREF (actualité de la recherche en éducation et formation). Du 27 au 30 août 2013, Montpellier (France).
- Crahay, M. et Detheux, M. (2005). L'évaluation des compétences, une entreprise impossible ? (Résolution de problèmes complexes et maîtrise de procédures mathématiques). *Mesure et Évaluation en Éducation*, 28(1), 57-78.
- Université de Sherbrooke (2014). Politique institutionnelle en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains. Sherbrooke Téléaccessible dans Internet à l'adresse suivante:
<https://www.usherbrooke.ca/accueil/fileadmin/sites/accueil/documents/direction/politiques/2500-028.pdf>
- Van der Maren, J.-M. (2014). La recherche appliquée pour les professionnels: Éducation, paramédical, travail social. *Méthodes de recherches pour l'éducation* (3e éd.). Bruxelles: De Boeck Université (1^{re} éd. 1995).

ANNEXE A

LOGIGRAMME DU PROGRAMME SCIENCES DE LA NATURE (200.BO)

<i>Logigramme du programme de Sciences de la nature 200.BO – Profil Sciences biologiques et de la santé¹⁶</i>					
Objectifs du programme	Objectifs ministériels des cours	Titre des cours	Code des cours	Code des objectifs	Session
1 Analyser des situations ou des phénomènes physiques	Analyser différentes situations et phénomènes physiques à partir des principes fondamentaux reliés à la mécanique classique	Mécanique	203 NYA 05	00UR	2
	Analyser différentes situations et phénomènes physiques à partir des lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme	Électricité et magnétisme	203 NYB 05	00US	3
	Analyser différentes situations et phénomènes physiques reliés aux ondes, à l'optique et à la physique moderne à partir de principes fondamentaux	Ondes et physique moderne	203 NYC 05	00UT	4
2 Appliquer les méthodes du calcul différentiel et intégral à l'étude de fonctions à une variable réelle et à la résolution de problèmes	Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes	Calcul différentiel	201 NYA 05	00UN	1
	Appliquer les méthodes du calcul intégral à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes	Calcul intégral	201 NYB 05	00UP	2
3 Appliquer les méthodes de l'algèbre linéaire à la résolution de systèmes d'équations linéaires et à la géométrie	Appliquer les méthodes de l'algèbre linéaire et de la géométrie vectorielle à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes	Algèbre linéaire et géométrie vectorielle	201 NYC 05	00UQ	4

¹⁶ Service du développement pédagogique et de la réussite: Collège Montmorency

4	Analyser les états de la matière, les propriétés des solutions et les réactions en solution de composés inorganiques et organiques	Analyser les transformations chimiques et physiques de la matière à partir des notions liées à la structure des atomes et des molécules	Chimie générale: la matière	202 NYA 05	00UL	1
		Analyser les propriétés des solutions et les réactions en solution	Chimie des solutions	202 NYB 05	00UM	2
		Résoudre des problèmes simples relevant de la chimie organique	Molécules organiques simples	202 ESC 05	00XV	3
5	Analyser l'organisation du vivant, son fonctionnement et son évolution	Analyser l'organisation du vivant, son fonctionnement et sa diversité	Évolution et diversité du vivant	101 NYA 05	00UK	1
		Analyser la structure et le fonctionnement d'organismes pluricellulaires sous l'angle de l'homéostasie et selon une perspective évolutive	Fonctionnement du vivant	101 ESH 05	00XU	3
7	Traiter un ou plusieurs sujets, dans le cadre des sciences de la nature, sur la base de ses acquis	Intégration en chimie organique	202 ESD 05	00UU	4	
		Intégration en biologie humaine	101 ESJ 05			
		Intégration en géologie	205 ESA 05			
		Intégration en calcul avancé	201 ESG 05			
		Intégration en statistiques	201 ESH 05			
But 3	Utiliser des technologies appropriées de traitement de l'information	Technologies de la communication	360 ESZ 03	N/A	1	

Logigramme du programme de Sciences de la nature 200.B0 – Profil Sciences pures et appliquées¹⁷

Objectifs du programme	Objectifs ministériels des cours	Titre des cours	Code des cours	Code des objectifs	Session
1 Analyser des situations ou des phénomènes physiques	Analyser différentes situations et phénomènes physiques à partir des principes fondamentaux reliés à la mécanique classique	Mécanique	203 NYA 05	00UR	2
	Analyser différentes situations et phénomènes physiques à partir des lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme	Électricité et magnétisme	203 NYB 05	00US	3

¹⁷ Service du développement pédagogique et de la réussite: Collège Montmorency

		Analyser différentes situations et phénomènes physiques reliés aux ondes, à l'optique et à la physique moderne à partir de principes fondamentaux	Ondes et physique moderne	203 NYC 05	00UT	4
2	Appliquer les méthodes du calcul différentiel et intégral à l'étude de fonctions à une variable réelle et à la résolution de problèmes	Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes	Calcul différentiel	201 NYA 05	00UN	1
		Appliquer les méthodes du calcul intégral à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes	Calcul intégral	201 NYB 05	00UP	2
3	Appliquer les méthodes de l'algèbre linéaire à la résolution de systèmes d'équations linéaires et à la géométrie	Appliquer les méthodes de l'algèbre linéaire et de la géométrie vectorielle à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes	Algèbre linéaire et géométrie vectorielle	201 NYC 05	00UQ	3
4	Analyser les états de la matière, les propriétés des solutions et les réactions en solution de composés inorganiques et organiques	Analyser les transformations chimiques et physiques de la matière à partir des notions liées à la structure des atomes et des molécules	Chimie générale: la matière	202 NYA 05	00UL	1
		Analyser les propriétés des solutions et les réactions en solution	Chimie des solutions	202 NYB 05	00UM	2
		Résoudre des problèmes simples relevant de la chimie organique ¹⁸	Molécules organiques simples	202 ESC 05	00XV	3 ou 4
5	Analyser l'organisation du vivant, son fonctionnement et son évolution	Analyser l'organisation du vivant, son fonctionnement et sa diversité	Évolution et diversité du vivant	101 NYA 05	00UK	1
		Analyser la structure et le fonctionnement d'organismes pluricellulaires sous l'angle de l'homéostasie et selon une perspective évolutive ²	Fonctionnement du vivant	101 ESH 05	00XU	3 ou 4
6	Appliquer une démarche scientifique dans un domaine propre aux sciences de la nature ²	Méthodes de preuve	201 ESD 05	00UV	3	
		Astrophysique	203 105 MO		4	
7	Traiter un ou plusieurs sujets, dans le cadre des sciences de la nature, sur la base de ses acquis	Intégration en chimie organique	202 ESD 05	00UU	4	
		Intégration en biologie humaine	101 ESJ 05			
		Intégration en géologie	205 ESA 05			
		Intégration en calcul avancé	201 ESG 05			
		Intégration en statistiques	201 ESH 05			
But 3	Utiliser des technologies appropriées de traitement de l'information	Technologies de la communication	360 ESZ 03	N/A	1	
		Programmation en JAVA	420 ETZ 05	N/A	3	

¹⁸ Objectif optionnel. Deux des trois objectifs optionnels doivent être atteints dans ce profil, au choix de l'élève.

ANNEXE B
DÉVIS MINISTÉRIEL DE LA COMPÉTENCE LIÉE AU COURS CALCUL
DIFFÉRENTIEL

19	CODE: 00UN
OBJECTIF	STANDARD
<p>Énoncé de la compétence: Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes.</p> <p>Éléments: Reconnaître et décrire les caractéristiques d'une fonction représentée sous forme d'expression symbolique ou sous forme graphique. Déterminer si une fonction a une limite, est continue, est dérivable, en un point et sur un intervalle. Appliquer les règles et les techniques de dérivation. Utiliser la dérivée et les notions connexes pour analyser les variations d'une fonction et tracer son graphique. Résoudre des problèmes d'optimisation</p>	<p>Critères de performance Utilisation appropriée des concepts. Représentation d'une situation sous forme de fonction. Représentation graphique exacte d'une fonction. Choix et application correcte des techniques de dérivation Manipulations algébriques conformes aux règles. Exactitude des calculs. Interprétation juste des résultats. Justification des étapes de la résolution de problèmes. Utilisation d'une terminologie appropriée.</p>
ACTIVITÉS	D'APPRENTISSAGE
<p>Champ d'études: Sciences de la nature Discipline: Mathématique Pondération: 3-2-3 Nombre d'unités: 2,67 Précisions Fonctions: algébriques, exponentielles, logarithmiques, trigonométriques et trigonométriques inverses. Limite: approche intuitive, définition, propriétés, calculs de limites. Continuité: définition et propriétés. Dérivée: interprétation géométrique, définition, règles et techniques usuelles. Applications: études de courbes, problèmes d'optimisation, taux de variation.</p>	

¹⁹ Plan de formation: Collège Montmorency (2003).

ANNEXE C

**CONTRIBUTION DE L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES À LA
FORMATION DE L'ÉLÈVE**

Les tableaux qui suivent présentent des éléments du contenu de formation introduits au cours du secondaire. Dans la plupart des cas, ces éléments sont approfondis pendant les années subséquentes. Par exemple, les figures isométriques et semblables sont introduites au premier cycle et elles sont exploitées tout au long du deuxième cycle, et ce, dans chacune des séquences : *Culture, société et technique* (CST), *Technico-sciences* (TS) et *Sciences naturelles* (SN). Il en est de même pour les différentes opérations sur les nombres en notation fractionnaire et pour le sens de la proportionnalité. Les éléments de contenu sont regroupés par thèmes. Cette présentation non exhaustive ne permet pas d'établir de liens entre les éléments de contenu, ni ne suggère de manière de les aborder. Pour cela, il importe de s'imprégner de l'ensemble du programme de mathématique.

