

Université de Sherbrooke

Conception et mise à l'essai d'une stratégie pédagogique
pour développer la métacognition pendant le processus de débogage
de programmes informatiques au collégial

par
André Poisson

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

Avril 2005
© André Poisson 2005

Université de Sherbrooke

Conception et mise à l'essai d'une stratégie pédagogique
pour développer la métacognition pendant le processus de débogage
de programmes informatiques au collégial

par
André Poisson

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

Avril 2005
© André Poisson 2005

Université de Sherbrooke

Faculté d'éducation

Conception et mise à l'essai d'une stratégie pédagogique
pour développer la métacognition pendant le processus de débogage
de programmes informatiques au collégial

André Poisson

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Françoise Ruel Présidente du jury

Lise St-Pierre Directrice de recherche

Essai accepté le _____

LE SOMMAIRE

Les étudiantes et étudiants inscrits dans le programme technique *Informatique de gestion au collégial* ont comme tâche de concevoir, coder et mettre au point divers programmes informatiques. La capacité pour réaliser cette dernière tâche, soit la mise au point de programmes ou débogage de programmes, est très peu développée chez les élèves. Ils ne prennent pas le temps de vérifier si leurs programmes fonctionnent adéquatement. Selon les superviseurs de stage en milieu de travail, ils ne testent pas assez leurs programmes. La procédure pour supprimer les erreurs de programmation qui leur est proposée ne semble pas suffisante en elle-même pour les soutenir dans leur apprentissage. Les ouvrages consultés sur le sujet de la métacognition nous incitent à penser qu'il manque à la procédure de débogage générale une dimension métacognitive qui pourrait leur être enseignée.

L'objectif de cette recherche est de développer une stratégie pédagogique socio-constructiviste intervenant sur la métacognition pour soutenir le développement de la capacité à déboguer des programmes informatiques et à améliorer le sentiment d'auto-efficacité des élèves face à cette tâche. L'autoquestionnement semble être une stratégie métacognitive à développer chez les élèves, car il est primordial que les élèves se questionnent avant de débiter et pendant une tâche quelconque, en particulier celle du débogage de programmes. Trop souvent, les élèves escamotent cette étape d'auto-questionnement, ils ont trop hâte de pianoter sur l'ordinateur et voir si cela fonctionne.

Notre type d'essai consiste en l'élaboration d'une intervention pédagogique, sa validation et sa mise à l'essai auprès des élèves. Le matériel nécessaire pour l'intervention a été tiré et adapté du livre sur la métacognition de Lafortune et St-Pierre. Plusieurs activités d'apprentissage ont été construites pour ce projet : un exercice de prise de conscience sur des stratégies d'apprentissage efficaces, une activité d'autoévaluation pour vérifier les connaissances des étudiantes et étudiants sur le dé-

bogage de programmes et une troisième activité concernant la planification du processus de résolution de problèmes qui a été reprise tout le long de la session.

Ces activités ont été mises à l'essai auprès d'un groupe d'étudiants de 2^e année en Technique Informatique à la session Hiver 2004. Les résultats de cette mise à l'essai sont intéressants. Dans un premier temps, l'objectif concernant le développement des habiletés métacognitives de planification a été atteint. De même, le développement de la démarche de débogage a été nettement amélioré, car au début, la démarche était très générale et peu efficace tandis qu'à la fin, la démarche était beaucoup plus structurée et détaillée. L'atteinte de l'objectif, concernant le sentiment d'autoefficacité des élèves, est difficile à évaluer car l'objectif semblait être déjà présent au début selon leurs réponses au questionnaire initial. Cela est très surprenant, car les élèves n'ont pas nécessairement une bonne démarche de débogage mais ils pensent que leur démarche est efficace.

Les retombées de ce projet ont permis d'approfondir mes connaissances personnelles au sujet de la métacognition, de l'approche socioconstructiviste et du sentiment d'autoefficacité. En ce qui concerne les élèves, ils ont pris conscience de l'importance du débogage de programmes dans leurs fonctions de travail et ils possèdent une procédure efficace de débogage générale qu'ils peuvent utiliser en tout temps. La stratégie pédagogique, les activités prévues et les outils utilisés nécessitent certains ajustements. Entre autres, utiliser davantage la technique du modelage par le professeur en classe et modifier la procédure générale de débogage en la schématisant pour développer davantage l'autoquestionnement chez les élèves.

TABLE DES MATIÈRES

LES REMERCIEMENTS	10
L'INTRODUCTION	11
PREMIER CHAPITRE - LA PROBLÉMATIQUE	12
1.1 L'ÉTAT DE LA SITUATION.....	12
1.2 LA PERTINENCE DU PROBLÈME.....	14
1.3 LE CADRE THÉORIQUE	16
1.3.1 La métacognition	16
1.3.2 Le sentiment d'autoefficacité	19
1.3.3 L'approche socioconstructiviste	21
1.3.3.1 Les conceptions et principes socioconstructivistes	21
1.3.3.2 Le rôle des enseignants.....	24
1.4 LA STRATÉGIE PÉDAGOGIQUE.....	26
1.5 LES OBJECTIFS.....	27
DEUXIÈME CHAPITRE – LA MÉTHODOLOGIE	28
2.1 LA DESCRIPTION DE LA CLIENTÈLE	28
2.2 L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	29
2.2.1 Les moyens pour atteindre l'objectif 1	29
2.2.1.1 La planification de la stratégie pédagogique	29
2.2.1.2 La réalisation du matériel	30
2.2.1.3 La validation du matériel.....	46
2.2.1.4 Résultats de la validation auprès des collègues	48
2.2.2 Les moyens pour atteindre l'objectif 2	49
2.2.2.1 La planification du déroulement des activités	50
2.2.2.2 La mise à l'essai	51

TROISIÈME CHAPITRE - LE RETOUR SUR LA MISE À L'ESSAI	58
3.1 DESCRIPTION DE LA PROCÉDURE D'ANALYSE DES DONNÉES	58
3.2 ANALYSE ET COMMENTAIRES PAR ACTIVITÉ	58
3.2.1 Analyse de l'impact de l'activité 1	59
3.2.2 Analyse de l'impact de l'activité 2	60
3.2.3 Analyse de l'impact de l'activité 3	61
3.2.4 Analyse de l'impact de l'activité 4	67
3.2.5 Analyse de l'impact de l'activité 5	69
3.2.6 Analyse de l'impact de l'activité 6	71
3.3 ASPECTS POSITIFS ET LIMITES DE LA STRATÉGIE PÉDAGOGIQUE.....	73
3.4 PROPOSITIONS D'AMÉLIORATIONS À APPORTER	77
LA CONCLUSION	78
LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	80
ANNEXE A : COMPÉTENCES DU PROGRAMME INFORMATIQUE.....	82
ANNEXE B : PROCÉDURE DE DÉBOGAGE GÉNÉRALE SCHÉMATISÉE.....	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description des compétences du devis ministériel relié à la mise au point de programmes informatiques	15
Tableau 2 : Démarche personnelle de débogage (28/01/2004)	60
Tableau 3 : Planification de son processus de résolution de problèmes (04/02/2004)	61
Tableau 4 : Planification de son processus de résolution de problèmes (11/02/2004)	62
Tableau 5 : Planification de son processus de résolution de problèmes (11/03/2004)	63
Tableau 6 : Planification de son processus de résolution de problèmes (08/04/2004)	65
Tableau 7 : Les attitudes et le sentiment d'auto-efficacité (25/03/2004)	69
Tableau 8 : Utilisation de la procédure de débogage générale (03/05/2004)	71
Tableau 9 : Démarche personnelle de débogage (03/05/2004)	72

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Procédure de débogage générale schématisée	88
---	-----------

LES REMERCIEMENTS

En premier lieu, j'aimerais remercier mes collègues de travail du département d'informatique qui ont su m'écouter et me conseiller lors de différentes rencontres formelles ou informelles. Ils ont pris le temps de lire mon projet de même, j'ai pu profiter de leur expertise pour mieux cerner le problème. Sans compter qu'ils m'ont aidé à trouver des solutions intéressantes et réalistes qui auront certainement un impact sur la réussite de nos étudiants.

En second lieu, j'aimerais remercier les étudiants de 2^e année, en technique de l'informatique, qui ont participé à ce projet. Ils ont démontré un sens de participation et d'entraide tout au long de la session.

Puis, finalement je tiens à remercier personnellement ma directrice de projet, Madame Lise St-Pierre, qui a su me diriger d'une manière souple et personnalisée. Elle a su tenir compte de mes préoccupations ainsi que de mes exigences tout au long du projet. Ses commentaires étaient toujours pertinents et très appréciés. Ses critiques étaient toujours positives et permettaient ainsi d'améliorer la qualité du projet. Son soutien pédagogique et son encouragement étaient toujours présents. Cela m'a beaucoup aidé à persévérer et ainsi pouvoir terminer ce projet. Merci beaucoup!!!

L'INTRODUCTION

Les étudiantes et étudiants inscrits dans le programme technique *Informatique de gestion* au collégial portent le titre de programmeurs en informatique lorsqu'ils obtiennent leur diplôme d'études collégiales. Un programmeur a comme tâche de concevoir, coder et mettre au point divers programmes. La capacité de réaliser cette dernière tâche, à savoir la mise au point de programmes, appelée aussi débogage de programmes, est très peu développée chez les élèves. Ils y vont beaucoup par essais et erreurs. Ils ne prennent pas le temps de vérifier si leur programme fonctionne adéquatement. Or, un programme qui ne fonctionne pas adéquatement est, à toutes fins pratiques, inutilisable. On dit que le programme a des bogues ou qu'il n'est pas au point.

Pendant les stages des élèves, les superviseurs nous disent souvent que les élèves ne testent pas assez leurs programmes. Les stages des élèves se font dans différentes entreprises du Québec et se déroulent à la sixième session durant quinze semaines. Les enseignants se plaignent également que les élèves remettent souvent des programmes qui ne fonctionnent pas. Cet essai décrit cette problématique et tente d'y remédier en proposant une stratégie pédagogique basée sur une approche socioconstructiviste pour développer l'autoquestionnement métacognitif chez les élèves. Cette stratégie métacognitive devrait soutenir leur apprentissage du processus de débogage de programmes et aussi améliorer leur sentiment d'autoefficacité face à cette tâche.

Une stratégie pédagogique a été conçue et mise à l'essai dans le but d'amener les élèves à utiliser régulièrement l'autoquestionnement métacognitif lorsqu'ils doivent faire la mise au point ou le débogage de leurs programmes informatiques.

Ce document met en évidence la problématique ainsi que le cadre théorique et les objectifs sur lesquels porte la recherche. Aussi, la méthodologie et le retour sur la mise à l'essai sont présentés ainsi qu'une conclusion qui fait ressortir les principaux résultats se dégageant de notre recherche.

PREMIER CHAPITRE - LA PROBLÉMATIQUE

La capacité des étudiantes et des étudiants en informatique à mettre au point divers programmes est très faible ou très peu organisée. Nous essaierons dans ce projet d'expliquer en quoi consiste ce problème et sur quels aspects théoriques nous nous sommes appuyés pour bien cerner la situation. Cette section contient l'état de la situation, la pertinence du problème, le cadre théorique, la stratégie pédagogique ainsi que les objectifs poursuivis dans ce projet.

1.1 L'ÉTAT DE LA SITUATION

À la fin du programme technique *Informatique de gestion* conduisant au diplôme d'études collégiales, les finissants portent le titre de programmeurs. Un programmeur a comme tâche de concevoir, développer et mettre au point des programmes informatique de toutes sortes. Les étudiantes et les étudiants suivent différents cours lors de leur formation qui leur permettent de développer leur compétence en conception, en codage et en mise au point de programmes.

Différentes stratégies d'enseignement ont été utilisées pour développer les compétences de conception et de codage de programmes et se sont montrées efficaces. Par contre, pour ce qui est de la mise au point de programmes, il semble que cela a été laissé à la discrétion de l'élève. On tient pour acquis que cette habileté se développe toute seule. Cela est peut-être dû au fait que le programmeur d'expérience le fait machinalement sans aucune technique explicitée ou consciente. Tout se passe rapidement dans sa tête et souvent, il est incapable d'explicitier sa façon de faire. Aussi, la difficulté se situe peut-être au niveau du grand nombre de bogues qui peuvent se produire et qui sont imprévisibles.

Dans le cadre du cours *Programmation sur AS/400*, qui se donne en quatrième session, les étudiantes et les étudiants doivent concevoir, coder et mettre au point (débuguer) plusieurs programmes. Normalement, ils devraient avoir acquis une certaine

capacité à déboguer des programmes, car cela fait déjà trois sessions qu'ils en conçoivent plusieurs dans différents cours. La capacité à déboguer ou mettre au point des programmes consiste à trouver et corriger les différents bogues de compilation, d'exécution ou de fonctionnement de programmes pour les rendre fonctionnels et cela dans un délai raisonnable. Un bogue est une erreur dans la conception d'un programme informatique qui l'empêche de fonctionner adéquatement.