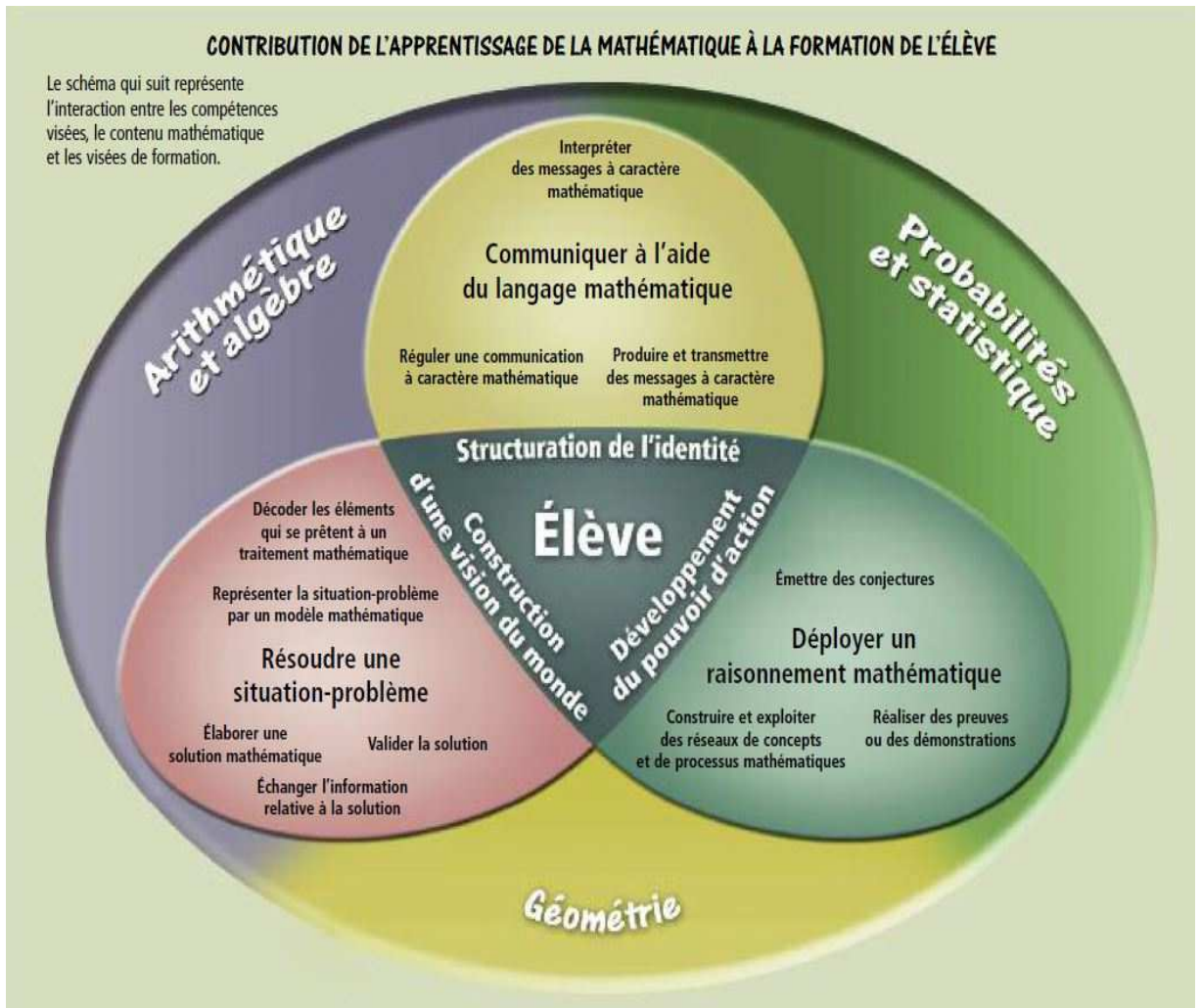
Arithmétique	1 ^{re} et 2 ^e sec.	3 ^e sec.	CST		TS		SN	
			4 ^e sec.	5 ^e sec.	4 ^e sec.	5 ^e sec.	4 ^e sec.	5 ^e sec.
			Notations des nombres : fractionnaire, décimale, exponentielle (exposant entier), pourcentage, racine carrée	X				
Notation scientifique		X						
Nombres rationnels et irrationnels, cube et racine cubique		X						
Calcul avec des exposants entiers (base rationnelle) et exposants fractionnaires		X						
Radicaux (racine n^{e}), puissances de base 2 et 10 (changement de base), exposants et logarithmes et leurs propriétés					X	X		X
<i>Note</i> : En TS, l'évolution se fait sur deux ans.								
Les quatre opérations sur des nombres en notation décimale et fractionnaire	X							
Chânes d'opérations en respectant leur priorité et en utilisant les propriétés	X							
Proportionnalité : rapport, taux, proportion (résolution à l'aide de différentes stratégies), variation directe ou inverse	X							

Algèbre	1 ^{re} et 2 ^e sec.	3 ^e sec.	CST		TS		SN	
			4 ^e sec.	5 ^e sec.	4 ^e sec.	5 ^e sec.	4 ^e sec.	5 ^e sec.
			Expressions algébriques: addition et soustraction, multiplication et division par une constante, multiplication de monômes	X				
Expressions algébriques : multiplication (degré < 3) et division d'un polynôme par un monôme		X						
Expressions algébriques: multiplication et division d'un polynôme par un binôme (avec ou sans reste)					X		X	
<i>Note</i> : L'expression rationnelle (fraction algébrique) s'ajoute aux expressions algébriques à traiter. En TS, la recherche d'un dénominateur commun dans l'addition de deux expressions rationnelles se limite au cas où le dénominateur de l'une est un multiple de l'autre.								
Factorisation de polynômes (mise en évidence simple)		X						
Factorisation de polynômes (mise en évidence double)					X		X	

Algèbre (Suite)	1 ^{re} et 2 ^e sec.	3 ^e sec.	CST		TS		SN	
			4 ^e sec.	5 ^e sec.	4 ^e sec.	5 ^e sec.	4 ^e sec.	5 ^e sec.
			Fonction polynomiale de degré 2 : $f(x) = ax^2$			X		
Fonction polynomiale de degré 2 : $f(x) = ax^2$, $f(x) = (bx)^2$ ou $f(x) = a(bx)^2$					X			
Fonction polynomiale de degré 2 : $f(x) = ax^2 + bx + c$, $f(x) = a(b(x-h))^2 + k$, $f(x) = a(x-x_1)(x-x_2)$						X	X	
Fonction racine carrée : $f(x) = a\sqrt{bx}$					X			
Fonction racine carrée : $f(x) = a\sqrt{b(x-h)} + k$						X		X
Fonction rationnelle : $f(x) = \frac{k}{x}$ ou $xy = k$		X						
Fonction rationnelle : $f(x) = a\left(\frac{1}{b(x-h)}\right) + k$						X		X
Fonction rationnelle : $f(x) = \frac{ax+b}{cx+d}$						X		X
Fonction exponentielle : $f(x) = a^x$			X					
Fonction exponentielle : $f(x) = ac^{bx}$						X		
Fonction exponentielle : $f(x) = ac^{b(x-h)} + k$							X	X
Fonction logarithmique : $f(x) = a \log_c bx$						X		
Note : Cette fonction est introduite en relation avec la fonction exponentielle (à titre de réciproque).								
Fonction logarithmique : $f(x) = a \log_c b(x-h) + k$							X	X
Fonction définie par parties		X	X		X			X
Note : En 3 ^e secondaire, l'élève est initié de façon non formelle à ce type de fonction.								
Fonction valeur absolue : $f(x) = a b(x-h) + k$								X
Note : En TS, cette fonction est principalement abordée à titre de fonction par parties.								
Fonction en escalier			X		X			X
Fonction partie entière : $f(x) = a [bx]$						X		
Fonction partie entière : $f(x) = a [b(x-h)] + k$							X	X
Fonction périodique			X		X			
Fonction sinusoidale : $f(x) = a \sin b(x-h) + k$, $f(x) = a \cos b(x-h) + k$						X		X
Fonction tangente : $f(x) = a \tan b(x-h) + k$						X		X
Opérations sur les fonctions (y compris la composition)						X		X
Note : En TS, les opérations sur les fonctions peuvent être abordées à titre intuitif dès la 4 ^e secondaire.								

ANNEXE D

**ÉVOLUTION DU CONTENU DE FORMATION EN MATHÉMATIQUE AU
SECONDAIRE**



21

21

http://www1.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/seconaire2/medias/PFEQ_Mathematique.pdf (consulté tout au long de la recherche)

ANNEXE E

**FICHE DESCRIPTIVE DU COURS CALCUL DIFFÉRENTIEL ET
CONTENU MODULAIRE**

²²Sciences de la nature 200.B0 Calcul différentiel			00UN
201 NYA 05	<i>Calcul différentiel</i>	3-2-3 2,67	unités Session 1
Département: Mathématiques			
OBJECTIF DU PROGRAMME: Appliquer les méthodes du calcul différentiel et intégral à l'étude de fonctions à une variable réelle et à la résolution de problèmes.			
Autre cours situé dans le cadre du		201 NYB 05	Session 2
même objectif: <i>Calcul intégral</i>			
OBJECTIF MINISTÉRIEL DU COURS (00UN): Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes.			
BUTS:			
Ce premier cours de calcul initie l'élève à un vaste domaine des mathématiques qu'est le calcul différentiel et intégral et apporte une contribution importante à sa formation scientifique de base en lui permettant de se familiariser avec la démarche mathématique.			
L'objet principal de ce cours est l'étude de la dérivée, c'est-à-dire l'étude des variations des fonctions; il permet à l'élève de développer des habiletés en résolution de problèmes portant sur les concepts de limite, de continuité et de dérivée des fonctions. De plus, ce cours initie l'élève au concept d'intégrale, préparant ainsi au cours <i>Calcul intégral</i> (201 NYB 05) dont c'est le sujet principal.			
Ce cours exige que l'élève utilise ses acquis du secondaire et applique ses nouvelles connaissances aussi bien en mathématiques que dans les autres cours du programme, entre autres en physique (cours 203 NYA 05, notamment).			
Ce cours vise à assurer une formation de base en mathématiques et, comme tous les cours du programme, il vise en outre à développer chez l'élève la rigueur du raisonnement, la clarté et la précision dans la			

²² Plan de formation: Collège Montmorency (2003).

communication, l'autonomie dans l'apprentissage, le sens du travail d'équipe et la capacité à utiliser l'outil informatique.

Au terme de ce cours, l'élève sera en mesure de:

1. reconnaître et décrire les caractéristiques d'une fonction représentée sous forme d'expression symbolique ou sous forme graphique;
2. déterminer si une fonction a une limite, est continue, est dérivable, en un point et sur un intervalle;
3. appliquer les règles et les techniques de dérivation;
4. utiliser la dérivée et les notions connexes pour analyser les variations d'une fonction et tracer son graphique;
5. résoudre des problèmes d'optimisation et de taux de variation;
6. calculer des intégrales élémentaires;
7. situer le développement du concept d'infini dans l'histoire des mathématiques;
8. utiliser à bon escient le langage (terminologie, symbolisme, conventions) propre aux mathématiques.

CONTENU:

Fonctions algébriques, exponentielles, logarithmiques et trigonométriques. Limite et continuité. Dérivée: interprétation géométrique, définition, règles et techniques usuelles. Applications: études de courbes, problèmes d'optimisation, taux de variation. Intégration élémentaire.

²³Contenu modulaire

Titre du module 1: Rappels, fonctions, limites et dérivées		Semaines 1 à 4
Objectifs	Contenus essentiels	Méthodologie Activités d'enseignement et d'apprentissage
<p>Apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Reconnaître et décrire les caractéristiques d'une fonction représentée sous forme d'expression symbolique ou sous forme graphique. ❖ Déterminer si une fonction a une limite, est continue, est dérivable, en un point et sur un intervalle. ❖ Résoudre des problèmes d'optimisation et de taux de variation. ❖ Situer le développement du concept d'infini dans l'histoire des mathématiques. ❖ Utiliser à bon escient le langage (terminologie, symbolisme, conventions) propre aux mathématiques. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Fonctions algébriques ❖ Limite et continuité ❖ Taux de variation 	<p>Activités d'enseignement:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Présentation magistrale interactive ❖ Supervision d'exercices en classes ❖ Pré correction formative et rétroaction sur les devoirs <p>Activités d'apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Écoute attentive ❖ Lecture de la théorie dans le manuel et des notes de cours ❖ Exercices en classes ❖ Exercices à la maison (environ 2h30/sem) ❖ Synthèse de la matière

²³ Plan de cours uniforme du cours Calcul Différentiel: Département de mathématiques: Collège Montmorency