Le développement insuffisant de cette capacité de débogage se manifeste lors de la remise des programmes par les élèves à l'enseignant pour l'évaluation. Le programme est vérifié par l'enseignant pour savoir s'il fonctionne adéquatement et c'est à ce moment que tous les bogues ressortent (du plus simple au plus complexe). Aussi, lors des visites de nos stagiaires en entreprise, les superviseurs nous rapportent souvent que les élèves ne testent pas assez leurs programmes. Les superviseurs sont souvent obligés de dire aux élèves qu'ils ont oublié de bien faire leurs tests et qu'ils doivent reprendre une partie de leurs programmes. Or, rappelons-le, il est essentiel qu'un programme fonctionne adéquatement, car un programme qui ne fonctionne pas adéquatement ne peut être utilisé et n'a donc aucune valeur. Le travail du programmeur n'est pas complété si la phase de mise au point (débogage) n'a pas été correctement et totalement effectuée.

Pourtant, beaucoup d'élèves remettent leurs programmes avec des bogues. En moyenne, selon les enseignants du département et moi-même, 50 % des élèves remettent leurs programmes avec des bogues. Ils disent qu'ils n'ont pas eu le temps de finir. Ils ont pris beaucoup trop de temps à essayer des stratégies comme « essais et erreurs » pour déboguer leurs programmes. Ils ne semblent pas avoir intégré ce qu'ils ont appris dans leurs autres cours. Selon Aylwin (1992), les élèves ont des connaissances en superficie et non en profondeur et c'est difficile pour eux de transférer ce qu'ils ont appris dans les autres cours.

D'ailleurs, une procédure de débogage générale leur est proposée, mais elle est très peu utilisée pour toutes sortes de bonnes raisons : « Ils l'ont perdue, c'est plus fa-

cile d'essayer n'importe quoi, ils le demandent à un autre, etc. ». La procédure de débogage générale (référence page 39) est une démarche systématique qui nécessite toutefois que l'élève se pose différentes questions pour l'appliquer, non pas en automate, mais en faisant des choix à la suite de chaque questionnement. Il doit donc porter un regard sur sa façon de faire, éliminer certaines possibilités et en explorer d'autres. Il s'agit de « contrôler » sa pensée, donc de porter un regard métacognitif sur sa façon de faire. Cela est très différent d'une approche d'essais et erreurs. Le débogage demande de persister et d'avoir confiance en ses chances de réussite. Selon mes observations et celles de mes collègues, les élèves manquent beaucoup de persévérance et d'autonomie dans leurs démarches de débogage. Ils se découragent devant un bogue. Ils manquent de confiance en eux. Ils ne pensent pas être capables de trouver le bogue, seuls. Leur sentiment d'autoefficacité par rapport à cette tâche semble plutôt faible : « Un sentiment d'autoefficacité trop faible amènerait l'apprenant à ne pas activer un savoir métacognitif pourtant existant. » (Bouffard-Bouchard, 1989 et Melot 1991, dans Noël, Romainville et Wolfs, 1995, p. 53).

1.2 LA PERTINENCE DU PROBLÈME

Un programmeur peut passer beaucoup de temps à mettre au point un programme. Il est primordial que le programme fonctionne adéquatement sans aucun bogue et cela dans un délai raisonnable. Sur le marché du travail, le temps mis à déboguer un programme doit être minimal, sinon ce n'est pas rentable pour une entreprise. L'importance de développer une méthode efficace de débogage de programmes est donc primordiale pour un futur finissant en informatique.

Le devis ministériel du programme d'études *Informatique de gestion* contient plusieurs indications relatives à la mise au point de programmes en informatique (MEQ, DGFPT, 1999). Trois compétences du programme en font mention : exploiter un langage de programmation structuré, corriger des programmes et programmation sur AS/400. Le tableau 1 suivant présente les extraits des descriptions des compéten-

ces reliées au débogage de programmes que l'on trouve dans le devis ministériel du programme.

Tableau 1 : Description des compétences du devis ministériel relié à la mise au point de programmes en informatique

Éléments de compétence	Critères de performance
Compétence #16S – Exploiter un langage de programmation structuré	
Compiler le programme	<ul style="list-style-type: none"> • Repérage des erreurs de compilation • Correction des erreurs de compilation
Valider le programme	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation efficace des fonctionnalités d'exécution et de débogage de l'environnement • Préparation correcte des jeux d'essais nécessaires à la vérification du fonctionnement du programme • Débogage approprié du programme selon l'algorithme
Compétence #171 – Corriger des programmes	
Analyser le problème	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation appropriée des outils de débogage en vue de vérifier les hypothèses • Détermination de la composante du programme où se situe le problème
Déterminer la nature du problème	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation appropriée des outils de débogage • Interprétation correcte des résultats
Corriger le problème	<ul style="list-style-type: none"> • Résolution efficace des problèmes d'utilisation du langage de programmation
Compétence #17B – Programmation sur AS/400	
Développer les programmes	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification rigoureuse du fonctionnement de chacun des programmes et de l'application dans l'environnement de développement

La liste complète des compétences relatives au débogage de programmes se trouve à l'annexe A.

Le programme d'études *Informatique de gestion* devrait fournir aux élèves plusieurs occasions de développer cette compétence. Puisque celle-ci ne s'acquiert pas automatiquement, il importe de la développer par des stratégies d'enseignement et d'apprentissage plus efficaces. Ces stratégies pédagogiques devraient permettre aux futurs programmeurs de devenir plus autonomes et confiants en eux lors de débogage de programmes informatiques. La procédure de débogage générale qui leur est proposée ne semble pas suffisante en elle-même pour soutenir cet apprentissage. Les écrits consultés au sujet de la métacognition nous incitent à penser qu'il manque à la procédure de débogage générale une dimension métacognitive qui pourrait être enseignée.

1.3 LE CADRE THÉORIQUE

Le cadre théorique de ce projet est fondé sur trois éléments fondamentaux : la métacognition, le sentiment d'autoefficacité et l'approche socioconstructiviste. La stratégie pédagogique devrait contribuer au développement métacognitif des élèves pour déboguer un programme informatique, car souvent les élèves ne se posent pas de questions avant de commencer et, en cours de démarche, y vont plutôt par « essais et erreurs ». La stratégie devrait également développer le sentiment d'autoefficacité chez les élèves parce que, souvent, ils abandonnent devant la tâche de déboguer un programme informatique, car ils n'ont pas confiance en eux et ils ne se sentent pas capables d'accomplir la tâche. Enfin, la stratégie fondée sur une approche socioconstructiviste permettant de soutenir des apprentissages intégrés, sera actualisée par des mises en situation et par des interactions. Il est primordial que ce soit les élèves qui fassent des liens avec leurs connaissances antérieures et ainsi construisent de nouvelles connaissances.

1.3.1 La métacognition

Le processus de débogage de programmes informatiques est similaire au processus de résolution de problèmes, lequel nécessite que l'élève transfère des connaissances et des compétences acquises précédemment dans de nouvelles situations. La mé-

ta cognition semble être une composante essentielle au processus de transfert (Frenay, 1994, dans Romainville, 2000). Pour qu'un élève résolve des problèmes nouveaux en mobilisant des connaissances acquises dans des contextes plus ou moins différents, il semble impératif qu'il dispose d'un savoir métacognitif à propos des conditions dans lesquelles il est utile et pertinent d'appliquer ces connaissances ainsi que du contrôle et de la régulation à exercer sur sa façon de procéder. L'enseignant peut soutenir le développement de la métacognition chez ses élèves par des stratégies pédagogiques appropriées (Lafortune et St-Pierre, 1996). La métacognition est définie dans le Dictionnaire actuel de l'éducation de Legendre (1993) comme suit : « Connaissance qu'on a de ses propres processus cognitifs, de leurs produits et de tout ce qui y touche, par exemple, les propriétés pertinentes pour l'apprentissage d'informations ou de données ». Depuis Flavell (1979), la plupart des auteurs reprennent cette même définition. On y retrouve deux aspects complémentaires.

Le premier aspect renvoie à des connaissances métacognitives qui portent sur la personne (soi-même et les autres) en tant que personne apprenante, sur la tâche à accomplir et sur les stratégies d'apprentissage. Les connaissances au sujet des personnes se rapportent à ce que l'on sait de soi ou des autres comme apprenants, par exemple, penser que l'autre est plus logique que soi. Les connaissances concernant la tâche peuvent se rapporter autant aux objectifs qu'aux exigences de la tâche. Par exemple, un problème informatique (bogue) ne se résout pas automatiquement en appliquant une recette (formule). Les connaissances des stratégies, quant à elles, englobent les connaissances au sujet des stratégies affectives, cognitives et métacognitives, qui apparaissent utiles pour exécuter la tâche. Par exemple, une procédure de débogage générale est une stratégie qui comprend à la fois des aspects cognitifs et métacognitifs. Les connaissances métacognitives jouent un rôle important dans la façon dont la personne utilisera ses ressources cognitives et affectives pour apprendre (Lafortune et St-Pierre (1995, 1996); St-Pierre, 1994).

Cela nous amène au deuxième aspect qui renvoie à des habiletés qui permettent de mieux gérer ses propres processus mentaux. Il s'agit des pensées et des actions qui

permettent d'organiser, de surveiller et d'ajuster son activité mentale. Il y a trois catégories de stratégies de gestion de ses processus mentaux : la planification, le contrôle et la régulation. La planification consiste à organiser la façon dont sera traitée l'information. Par exemple, on peut demander à l'étudiant : « Lorsque tu débogues un programme informatique, est-ce que tu te lances tout de suite dans le problème sans réfléchir ou est-ce que tu utilises une certaine procédure? ». Le contrôle regroupe les activités de surveillance de l'activité mentale qui permettent de vérifier si la personne est sur la bonne voie. Pour mieux contrôler sa pensée, il importe de se poser des questions sur le déroulement de la tâche. Par exemple, on peut demander à l'étudiant : « Lorsque tu débogues un programme informatique, est-ce que tu vérifies si tu es sur la bonne voie? ». Finalement, la régulation consiste à maintenir ou modifier une activité selon ce qui a été détecté par les activités de contrôle. Par exemple, on peut demander à l'étudiant : « Lorsque tu débogues un programme informatique et tu t'aperçois que tu n'es pas sur la bonne voie, qu'est-ce que tu fais? ». Des stratégies de prise de conscience de son activité mentale sont très importantes pour permettre de connaître son propre style d'apprentissage, d'identifier ses lacunes, les conditions d'utilisation d'une démarche et son efficacité. D'ailleurs, selon Lafortune et St-Pierre (1996), des moments consacrés à des prises de conscience sont nécessaires pour développer la métacognition.

Un élève ne pourra pas faire du transfert s'il a appris par cœur ou par automatisme. Car lorsque la situation va changer, il ne pourra pas appliquer une recette pure et simple. Il devra se poser des questions pour savoir s'il peut appliquer sa recette pour cette situation ou s'il faut qu'il modifie certaines choses ou encore s'il doit utiliser une autre façon de faire. L'autoquestionnement semble être une stratégie métacognitive à développer chez les élèves, car il est primordial que les élèves se questionnent avant de débiter et pendant une tâche quelconque, en particulier celle du débogage de programmes. Souvent, les élèves ont hâte de pianoter sur l'ordinateur et ils escamotent beaucoup cette étape d'autoquestionnement. Ils ont hâte de voir les résultats, à savoir si cela va fonctionner.

La métacognition distingue les experts des novices selon Schoenfeld (1987, dans Lafortune et St-Pierre, 1992). Celui-ci démontre que les novices passent beaucoup de temps à exécuter des calculs alors que les experts passent la grande partie de leur temps à analyser le problème. On observe cela très souvent chez les élèves. Ceux qui réussissent le mieux passent plus de temps à planifier et à vérifier avant de commencer la tâche. Il n'est pas facile d'inculquer aux élèves ce principe car peu d'entre eux voient à long terme, la plupart sont centrés sur l'instant présent, le court terme.

L'intervention pédagogique porte plus particulièrement sur les étapes de planification et de contrôle en utilisant des stratégies métacognitives de planification et d'autoquestionnement. Elle permet des prises de conscience qui devraient contribuer au développement de connaissances métacognitives relatives à la tâche de débogage et au développement de sentiment d'autoefficacité des élèves par rapport à la tâche.

1.3.2 Le sentiment d'autoefficacité

À ce propos, Paris et Winograd (1990, dans Lafortune et St-Pierre, 1992) montrent qu'il est souvent impossible de séparer l'expression des émotions de l'activité métacognitive. Ils donnent l'exemple d'un élève anxieux devant une tâche. Un sentiment d'autoefficacité trop faible amènerait l'apprenant à ne pas activer un savoir métacognitif pourtant existant (Bouffard-Bouchard, 1989 et Melot, 1991, dans Noël, Romainville et Wolfs, 1995). Combien de fois, un élève devant un examen perd-il tous ses moyens et après l'examen se dit : « Je savais tout cela ».

Selon Bandura (1982, 1993 dans Deaudelin, Dusseault et Villeneuve, 2001), la perception qu'a un individu de ses capacités à exécuter une activité influence et détermine son mode de pensée, son niveau de motivation et son comportement. Souvent, un élève devant un travail difficile aura tendance à le remettre à plus tard pour toutes sortes de raisons. La motivation n'étant pas là, il ne se sent pas capable, pas prêt pour effectuer cette tâche. Bandura prétend que les personnes cherchent à éviter

les situations et les activités qu'elles perçoivent comme menaçantes, mais il leur est plus facile de s'engager à exécuter les activités qu'elles se sentent aptes à accomplir. Plus grand est le sentiment d'autoefficacité, plus élevés sont les objectifs que s'impose la personne et l'engagement dans leur poursuite (Ibid).

Comment faire pour que les élèves s'engagent dans une tâche donnée? L'une des conditions est que les élèves soient confiants de réussir cette tâche, qu'ils aient un sentiment d'autoefficacité élevé par rapport à cette tâche, afin de bien s'engager dans celle-ci. Si l'élève ne se sent pas capable de réussir une tâche, ne sait pas comment la faire ou encore a peur de ne pas réussir, il se trouve toutes sortes de raisons plus ou moins valables pour ne pas s'engager dans celle-ci.

Selon la théorie sociocognitive de Bandura, le sentiment d'autoefficacité consiste en la croyance que possède un individu en sa capacité de réaliser ou non une tâche. Des gens peuvent croire que certaines actions vont produire certains résultats (attentes de résultats), mais s'ils ne se sentent pas capables d'exécuter ces actions, ils ne pourront ni les amorcer ni persister à les accomplir (attentes d'efficacité). C'est l'un des phénomènes qu'on observe souvent chez les élèves dans une situation de débogage de programmes informatiques. Au début, ils croient vraiment qu'ils sont capables de déboguer leurs programmes car ils sont conscients que s'ils font les bonnes actions, ils trouveront le bogue et le corrigeront. Le problème est qu'ils ne font pas toujours les bonnes actions et qu'après un certain temps, ils se découragent, ils abandonnent devant la tâche qui pourtant au début ne semblait pas si difficile que cela. C'est vraiment une question de persistance et de ténacité.

Pour Bandura, l'opportunité de pouvoir observer un pair exécuter une activité donnée constitue une source d'information importante influençant la perception de sa propre autoefficacité. Cet autre individu utilise une technique qui s'appelle le modelage.

Les recherches issues d'une conception cognitive de l'apprentissage attribuent le sens suivant à ce terme : il s'agit d'une

technique d'enseignement par laquelle un professeur ou un pair effectuent devant les élèves une démarche d'apprentissage en verbalisant toutes ses pensées dans le but de leur faire mieux voir les différentes étapes de la démarche et les différents comportements qu'ils devraient adopter pour la compléter. (Lafortune et St-Pierre, 1996, p. 113)

Il faut faire attention de ne pas donner une solution toute faite, mais bel et bien la démarche complète avec toutes les erreurs, les retours en arrière, les hésitations, les blocages, etc. Il ne s'agit pas de donner un exemple mais bien de *se donner en exemple*. Ce n'est pas toujours facile à faire car il y a un risque potentiel de ne pas trouver la solution.

Cette technique sera utilisée dans ce projet et permettra de développer le sentiment d'autoefficacité. Tout le long de la session, le modelage sera utilisé lors de débogage de programmes par l'enseignant lui-même lorsqu'il déboguera les programmes des élèves dans les laboratoires ou par les élèves lors de démonstrations au tableau ou par des exercices en classe.

1.3.3 L'approche socioconstructiviste

Dans un premier temps, certains principes et conceptions socioconstructivistes seront présentés. Dans un deuxième temps, l'impact de l'approche socioconstructiviste sur le rôle des enseignants sera évoqué.

1.3.3.1 Les conceptions et principes socioconstructivistes

L'approche traditionnelle en enseignement consiste à ce que l'enseignant expose la théorie devant la classe alors que l'élève écoute souvent passivement ce que l'enseignant dit et prend des notes; l'élève doit ensuite transformer cette théorie en savoir-faire procédural lors des exercices ou des laboratoires. L'élève reçoit

l'information et la traite du mieux qu'il le peut pour pouvoir l'utiliser ultérieurement. Cette approche est axée sur la transmission d'informations. Des connaissances plus récentes en apprentissage conduisent à concevoir l'apprentissage autrement, selon une approche constructiviste.

Le constructivisme a pris son essor en réaction au béhaviorisme, qui s'intéressait peu à ce qui se passe dans la tête de l'apprenant et expliquait davantage l'apprentissage par l'association stimulus-renforcement. Selon Bruner (1996, dans Minier, 2000), l'approche constructiviste de l'apprentissage est axée autour de l'idée d'un sujet actif qui construit de nouveaux concepts ou idées à partir des connaissances déjà acquises (structure cognitive). L'enseignement devrait être conçu pour soutenir cette construction de connaissances.

La métacognition est à construire progressivement par les élèves. Il semble donc qu'une approche constructiviste serait propice à son développement. Selon une perspective constructiviste de l'apprentissage, la personne structure ses connaissances à partir de ses expériences et connaissances antérieures. Comme c'est le sujet qui organise lui-même ses connaissances (Fourez, Englebert-Lecomte et Mathy, 1997, dans Deudelin et Lafortune, 2001), il a donc un rôle actif dans son processus d'apprentissage et il en est responsable. Il construit ses concepts à travers sa propre activité et l'objet manipulé est sa propre représentation. C'est donc dire qu'on ne peut transmettre des théories à l'individu en pensant que ce qu'on lui dit est intégré avec une représentation précise, c'est-à-dire celle qu'on voudrait qu'il acquière. Cela nous amène à dire que lorsque l'enseignant présente un exposé en avant à un groupe, chaque individu perçoit de façon différente l'information reçue. Donc, l'apprentissage est essentiellement une construction personnelle résultant d'un engagement actif. Cette conception est en opposition avec l'idée que les élèves se comportent comme des «machines à photocopier» des informations ou encore des « machines à reproduire » des informations (Tardif, 1997).

Dans une perspective constructiviste de l'apprentissage, l'élève est amené, en situation d'apprentissage, à revoir ses conceptions afin de parvenir à structurer ses connaissances, ses habiletés et ses conceptions. En ce sens il sera plus efficace pour agir dans une situation donnée. Pour provoquer un changement conceptuel, il est en effet nécessaire de susciter un état conflictuel chez l'élève, lequel peut prendre la forme de conflits cognitifs (Bednarz, 1991, dans Deaudelin et Lafortune, 2001). L'élève qui vit un conflit est placé en situation de déséquilibre et de remise en question de ses conceptions. Cela provoque une contradiction chez l'apprenant lorsqu'il rencontre un nouveau problème qu'il ne peut résoudre avec ses connaissances antérieures. Il devra apporter une rectification à sa façon de faire et si ce nouveau correctif est efficace, il le mettra en place, sinon il reviendra à son ancienne conception (connaissance). Jonnaert et Vander Borgh (1999, dans Deaudelin et Lafortune, 2001) soulignent que les nouvelles connaissances sont provisoires et que leur viabilité peut, à tout moment, être remise en cause selon les caractéristiques d'une situation différente dans laquelle une personne apprenante se trouve.

En somme, il faut vraiment qu'il y ait un déséquilibre cognitif ou sociocognitif (selon que la contradiction ou que le déséquilibre viennent du problème lui-même ou de la confrontation avec les autres) pour que les élèves prennent conscience de la non-viabilité de leur conception. Il faut qu'il se fasse une sorte de déclic dans la tête de chaque étudiant et qu'il soit prêt à adopter une nouvelle démarche ou stratégie. C'est ce déclic cognitif ou sociocognitif que l'enseignant doit susciter par une mise en situation appropriée afin que les élèves prennent conscience que leurs connaissances ne sont pas adéquates et qu'il leur faut en construire des nouvelles. Mais c'est à l'élève qu'il revient d'organiser et de construire ces nouvelles connaissances à partir de ses anciennes et ainsi d'apprendre. Donc, l'élève est très actif dans son apprentissage, il est le seul responsable de son apprentissage et l'enseignant est plutôt là pour le guider, l'encourager et le motiver.

L'approche socioconstructiviste propose de mettre l'accent sur les interactions avec les autres pairs ou enseignants, pour favoriser la construction des connaissances.

Un déséquilibre peut être suscité par une interaction sociale (Bednarz, 1991, dans Deaudelin et Lafortune, 2001). On le dit alors « conflit sociocognitif ». Dans cette situation, l'individu vit une expérience au sujet de laquelle il échange avec les autres. Les interactions sociales peuvent ainsi contribuer à ébranler les conceptions des personnes et les amener à justifier les interprétations qu'elles font d'une situation et de leurs démarches de résolution de problèmes (Cobb, Perlwitz et Underwood, 1994, dans Deaudelin et Lafortune, 2001). Dans une perspective socioconstructiviste, ces interactions sont essentielles et s'opposent à une approche où l'on dit à l'élève quoi faire et comment le faire. Joannert et Vander Borgh (1999, dans Deaudelin et Lafortune, 2001) considèrent qu'un volet interactif supposant des interactions avec le milieu est aussi associé à une perspective socioconstructiviste. Selon ces auteurs, les apprentissages se construisent grâce aux échanges que le sujet établit avec le milieu. Ils ne peuvent donc se vivre qu'en situation réelle si on veut qu'ils aient du sens pour les élèves. Cela est très véridique car souvent les élèves sont beaucoup plus motivés à travailler sur un projet réel qui est relié au marché du travail et qui pourra être utilisé dans l'avenir.

L'apprentissage selon une approche socioconstructiviste, c'est-à-dire construire ses propres connaissances en étant actif sur le plan cognitif, demande des efforts soutenus de la part des élèves qui ne sont pas toujours entraînés à le faire. Ils sont habitués à un enseignement basé sur la transmission des connaissances nécessitant peu d'implication active. Il n'est pas facile d'inculquer ces nouvelles méthodes de travail chez nos élèves car nous nous imaginons que le fait de leur dire d'utiliser telle démarche va les inciter à le faire et que le tour est joué!!!

1.3.3.2 Le rôle des enseignants

Le rôle d'experts ou d'expertes généralement attribué au personnel enseignant devrait se transformer en un rôle de guide. Ce changement nécessite l'acceptation d'un déséquilibre et la prise de certains risques pédagogiques. Cette perspective de changement suppose une réflexion sur ses pratiques de la part de l'enseignant afin de

faire des liens entre ses pratiques et la théorie (Basque, Rocheleau et Winer, 1998; Lafortune, Jacob et Hébert, 2000a, b, dans Deaudelin et Lafortune, 2001; Lafortune et Deaudelin, 2002). Cela n'est pas toujours évident, car après quelques essais peu concluants, on revient souvent à ses bonnes vieilles habitudes; nous avons pu, en effet, l'observer plusieurs fois. En fait, tout apprentissage réussi est une transformation de conceptions, ce qui n'est jamais un processus simple car il n'est pas neutre pour l'apprenant. On peut même dire que c'est un processus désagréable, car il nous remet en question et chaque ajustement est perçu comme une menace parce qu'il change le sens de nos expériences passées.

Dans une perspective socioconstructiviste, on place la personne accompagnatrice (enseignant) dans une situation de changement où elle ne doit « pas trop se considérer comme une personne qui *sait*, mais plutôt comme quelqu'un qui *cherche* » (de Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996, dans Deaudelin et Lafortune, 2001, p. 26). Selon ces auteurs (Ibid, p. 26), « construire un savoir, c'est donc changer ». En considérant les visions de l'enseignement adoptées par une grande majorité d'enseignants (accent mis sur la transmission des connaissances et importance accordée à l'enseignement de l'ensemble des contenus prévus), on peut penser que, pour adopter une perspective socioconstructiviste dans leur pratique, plusieurs d'entre eux doivent faire le deuil d'un certain nombre d'habitudes et considérer qu'ils ne peuvent se substituer à l'élève dans le processus de construction de nouvelles connaissances. C'est à l'élève seul de pouvoir s'engager dans ce processus.

Du côté des enseignants, cela peut s'avérer difficile puisqu'une approche socioconstructiviste nécessite un changement de rôle de leur part. Or, comme on l'a vu, ce changement de rôle est déséquilibrant et exigeant. Cet ajustement d'approche pédagogique nécessite également l'élaboration de situations dans lesquelles l'élève s'approprie le savoir par des constructions très individualisées. Aussi lors de situations de classe collectives ou en équipe où les élèves interagissent avec les autres et au cours desquelles peuvent apparaître des conflits cognitifs et sociocognitifs susceptibles de faire avancer la construction des connaissances. Ce n'est pas toujours facile

pour l'enseignant de trouver les situations idéales et surtout d'être là lors de l'apparition de conflits cognitifs et de les reconnaître, car il faut être à l'écoute de plus de vingt personnes à la fois. Cela demande beaucoup de temps et de disponibilité que l'on n'a pas toujours. Pour soutenir d'une façon systématique l'apprentissage des connaissances, il importe de favoriser la réflexion des élèves sur leurs choix cognitifs en cours de route. Il importe que l'enseignant construise des situations didactiques où les élèves auront à développer l'habitude de ce genre de réflexion de sorte que les compétences ne soient pas des automatismes irréfléchis ou qu'elles ne soient appuyées sur aucun principe ou sur aucune théorie (Tardif, 1998).

1.4 LA STRATÉGIE PÉDAGOGIQUE

La stratégie pédagogique, mise au point dans ce projet, comprend un ensemble de stratégies d'enseignement (les moyens que l'enseignante ou l'enseignant met en œuvre pour soutenir l'apprentissage) et de stratégies d'apprentissage (les moyens que l'étudiante ou l'étudiant met en action pour apprendre (St-Pierre, 1991)). Ces stratégies utilisent des éléments qui nous ont paru pertinents dans les écrits sur la métacognition, sur le sentiment d'autoefficacité et sur une conception socioconstructiviste de l'apprentissage. Nous avons déjà mentionné l'utilisation de stratégies de planification et d'autoquestionnement, de même que les prises de conscience pour développer à la fois la métacognition et pour agir sur le sentiment d'autoefficacité. L'élaboration d'un aide-mémoire par les élèves devrait contribuer à la construction de leurs connaissances concernant le débogage de programmes car ils devront le maintenir à jour hebdomadairement. Les élèves devront vérifier dans leur aide-mémoire s'il s'agit d'un nouveau bogue afin d'exploiter une façon de faire déjà utilisée ou de noter une nouvelle procédure, selon le cas.