Titre du module 2: Règles de dérivation, taux de variation et applications		Semaines 5 à 8
Objectifs	Contenus essentiels	Méthodologie Activités d'enseignement et d'apprentissage
<p>Apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Appliquer les règles et les techniques de dérivation. ❖ Déterminer si une fonction a une limite, est continue, est dérivable, en un point et sur un intervalle. ❖ Reconnaître et décrire les caractéristiques d'une fonction représentée sous forme d'expression symbolique ou sous forme graphique. ❖ Résoudre des problèmes d'optimisation et de taux de variation. ❖ Utiliser à bon escient le langage (terminologie, symbolisme, conventions) propre aux mathématiques. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Dérivée: interprétation géométrique, définition, règles et techniques usuelles 	<p>Activités d'enseignement:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Présentation magistrale interactive ❖ Supervision d'exercices en classes ❖ Pré correction formative et rétroaction sur les devoirs <p>Activités d'apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Écoute attentive ❖ Lecture de la théorie dans le manuel et des notes de cours ❖ Exercices en classes ❖ Exercices à la maison (environ 2h30/sem) ❖ Synthèse de la matière

Titre du module 3: Fonctions exponentielles, logarithmiques, trigonométriques et trigonométriques inverses		Semaines 9 à 11
Objectifs	Contenus essentiels	Méthodologie Activités d'enseignement et d'apprentissage
<p>Apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Reconnaître et décrire les caractéristiques d'une fonction représentée sous forme d'expression symbolique ou sous forme graphique. ❖ Appliquer les règles et les techniques de dérivation. ❖ Résoudre des problèmes d'optimisation et de taux de variation. ❖ Utiliser à bon escient le langage (terminologie, symbolisme, conventions) propre aux mathématiques. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Fonctions exponentielles ❖ Fonctions logarithmiques ❖ Fonctions trigonométriques ❖ Fonctions trigonométriques inverses ❖ Dérivées de ces fonctions 	<p>Activités d'enseignement:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Présentation magistrale interactive ❖ Supervision d'exercices en classes ❖ Pré correction formative et rétroaction sur les devoirs <p>Activités d'apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Écoute attentive ❖ Lecture de la théorie dans le manuel et des notes de cours ❖ Exercices en classes ❖ Exercices à la maison (environ 2h30/sem) ❖ Synthèse de la matière

Titre du module 4: Applications de la dérivée		Semaines 12 à 15
Objectifs	Contenus essentiels	Méthodologie Activités d'enseignement et d'apprentissage
<p>Apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Appliquer les règles et les techniques de dérivation. ❖ Utiliser la dérivée et les notions connexes pour analyser les variations d'une fonction et tracer son graphique. ❖ Résoudre des problèmes d'optimisation et de taux de variation. ❖ Utiliser à bon escient le langage (terminologie, symbolisme, conventions) propre aux mathématiques. ❖ Utiliser la dérivée et les notions connexes pour analyser les variations d'une fonction et tracer son graphique 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Application: étude de courbes ❖ Problèmes d'optimisation ❖ <i>Taux liés</i> 	<p>Activités d'enseignement:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Présentation magistrale interactive ❖ Supervision d'exercices en classes ❖ Pré correction formative et rétroaction sur les devoirs <p>Activités d'apprentissage:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Écoute attentive ❖ Lecture de la théorie dans le manuel et des notes de cours ❖ Exercices en classes ❖ Exercices à la maison (environ 2h30/sem) ❖ Synthèse de la matière ❖ Laboratoires

ANNEXE F
QUESTIONNAIRE ET GUIDE D'ENTREVUE

Questionnaire

Projet d'essai

Maurice Agbatchi, étudiant à la Maîtrise en enseignement au collégial (MEC)

Faculté d'éducation

Université de Sherbrooke

INFORMATION SUR LA RECHERCHE

LA QUESTION GÉNÉRALE DE L'ESSAI

Comment concevoir une tâche d'évaluation en situation authentique dans le but d'évaluer la compétence de l'étudiante et de l'étudiant dans le cadre du cours Calcul différentiel à la 1ère session du programme Sciences de la nature au collégial ?

OBJECTIFS DE LA RECHERCHE:

1. Concevoir une tâche d'évaluation formative en situation authentique dans le cadre du cours Calcul Différentiel dans le programme de Sciences de la nature au niveau collégial
2. Valider la tâche et sa grille d'évaluation formative auprès de chaque experte et expert.

Pour chacune des questions, veuillez préciser:

- 1) Le niveau de **satisfaction** ou de **clarté** de chaque énoncé, et ce, à l'aide de l'échelle suivante:

1	2	3	4
Insatisfaisant (manque de clarté)	Plus ou moins satisfaisant (plus ou moins clair)	Plutôt satisfaisant (ou clair)	Tout à fait satisfaisant (ou très clair)

- 2) Dans le cas où vous choisiriez les niveaux 1 ou 2 de l'échelle suivante, veuillez compléter s'il vous plaît la ou les raisons qui font douter de la clarté de l'énoncé en remplissant la case « commentaires ».

Question 1:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
De manière générale, croyez-vous que la tâche d'évaluation développée s'appuie sur les principes de l'évaluation en situation authentique ?					
	Commentaires:				

Question 2:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
La tâche à accomplir permet-elle à l'étudiante et l'étudiant d'exercer sa créativité ?					
	Commentaires:				

Question 3:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
La tâche à accomplir exige-t-elle de l'étudiante et de l'étudiant une production concrète ?					
	Commentaires:				

Question 4:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
La tâche évaluative à accomplir est-elle réalisable par une étudiante ou un étudiant inscrit dans un cours de première année, première session à son entrée dans un programme pré universitaire ?					
	Commentaires:				

Question 5:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
Les étapes de la tâche à accomplir portent-elles sur des problèmes plus ou moins flous et ambigus, comme on en rencontre dans la réalité ?				
Commentaires:				

Question 6:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
La tâche proposée est-elle signifiante ?				
Commentaires:				

Question 7:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
La tâche proposée offre-t-elle un défi à relever pour l'étudiante et l'étudiant ?				
Commentaires:				

Question 8:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
La tâche proposée est-elle d'un niveau de difficulté approprié pour une étudiante ou un étudiant de première session en sciences de la nature ?				
Commentaires:				

Question 9:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
Certaines des étapes de la tâche proposée offrent-elles à l'étudiante et à l'étudiant la possibilité d'exercer un certain contrôle sur leur déroulement, ou la possibilité de faire des choix ?				
Commentaires:				

Question 10:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
Croyez-vous que pour réussir les tâches demandées, l'étudiante ou l'étudiant devra faire un effort intellectuel, exercer son jugement, et utiliser diverses ressources (apprentissage en surface ou apprentissage en profondeur) ?				
Commentaires:				

Question 11:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
De manière générale, croyez-vous que la tâche proposée est rédigée de manière rigoureuse en lien avec les objectifs d'apprentissage mentionnés dans le plan de cours ?				
Commentaires:				

Question 12:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
La démarche de modélisation décrite à travers les quatre étapes de la tâche est-elle bien mentionnée (observation, mathématisation, expérimentation et interprétation des résultats) ?				
Commentaires:				

Question 13:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
La démarche de modélisation permet-elle à l'étudiante ou l'étudiant lors de la réalisation de cette tâche d'appliquer la démarche scientifique ?				
Commentaires:				

Question 14:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
La réalisation de la tâche proposée fait-elle appel à plusieurs types d'opérations intellectuelles en lien avec la compétence ?				
Commentaires:				

Question 15:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
Les consignes accompagnant la tâche proposée sont-elles énoncées clairement ?				
Commentaires:				

Question 16:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
De manière générale, croyez-vous que la grille d'évaluation à échelle uniforme permet une évaluation formative de la tâche évaluative ?					
	Commentaires:				

Question 17:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
La grille d'évaluation développée présente-t-elle de manière <i>qualitative</i> les différentes manifestations observables sous la forme d'indicateurs ?					
	Commentaires:				

Question 18:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
Les grilles d'évaluation développées présentent-elles une description juste des performances possibles ?					
	Commentaires:				

Question 19:

		Niveau d'appréciation (clarté)			
		1	2	3	4
La grille d'évaluation formative développée tient-elle compte des diverses opérations intellectuelles nécessaires à l'accomplissement de la tâche ?					
	Commentaires:				

Question 20:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
Certains termes clés de la grille d'évaluation devraient-ils faire l'objet d'une explication séparée ?				
Commentaires:				

Question 21:

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
Le cahier de production pour l'étudiante ou l'étudiant sur Moodle est-il approprié?				
Commentaires:				

Question 22

	Niveau d'appréciation (clarté)			
	1	2	3	4
Dans l'ensemble les éléments proposés dans le site Moodle sont-ils appropriés afin de soutenir l'étudiante ou l'étudiant dans la réalisation de la tâche évaluative en équipe ? Plus spécifiquement,				
<ul style="list-style-type: none"> • Forum • Questionnaire d'autoévaluation • Grille d'évaluation formative • Évaluation du cours 				
Commentaires:				

Merci encore pour votre précieuse collaboration, au plaisir de vous rencontrer en entrevue !

Maurice Agbatchi

Questions pour l'entrevue semi-dirigée

Date: _____

Heure: _____

Bonjour, Madame, Monsieur

Je vous remercie de prendre de votre temps et de répondre à ma demande afin de donner suite au questionnaire.

Cette deuxième partie sera utile pour préciser vos appréciations générales de la tâche d'évaluation finale du cours Calcul différentiel développé.

Questions

- 1- En ce qui concerne la tâche réalisée, avez-vous des idées ou des commentaires à me formuler pour améliorer sa conception?

- 2- D'après vous, quels sont les points forts d'une évaluation authentique dans la discipline des mathématiques au collégial?

- 3- Y a-t-il des sujets qui n'ont pas été abordés et sur lesquels vous voudriez ajouter quelque chose?

Je vous remercie de votre avis au regard de la tâche d'évaluation des apprentissages développée.

Aux plaisirs

Maurice Agbatchi

ANNEXE G
LETTRE DE PRÉSENTATION ET FORMULAIRE DE CONSENTEMENT
ÉCLAIRÉ

Lettre de présentation

Projet d'essai

Maurice Agbatchi

Dirigé par Julie Lyne Leroux, Ph. D.

Faculté d'éducation, PERFORMA
Maîtrise en enseignement au collégial
Université de Sherbrooke

Titre de l'essai

Proposition d'une tâche d'évaluation en situation authentique dans le cours Calcul

Différentiel au collégial

Madame,

Monsieur,

Depuis l'Automne 2012, je poursuis des études au 2^e cycle dans le cadre de la maîtrise en enseignement au collégial de l'Université de Sherbrooke. Plus précisément, mon projet de recherche porte sur la tâche d'évaluation authentique pour certifier de l'atteinte de la compétence visée par l'étudiante et l'étudiant.

Par la présente, nous sollicitons votre avis à titre d'experte et d'expert au sujet de l'évaluation finale du cours Calcul Différentiel. Il s'agit d'une tâche d'évaluation finale du cours réalisée pour juger de l'atteinte des compétences par l'étudiante et l'étudiant.

Nous sollicitons votre collaboration afin de répondre au questionnaire dans le but de recueillir vos suggestions d'améliorations. Le questionnaire comprend 22 questions fermées et vise à recevoir vos commentaires au regard de la tâche développée. Vous trouverez pour chaque question une échelle d'appréciation de 4 niveaux, soit d'insatisfaisant à tout à fait satisfait et d'une section « commentaire ».

Cet espace vous permettra d'exprimer votre point de vue plus explicitement, de manière à faire des propositions et suggestions d'améliorations s'il y a lieu.

Répondre au questionnaire nécessitera une durée en moyenne de 90 à 120 minutes. Vos compétences dans le domaine de l'enseignement au collégial, votre avis et vos qualités en tant qu'experte et expert sont incontournables et très précieux. Nous souhaitons obtenir une rétroaction de votre part d'ici le 5 janvier 2015. Après le questionnaire, une deuxième démarche effectuée par entrevue téléphonique d'un maximum de 30 minutes permettra d'ajouter à l'aide de 3 questions ouvertes, des informations, commentaires, suggestions ou modifications au regard de ladite tâche. Cette entrevue vous donnera l'occasion de dépasser le cadre du questionnaire et d'échanger sur vos différents projets de recherche actuels et futurs.