Le fait de pouvoir apprendre par observation rend les individus capables d'acquérir des comportements ou des savoir-faire sans avoir à les élaborer graduellement par un processus d'essais et d'erreurs, affirme Bandura. Le modelage prend modèle sur ceux qui savent faire. Par la réflexion à voix haute que fait une tierce personne au cours du processus de débogage, il peut tenter de reconstruire mentalement une façon de faire plus appropriée pour résoudre des situations problématiques similaires. L'élève peut observer ce que l'autre fait et ainsi remettre en question, puis modifier sa façon de faire après avoir pris conscience qu'une autre méthode semble plus efficace pour réaliser la tâche demandée. C'est une méthode qui sera utilisée dans ce projet afin de permettre aux élèves de connaître différents modèles de savoir-faire par différentes personnes pour les aider à se construire eux-mêmes leurs propres procédures de débogage de programmes informatiques.

1.5 LES OBJECTIFS

Objectif général :

Développer une stratégie pédagogique socioconstructiviste intervenant sur la métacognition pour soutenir le développement de leur capacité à déboguer des programmes informatiques et à améliorer leur sentiment d'autoefficacité face à cette tâche.

Objectifs spécifiques :

1. Concevoir une stratégie pédagogique qui développe des habiletés métacognitives de planification et d'autoquestionnement chez les élèves.
2. Mettre à l'essai la stratégie pédagogique auprès des élèves (intervention).
3. Analyser l'impact de l'expérimentation de la stratégie pédagogique utilisée par rapport au développement de la capacité à déboguer des programmes informatiques et l'amélioration du sentiment d'autoefficacité face à cette tâche.

DEUXIÈME CHAPITRE – LA MÉTHODOLOGIE

Notre essai consiste en l'élaboration d'une intervention pédagogique, sa validation, sa mise à l'essai et une analyse de l'impact de l'expérimentation. Cet essai comprend une description du projet d'intervention et des instruments élaborés pour résoudre un problème d'enseignement et par le fait même le résultat de la mise à l'essai. La présente section du projet contient la description de la clientèle visée ainsi que l'approche méthodologique pour valider et mettre à l'essai la stratégie pédagogique.

2.1 LA DESCRIPTION DE LA CLIENTÈLE

L'intervention se fait en classe avec un groupe d'étudiants de 2^e année à la 2^e session. Le niveau des connaissances cognitives de ces étudiants sur les méthodes de débogage de programmes est supposé être suffisant, car ils ont réussi quelques cours de programmation et ils ont eu à déboguer plusieurs programmes sur différentes plateformes (PC, AS/400, Linux). Le groupe est composé d'une vingtaine de gars qui ne sont pas nécessairement enthousiastes pour ce cours en raison de l'équipement utilisé, soit l'AS/400. Ils ont une perception négative de l'équipement AS/400, entre autres la présentation des informations à l'écran n'est pas graphique, ce qui, selon les élèves, est dépassé.

Les étudiants ont une connaissance minimale des connaissances et des stratégies métacognitives car ils en ont entendu parler à la session précédente dans le cours *Programmation III*. Après en avoir discuté avec l'enseignante qui a abordé cela dans son cours, nous croyons que les étudiants ne s'en souviennent que partiellement et ont de la difficulté à appliquer ces stratégies. Il faudra expliquer davantage les termes reliés à la métacognition en utilisant un niveau de langage signifiant pour eux et faire des exercices liés à ce concept. Au niveau de leurs connaissances affectives par rapport au débogage de programmes, leur sentiment d'autoefficacité semble être suffisant car ils ont réussi quelques cours de programmation et ils ont eu à déboguer plusieurs programmes. Mais d'après nos observations et celles de nos collègues, nous ne pensons

pas que ce soit le cas et on peut supposer que la majorité possède un sentiment d'auto-efficacité un peu faible ce qui limite leur persévérance dans la tâche.

2.2 L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Dans un premier temps, il importe d'améliorer la procédure actuelle de débogage dans une perspective métacognitive. En second lieu, il s'agit d'élaborer la stratégie pédagogique et de la valider auprès des pairs pour ensuite l'expérimenter en classe auprès des étudiants. Finalement, une analyse de l'impact de l'expérimentation permettra de faire ressortir les points forts et faibles de la stratégie utilisée. Six activités pédagogiques durant la session constituent le projet d'intervention en classe. Ces activités se sont déroulées tout le long de la session d'hiver 2004.

2.2.1 Les moyens pour atteindre l'objectif 1

Cette section permettra de décrire la méthode utilisée qui a permis de concevoir la stratégie pédagogique en lien avec la problématique. Quatre moyens ont été retenus pour atteindre l'objectif 1 consistant en la conception de la stratégie pédagogique : la planification de la stratégie, la réalisation du matériel pour chaque activité composant la stratégie, la validation auprès des pairs ainsi que les résultats de cette validation.

2.2.1.1 La planification de la stratégie pédagogique

La stratégie s'étend sur une session complète, soit quinze semaines, et elle comprend les stratégies d'enseignement et d'apprentissage qui reposent sur un matériel pédagogique développé ou adapté pour chacune des six activités sélectionnées. Le nombre d'activités a été limité à six, car le cours est très exigeant au niveau du contenu et il a fallu équilibrer le temps consacré au débogage de programmes et celui consacré aux autres éléments du contenu. De toute façon les six activités, dont certaines ont été reprises plus d'une fois, nous paraissent suffisantes.

Le cours, dans lequel l'intervention s'est déroulée, n'a pas été sélectionné au hasard. Cela prenait un cours avec certaines difficultés de programmation et surtout un cours où l'on codait beaucoup de programmes différents et qui suscitaient plusieurs bogues différents. C'est le cas du cours *Programmation sur AS/400*.

Le choix du groupe était limité, car on ne disposait que d'un seul groupe. De plus, la classe n'était pas très homogène, car il y avait des étudiants de plusieurs niveaux étant donné que certains étudiants font le programme sur plus de trois ans.

2.2.1.2 La réalisation du matériel

Le matériel nécessaire pour l'intervention a été extrait et adapté du livre sur la métacognition de Lafortune et St-Pierre (1996). D'autres activités ont été choisies et adaptées lors d'un cours sur la métacognition suivi à l'automne 2003. Six activités d'apprentissage ont été construites pour ce projet. La première activité est un exercice de prise de conscience sur des stratégies d'apprentissage efficaces. La deuxième permet de vérifier les connaissances des étudiantes et étudiants sur le débogage par une activité d'autoévaluation. La troisième permet de planifier son processus de résolution de problèmes. La quatrième est un exercice exploitant la technique du modelage pour développer des habiletés de résolution de problèmes. La cinquième permet d'évaluer son attitude et son sentiment d'autoefficacité vis-à-vis le débogage de programmes. La sixième et dernière activité permet de vérifier ses connaissances sur sa démarche personnelle de débogage à la fin de l'intervention par une activité d'autoévaluation ainsi qu'un questionnaire sur l'utilisation de la procédure de débogage générale. Chaque activité comprend un numéro d'activité, un titre, une brève description, les objectifs visés, la procédure pour réaliser l'activité et finalement une remarque sur l'activité. Les six activités sont présentées en détail dans les pages suivantes.

1^e activité : Exercice sur des stratégies d'apprentissage efficaces

Cet exercice a pour but de motiver les élèves de l'importance à utiliser des stratégies d'apprentissage efficaces et d'attribuer sa réussite à l'efficacité de certaines stratégies d'apprentissage. Cet exercice vise à placer les élèves dans une situation de conflit sociocognitif.

Objectif :

Connaître des stratégies de mémorisation efficaces et apprécier leur efficacité par rapport à une technique plus habituelle.

Procédure :

1. Identifier les raisons pour lesquelles on peut réussir ou échouer un cours (écrire les raisons au tableau sans juger leur pertinence ni leur valeur et vérifier que les méthodes et la qualité du travail ont été mentionnées)
2. Diviser la classe en deux équipes
3. Donner les consignes (1 minute et demie pour mémoriser le plus de mots)
4. Passer une liste différente par équipe: liste 1 et 2 (voir pages suivantes)
5. Ramasser les listes
6. Demander aux élèves d'écrire sur une feuille les mots retenus
7. Écrire au tableau les résultats par équipe
8. Faire remarquer aux élèves que l'équipe dont la liste était organisée a retenu le plus de mots
9. Le professeur revient sur les raisons du début et donne son opinion sur chaque raison et fait remarquer aux élèves celles sur lesquelles ils ont un certain contrôle : effort, méthodes de travail, etc.

Remarque :

Faire prendre conscience aux élèves que seule la stratégie d'apprentissage ou la méthode de travail diffère pour la tâche qu'ils viennent d'exécuter et c'est cela qui a eu un grand effet sur l'apprentissage. Cet exercice a pour but de démontrer aux élèves l'importance de l'utilisation de stratégies d'apprentissage efficaces (entre autres l'utilisation de stratégies de débogage efficaces au lieu d'utiliser l'approche « essais et erreurs »). Cet exercice a été tiré du livre « *L'affectivité et la métacognition dans la classe* » de Lafortune et St-Pierre (1996), p. 217.

Liste 1

MÉMORISER LES 30 TERMES SUIVANTS

addition	coefficient	fonction
opération	rationnel	symbole
division	huit	naturel
polynôme	réel	systèmes de nombres
zéro	cinq	exponentielle
puissance	sept	trigonométrique
cinquante-sept	neuf	exposant
nombre	racine	soustraction
monôme	binôme	irrationnel
variable	trinôme	linéaire

Liste 2

MÉMORISER LES 30 TERMES SUIVANTS

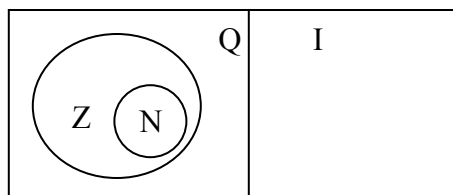
Organisation des connaissances

Représentation des connaissances

SYMBOLES variable $3x^2$
 coefficient
 exposant

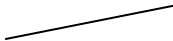


NOMBRES cinq
 huit
 neuf
 cinquante-sept 589-5707
 zéro
 sept

**SYSTÈMES
 DE NOMBRES** naturels
 réels
 rationnels
 irrationnels



OPÉRATIONS addition +
 soustraction -
 division /
 racine $\sqrt{\quad}$
 puissance $(\quad)^3$

POLYNÔMES monôme x
 binôme x + y
 trinôme x + y + z

FONCTIONS linéaire 
 exponentielle 
 trigonométrique 

2^e activité : Vérifier ses connaissances sur le débogage de programmes en général

Cette activité permet de faire prendre conscience aux étudiants de leurs démarches personnelles de débogage de programmes en général par une activité d'autoévaluation.

Objectif :

Ce questionnaire fournit l'occasion d'une première prise de conscience métacognitive.

Procédure :

Passer le questionnaire (page suivante) aux élèves.

Remarque :

Cette activité d'autoévaluation fait suite à l'exercice sur les stratégies d'apprentissage efficaces, il n'y a donc pas vraiment de retour en classe prévu, faute de temps. Ce questionnaire a été adapté à partir du livre « *L'affectivité et la métacognition dans la classe* » de Lafortune et St-Pierre (1996), p. 191.

Questionnaire sur votre démarche de débogage de programmes

1. Encerclez le nombre qui correspond à votre sentiment d'autoefficacité (capacité de) face au débogage de programmes en général?

1	2	3	4
Aucune	Peu efficace	Efficace	Très efficace

2. Expliquez les étapes de votre démarche de débogage?

Étape #1 :

Étape #2 :

Étape #3 :

Étape #4 :

3. Avez-vous l'impression que votre démarche est organisée ou désorganisée?

1	2	3	4
Plus ou moins au hasard	Un peu structurée	Structurée	Très bien organisée

4. Votre démarche est-elle différente d'un langage de programmation à l'autre? Pourquoi?

5. Encerclez le nombre qui convient au degré de certitude par rapport à l'efficacité de votre démarche.

1	2	3	4
Très incertain	Incertain	Certain	Très certain

3^e activité : Planifier son processus de résolution de problèmes

Lorsqu'on parle de métacognition, on y retrouve deux aspects: la connaissance de soi comme apprenant et le fait d'utiliser cette conscience pour contrôler ses propres processus mentaux. Le premier aspect de la métacognition renvoie aux connaissances qui portent sur la personne, la tâche ou les stratégies d'apprentissage tandis que le deuxième aspect renvoie aux connaissances qui permettent de gérer ses processus mentaux qui sont la planification, le contrôle et la régulation. Le but de cet exercice est de prendre conscience du deuxième aspect soit la gestion des processus mentaux et la planification de son processus de résolution de problèmes.

Objectifs :

Apprendre à mieux organiser et gérer sa démarche de débogage de programmes.

Procédure :

1. Présenter l'exercice de débogage aux étudiants.
2. Les étudiants commencent à déboguer le programme.
3. Après 10 à 20 minutes, faire remplir individuellement le petit questionnaire (page suivante) sur la planification de son processus.
4. Faire regrouper les élèves en équipe de deux pour qu'ils s'expliquent et discutent de leur démarche.