Le questionnaire sera transmis par courriel après acceptation de votre part et retour du formulaire de consentement éclairé. À la réception du questionnaire dûment rempli, je prendrai contact avec vous pour planifier un rendez-vous pour l'entrevue.

L'adresse pour le retour du formulaire et questionnaire est:

bmagbatchi@cmontmorency.qc.ca

Merci pour votre précieuse collaboration.

Aux plaisirs

Maurice Agbatchi

Enseignant, Département de mathématiques
Collège Montmorency, Laval
Téléphone / phone : (450) 975-6100 poste 6980

**Proposition d'une tâche d'évaluation en situation authentique dans le cours
Calcul Différentiel au collégial**



Formulaire de consentement éclairé

Identification

Nom du chercheur	Maurice Agbatchi Babatoundé
Titre, département	Enseignant Département de mathématiques Collège Montmorency

Contexte

Cette recherche est effectuée dans le cadre de la Maîtrise en enseignement au collégial, PERFORMA, Université de Sherbrooke.

Avant d'accepter de participer à ce projet de recherche, veuillez prendre le temps de lire et de comprendre les renseignements qui suivent. On vous explique le but du projet, ses procédures, les avantages, les risques et les inconvénients. La personne qui vous présente ce document pourra répondre à toutes les questions que vous jugerez utiles.

But général du projet

Nous sollicitons par la présente votre participation à la recherche en titre qui vise à proposer des modalités d'évaluation authentique des apprentissages dans le cadre du cours *Calcul différentiel* à la 1^{ère} session du programme de Sciences de la nature au collégial.

Les objectifs de ce projet sont de concevoir une tâche d'évaluation authentique des apprentissages dans le cadre du cours *Calcul Différentiel* dans le programme de Sciences de la nature au niveau collégial qui s'inscrit dans une APC et ceci dans le but d'assurer une cohérence avec ce qui est fait au 2^e cycle du secondaire.

Procédures

Votre participation consiste à répondre à un questionnaire et à participer à une entrevue individuelle.

Ainsi, un questionnaire vous sera distribué par courriel. Celui-ci devra être rempli et m'être retourné le plus tôt. Cela nécessitera une durée de 90 à 120 minutes puisque vous devez prendre connaissance du prototype d'évaluation contextualisée qui accompagne le questionnaire. Une fois le questionnaire retourné, je prendrai un rendez-vous avec vous pour une entrevue téléphonique individuelle enregistrée d'un maximum de 30 minutes dans le but de faciliter la transcription qui permettra l'analyse des données. Cette entrevue me permettra de vérifier si vous aviez des informations à ajouter au sujet du prototype que je vous ai envoyé.

Avantages et risques

Votre participation contribuera à l'avancement des connaissances en éducation, sur l'évaluation contextualisée des apprentissages en mathématiques, dans une approche par compétences.

Les risques associés à votre participation sont minimaux et Maurice Agbatchi, professeur-chercheur, s'engage à mettre en œuvre les moyens nécessaires pour les réduire et les pallier.

Le seul inconvénient est le temps passé à participer au projet, soit maximum trois heures.

Confidentialité

Les données recueillies sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. Votre confidentialité sera assurée par un pseudonyme. L'anonymat sera respecté en utilisant des noms fictifs lors de la transcription. Les résultats seront diffusés dans un mémoire, et des communications dans différents congrès, AMQ, colloque AQPC, etc.

Les données recueillies seront conservées en sécurité dans un lieu à accès limité. Les seules personnes qui auront accès sont le chercheur et sa directrice. Les données seront détruites dans deux ans une fois le travail terminé et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

Participation volontaire

Votre participation à cette étude se fait sous une base volontaire. Cela signifie que vous acceptez de participer au projet sans aucune contrainte et que vous êtes libre de mettre fin à votre participation en tout temps au cours de la recherche, et ce, sans préjudice. Dans ce cas, les renseignements vous concernant seront détruits.

De plus, votre accord à participer implique que vous acceptiez que les responsables du projet puissent utiliser les renseignements recueillis aux fins de la présente recherche, dans le cadre d'articles, de conférences ou de communications scientifiques, à la condition qu'aucune information permettant de vous identifier ne soit divulguée publiquement, à moins d'un consentement de votre part.

Compensation financière

Votre participation au projet est offerte gratuitement. Aucune compensation monétaire n'est accordée.

Des questions sur le projet ou sur vos droits ?

Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, communiquez avec Maurice Agbatchi au 450-975-6100 poste 6980 ou par courriel au bmagbatchi@cmontmorency.qc.ca.

Votre collaboration est essentielle à la réalisation de notre projet, et l'enseignant-chercheur tient à vous remercier.

Signatures**Participant**

Je, _____ reconnais avoir lu le présent formulaire de consentement et consens volontairement à participer à ce projet de recherche. Je reconnais aussi que le responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante et que ma décision de participer est réfléchie. Je comprends que ma participation est volontaire et que je peux y mettre fin en tout temps, sans pénalité ni justification à donner. Il me suffit d'en informer les responsables du projet.

Signé à Laval,

Signature du participant

Date

Responsable du projet

Maurice Agbatchi Babatoundé

Département de Mathématiques

Collège Montmorency

475, boulevard de l'Avenir

Laval (Québec) H7N 5H9

450 975-6100, poste 6980

bmagbatchi@cmontmorency.qc.ca

Signature du responsable du projet

Date

ANNEXE H

COMPILATION DES PROPOS DES EXPERTES ET EXPERT

Compilation des résultats par dimension

Questionnaire électronique

Dimension 1: Compétence

Question 8		La tâche proposée est-elle d'un niveau de difficulté approprié pour une étudiante ou un étudiant de première session en sciences de la nature ?
Experte 1	2	Même commentaire qu'à la question 4. [La tâche évaluative à accomplir est-elle réalisable par une étudiante ou un étudiant inscrit dans un cours de première année, première session à son entrée dans un programme pré universitaire ?]
Experte 2	4	
Experte 3	2	voir mon commentaire de la question 4 [la mise en situation n'est pas claire, la représentation graphique non plus(ou est chaque milieu), représenter graphiquement une ligne de faille, lien entre les lignes de faille et l'exploitation pétrolière c'Est quoi ?, les étudiants ne sauront pas ce qu'est une ligne de faille, certaines phrases du document sont trop longues et mal construites. Juste de faire le ménage dans tout cela c'est énorme pour un étudiant de première année, première session et je ne suis même pas rendu au niveau des maths... Le niveau pour en arriver aux équations, à <i>Mathematica</i> et le reste est vraiment très difficiles à mon avis]
Expert 4	2	même commentaire que la question 4 [Je crois que la tâche est très complexe pour des étudiants de calcul différentiel. Les liens entre les étapes ne sont pas clairs ainsi que les objectifs]
Question 11		De manière générale, croyez-vous que la tâche proposée est rédigée de manière rigoureuse en lien avec les objectifs d'apprentissage mentionnés dans le plan de cours ?
Experte 1	3	À mon avis, la tâche proposée va au-delà des objectifs d'apprentissages
Experte 2	3	Clarifier le but avec les questions à répondre
Experte 3	2	À améliorer, car je comprends la compétence visée, mais ma compréhension de la tâche ne me permet pas de faire le lien entre

		l'optimisation et l'exploitation à l'île d'Anticosti
Expert 4	1	Je crois que le contexte permet une belle application du calcul différentiel. C'est une très bonne idée de situation authentique. Cependant, je ne vois pas le lien entre l'optimisation et la mise en situation.

Dimension 2: Évaluation de la compétence

Question 3		La tâche à accomplir exige-t-elle de l'étudiante et de l'étudiant une production concrète ?
Experte 1	4	
Experte 2	4	
Experte 3	2	Je ne comprends pas ce qu'ils doivent produire exactement. Est-ce qu'ils doivent recommander l'exploration pétrolière ou pas...juste minimiser ? doivent-ils déterminer de quels types de lignes de failles il s'agit. Pour avoir travaillé avec des gens en technologie minérale, je dois dire que la situation pourrait être plus authentique encore et les élèves devraient répondre à des questions plus précises.
Expert 4	2	Je crois que certains points doivent être clarifiés pour permettre une production concrète. Le but doit être fixé: est-ce que c'est de conclure à la possibilité d'extraire du pétrole, d'analyser les lignes de faille (à définir) ou de donner une défense pour l'environnement ou autre? Le protocole de laboratoire doit aussi être encadré. Quels sont les buts du protocole? Est-ce qu'il y a des données fournies pour chaque équipe ou est-ce une simulation? À quoi ceci se rattache à la situation authentique?
Question 5		Les étapes de la tâche à accomplir portent-elles sur des problèmes plus ou moins flous et ambigus, comme on en rencontre dans la réalité ?

Experte 1	3	
Experte 2	4	Sujet d'actualité bien choisi
Experte 3	2	Comme la tâche n'est pas claire, qu'il manque des liens, alors je ne crois pas que cela reflète la réalité du terrain. Il faudrait contacter les enseignants de technologie minérale (cégep de thetford) ou de géologie pour voir ce qu'ils font réellement lorsqu'ils veulent connaître la nature des sols afin d'exploiter. De ce que je me souviens, ils prélèvent des carottes et font une image de la croûte terrestre. Ils travaillent avec plus de données et moins de paramètres inconnus comme dans ta tâche.
Expert 4	3	

Dimension 3: Modélisation

Question 12		La démarche de modélisation décrite à travers les quatre étapes de la tâche est-elle bien mentionnée (observation, mathématisation, expérimentation et interprétation des résultats) ?
Experte 1	3	Sauf pour l'étape 1 qui est à mon avis plus ou moins pertinente, surtout la question 2 où on leur demande d'évaluer les forces et faiblesses du site. Ceci ne fait pas partie de la compétence du cours. Par contre, je n'ai pas réussi à trouver le site internet qu'ils devaient parcourir. Peut-être serait-il plus pertinent de les faire chercher sur la vitesse du son dans différentes matières ?
Experte 2	4	
Experte 3	2	devra être amélioré
Expert 4	2	Je crois que la mise en contexte doit être clarifiée et simplifiée pour des étudiants de calcul différentiel. Le texte des chercheurs et dessin représentant la situation (différents milieux, ...) doivent être améliorés afin de permettre la mathématisation. Je ne vois pas de lien entre l'observation (article présent dans les

		cahiers de production) et le reste de la tâche. L'expérimentation n'est pas claire pour moi. Je ne sais pas quel type de protocole les étudiants doivent produire. Je ne sais pas non plus sur quelles données les étudiants peuvent expérimenter.
Question 13		La démarche de modélisation permet-elle à l'étudiante ou l'étudiant lors de la réalisation de cette tâche, d'appliquer la démarche scientifique ?
Experte 1	3	
Experte 2	3	On veut vraiment passer au travers de toutes les étapes?
Experte 3	2	éventuellement peut-être, mais pas pour l'instant, car l'étudiant ne saura pas ce qu'il cherche au départ...impossible de cerner une problématique précise trop vaste...
Expert 4	2	Avec des liens plus clairs entre les quatre étapes de l'évaluation, je crois qu'on peut y faire une très belle démarche scientifique. Il faut permettre à l'étudiant de créer des liens entre les quatre étapes (les articles, l'optimisation, le protocole de laboratoire, le modèle mathématique (à expliquer) et le rapport).