Remarque :

Faire un retour en groupe sur les différences des équipes et insister pour que les étudiants **se posent** des questions et réfléchissent (planifient) avant de commencer à faire quoi que ce soit. Faire cet exercice 3 à 4 fois dans la session officiellement et à l'occasion lorsque le besoin se fait sentir. Cet exercice suscite les interactions entre les étudiants et des prises de conscience métacognitives régulières en plus de développer une habitude et des habiletés de planification. Cet exercice a été adapté du livre « *L'affectivité et la métacognition dans la classe* » de Lafortune et St-Pierre (1996), p. 208.

Questionnaire sur la planification de son processus de débogage

1. Avez-vous déjà vu ce bogue avant? OUI NON

2. Avez-vous déjà vu un bogue semblable avant? OUI NON
Si OUI, OÙ? QUAND?

3. À quel(s) type(s) de bogue cela réfère-t-il?

4. Aviez-vous une idée de la façon de commencer à régler ce bogue? OUI NON

Encerclez le bon nombre :

5. Avez-vous planifié ou imaginé une solution ou avez-vous procédé par « essais et erreurs »?

1	2	3	4
Essais et Erreurs	Un petit peu de planification	Un peu de planification	Beaucoup de planification

6. Aviez-vous l'impression que votre démarche était organisée ou désorganisée?

1	2	3	4
Plus ou moins au hasard	Un peu structurée	Structurée	Très bien organisée

7. Comment évaluez-vous la difficulté du problème?

1	2	3	4
Facile	Faisable	Difficile	Très difficile

8. Pensez-vous être sur la bonne voie et pourquoi?

1	2	3
Oui	Je ne le sais pas	Non

4^e activité : Résoudre des problèmes en utilisant la technique de modelage

Cet exercice a pour but de montrer aux étudiants l'utilisation de la procédure de débogage générale en utilisant la technique de modelage.

Objectifs :

Comprendre et utiliser une procédure de débogage générale et prendre en note les bogues et la façon de les régler dans son aide-mémoire.

Procédure :

1. Expliquer aux élèves la procédure de débogage générale et insister sur leur prise en note des bogues et la façon de les régler de même que sur l'importance de bien comprendre ce qu'ils font pour ainsi se créer un aide-mémoire utile pour déboguer leurs prochains programmes.
2. Bien expliquer aux étudiants les consignes avant de commencer l'exercice de débogage. Le but de l'exercice est de vérifier le processus de débogage et non son résultat. Donc, il s'agit d'analyser (planifier) pour trouver le bogue et ensuite voir comment le corriger de façon efficace. Dans un premier temps, ce qu'il convient de faire, c'est de trouver le bogue seulement. On ne doit pas chercher à le corriger tout de suite.
3. Faire l'activité 3 (Planifier son processus de résolution de problèmes).
4. Faire corriger le bogue en équipe.
5. Une équipe qui a réussi explique sa démarche (technique de modelage).
6. Vérifier que les étudiants prennent en note le bogue et sa solution dans l'aide-mémoire.

Remarque :

Un suivi sera fait sur l'aide-mémoire individuel des élèves tout au long de la session afin de vérifier les explications de leurs bogues. Insister pour que les étudiants **se posent** des questions et réfléchissent (planifient) avant de commencer à faire quoi que ce soit. Cet exercice a été inspiré du livre « *L'affectivité et la métacognition dans la classe* » de Lafortune et St-Pierre (1996), p.135.

Procédure de débogage générale

Est-ce une erreur de compilation, d'exécution ou de fonctionnement?

Si erreur de compilation :

- Vérifier les erreurs de compilation dans votre fichier d'erreur et **lire** attentivement la description de l'erreur.
Est-ce que je comprends l'erreur? Si oui passer à l'étape suivante.
Sinon **relire** la description de l'erreur et chercher dans l'aide du système.
Est-ce que je comprends l'erreur maintenant? Si oui passer à l'étape suivante.
Sinon, rechercher dans l'aide-mémoire individuel.
- Faire les modifications nécessaires dans le fichier source et recompiler le programme.

Si erreur d'exécution :

- Faire F1 (touche d'aide) sur le message d'erreur et **lire** attentivement la description du message d'erreur
Est-ce que je comprends l'erreur? Si oui passer à l'étape suivante.
Sinon **relire** la description de l'erreur et chercher dans l'aide du système.
Est-ce que je comprends l'erreur maintenant? Si oui passer à l'étape suivante.
Sinon, rechercher dans l'aide-mémoire individuel ou utiliser le mode de « débogage » si applicable pour votre programme.
Est-ce que je comprends l'erreur maintenant? Si oui passer à l'étape suivante.
Sinon vérifier pas à pas les valeurs des variables.
- Faire les modifications nécessaires dans le fichier source et recompiler le programme et tester à nouveau le programme.

Si erreur de fonctionnement :

- Cerner où se situe le problème. À quel endroit dans le programme se situe le problème?
Est-ce une erreur de paramètres, une erreur d'entrée de données, une erreur d'affichage, une erreur de fichier?
Est-ce que je comprends l'erreur? Si oui passer à l'étape suivante.
Sinon, rechercher dans l'aide-mémoire individuel ou utiliser le mode de « débogage » si applicable pour votre programme.
Est-ce que je comprends l'erreur maintenant? Si oui passer à l'étape suivante.
Sinon vérifier pas à pas les valeurs des variables.
- Faire les modifications nécessaires dans le fichier source et recompiler le programme et tester à nouveau le programme.

N.B.

- Ne jamais procéder par « essais et erreurs », car cela peut vous prendre plus de temps et n'aide pas pour la compréhension du problème.
- Ne jamais rien tenir pour acquis. Par exemple, penser qu'une variable contient une certaine valeur, que tel traitement se fait, etc.
- Ne jamais négliger les commentaires dans le programme, car ceux-ci permettent de se repérer beaucoup plus rapidement dans le programme.
- La prise de note est souvent négligée. Prendre note de vos bogues dans votre aide-mémoire car ceux-ci peuvent se répéter.

Exemple de prise en note des bogues dans l'aide-mémoire

Bogues de compilation :

1. Le nom ou l'indicateur n'est pas défini
La variable ou indicateur pour cette ligne n'est pas déclaré dans le programme ou dans l'écran de saisie. Vérifier si votre écran de saisie est complété et vérifier si votre variable ou indicateur est déclaré dans votre programme ou votre écran de saisie.
2. Le nom de format d'enregistrement non défini est ignoré
Il ne reconnaît pas ce format d'enregistrement. Vérifier si le nom de votre format d'enregistrement de votre programme est identique à celui de votre écran de saisie
3. Le compilateur ne peut déterminer comment le programme s'arrête
Le programme ne pourra pas s'arrêter. Vérifier si vous n'utilisez pas le cycle et mettre l'indicateur LR à ON pour terminer le programme normalement.

Bogue d'exécution (Faire toujours F1 et F10 sur votre message d'erreur) :

1. Erreur de niveau sur fichier XXXXXX
Il ne reconnaît pas votre fichier. Vous avez recompilé votre écran de saisie et vous avez oublié de recompiler votre programme. Il peut se produire la même chose avec un programme CL.

Bogue de fonctionnement (plus difficile à trouver : ne pas avoir peur d'utiliser le débogueur, outil fourni avec le langage de programmation qui aide à trouver les bogues dans les programmes)

1. Le programme affiche l'écran de saisie mais si j'entre des données, il ne se passe rien.
Vérifier avec le débogueur où peut se situer le problème. Vérifier par quelles sous-routines le programme passe. S'il est supposé faire telle sous-routine et qu'il ne la fait pas, regarder pourquoi il ne la fait pas? Est-ce que la condition est bien remplie? Dans un premier temps, il est important de situer où est le bogue. Après, on cherchera une solution.

5^e activité : Évaluer son attitude, son sentiment d'autoefficacité, vis-à-vis le débogage de programmes.

Cet exercice consiste à faire prendre conscience aux étudiants de leurs attitudes lorsqu'ils sont en train de déboguer un programme.

Objectifs :

Observer et examiner son attitude pendant sa démarche de débogage de programmes.

Procédure :

1. Bien expliquer les consignes avant de commencer. Le but de l'exercice est de vérifier votre sentiment d'autoefficacité avant et pendant le processus de débogage.
2. Faire remplir la partie du questionnaire AVANT par les étudiants.
3. Faire déboguer le programme par les étudiants.
4. Après 10 à 20 minutes, faire remplir la partie du questionnaire APRÈS par les étudiants.
5. Faire regrouper les étudiants en équipe de deux pour qu'ils discutent de leurs attitudes.
6. Faire un retour en groupe sur les attitudes face au débogage de programmes.

Remarque :

Conclure sur le sentiment d'autoefficacité et sur la métacognition (se poser des questions...). Cet exercice favorise la prise de conscience et les interactions.

Questionnaire sur les attitudes et le sentiment d'autoefficacité

Avant :

1. Avez-vous une idée de la façon de régler ce bogue? OUI NON

2. Comment vous sentez-vous face à ce bogue?
Vous pouvez cocher plus d'un item :

Anxieux

Confiant

Excité

Nerveux

Perdu

Insécure

Autonome

Autres : _____

3. Pourquoi vous sentez-vous ainsi?

4. Si ce sentiment est négatif, qu'est-ce qui vous permettrait de mieux vous sentir?

5. Quelles sont vos caractéristiques personnelles quand vous travaillez sur un bogue?
Vous pouvez cocher plus d'un item :

Rapide pour trouver un bogue

Lent

Bonne concentration

Facilement déconcentré

Confiant

Insécure

Autonome

Autres : _____

Après :

6. Pendant que vous déboguiez votre programme, comment vous sentiez-vous?
Vous pouvez cocher plus d'un item :

De bonne humeur
Distrait
Confortable
Nerveux
Motivé
Démotivé
Confiant
Aucun sentiment
Autres _____

7. Comment est-ce que vous vous sentez après avoir réussi à régler le bogue?
Vous pouvez cocher plus d'un item :

Fier
Confiant
Content
Autonome
Compétent
Efficace
Aucun sentiment
Autres _____

8. Aviez-vous l'impression que votre démarche était organisée ou désorganisée?
Encerclez le bon nombre :

1	2	3	4
Plus ou moins au hasard	Un peu structurée	structurée	Très bien organisée

9. Si vous aviez à recommencer, feriez-vous la même démarche? Pourquoi?

6^e activité : Vérifier ses connaissances sur sa démarche personnelle de débogage à la fin de l'intervention par une activité d'auto-évaluation.

Cette activité sert à vérifier si l'intervention a permis d'améliorer les procédures personnelles de débogage de programmes des étudiants ainsi que l'utilisation de la démarche de débogage générale.

Objectifs :

Évaluer le taux de réussite (amélioration) de sa procédure personnelle de débogage de programmes ainsi que de l'utilité de l'outil *Procédure de débogage générale*.

Procédure :

Passer les deux questionnaires aux étudiants: un sur leur démarche actuelle de débogage (référence page 35) et l'autre questionnaire (page suivante) sur l'utilité et l'efficacité de l'outil *Procédure de débogage générale*.

Remarque :

Cette activité se passe au dernier cours de la session et il n'y a pas de retour en groupe sur l'exercice car il y a déjà une rétroaction sur le cours au complet et un point sur la démarche de débogage est présent. Cet exercice favorise la prise de conscience sur sa démarche personnelle de débogage et l'utilisation de l'outil *Procédure de débogage générale*.

Questionnaire sur la procédure de débogage générale

1. Avez-vous utilisé la procédure de débogage générale?

Encerclez le bon nombre :

1	2	3	4	5
Pas du tout	Rarement	Peu souvent	Souvent	Très souvent

2. Pourquoi cette procédure est-elle utile ou inutile?

3. Quels sont les avantages ou désavantages d'utiliser cette procédure?

4. Pourquoi avez-vous utilisé la procédure de débogage?

- a) obligation du prof
- b) intérêt personnel
- c) autres _____

5. Avez-vous trouvé cela efficace d'utiliser cette procédure?

Encerclez le bon nombre :

1	2	3	4
Inefficace	Peu efficace	Efficace	Très efficace

6. Pensez-vous l'utiliser dans un prochain cours?

Expliquez :

2.2.1.3 La validation du matériel

La validation auprès des collègues s'est faite de la façon suivante. La démarche et les instruments leur ont été présentés, puis leurs commentaires et suggestions concernant surtout la procédure de débogage générale ainsi que l'aide-mémoire ont été recueillis à l'aide du questionnaire suivant :

Questionnaire concernant le développement d'une stratégie pédagogique lors de débogage de programmes

1. Utiliseriez-vous la procédure de débogage générale dans l'un de vos cours?

Oui Non

2. Cette procédure est-elle complète?

Oui Non

3. Expliquez pourquoi vous utiliseriez cette procédure ou non?

4. Proposez des améliorations s'il y a lieu.

2.2.1.4 Résultats de la validation auprès des collègues

La validation auprès des pairs n'a pas été faite dans le temps prévu. Elle a eu lieu après la mise à l'essai et elle a commencé au printemps pour se terminer à l'automne suivant. Au début de la session d'hiver 2004, le projet n'étant pas tout à fait prêt, car il restait quelques ajustements à finaliser, la validation auprès des pairs a été remise à plus tard. La session d'hiver est passée et la validation auprès de mes collègues n'était toujours pas faite. Mes collègues ont reçu le document de travail à la fin de la session et il était prévu qu'avant les vacances d'été, nous ferions le travail. Mais encore là, cela n'a pas fonctionné car mes collègues n'avaient pas fait leurs travaux. En fin de compte la validation auprès des collègues s'est finalisée en début de session de l'automne 2004.