Dimension 4: Caractéristiques d'une tâche en situation authentique et complexe

Question 1		De manière générale, croyez-vous que la tâche d'évaluation développée s'appuie sur les principes de l'évaluation en situation authentique ?
Experte 1	4	
Experte 2	4	Réaliste, accomplissement d'une réalisation, tâche complexe (jugement + innovation), consultation entre étudiants + rétroaction et motivation forte
Experte 3	2	Pour ce que je connais de l'évaluation authentique oui. Sauf que la tâche à accomplir en soi n'est vraiment pas clairement définie. De ce fait, les liens entre les concepts mathématiques et la tâche à

		faire ne sont vraiment pas clairs
Expert 4	2	Je crois que dans une situation authentique, on veut placer l'étudiant dans un contexte où il doit effectuer une analyse complète pour arriver à un but donné et concret (tiré de la réalité). Je crois aussi que le but de cette évaluation n'est pas clair contrairement au principe de base. Les liens entre la théorie mathématique et la mise en contexte sont ainsi difficiles à voir.
Question 2		La tâche à accomplir permet-elle à l'étudiante et l'étudiant d'exercer sa créativité ?
Experte 1	3	
Experte 2	4	Relier les pistes de calcul avec le contexte environnemental
Experte 3	3	Ce qui est problématique, puisque je crois que la tâche laisse trop place à cela et je ne vois pas comment des étudiants pourront en venir à bout
Expert 4	2	Certaines parties de l'évaluation permettent la créativité comme l'analyse de l'article d'actualité. Cependant, le but n'étant pas clair, les liens sont difficiles à faire. Je crois qu'il sera difficile pour un étudiant d'être créatif s'il ne connaît pas son objectif
Question 4		La tâche évaluative à accomplir est-elle réalisable par une étudiante ou un étudiant inscrit dans un cours de première année, première session à son entrée dans un programme pré universitaire ?
Experte 1	2	À mon avis, la tâche est trop lourde et trop complexe pour des étudiants de première session, surtout en ce qui a trait à l'étape 3 (modélisation et écriture de protocole) et au fait que la situation comporte plusieurs inconnues.
Experte 2	3	Dans trois semaines???
Experte 3	2	la mise en situation n'est pas claire, la représentation graphique non plus(ou est chaque milieu), représenter graphiquement une ligne de faille, lien entre les lignes de faille et l'exploitation pétrolière c'Est quoi ?, les étudiants ne sauront pas ce qu'est une ligne de faille, certaines phrases du document sont trop longues et mal construites. Juste de faire le ménage dans tout cela c'est énorme pour un étudiant de première année, première session et

		je ne suis même pas rendu au niveau des maths... Le niveau pour en arriver aux équations, à <i>Mathematica</i> et le reste est vraiment très difficiles à mon avis
Expert 4	2	Je crois que la tâche est très complexe pour des étudiants de calcul différentiel. Les liens entre les étapes ne sont pas clairs ainsi que les objectifs
Question 6		La tâche proposée est-elle signifiante ?
Experte 1	3	
Experte 2	4	
Experte 3	2	Le contexte de l'exploitation pétrolière est très intéressant de tous les points de vue... mais je ne vois pas le lien avec les maths que tu proposes...et les 9 questions de ton document. C'est décousu...on pourra s'en reparler au téléphone
Expert 4	3	La tâche me semble signifiante car elle permet à l'étudiant de découvrir une application des mathématiques à un problème actuel et concret. Cependant, je crois qu'elle pourrait l'être davantage avec un objectif concret.
Question 7		La tâche proposée offre-t-elle un défi à relever pour l'étudiante et l'étudiant ?
Experte 1	4	
Experte 2	4	
Experte 3	2	Le défi est trop grand et pas assez bien encadré, je crois qu'un ou deux de mes élèves (sur 45) pourraient le faire ou ne pas l'abandonner... par contre cela pourrait être un beau projet à faire en fin de DEC en collaboration avec des gens de physique, de géologie ou autres
Expert 4	2	Je crois que le défi est très élevé étant donné la durée de

		l'évaluation (trois semaines).
Question 9		Certaines des étapes de la tâche proposée offrent-elles à l'étudiante et à l'étudiant la possibilité d'exercer un certain contrôle sur leur déroulement, ou la possibilité de faire des choix ?
Experte 1	3	
Experte 2	4	Ils choisissent leur protocole, leur source, leur piste de recherche
Experte 3	2	si la tâche devient plus claire, peut-être
Expert 4	3	Niveau 3 avec une tâche plus claire dans l'évaluation.
Question 10		Croyez-vous que pour réussir les tâches demandées, l'étudiante ou l'étudiant devra faire un effort intellectuel, exercer son jugement, et utiliser diverses ressources (apprentissage en surface ou apprentissage en profondeur) ?
Experte 1	4	
Experte 2	4	
Experte 3	4	Trop de gros efforts à faire...
Expert 4	3	Niveau 3 avec une tâche plus claire dans l'évaluation.
Question 14		La réalisation de la tâche proposée fait-elle appel à plusieurs types d'opérations intellectuelles en lien avec la compétence ?
Experte 1	4	
Experte 2	4	
Experte 3	2	oui lorsque la tâche sera précisée plus clairement
Expert 4	4	

Dimension 5: Les étapes de développement

Question 15		Les consignes accompagnant la tâche proposée sont-elles énoncées clairement ?
-------------	--	---

Experte 1	2	La ponctuation de la plupart des questions est incorrecte (syntaxe vs ?). De plus, l'énoncé de l'étape 3 n'est pas clair (différence entre effectuez le protocole et effectuez les manipulations...)
Experte 2	3	
Experte 3	2	L'entrevue téléphonique me permettra d'énoncé ces points à améliorer au niveau des consignes
Expert 4	2	Le but n'est pas clair pour moi et donc je ne sais pas quelles sont les attentes pour le travail, par exemple quelle conclusion attendre. Aussi, je crois que les neuf questions qui guident l'étudiant doivent être améliorées afin de créer des liens et permettre une meilleure réflexion.
Question 21		Le cahier de production pour l'étudiante ou l'étudiant sur Moodle est-il approprié?
Experte 1	2	Je ne suis pas certaine qu'il est nécessaire de leur donner un tel cahier s'il ne contient pas d'informations supplémentaires quant au projet. Par contre, c'est une bonne façon de s'assurer que la forme du rapport est la même pour toutes les équipes.
Experte 2	3	
Experte 3	2	Est-ce qu'ils ont d'autres documents pour faire la tâche... très incomplète et pas assez structurant... je sais qu'une situation authentique, on doit laisser place à la réflexion, mais là je crois que cela nécessite beaucoup plus d'encadrement
Expert 4	3	C'est une belle idée de fournir un cahier de production aux étudiants. Je ne vois pas dans les consignes s'ils doivent le compléter ou écrire un rapport séparé. Si les étudiants le complète, alors je crois qu'il peut être un peu plus structuré pour respecter les normes de présentation du cégep, pour encadrer les étudiants et pour simplifier la tâche.

Dimension 6: Les composantes de la tâche en situation authentique

Question 22		<p>Dans l'ensemble les éléments proposés dans le site Moodle sont-ils appropriés afin de soutenir l'étudiante ou l'étudiant dans la réalisation de la tâche évaluative en équipe ?</p> <p>Plus spécifiquement,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forum • Questionnaire d'autoévaluation • Grille d'évaluation formative <p>Évaluation du cours</p>
Experte 1	3	<p>Le forum, l'autoévaluation du cours et l'évaluation formative sont très pertinents. Il aurait peut-être été intéressant de retrouver les notes de cours en lien avec l'optimisation, ou des ressources supplémentaires en lien avec le projet.</p> <p>La question n'est posée nulle part, mais je me permets quand même de faire le commentaire suivant: il m'apparaît un peu étrange, avec l'envergure de la tâche et le travail qu'elle exige des élèves, que ce projet ne soit évalué que de manière formative.</p>
Experte 2	4	
Experte 3	2	On pourra en reparler par téléphone, c'est beaucoup trop long à énuméré ici
Expert 4	2	<p>Les forums sont excellents.</p> <p>Il y a trop d'autoévaluation par les étudiants. Le questionnaire d'autoévaluation pourrait être un guide d'élaboration (sous forme de questions) et la grille d'évaluation formative améliorée</p>

Dimension 7: La grille d'évaluation

Question 16		De manière générale, croyez-vous que la grille d'évaluation à échelle uniforme permet une évaluation formative de la tâche évaluative ?
-------------	--	---

Experte 1	4	
Experte 2	2	La définition de l'échelle n'est pas vraiment claire pour moi!
Experte 3	1	laquelle des deux grilles ? Il y en a une plus facile à lire pour un étudiant et l'autre je ne suis pas d'accord avec la formulation des 5 niveaux
Expert 4	2	Je trouve les critères et indicateurs pourraient être reformulés et simplifiés pour les étudiants (phrases courtes, vocabulaire plus simple, ...). Les notes en bas de page pour les niveaux doivent être reformulées. La grille d'évaluation d'équipe semble mieux appropriée aux étudiants. Celle-ci me semble plus un guide de réflexion qu'une grille d'évaluation. Avec les deux grilles, je trouve que les étudiants doivent en remplir beaucoup pendant les trois semaines de l'activité.
Question 17		La grille d'évaluation développée présente-t-elle de manière <i>qualitative</i> les différentes manifestations observables sous la forme d'indicateurs ?
Experte 1	2	: Il me semble que pour la section « Applique les concepts et les savoir-faire mathématiques », il devrait y avoir plusieurs sous-critères afin de pouvoir évaluer les éléments de compétences du cours touchés par ce projet.
Experte 2	3	Indicateurs présents → évaluation pour chacun
Experte 3	1	???
Expert 4	3	
Question 18		Les grilles d'évaluation développées présentent-elles une description juste des performances possibles ?
Experte 1	3	
Experte 2	1	Aucune description claire des performances possibles

Experte 3	2	Comme ce que l'élève doit faire n'est pas clair, je ne trouve pas que la grille aide. surtout celle qui n'est pas sous forme de questions
Expert 4	2	Il n'y a pas de pondération identifiée ou de points accordés dans la grille. Il est donc difficile de juger d'une performance.
Question 19		La grille d'évaluation formative développée tient-elle compte des diverses opérations intellectuelles nécessaires à l'accomplissement de la tâche ?
Experte 1	3	
Experte 2	3	
Experte 3	2	Comme ce que l'élève doit faire n'est pas clair, je ne trouve pas que la grille aide. surtout celle qui n'est pas sous forme de questions
Expert 4	3	
Question 20		Certains termes clés de la grille d'évaluation devraient-ils faire l'objet d'une explication séparée ?
Experte 1	4	Non
Experte 2	3	Message conforme à la technologie, utilisation adéquate du laboratoire
Experte 3	1	Les élèves ne sont pas des pédagogues... même moi je me suis tannée, alors les élèves ne vont certainement pas utiliser cette grille
Expert 4	3	En simplifiant la grille, je crois qu'on peut éliminer les termes trop pédagogiques qui seraient difficile à comprendre par les étudiants.

ENTREVUE TÉLÉPHONIQUE

Compilation des propos des expertes et des experts

Entrevue téléphonique	13 janvier 18h00
EXPERTE 1	
Q	1- En ce qui concerne la tâche réalisée, avez-vous des idées ou des commentaires à me formuler pour améliorer sa conception?
R	<p>Pas peut-être au niveau de la tâche, mais globalement l'aviez-vous déjà expérimenté dans une classe ou cela n'a jamais encore fait?</p> <p>C'est sûr que la tâche était intéressante parce qu'elle était complète. Comme je l'ai mentionné dans mon évaluation, à mon avis l'étape 3 ou 4 où ils doivent concevoir un modèle mathématique et aller l'expérimenter est plus trop complexe pour les élèves de première année sauf que je ne sais pas s'ils auraient plus de soutien ou diminuer les inconnues parce que selon ce que je vois dans les collèges moi mes élèves ne seraient pas capables de le faire comme cela. Fixer un des paramètres et leur demander de minimiser les autres seraient bien à mon avis</p> <p>J'ai trouvé que la partie 1 si je me trompe, est là pour avoir un petit peu l'ensemble de la démarche scientifique on dirait que le fait d'aller leur faire visiter un site et de leur faire commenter si le site est bon ou pas, j'ai trouvé que cela sortait du cadre du programme de calcul différentiel, car je me demande pourquoi ils font ça, car ce n'est pas dans la compétence d'un élève en calcul différentiel de commenter un site internet. Je leur ferais moi peut-être recherché des choses qui sont en lien avec la tâche demandée ou ce qui feront dans la tâche. Je comprends qu'on veut partir de très large pour faire l'entonnoir.</p>
Q	2- D'après vous, quels sont les points forts d'une évaluation en situation authentique dans la discipline des mathématiques au collégial?
R	<p>Je me pose la même question, car c'est difficile à voir et je n'ai aucune idée à ce niveau. J'attendais de voir l'aboutissement de ton projet et surtout son expérimentation afin de savoir ce que l'on peut faire en mathématique avec.</p> <p>Tout ce que je peux ajouter, c'est au niveau de la grille d'évaluation du rapport, il faut mettre l'emphase sur les éléments de calcul, mais la grille d'autoévaluation de l'équipe est parfaite.</p>
Q	3- Y a-t-il des sujets qui n'ont pas été abordés et sur lesquels vous voudriez ajouter quelque chose?
R	Je trouve que les élèves sont laissés à eux-mêmes donc il serait mieux de donner la

<p>grille d'autoévaluation et la grille d'évaluation du rapport à leur disposition. C'est plutôt l'aspect formatif de la tâche que je vais ajouter, car je trouve que c'est trop demandé à l'élève pour 0% moi, je mettrais un 5 à 10% pour un tel travail. Mais dans l'ensemble, je tenais à te féliciter pour ce beau travail et je souhaite de tout cœur à avoir la version finale et les sons de cloche des élèves lors de l'expérimentation pour savoir comment les élèves embarquent dans ce super projet. Bonne chance à toi pour sa réalisation et expérimentation finale.</p>
--

Entrevue téléphonique	12 janvier 19h00
	EXPERTE 2
Q	1- En ce qui concerne la tâche réalisée, avez-vous des idées ou des commentaires à me formuler pour améliorer sa conception?
R	<p>Je comprends très bien le contexte, mais j'ai de la misère à comprendre à quelle question ils doivent répondre. Faire ressortir l'objectif du projet et le but poursuivi. J'avoue que le fait que l'étudiant soit laissé à lui-même pour sa créativité est une très bonne chose, car ils ont le contrôle sur ce qu'ils font. Il faut aussi leur expliquer qu'est-ce que les failles vont créer? Et aussi revoir la figure pour que l'étudiant puisse distinguer les différents temps. Le cahier de production est une bonne structure qui permet d'avoir les mêmes choses et je trouve que c'est très bien fait.</p> <p>En dehors de ces remarques, j'ai trouvé que les étapes sont bien claires et la tâche est vraiment authentique et surtout la rédaction du laboratoire avec le cahier de production sort de l'ordinaire. Tout ce qui pose problème, c'est le temps que tu donnes à la réalisation du projet. Vont-ils pratiquer le logiciel Mathematica avant la réalisation du projet? Tout le reste, je trouve ça super bien.</p> <p>Dans les grilles, j'ai de la misère entre les critères et indicateurs. Moi je mettrai par exemple: très bien (aucune erreur ou tous les concepts sont présents) bien (moins de deux erreurs) moyen (maximum quatre erreurs) Faible (plus que quatre erreurs). Mettre des gradations entre les indicateurs ce qui facilitera la correction.</p>
Q	2- D'après vous, quels sont les points forts d'une évaluation en situation authentique dans la discipline des mathématiques au collégial?
R	C'est vraiment une question que je me pose au jour le jour. Mais présentement mes collègues et moi travaillons dans ce sens dans le cours de méthodes quantitatives. C'est à suivre...
Q	3- Y a-t-il des sujets qui n'ont pas été abordés et sur lesquels vous voudriez ajouter

	quelque chose?
R	Revoir la figure et bien structurer la tâche, je crois que c'est tout. Tout le reste bien fait à mon avis et je tiens à te féliciter pour ce travail. Serait-il possible d'avoir la version finale à la fin du travail? Une fois de plus félicitation et si tu as des questions n'hésite pas à me contacter à nouveau.

Entrevue téléphonique	11 janvier 18h00
	EXPERTE 3
Q	1- En ce qui concerne la tâche réalisée, avez-vous des idées ou des commentaires à me formuler pour améliorer sa conception?
R	<p>Moi j'avais noté quelques petites choses que je voulais regarder avec toi. Je ne sais pas si c'est mon expérience avec les collègues en géologie. Tu as certainement choisi la personne la plus critique (lire très exigeante) que tu ne pouvais pas prendre. Il va falloir que tu clarifies la tâche, car je ne comprends pas ce qu'ils doivent produire exactement. Est-ce qu'ils doivent recommander l'exploration pétrolière ou pas...juste minimiser ? doivent-ils déterminer de quels types de lignes de faille il s'agit? Je crois qu'en clarifiant la tâche on y verrait le lien entre la sauvegarde de l'environnement et les lignes de faille.</p> <p>L'autre chose aussi est de clarifier s'ils doivent tenir compte de la composition de la croûte terrestre, car la composition n'est pas la même partout. Le pont est trop grand pour l'étudiant, il faut établir le lien entre la situation problème et l'environnement</p> <p>En ce qui concerne la figure, il faut y mettre la couleur, des couleurs différentes par exemple verte bleue et rouge pour signifier le chemin parcouru pour chaque temps au cours de l'impact.</p> <p>Revoir la contextualisation et bien établir le lien entre l'optimisation et le calcul différentiel. Il faut selon moi donner un guide d'étude aux étudiants pour les orienter</p> <p>Si cette correction est apportée et l'objectif poursuivi est très bien établi, je crois cela répondrait à toutes les questions que j'ai eues en complétant ton questionnaire, mais il faut que tu précises bien les questions et que les étudiants sachent ce qu'il y a à faire.</p>
Q	2- D'après vous, quels sont les points forts d'une évaluation en situation authentique dans la discipline des mathématiques au collégial?
R	<p>Il faut faire un sondage terrain et faire l'analyse du sol pour en dégager les ressources gazières.</p> <p>Bien expliquez d'où ils partent et ce qu'ils ont à faire</p>

	<p>Expliquez pourquoi il faut optimiser les trois courbes Établir le lien entre la géologie: contexte géologique à expliquer Voici autant de points forts que l'on peut regarder en situation authentique et surtout dans ce projet.</p>
Q	3- Y a-t-il des sujets qui n'ont pas été abordés et sur lesquels vous voudriez ajouter quelque chose?
R	<p>Juste bien structurer ta tâche en reprenant la figure et en faisant ressortir le lien entre les lignes de faille et l'environnement ainsi que l'apport des mathématiques là-dedans. L'autre aspect à regarder est la grille d'évaluation du rapport. Je ne suis pas trop à l'aise avec les grilles descriptives. Les descriptions 4 et 5 dans la mise en page doivent être revues. Il faut mettre des points pour chaque critère et regarder la grille avec les étudiants. Pour finir, je te suggère de faire de cette évaluation, une évaluation sommative, car pour le peu d'expérience que j'ai en éducation, je trouve que le défi est trop grand pour l'étudiant et que cela demande beaucoup trop de travail pour être formatif. Je vais donner facilement un 15 à 20% pour un tel travail. Cela m'a fait plaisir de lire un si beau travail et j'espère de ne pas trop te décourager dans mes commentaires que j'ai mis dans le questionnaire. Je souhaite avoir une copie de la version finale une fois votre maîtrise terminée. Je vous souhaite bonne chance et vous encourage dans ce beau projet. Bonne session à vous et au plaisir...</p>

Entrevue téléphonique	14 janvier 19h00
	EXPERT 4
Q	1- En ce qui concerne la tâche réalisée, avez-vous des idées ou des commentaires à me formuler pour améliorer sa conception?
R	<p>J'avais trois points à en parler avec toi pour aider les étudiants dans leur rédaction:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le premier point est dans la mise en situation, il serait mieux de cibler un petit peu plus du lien entre l'objectif et la conclusion que tu veux formuler avec les étudiants soit de donner un argument pour la sauvegarde de l'environnement soit donner un argument pour des personnes qui veulent faire des forages ou de cibler un peu plus pour que l'objectif du travail de l'étudiant soit un peu plus clair. Voir si tous les termes sont essentiels par exemple « lignes de faille » si c'est important pour la mise en situation. Si c'est le cas, il faudrait cibler la mise en

	<p>situation et l'expliquer un peu plus pour que cela soit clair pour l'étudiant dans la rédaction de son travail.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mon deuxième point, je ne sais pas si le lien entre le minimum à l'étape 2 est clair par rapport au contexte ou s'il faut que les étudiants qui les découvrent sur internet. Si oui il faudrait les guider un peu plus ou suggérer des sites (deux ou trois) où ils pourront avoir ces informations. - Le dernier point est le protocole de laboratoire. Est-ce qu'ils auront des données ou ils vont inventer des données? Moi pour ma part je vais poser une question supplémentaire leur permettant d'identifier la variable indépendante, la variable dépendante et les données constantes ce qui leur permettra de bien rédiger leur protocole de laboratoire.
Q	2- D'après vous, quels sont les points forts d'une évaluation en situation authentique dans la discipline des mathématiques au collégial?
R	<p>Approche par programme: renforcer le lien du programme avec les mathématiques</p> <p>Montrer des applications dans la réalité: ingénieurs, miniers, etc.</p> <p>Développer des compétences connexes</p>
Q	3- Y a-t-il des sujets qui n'ont pas été abordés et sur lesquels vous voudriez ajouter quelque chose?
R	<p>Pour finir, j'aurai souhaité que les trois semaines soient entièrement consacrées au projet. Je vais y mettre des questions supplémentaires à l'étape 1 et en faire une introduction. Donc cette partie viendra avant la mise en situation.</p> <p>En ce qui concerne la grille, je trouve que les indicateurs sont trop lourds. Il faut revoir leurs formulations et utiliser les échelles de 1 à 5 au lieu de très bien, bien et autres. Il faut aussi utiliser des mots clés comme dans la grille d'autoévaluation. C'est un beau projet et je suis très content d'y avoir participé. Je pense que tout est là en dehors des trois points que je voudrais que tu améliores. Sinon vraiment bravo pour ce beau travail. C'est vraiment une belle application de l'optimisation. Envoie-moi la version finale dès que tu auras fini.</p>

ANNEXE I
TÂCHE D'ÉVALUATION EN SITUATION AUTHENTIQUE ET SA GRILLE
RÉVISÉES

ÉVALUATION EN SITUATION AUTHENTIQUE DANS LE COURS CALCUL DIFFÉRENTIEL

1. Contexte

L'évaluation confie à l'étudiante et à l'étudiant une tâche complexe à caractère résolument professionnel faisant appel aux compétences développées dans le cours. Placés dans la situation d'un géophysicien, l'étudiante et l'étudiant doivent analyser une situation de la structure de la croûte terrestre dans le cadre de l'exploration pétrolière ou de l'examen des lignes de faille.