2.2.1.4.1 Description des commentaires des collègues

L'ensemble des collègues du département d'informatique juge la stratégie pédagogique très intéressante et utile. Les commentaires sont présentés en trois points : la procédure de débogage générale, l'aide-mémoire et les commentaires généraux.

L'utilité de la procédure de débogage générale est unanime chez les enseignantes et les enseignants du département. À la question #1, la majorité des professeurs utiliseraient exactement ou en partie la procédure de débogage générale. À la question #3 concernant le pourquoi, les enseignants mentionnent qu'ils utilisent déjà la procédure partiellement et qu'ils l'utiliseraient pour développer l'autonomie chez les étudiants; également une autre collègue pense que les étudiants font déjà la démarche inconsciemment. Pour améliorer la procédure, on signale que la présentation de la procédure pourrait être plus schématisée et plus positive dans les notes de la fin (voir exemple à l'annexe B).

L'aide-mémoire semble être un outil intéressant pour la majorité des professeurs même si certains ont des réticences face au suivi de l'outil qui leur semble exigeant.

Pour justement améliorer l'outil, il est proposé de modifier le principe, c'est-à-dire qu'au début de l'aide-mémoire, on pourrait mettre à la disposition de l'élève une liste des bogues usuels avec les correctifs. Ainsi, les élèves pourraient consulter leur aide-mémoire au tout début, puis à chaque nouveau bogue, ils pourraient ajouter ce bogue et les correctifs. Il serait primordial aussi d'ajouter dans la procédure de débogage générale la mise à jour de l'aide-mémoire afin d'inciter davantage les élèves à l'importance de le tenir à jour.

Quelques commentaires généraux sur la stratégie pédagogique sont ressortis : « Il s'agit d'amener les élèves à se poser des questions sur l'attitude qu'ils ont face à un bogue et s'ajuster », « Jusqu'à quel point (aujourd'hui), les élèves accordent-ils une importance au bon fonctionnement d'un programme? » et finalement « Le problème sera de convaincre les élèves d'utiliser la procédure sur une base régulière ».

2.2.1.4.2 Améliorations apportées à la suite de cette validation

Cette validation a permis de confirmer certains points que la mise à l'essai avait déjà fait ressortir : la difficulté du suivi de l'outil concernant l'aide-mémoire, l'utilisation soutenue de la procédure de débogage générale et tout ce qui est relié aux attitudes (sentiment d'autoefficacité). Il ressort de cette validation qu'il conviendrait d'améliorer la présentation de la procédure de débogage générale, de modifier le principe de l'aide-mémoire, d'intégrer la mise à jour de l'aide-mémoire dans la procédure de débogage générale et d'améliorer les attitudes des élèves face au débogage de programmes.

2.2.2 Les moyens pour atteindre l'objectif 2

Cette section permet de décrire les deux moyens utilisés pour la mise à l'essai de l'intervention auprès des élèves : la planification du déroulement des activités et l'intervention en classe proprement dite. Dans un premier temps, le calendrier des ac-

tivités permettra de représenter la planification du déroulement des activités et ensuite la mise à l'essai elle-même sera présentée par activité.

2.2.2.1 La planification du déroulement des activités

L'intervention a été mise à l'essai à la session d'hiver 2004 dans le cours 420-4K6 (Programmation sur AS/400) auprès de 22 élèves, tous des garçons. Voici la séquence des activités réalisées tout au long des 15 semaines de la session.

- Semaine #2:** Activité #1 (Exercice des stratégies d'apprentissage efficaces)
 Activité #2 (Vérifier les connaissances sur le débogage à l'aide d'un questionnaire)
- Semaine #4:** Activité #3 (Planifier son processus de résolution de problèmes)
- Semaine #5:** Activité #4 (Exercice sur le modelage en utilisant l'activité « Résoudre des problèmes »)
 Activité #3 (Planifier son processus de résolution de problèmes)
- Semaine #6:** Utilisation de la technique du modelage par le professeur lorsque les élèves rencontrent des bogues, cette technique sera utilisée tout au long de la session
- Semaine #7:** Suivi sur l'aide-mémoire des élèves
- Semaine #9:** Activité #3 (Planifier son processus de résolution de problèmes)
- Semaine #10:** Suivi sur l'aide-mémoire des élèves
- Semaine #11:** Activité #5 (Évaluer son attitude, son sentiment d'autoefficacité vis-à-vis le débogage de programmes)
- Semaine #13 :** Activité #3 (Planifier son processus de résolution de problèmes)
- Semaine #14 :** Suivi sur l'aide-mémoire des élèves
- Semaine #15 :** Activité #6 (Vérifier ses connaissances sur le débogage à la fin de l'intervention par une activité d'autoévaluation)

2.2.2.2 La mise à l'essai

L'intervention en classe auprès des étudiants s'est déroulée selon le calendrier et la méthodologie prévus. Cette section décrit sommairement le déroulement de chacune des six activités. L'analyse des résultats sera présentée au prochain chapitre.

Activité #1: « Des stratégies d'apprentissage efficaces »

Cette activité est la première de la stratégie pédagogique. Elle se déroule à la deuxième semaine de cours et elle n'est utilisée qu'une seule fois. L'activité s'est bien déroulée. Les élèves semblaient intéressés et motivés par l'activité, même si, au début, la question suivante ayant été posée, à savoir qui connaissait la métacognition, certaines personnes ont semblé la huer ou ne pas se montrer très intéressées par le sujet. Après avoir donné une brève explication de la métacognition, l'activité a été expliquée. Les élèves ont donné les raisons pour lesquelles on échoue ou on réussit un cours. Les réponses ont été écrites au tableau en vérifiant si la raison « les méthodes de travail » avait été dite. Les élèves ne l'avaient pas mentionnée.

Par la suite, les deux listes à mémoriser ont été passées aux deux équipes qui exécutent le travail demandé. Puis les résultats sont compilés et on peut constater que l'équipe disposant de la liste structurée a obtenu de meilleurs résultats que l'autre équipe. Il est ressorti de la discussion avec les élèves que la seule différence était l'organisation de la liste et le fait qu'elle soit structurée facilite la mémorisation grâce à une méthode de travail ou à une stratégie d'apprentissage plus efficace.

Activité #2: « Vérifier ses connaissances sur le débogage de programmes »

L'activité 2 est un exercice d'activation des connaissances antérieures. Elle a lieu à la deuxième semaine et le même questionnaire est utilisé à la quinzième semaine pour apprécier l'évolution des apprentissages des élèves. Au début de l'intervention, ils ont répondu au questionnaire avec intérêt. Ils semblaient chercher leurs méthodes de travail. Ils semblaient ne pas être certains de leurs méthodes même si dans le questionnaire, ils répondaient le contraire.

Activité #3: « Planification de son processus de résolution de problèmes » en date du 04/02/04 (semaine 4)

Le questionnaire prévu pour l'activité 3 est utilisé quatre fois pendant la session : aux semaines 4, 5, 9 et 13. Lors de la première passation, il est apparu que la question #3 concernant le type de bogue n'était pas claire, la question a dû être remaniée. Les étudiants ne semblaient pas très enthousiastes à remplir le questionnaire, car beaucoup n'avaient pas réussi à déboguer le programme. Ils étaient trop engagés dans la recherche du bogue lorsqu'ils ont rempli le questionnaire. La discussion en équipe n'a pas vraiment fonctionné du fait qu'ils n'avaient pas réussi à déboguer le programme.

Activité #3: « Planification de son processus de résolution de problèmes » en date du 11/02/04 (semaine 5)

Avant de commencer l'exercice, des consignes précises sont données concernant le but de l'exercice qui est de vérifier le processus de débogage et non son résultat (corriger le bogue). Donc, il s'agit d'analyser (planifier) pour trouver le bogue et ensuite voir comment le corriger de la façon la plus efficace. Dans un premier temps, la tâche attendue consiste à trouver le bogue seulement. Après quinze minutes, beaucoup

n'avaient pas encore réussi à déboguer le programme, un délai de quinze minutes a donc été nécessaire. Après plus de trente minutes, les élèves ont rempli individuellement le petit questionnaire sur la planification du processus. Puis, ils se sont regroupés en équipes de deux et se sont expliqués leur démarche pour ensuite corriger le bogue ensemble.

Une équipe a expliqué sa démarche au tableau et une discussion avec tout le groupe a suivi. Un retour sur l'utilisation de la procédure générale et la prise en notes du (es) bogue (s) dans son aide-mémoire a été effectuée pour mettre l'importance sur ces deux points. Une mise en garde concernant l'aide-mémoire a été faite dans le sens que ce ne sera pas facile (vous allez vous dire : « Je vais m'en rappeler ou ce n'est pas urgent de le noter tout de suite... ») mais qu'il faudra le faire, question d'habitudes et de méthodes. De plus, les élèves sont informés qu'un suivi sera fait sur leur aide-mémoire durant la session.

On observe que certaines lacunes ont nui au déroulement. Les élèves devaient aller chercher le programme à déboguer dans une bibliothèque du système informatique et le compiler; mais ils n'avaient pas les droits requis. Cela a occasionné plus d'un bogue à régler et par le fait même, un temps supplémentaire, mais ce fut quand même intéressant à faire, car c'était la démarche que nous examinons et non le résultat. Au cours de cette activité, il conviendrait d'insister davantage sur la prise en notes des bogues en les identifiant et en indiquant la manière de les régler dans l'aide-mémoire. Faire réaliser cela par une équipe au tableau est très important, car cela permet d'appliquer la technique de modelage.

Il importe de bien faire la distinction entre d'une part repérer et identifier le bogue puis d'autre part le corriger. Ce sont deux étapes distinctes dont la première consiste à situer où se trouve le bogue et à se questionner sur le pourquoi du bogue, alors que la deuxième consiste à corriger le bogue. Les étudiants mettent beaucoup trop la priorité sur la correction du bogue afin que le programme fonctionne le plus vite possible et ainsi passer à autre chose. Ils ne prennent pas le temps de

s'autoquestionner, de comprendre le problème, de planifier une solution avant d'essayer de corriger le bogue.

Activité #3: « Planification de son processus de résolution de problèmes » en date du 11/03/04 (semaine 9)

Avant de commencer l'exercice, des consignes précises sont données concernant le but de l'exercice qui est de vérifier son processus de débogage et non le résultat (corriger le bogue). Par exemple, « Lorsque vous avez trouvé le bogue, vous ne le corrigez pas tout de suite, vous le signalez au professeur qui fera une vérification de votre processus de débogage ».

Il y a encore eu des problèmes techniques avec cet exercice, car il manquait certains fichiers dans le compte commun et des erreurs de compilation qui n'étaient pas prévues se sont ajoutées. Cela a-t-il eu un impact sur la motivation des élèves concernant cet exercice? Au dernier numéro de ce questionnaire concernant la recherche du bogue, il a été ajouté : « et pourquoi? », afin que les étudiants expliquent davantage leurs réponses et pour les amener à se poser des questions, à s'autoévaluer et en ce sens à prendre conscience de leurs méthodes de travail.

On observe chez les élèves qu'ils font encore beaucoup d'essais et erreurs et qu'ils ont beaucoup de difficulté à planifier leurs processus. Ils ne semblent pas encore utiliser une procédure efficace (liste d'étapes à faire). Ils passent trop vite à essayer de corriger le bogue au lieu de le comprendre et si cela ne fonctionne pas, ils abandonnent. Aussi, ils n'utilisent pas assez le débogueur (outil fourni avec le langage de programmation qui aide à trouver les bogues dans les programmes). C'est un outil très important dans la procédure de débogage et les élèves ne l'utilisent pas assez, ils perdent un temps fou à faire plusieurs suppositions qui ne se vérifient pas. Si on réfère au cadre théorique, les élèves escamotent beaucoup l'étape d'autoquestionnement qui permettrait de trouver le bogue, ils ne font pas d'abord une analyse du problème.

Activité #3: « Planification de son processus de résolution de problèmes » en date du 08/04/04 (semaine 13)

Avant de commencer l'exercice, des consignes précises sont encore données concernant le but de l'exercice qui est de vérifier son processus de débogage et non le résultat (corriger le bogue) en prenant note de ce que chacun fait en détail. Par exemple, « Vous devez noter les erreurs détaillées le plus possible : numéro d'erreur, type d'erreur ainsi que la façon de les régler pour pouvoir les transcrire dans votre aide-mémoire par la suite. ».

On remarque chez les élèves qu'ils ne regardent pas la procédure de débogage générale donc, qu'ils ne l'utilisent pas. Il faudrait simplifier la procédure de débogage générale (la schématiser davantage, comme les enseignants le soulignaient à la suite de l'exercice de validation qu'ils ont effectué). La procédure semble trop longue à lire ou à mémoriser et les élèves retombent dans leurs vieilles habitudes : « essais et erreurs ».

Activité #4: « Résoudre des problèmes en utilisant la technique de modelage » en date du 11/02/04 (semaine 5)

Une mise en situation avant l'intervention a été faite en demandant aux élèves : « Qui a lu à la page 37 des notes de cours, les informations concernant la méthode de travail? ». Il n'y avait pas beaucoup d'élèves qui avaient lu les notes de cours. Aussi, les élèves ont été questionnés concernant la prise de notes, à savoir s'ils y croyaient et si cela en valait la peine? Ils semblaient attentifs.