Le travail se déroule en quatre parties. La première partie a lieu dans la salle de classe où se déplacent les étudiantes et les étudiants pour rédiger de façon individuelle leur protocole de laboratoire. La deuxième partie se déroule au laboratoire où les étudiantes et les étudiants vont expérimenter. En troisième lieu, les étudiantes et étudiants doivent consulter le rapport de deux autres équipes et en faire un commentaire constructif. Puis en dernier lieu, rédiger leur rapport final.

2. Compétence

Appliquer les méthodes du calcul différentiel à l'étude de fonctions et à la résolution de problèmes.

3. Situation problème²⁴

DIMINUER LE RISQUE SUR L'ENVIRONNEMENT DANS L'EXPLORATION PÉTROLIÈRE SUR L'ÎLE D'ANTICOSTI



Le 29 août 2010, le ministre du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), M. Pierre Arcand, a annoncé qu'il mandatait le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) afin que des expertes et des experts scientifiques se penchent sur l'industrie du gaz naturel contenu dans les schistes des basses terres du Saint-Laurent, afin d'analyser les préoccupations des citoyens, municipalités, groupes ou organismes et de cerner les enjeux relatifs à cette industrie.

Outre le mandat confié au BAPE, le plan d'action gouvernemental prévoit la mise en place de trois groupes de travail, soit un comité de liaison avec les élus, un groupe de travail sur l'environnement ainsi qu'un groupe de travail avec l'industrie, dont les réflexions et les recommandations alimenteront la future loi sur les hydrocarbures.

²⁴ Cette situation problème est fictive, mais fortement inspirée du développement du gaz de schiste au Québec: http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/Gaz_de_schiste/documents/PR3.pdf

L'équipe de travail sur l'environnement aura à analyser les failles au niveau de la croûte terrestre sur l'Île d'Anticosti afin de minimiser ces dernières pour la sauvegarde de l'environnement. Notre collègue a été retenu et vous êtes de cette équipe de travail sur l'environnement. On vous demande de proposer une piste de solution pour la sauvegarde de l'environnement et surtout d'examiner les lignes de faille qui peuvent en résulter.

En effet, le taux de déformation des roches en surface et en sous-surface de l'Île d'Anticosti et dans le golfe du Saint-Laurent est faible en comparaison de celui des unités allochtones situées au sud de la faille Logan : les strates en surface de l'île sont inclinées d'environ 3° vers le sud. (Voir carte à l'annexe).

Dès lors, on comprend l'importance d'examiner les lignes de faille (voir annexe). Ces lignes de faille dans la croûte terrestre sont dues aux vibrations lors de l'exploration pétrolière. Le groupe de travail sur l'environnement est créé afin de réduire la dégradation de la terre et ainsi contrôler les activités sismiques. Et cela, le Québec l'a bien compris! C'est pour cette raison que le ministre de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, monsieur Pierre Arcand, a adopté un arrêté ministériel en vertu de la *Loi sur les mines* en date du 30 juin 2014 afin d'établir le régime normatif des travaux de recherche de pétrole, de gaz naturel et de réservoirs souterrains sur les terrains de l'Île d'Anticosti qui sont réservés à l'État.

Vous êtes interpellés comme étudiant spécialiste en géologie et en physique pour aller faire une étude. Votre mandat est de soumettre à ces compagnies les solutions pour s'assurer que les vibrations se propagent le moins possible. Nous négligerons dans cette étude la structure de la croûte terrestre en supposant que la terre est uniforme.

But

Les compagnies pétrolières exécutent des explosions à la dynamite dans leur recherche de pétrole. Ces explosions causent des vibrations qui doivent être circonscrites dans un périmètre restreint pour éviter qu'elles engendrent des catastrophes naturelles.

Un cahier de production électronique disponible sur Moodle accompagne cette mise en situation. Vous aurez à compléter ces différentes étapes dans le cahier de production assigné à chaque équipe.

Étape 1

Chaque équipe de géophysiciens réunis doit parcourir sur internet le site d'Anticosti, analyser le site et répondre aux questions suivantes:

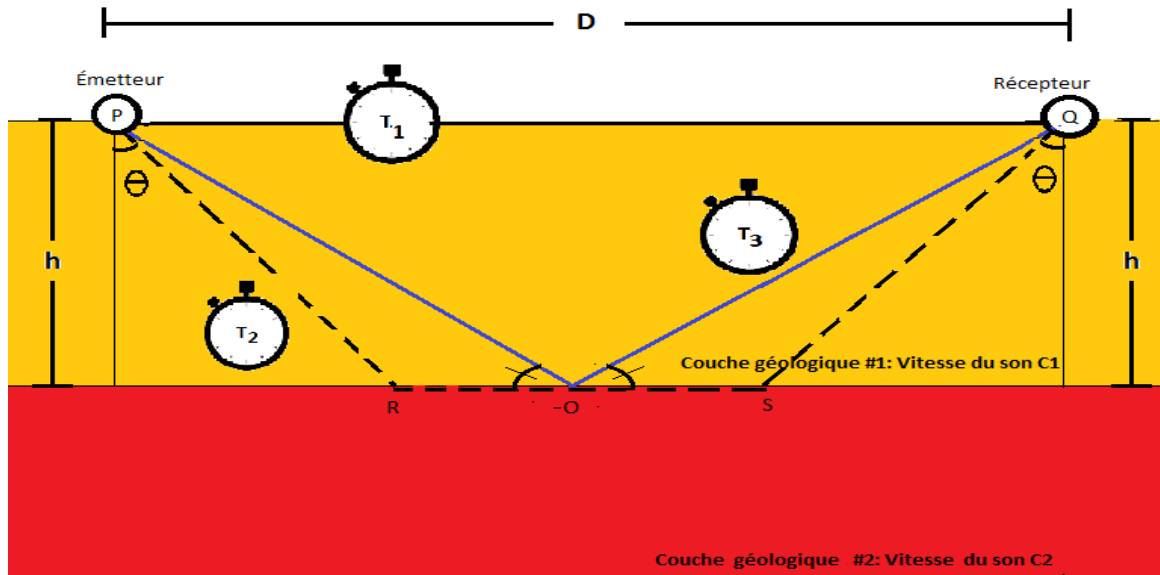
Question 1: Décrire brièvement le site étudié.

Question 2: Dressez une liste des forces et des faiblesses du site en adoptant le point de vue d'un visiteur qui désire obtenir de l'information sur ce projet d'exploitation pétrolière.

Mise en situation

Suite à votre connaissance du site de l'Île d'Anticosti, vous rencontrez une équipe de chercheurs qui vous soumettent les données suivantes:

Les vitesses de son c_1 , dans une couche supérieure, et c_2 , dans une couche inférieure de roche, et l'épaisseur h de la couche supérieure peuvent être déterminées par prospection sismique si la vitesse du son dans la couche inférieure est supérieure à cette vitesse dans la couche supérieure. Une explosion à la dynamite a lieu en un point P , et les signaux transmis sont enregistrés au point Q , une distance D depuis P . Le premier signal à atteindre Q parcourt la surface et prends T_1 secondes. Le signal suivant se propage de P à un point R , de R à S dans la couche inférieure, puis à Q , en T_2 secondes. Le troisième signal se réfléchit sur la couche inférieure au point milieu O de RS et met T_3 secondes pour atteindre Q (figure ci-dessous).



Étape 2

Chaque équipe de géophysiciens doit décrire la situation étudiée à l'aide des fonctions et des équations. Pour ce faire, répondre aux questions suivantes:

Question 3: Identifier les variables indépendantes et dépendantes ainsi que les constantes de cette situation problème.

Question 4: En se référant à la mise en situation obtenue des chercheurs, exprimez T_1 , T_2 , et T_3 en fonction de D , de h , de c_1 , de c_2 et de θ .

Question 5: Trouvez la condition sur c_1 , c_2 et θ pour que T_2 soit minimum.

Étape 3

Chaque équipe de géophysiciens doit décrire le modèle mathématique permettant de minimiser le temps T_2 . Ce modèle doit inclure un protocole de laboratoire prévoyant les calculs à effectuer, les fonctions à représenter par rapport à θ . Ainsi, vous pourrez trouver l'angle de la vibration qui voyage le plus rapidement et donc qui cause le moins de dommage terrestre. Pour ce faire, répondre aux questions suivantes:

Question 6: Rédiger un protocole de laboratoire en justifiant et expliquant chacune des étapes. Dans ce protocole, le modèle mathématique omniprésent doit être étudié avec rigueur.

Question 7: Effectuez les manipulations prévues dans le protocole de laboratoire puis rédigez votre premier rapport.

Étape 4

Chaque équipe de géophysiciens doit résumer les points les plus importants qui se dégagent de l'étude du modèle. Pour ce faire, répondre aux questions suivantes:

Question 8: Évaluez le degré d'approximation entre le modèle et la situation réelle.

Question 9: Soumettez votre rapport à deux autres équipes pour recueillir des commentaires constructifs.

Question 10: Rédigez le rapport final en y incluant le rapport de laboratoire et vos recommandations aux compagnies pétrolières.

Faites preuve d'imagination ! Soyez bref et précis. Le rapport ne devra pas dépasser dix pages. N'oubliez pas d'insérer des images ou des vidéos au besoin.

ANNEXE

QUELQUES DÉFINITIONS

Vibrations

Les levés géophysiques de type sismique réflexion et les forages pétroliers et gaziers provoquent des vibrations au niveau du sol. Ces vibrations sont faibles, localisées et sont limitées dans le temps.

Fracturation hydraulique

Une fracture est une discontinuité planaire d'origine tectonique présente dans les roches des niveaux superficiels de la croûte terrestre le long de laquelle la roche a perdu sa cohésion. La fracturation hydraulique consiste à injecter, sous forte pression, un mélange d'eau et de sable afin de fracturer le schiste argileux et de libérer ainsi le gaz naturel qu'il contient. La fracturation du schiste se fait à une profondeur de 1 000 à 2 500 mètres

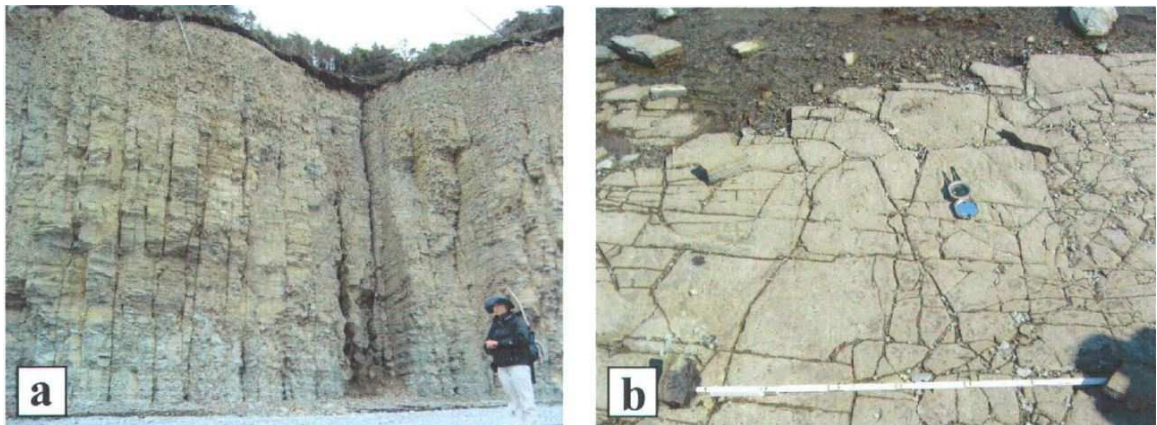


Figure 6: Systèmes de fractures dans les calcaires. (a) Vue en coupe (Formation de Jupiter, Jupiter de la Mer, Île d'Anticosti); (b) Vue en plan (Formation Vauréal, Baie Saine Claire, Île D'Anticosti)

Faïlle

Une faille est une fracture le long de laquelle on peut observer un déplacement des deux compartiments l'un par rapport à l'autre.

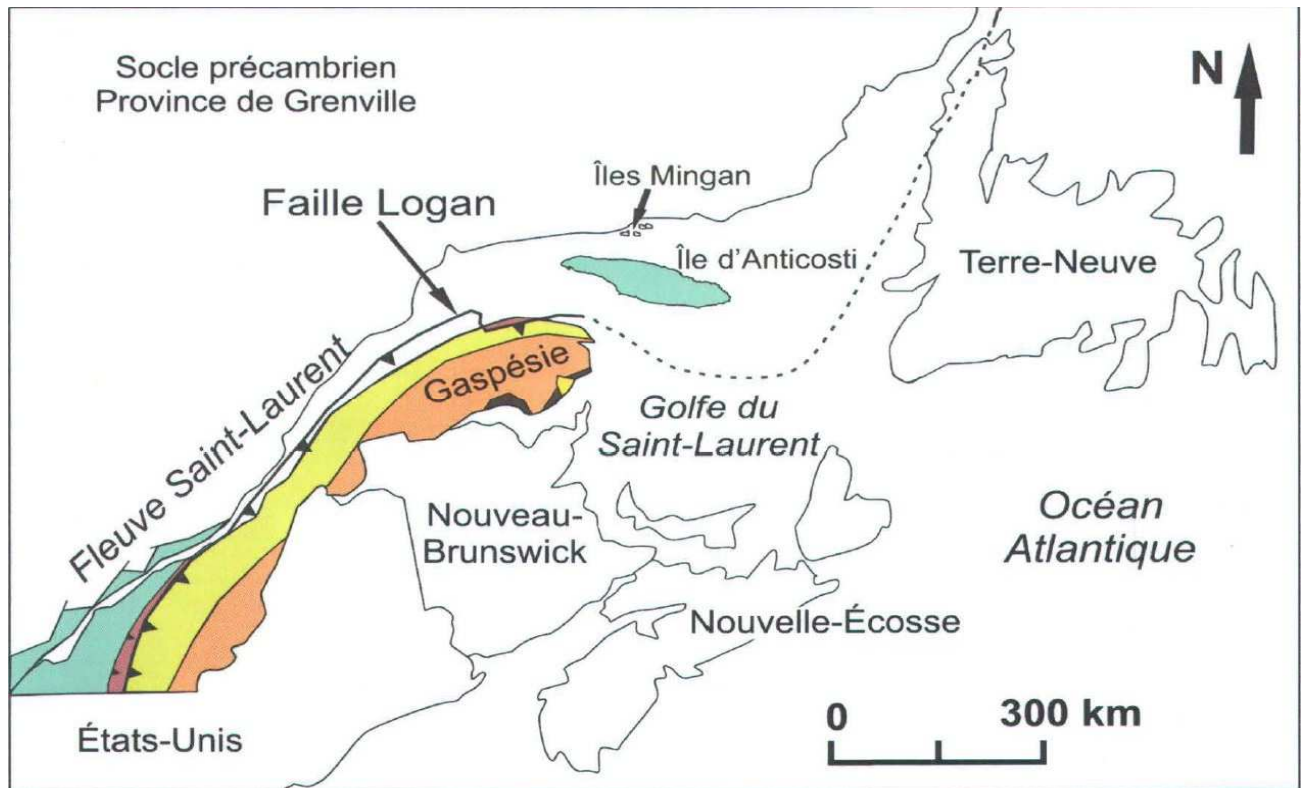


Figure 7: Localisation de l'Île d'Anticosti et les failles

Une **faille** comporte deux compartiments, décalés de part et d'autre d'une surface de faille. La valeur du décalage est le rejet. Le **rejet apparent** est celui qui est directement appréhendable par mesures, soit sur le terrain, soit sur cartes et/ou sur coupes.

Le mouvement le long de la surface de faille entraîne une déformation des couches de part et d'autre du plan de faille. Ces déformations, appelées **crochons**, permettent de déterminer le sens du déplacement. L'activité d'une faille est son jeu qui peut se faire en plusieurs rejets successifs.



Consignes

Le travail se fait en quatre parties et s'étend sur trois semaines

Étape 1: Décrire brièvement l'exploration pétrolière sur l'île d'Anticosti (forces, faiblesses)

Étape 2:

- Concevoir votre protocole de laboratoire qui doit être accepté par l'enseignante ou l'enseignant avant la séance de laboratoire
- Consulter le guide d'utilisation du logiciel de calcul symbolique qui vous est remis par votre enseignante ou enseignant en vue de l'expérimentation au laboratoire.

Étape 3: Rédiger un premier rapport qui sera soumis à deux autres équipes pour des commentaires constructifs.

Étape 4: Rédiger votre rapport final pour l'évaluation

4. Ressources

Manuel de cours, notes de cours sur le site Moodle du cours, site internet, cahier de production électronique, guide de laboratoire avec le logiciel de calcul symbolique (Mathematica), le guide d'autoévaluation formative et la grille d'évaluation formative du rapport.

5. Suivi du travail

Trois moyens de rétroaction vous sont offerts.

En classe, durant la seconde moitié du cours, des périodes seront consacrées à l'avancement du travail. Vous pourrez poser toutes vos questions. Une rencontre avec l'équipe est prévue à la semaine 11 pour valider votre protocole de laboratoire avant la séance d'expérimentation au deuxième cours de la semaine 12. Vous avez aussi le guide qui vous permet de vous autoévaluer à partir d'un certain nombre de questions qui sont rattachées à votre cahier de production. Si vous apportez votre rapport final à la fin de la semaine 13, vous pourrez bénéficier d'une dernière rétroaction écrite ou verbale vous permettant de le bonifier.

6. Les critères d'évaluations

Pondération: ce travail permet de soutenir le développement de la compétence par l'étudiante et l'étudiant

La grille d'évaluation du travail est accessible sur le site Moodle du cours. Elle affiche les critères suivants et leur importance relative:

- Communique de façon claire et précise des éléments identifiés
- Résout la situation problème de façon systématique
- Applique les concepts et savoir-faire mathématiques
- Utilise des technologies appropriées de traitement de texte et du logiciel de calcul symbolique pour résoudre le problème
- Est pertinent et rigoureux dans ses commentaires (justification et recommandation)
- Respecte les normes de présentation
- Respecte la qualité de la langue

Grille d'évaluation formative du rapport

Consignes à l'étudiante et l'étudiant:

1. Grille d'évaluation formative à remplir individuellement à mi-parcours et à la fin du projet.
2. Mettre un « X » dans la colonne choisie et donner une justification de votre choix dans la colonne « commentaires »
3. Tenir compte des sept critères lors de la réalisation du projet
4. Cette grille ainsi que la grille d'autoévaluation de l'équipe seront déposées sur le site Moodle du cours au moment de la remise de votre rapport final.

Critères/ Indicateurs	Très bien ²⁵	Bien ²⁶	Moyen ²⁷	Faible ²⁸	Insuffisant ²⁹	Commentaires
Communique de façon claire et précise les éléments identifiés <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai produit un message conforme à la technologie, aux règles ainsi qu'aux conventions propres à la mathématique</i> • <i>J'ai rédigé mon rapport de façon claire et précise</i> • <i>J'ai identifié un nombre d'éléments sur le site. Les éléments identifiés soulèvent un nombre suffisant (au moins cinq) des forces et faiblesse du site.</i> • <i>J'ai bien ciblé et bien identifié avec justesse et pertinence les éléments du site</i> 						

²⁵ Très bien: Aucune erreur: les éléments demandés à travers les indicateurs sont présents

²⁶ Bien: Maximum deux erreurs: au moins deux éléments ne pas sont présents

²⁷ Moyen: Maximum quatre erreurs: il manque un maximum de quatre éléments décrits par les indicateurs

²⁸ Faible: Plus que quatre erreurs: il manque plus de quatre éléments décrits par les indicateurs

²⁹ Insuffisant: L'étudiante ou l'étudiant n'atteint aucun des indicateurs décrits

<p>Résous une situation problème de façon systématique</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai fait la démonstration d'un raisonnement mathématique adapté à la situation problème</i> • <i>J'ai justifié de façon claire les étapes de la modélisation</i> • <i>J'ai élaboré une solution appropriée à la situation problème</i> 						
<p>Applique les concepts et les savoir-faire mathématiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai fait le choix et l'utilisation des connaissances et des savoir-faire mathématiques appropriés (choix des variables, mise en équation des contraintes ou des valeurs données, recenser les variables et les adapter à l'aide des outils mathématiques adéquats, rédiger un protocole de laboratoire prévoyant les calculs, les graphiques et les simulations nécessaires à l'atteinte de l'objectif)</i> 						
<p>Utilise des technologies appropriées de traitement de texte et du logiciel de calcul symbolique pour résoudre la tâche</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai utilisé de façon adéquate les différents types de logiciel de traitement de l'information: Word (orientation, pagination, marges, interlignes, etc.) et Mathematica (dérivée, représentation graphique d'une fonction, limites, exactitude des calculs, etc.), traitement de données, traitement de l'image, logiciels spécialisés, etc. de façon adéquate.</i> • <i>J'ai utilisé adéquatement le logiciel Mathematica lors de l'expérimentation du protocole de laboratoire</i> 						
<p>Est pertinent et rigoureux dans ses commentaires (justification et recommandation)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai soulevé dans mes commentaires des aspects bien ciblés et correctement reliés aux notions théoriques mathématiques vues dans le cours</i> 						

<ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai appuyé et argumenté mes affirmations :</i> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>sur le plan théorique: par des références explicites aux textes lus;</i> ❖ <i>en lien avec le rapport de recherche: par des références, des citations, des images, des vidéos et/ou des graphiques tirés du site analysé;</i> ❖ <i>en établissant clairement le lien entre la science, la technologie et l'évolution de la société;</i> ❖ <i>en donnant une interprétation juste des résultats en lien avec la situation problème;</i> ❖ <i>en produisant un message conforme à la terminologie, aux règles ainsi qu'aux conventions propres à la mathématique.</i> 						
<p>Respecte les normes de présentation</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai présenté le rapport selon les normes du guide de présentation des documents écrits du collège Montmorency (une page de titre, une table des matières, une introduction et une conclusion ainsi que les références dans le texte et dans la page des références bibliographiques sont correctement présentées)</i> 						
<p>Respecte la qualité de la langue</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>J'ai vérifié et corrigé les erreurs d'orthographe et de grammaire.</i> • <i>J'ai respecté les ponctuations dans mon rapport final.</i> 						
<p>Commentaires généraux sur le projet:</p>						
<p>Les points forts du projet:</p>						
<p>Les points à améliorer dans le projet:</p>						