Par la suite, des explications sur la procédure de débogage générale et de l'aide-mémoire des bogues leur ont été présentées. Ensuite, ils ont fait l'activité #3 *Planification de son processus de résolution de problèmes*. Après l'exercice de l'activité #3, une équipe d'étudiants, qui avait résolu le bogue, a présenté sa démarche de résolution

de problèmes devant les autres étudiants de la classe. L'équipe a expliqué au tableau les étapes que ses membres ont réalisées pour trouver et corriger le bogue.

Activité #5: « Évaluer son attitude, son sentiment d'autoefficacité, vis-à-vis le débogage de programmes » en date du 25/03/04

Cette activité a lieu une fois, à la onzième semaine. Il s'agit de remplir le questionnaire sur son sentiment d'autoefficacité en deux parties. Les étudiants doivent remplir la première page du questionnaire avant de déboguer le programme et la deuxième page lorsqu'ils ont fini. Il n'y a eu que trois élèves qui ont terminé l'exercice après quarante minutes. Les trois élèves qui ont terminé ont expliqué leurs démarches en utilisant la technique de modelage et ce fut intéressant car les trois ont utilisé chacun une démarche différente. Un étudiant a utilisé son aide-mémoire. Un autre étudiant a pris le temps de lire le message d'erreurs et a trouvé l'erreur. L'autre élève a utilisé un peu la technique « essais et erreurs » mais a réussi à trouver le bogue.

Un retour sur l'utilisation de la procédure de débogage générale a été fait car on observe chez les élèves un manque évident d'utilisation de la procédure. Il est bien écrit de prendre le temps de lire les messages d'erreurs et d'utiliser les clés de fonctions F1 et F10 sur le message dans la procédure de débogage générale, mais peu l'ont fait.

Les élèves apprennent quand même beaucoup avec ces exercices de débogage, car ils commencent à s'apercevoir que cela leur prend beaucoup de temps à trouver un bogue et le corriger et que s'ils utilisaient davantage la procédure, ils seraient plus performants.

Activité #6: « Vérifier ses connaissances sur sa démarche personnelle de débogage à la fin de l'intervention par une activité d'autoévaluation »

Cette activité est la dernière de la session. Il s'agit de remplir les deux questionnaires : un sur sa démarche actuelle de débogage (même questionnaire que pour l'activité 2) et l'autre questionnaire sur l'utilité et l'efficacité de l'outil *Procédure de débogage générale*.

Cela s'est passé pendant le dernier cours de la session et nous ne pouvons nous prononcer sur le sérieux de la démarche des étudiants. Nous pensons que les étudiants y ont répondu mais davantage pour faire plaisir au professeur que pour eux-mêmes.

TROISIÈME CHAPITRE - LE RETOUR SUR LA MISE À L'ESSAI

Dans ce chapitre, nous décrivons la procédure d'analyse des données, les résultats de cette analyse pour chaque activité, les aspects positifs et les limites de la stratégie pédagogique ainsi que les propositions d'améliorations à apporter.

3.1 DESCRIPTION DE LA PROCÉDURE D'ANALYSE DES DONNÉES

Six outils de collecte de données, dont quatre questionnaires, ont été utilisés pour valider et apprécier l'impact de ce projet auprès des étudiants. Les quatre questionnaires sont également des instruments d'intervention de la stratégie pédagogique. Le questionnaire sur la démarche de débogage de programmes par les élèves a été utilisé avant et après l'intervention (référence page 35). Le deuxième questionnaire a été utilisé pour connaître l'utilité et l'efficacité de l'outil *Procédure de débogage générale* (référence page 45). Le troisième questionnaire sur le sentiment d'auto-efficacité (référence page 42) a été utilisé pour faire prendre conscience aux étudiants de leurs attitudes lorsqu'ils sont en train de déboguer un programme. Aussi, l'utilisation du questionnaire sur la planification de son processus de débogage (référence page 37) à plusieurs reprises a permis de vérifier la progression des étudiants. Finalement, l'aide-mémoire individuel et les rétroactions informelles dans les cours ont permis de recueillir des données sur l'impact de l'intervention et d'en faire un suivi.

3.2 ANALYSE ET COMMENTAIRES PAR ACTIVITÉ

Ces données ont été réorganisées et regroupées pour permettre d'analyser séparément l'impact de chacune des six activités composant la stratégie pédagogique. Ce sont les résultats de cette analyse qui sont d'abord présentés dans les prochaines pages. La stratégie pédagogique dans son ensemble est analysée par la suite.

3.2.1 Analyse de l'impact de l'activité 1

Cette activité de prise de conscience semble avoir eu un impact mitigé. L'explication ou l'insistance sur la différence entre les deux listes n'a sans doute pas été suffisante, car les élèves n'ont pas semblé conscients de l'importance de développer de bonnes méthodes de travail ou stratégies d'apprentissage efficaces. Ils ont trouvé le jeu intéressant mais le lien avec l'impact sur les stratégies d'apprentissage efficaces ne s'est pas fait nécessairement. Si cela était à refaire, il y aurait plus de temps laissé aux élèves pour essayer d'expliquer davantage et en leurs propres mots la différence entre les deux listes et leur faire prendre conscience par eux-mêmes que des méthodes de travail appropriées peuvent faire une différence. C'est à l'élève d'organiser ses connaissances et non au professeur, selon une approche socioconstructiviste.

De plus, l'ajout d'une activité d'autoévaluation, suivie d'un échange à la fin de l'activité favorise une meilleure prise de conscience. Cela incitera davantage les élèves à utiliser une stratégie d'apprentissage efficace (utilisation de la procédure de débogage générale de programme) au lieu d'avoir recours à l'approche par « essais et erreurs ».

3.2.2 Analyse de l'impact de l'activité 2

Les résultats du questionnaire sur la démarche personnelle de débogage (référence page 35) obtenus pour cette activité sont présentés dans le tableau 2. Ils montrent que de façon générale, les étudiants ont un bon sentiment d'autoefficacité et sont certains de l'efficacité de leur démarche.

Tableau 2 : Démarche personnelle de débogage (28/01/2004)

Question #1	Aucune	Peu efficace	Efficace	Très efficace	Total
Sentiment d'autoefficacité	0	2	18	2	22
Question #3	Hasard	Peu structurée	Structurée	Très structurée	
Démarche organisée	0	6	14	2	22
Question #4	Oui		N/A	Non	
Démarche universelle	16	0	1	5	22
Question #5	Très incertain	Incertain	Certain	Très Certain	
Degré de certitude de l'efficacité de la démarche	0	3	17	2	22

N/A signifie non applicable, car certaines réponses portaient à confusion. Seulement, 2/22 étudiants ont un sentiment d'autoefficacité minimum (peu efficace) par rapport à leur démarche de débogage. C'est un peu surprenant car 6/22 des étudiants ont la perception que leur démarche est peu structurée. Selon ces résultats, les élèves sont peu structurés mais ont confiance en leur démarche. La question #5 confirme bien leur degré de certitude de l'efficacité de la démarche avec seulement 3/22 des étudiants qui se disent incertains. Pour la question #4 (démarche universelle), la majorité semble utiliser la même démarche d'un langage à l'autre. Suite à l'analyse des réponses à la question 2, qui demandait d'expliquer les étapes de sa démarche, notre propre évaluation de cette démarche est plutôt à l'effet que la démarche des élèves, était trop générale et peu précise. Ils recourent à l'approche « essais et erreurs » et cela semble les satisfaire si on en croit les résultats au niveau du sentiment d'autoefficacité.

3.2.3 Analyse de l'impact de l'activité 3

Les résultats du questionnaire sur la planification de son processus de résolution de problèmes (référence page 37) obtenus pour cette activité sont présentés dans les tableaux 3 à 6. Les élèves ayant répondu quatre fois à ce questionnaire, on remarque une évolution en ce qui concerne la planification d'une solution, mais en ce qui concerne la structure de la démarche, c'est beaucoup moins convaincant. Le tableau 3 présente les réponses au questionnaire à la quatrième semaine. Vu l'absence au cours de deux élèves, le total des élèves est passé de 22 à 20.

Tableau 3 : Planification de son processus de résolution de problèmes (04/02/2004)

Question #1	Oui			Non		Total
Première rencontre avec le bogue	5	-	-	15	-	20
Question #2	Oui			Non		
Bogue similaire déjà rencontré	8	-	-	12	-	20
Question #4	Oui	Ne sait pas		Non		
Idée pour régler le bogue	12	3	-	5	-	20
Question #5	Essais/Erreurs	Très peu planification	Peu planification	Beaucoup planification	N/A	
Planification d'une solution envisagée	5	9	3	2	1	20
Question #6	Hasard	Peu structurée	Structurée	Très structurée	N/A	
Démarche organisée	3	4	12	0	1	20
Question #7	Facile	Faisable	Difficile	Très difficile	N/A	
Difficulté du problème	10	6	3	0	1	20
Question #8	Oui	Ne sait pas		Non	N/A	
Êtes-vous sur la bonne voie	15	4	-	0	1	20

À la question #1, quinze étudiants n'avaient jamais observé ce bogue auparavant et à la question #4, douze étudiants ont une idée pour régler le bogue. Si on regarde la

question #5, 14/20 des étudiants estiment avoir aucune ou très peu de planification dans la recherche d'une solution. C'est quand même un peu bizarre, car il y a douze étudiants qui ont une idée mais aucune planification de solution. Cela confirme bien l'utilisation de l'approche « essais et erreurs ». Les élèves ne planifient pas car ils s'imaginent qu'ils vont trouver le bogue facilement. Les réponses à la question #7 (concernant la difficulté du problème) sont significatives car 80 % (16/20) des étudiants ont trouvé le problème facile ou faisable. Plus la difficulté du problème est minimisée, moins les élèves planifient.

Les réponses à la question 3 (référence à la notion de bogue) étant très divergentes, la question a été modifiée en changeant le mot « notion » par celui de « type » qui est plus adéquat. À la question 6 (démarche organisée), 7/20 des étudiants qualifient leur démarche de peu ou pas structurée, ce qui correspond à peu près au nombre d'étudiants qui n'ont aucune idée sur la manière de régler le bogue.

Les élèves étaient trop concentrés sur les résultats, ils voulaient corriger le bogue à tout prix et ne se préoccupaient pas du processus (démarche de débogage). Il faudrait expliquer davantage au début les consignes et leur dire avant de commencer qu'ils devront s'arrêter après 10 minutes et mettre l'importance sur leur méthode de travail (démarche de débogage) et non sur la correction du bogue.

Les réponses au questionnaire à la cinquième semaine de la session sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Planification de son processus de résolution de problèmes (11/02/2004)

Question #1	Oui			Non		Total
Première rencontre avec le bogue	14	-	-	6	-	20
Question #2	Oui			Non		
Bogue similaire déjà rencontré	14	-	-	6	-	20
Question #4	Oui			Non		
Idée pour régler le bogue	5	-	-	15	-	20

Question #5	Essais/ Erreurs	Très peu planification	Peu planification	Beaucoup planification	N/A	
Planification d'une solution envisagée	0	3	11	5	1	20
Question #6	Hasard	Peu structurée	Structurée	Très structurée		
Démarche organisée	1	5	10	4	-	20
Question #7	Facile	Faisable	Difficile	Très difficile	N/A	
Difficulté du problème	4	10	3	1	2	20
Question #8	Oui	Ne sait pas		Non		
Êtes-vous sur la bonne voie	12	8	-	0	-	20

La progression est intéressante pour la planification car il y a une nette amélioration pour la question #5 : 16/20 des étudiants, au lieu de 5/20 des étudiants la première fois, prennent du temps pour la planification.

Pour l'organisation de la démarche (question 6), ce sont des proportions semblables à celles de la première fois, à la différence qu'un étudiant n'avait aucune organisation la deuxième fois, comparé à trois la première fois. Concernant la difficulté du problème, 14/20 des étudiants ont estimé le problème facile ou faisable. Il y a peut-être un rapport entre la difficulté et l'organisation. Il faut dire que 70 % (14/20) des étudiants rencontraient ce bogue pour la première fois. Normalement, cela ne devrait pas avoir d'impact sur l'organisation de la démarche.

Les réponses au questionnaire à la neuvième semaine de la session sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Planification de son processus de résolution de problèmes (11/03/2004)

Question #1	Oui			Non	N/A	Total
Première rencontre avec le bogue	1	-	-	18	1	20
Question #2	Oui			Non	N/A	
Bogue similaire déjà rencontré	3	-	-	16	1	20

Question #4	Oui	Ne sait pas		Non		
Idée pour régler le bogue	15	1	-	4	-	20
Question #5	Essais/ Erreurs	Très peu planification	Peu planification	Beaucoup planification		
Planification d'une solution envisagée	0	4	11	5	-	20
Question #6	Hasard	Peu structurée	Structurée	Très structurée		
Démarche organisée	0	10	7	3	-	20
Question #7	Facile	Faisable	Difficile	Très difficile		
Difficulté du problème	0	10	9	1	-	20
Question #8	Oui	Ne sait pas		Non		
Êtes-vous sur la bonne voie	8	11	-	1	-	20

Les réponses aux questions #1 à #5 semblent logiques car 90 % (18/20) des étudiants ont déjà rencontré ce bogue, 75 % (15/20) des étudiants ont une idée pour le régler et 80 % (16/20) des étudiants ont planifié une solution. Par contre, leur démarche ne semble pas structurée, car seulement 50 % (10/20) des étudiants mentionnent avoir une démarche structurée.

À la question #7, 50 % (10/20) des étudiants rapportent avoir trouvé le problème difficile ou très difficile, ce qui semble avoir un impact sur l'organisation de la démarche. Quand le problème est perçu plus facile (14/20 dont 4 facile, la deuxième fois), les étudiants perçoivent leur démarche comme structurée. Par contre, lorsque le problème est moins facile (10/20 faisable la troisième fois), la démarche, à leur avis, est moins structurée (10/20 la troisième fois).

Enfin, les réponses au questionnaire à la treizième semaine de la session sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Planification de son processus de résolution de problèmes (08/04/2004)

Question #1	Oui	Ne sait pas		Non	N/A	Total
Première rencontre avec le bogue	4	0	-	11	1	16
Question #2	Oui	Ne sait pas		Non	N/A	
Bogue similaire déjà rencontré	6	0	-	9	1	16
Question #4	Oui	Ne sait pas		Non	N/A	
Idée pour régler le bogue	10	0	-	4	2	16
Question #5	Essais/ Erreurs	Très peu planification	Peu planification	Beaucoup planification	N/A	
Planification d'une solution envisagée	0	1	12	2	1	16
Question #6	Hasard	Peu structurée	Structurée	Très structurée	N/A	
Démarche organisée	0	1	12	2	1	16
Question #7	Facile	Faisable	Difficile	Très difficile	N/A	
Difficulté du problème	4	7	4	0	1	16
Question #8	Oui	Ne sait pas		Non	N/A	
Êtes-vous sur la bonne voie	10	5	-	0	1	16

On remarque une diminution des répondants qui passe de 22 à 16 (absence et abandon de certains élèves). La question #5 concernant la planification d'une solution est très éloquente. En début de session, les étudiants ne planifiaient pas beaucoup et vers la fin, cela s'est nettement amélioré, 14/16 des étudiants comparativement à 5/20 au début. Par contre, au niveau de l'organisation c'est un peu désolant, car les résultats sont beaucoup moins intéressants. On remarque que 37 % (6/16) des étudiants sont très peu ou pas du tout organisés comparativement à 35 % (7/20) en début de session. La différence entre l'organisation au début de la session et celle à la fin est très minime, mais elle est en baisse (elle passe de 37 % à 35 %). La difficulté du problème a certainement joué un peu, car au début, 80 % des étudiants ont trouvé le problème facile ou faisable, tandis qu'à la fin, ce pourcentage a baissé à 68 %. Est-ce

qu'il y a un lien entre la difficulté appréhendée du problème et l'organisation de la démarche? C'est de plus en plus probable.

À la question 3 (À quel type de bogues cela réfère-t-il?), il faudrait reformuler la question en ajoutant la liste des types de bogues (compilation, exécution et fonctionnement). Cela éviterait que les étudiants répondent un peu n'importe quoi et cela permettrait de faire le lien avec les termes utilisés dans la procédure de débogage générale.

Les étudiants prennent maintenant plus le temps à planifier une solution avant de commencer à chercher le bogue qu'en début de session, ce qui montre une amélioration de la métacognition concernant les stratégies de planification. Pour ce qui est de la structure de la démarche, il faut tenir compte de la difficulté du problème, car la démarche des étudiants semble être moins structurée si la difficulté du problème est grande. Selon la théorie sociocognitive de Bandura, la perception qu'a un individu de ses capacités à exécuter une activité influence et détermine son mode de pensée, son niveau de motivation et son comportement. Le sentiment d'autoefficacité des étudiants semble baisser quand la difficulté du problème augmente, ils ont plus de difficultés concernant les stratégies de contrôle et de régulation.

Pour contrer ce problème, concernant les stratégies de contrôle et de régulation, il faudra obliger les élèves à trouver le bogue dans un premier temps pour qu'ils prennent davantage conscience de l'importance de l'analyse du problème avant d'essayer n'importe quoi. Puis, il s'agit de travailler à inculquer le principe qui consiste à trouver le bogue d'abord et, par la suite seulement, à le corriger. La résolution de ce type de problèmes doit être pensée en deux étapes distinctes et consécutives l'une à l'autre. De plus, il faudrait ajouter ce principe dans la procédure de débogage générale. Aussi, ils n'utilisent pas assez le débogueur (outil fourni avec le langage de programmation qui aide à trouver les bogues dans les programmes). C'est un outil très important dans la procédure de débogage et ne l'utilisant pas assez, ils perdent un temps fou à faire plusieurs suppositions qui ne se vérifient pas.

Également, une réflexion deux à deux pourrait être intéressante pour trouver le bogue, car les élèves pourraient discuter de la démarche. Lorsqu'ils le trouvent, ils s'entendent et le corrigent sur ordinateur et cela rejoint le principe de l'approche socioconstructiviste, car c'est important que les élèves se confrontent et se comparent afin de reconstruire leurs connaissances.

3.2.4 Analyse de l'impact de l'activité 4

L'activité 4 se déroule en deux parties : l'appropriation et l'utilisation de la procédure de débogage générale en utilisant la technique de modelage, ainsi que la prise de notes des bogues dans un aide-mémoire.

L'utilisation de la technique de modelage pour expliquer la procédure ne semble pas avoir eu un gros impact sur les étudiants. Il faut dire que c'est une équipe d'étudiants qui a fait l'exercice et cela après que tous les étudiants aient fait l'activité 3 *Processus de résolution de problèmes*. L'impact serait certainement meilleur si c'était l'enseignant qui appliquait la technique de modelage en prenant soin de montrer aux étudiants tout l'intérêt des étapes d'autoquestionnement face au débogage de programmes, par exemple, en faisant un exercice réel avant que les élèves l'essaient, pour bien montrer l'utilité de la procédure de débogage générale. S'ils prennent conscience de la valeur de cette méthode, cela provoquera peut-être le fameux déclic sociocognitif qui les amènera à utiliser cette démarche. D'ailleurs, cette technique de modelage est utilisée par certains enseignants du département individuellement et souvent inconsciemment lorsqu'ils dépannent les étudiants en laboratoire, mais non de façon magistrale.

En ce qui concerne l'utilisation de la procédure de débogage générale, ce n'est guère mieux. C'est beaucoup plus facile de procéder par « essais et erreurs » que de s'astreindre à suivre une procédure. Cela semble être une perte de temps pour eux. Dans la procédure, il faut d'abord lire le message d'erreurs. Souvent les élèves ne li-

sent même pas ce message d'erreurs ou le lisent, mais sans prendre le temps de le comprendre. Comment peut-on, dans ces conditions, corriger les erreurs? Les étudiants espèrent que le programme fonctionnera du premier coup ou ils s'imaginent qu'ils vont trouver l'erreur rapidement et qu'ils n'ont pas besoin de cette démarche.

L'aide-mémoire ne semble pas être un succès non plus. Les élèves ne l'utilisent pas assez. Ils ne voient pas l'utilité de cela. Ils s'imaginent qu'ils vont se rappeler de tous les bogues rencontrés. Les étudiants ont hâte de trouver le bogue et lorsqu'ils l'ont trouvé et surtout corrigé, ils ne trouvent pas cela important de le noter dans leur aide-mémoire. Comment leur démontrer les avantages de le faire? Il faut dire que lorsque j'ai moi-même expérimenté la technique de l'aide-mémoire, j'ai trouvé cela difficile et un peu long à faire.

Il faudra trouver un moyen pour que les élèves utilisent adéquatement la procédure générale de débogage ainsi que l'aide-mémoire afin de les rendre plus autonomes et surtout plus efficaces. Une série d'actions à faire lors de l'utilisation de la stratégie de modelage pourrait probablement améliorer la technique :

- *Je réalise lentement la tâche devant les élèves, de façon à ce qu'ils aient le temps de comprendre*
- *Je me pose, à haute voix, les questions qui orientent mes actions*
- *Je précise comment je m'y prends pour trouver les réponses à mes questions*
- *Je fais de la « métacognition à haute voix », je dis autant que possible ce qui se passe dans ma tête*
- *Je souligne les difficultés qui surviennent généralement en réalisant ce type de tâche*
- *Je fais les liens entre mes actions et les capacités de la ou des compétences sollicitées*
- *Je raconte une anecdote où un aide-mémoire a été particulièrement utile*
- *Je sollicite une telle anecdote chez les élèves*

Analyse de l'impact de l'activité 5

Les résultats du questionnaire sur les attitudes et le sentiment d'auto-efficacité obtenus lors de cette activité (référence page 42) sont présentés dans le tableau 7 :

Tableau 7 : Les attitudes et le sentiment d'auto-efficacité (25/03/2004)

Question #1	Oui	Ne sait pas		Non		Total
Idée pour régler le bogue	6	2	-	13	-	21
Question #2	confiant	perdu	Nerveux	Anxieux		
Comment vous sentez-vous? Avant	11	4	3	3	-	21
Question #5	Concentré	Insécure	Déconcentré	Autres	N/A	
Caractéristiques personnelles	14	1	4	1	1	21
Question #6	Motivé	Démotivé	Nerveux	Aucun		
Comment vous sentez-vous? Pendant	6	4	6	5	-	21
Question #7	Content	Déçu	Aucun sentiment		N/A	
Comment vous sentez-vous? Après	4	6	9	-	2	21
Question #8	Hasard	Peu structurée	Structurée	Très structurée		
Démarche organisée	3	6	10	2	-	21
Question #9	Non	Ne sait pas		Oui		
Utilisation de la même démarche?	6	5	-	10	-	21

Lors de la passation de ce questionnaire, 21 étudiants sur 22 étaient présents en classe. Les résultats à la question #2 sont surprenants car près de 50 % ne sont pas confiants avant de trouver le bogue et pourtant, ils ont répondu en début de session qu'ils ont un sentiment d'auto-efficacité élevé par rapport à leur démarche personnelle. Il faut dire que depuis ce temps, ils ont fait deux exercices de débogage de programmes (activité 3) et cela n'a pas été un succès. La confiance des élèves diminue peut-être parce qu'ils prennent conscience qu'ils ne réussissent pas à régler les bogues et

cela affecte leur sentiment d'autoefficacité. De plus, seulement 6/21 des étudiants avaient une idée sur la manière de régler le bogue avant de commencer. À la question #8, concernant l'organisation de la démarche, 42 % (9/21) des étudiants estiment leur démarche peu ou pas du tout structurée. À la question #7, 42 % (9/21) des étudiants n'expriment aucun sentiment après l'activité de débogage, 19 % (4/21) des étudiants sont contents et 28 % (6/21) des étudiants sont déçus. L'explication concernant le fait que 42 % des étudiants disent n'éprouver aucun sentiment pourrait s'expliquer par le fait que ces élèves n'avaient aucune idée de la façon de régler le bogue et abandonnaient tout simplement. D'ailleurs, si on fait le lien entre la question #2 (11 sont confiants avant) et la question #7 (10 sont contents ou déçus après), le sentiment d'autoefficacité semble être lié avec l'expérience de la réussite de l'opération de débogage.

À la question 3 (Qu'est-ce qui vous fait sentir ainsi?), les étudiants qui sont confiants ont répondu que c'est parce qu'ils ont déjà rencontré ce bogue ou que leur démarche est structurée. Pour les autres, c'est vraiment qu'ils n'ont aucune idée du bogue ou qu'ils ne sont pas certains de pouvoir le régler. À la question 4 (Si ce sentiment est négatif...), les étudiants n'ont pas répondu. On peut supposer que ceux qui n'étaient pas confiants avant (10/21) n'ont pas un sentiment négatif face au débogage de programme et que cela est normal d'être anxieux (3), nerveux (3) ou perdu (4) avant de commencer à déboguer un programme.

À la question 5 (vos caractéristiques personnelles...), les étudiants semblent avoir une bonne concentration au début du processus (14/20), même si 13/21 des étudiants n'avaient aucune idée de la manière de régler le bogue. Or, cela semble se détériorer avec le temps, car plus ils cherchent, plus ils se découragent et leur sentiment d'autoefficacité baisse.

Finalement, à la question 9 (sur l'utilisation de la même démarche...), seulement 10 /21 des étudiants referaient la même démarche. Les démarches des élèves ne semblent pas très stables. Il faut dire que plusieurs n'ayant pas trouvé la solution, ils

se disent que leur démarche n'est pas bonne et qu'ils feraient autre chose la prochaine fois. C'est au niveau du contrôle de leur processus (structure de la démarche) que les élèves semblent avoir de la difficulté et cela semble affecter leur sentiment d'auto-efficacité.

3.2.5 Analyse de l'impact de l'activité 6

Cette activité s'est réalisée en deux étapes : d'abord remplir le questionnaire sur l'utilisation de la procédure de débogage générale (référence page 45), puis remplir le questionnaire que les élèves avaient déjà complété à la deuxième semaine (référence page 35). Les résultats du questionnaire sur l'utilisation de la procédure de débogage générale obtenus lors de cette activité sont présentés dans le tableau 8 suivant :

Tableau 8 : Utilisation de la procédure de débogage générale (03/05/2004)

Question #1	Rarement	Peu souvent	Souvent	Très souvent	Total
Utilisation de la procédure	0	5	12	1	18
Question #4	Professeur	Personnel	Autres		
Pourquoi	6	6	6	-	18
Question #5	Inefficace	Peu efficace	Efficace	Très efficace	
Efficacité de la procédure	0	0	11	7	18
Question #6	Non			Oui	
Utilisation dans les prochains cours	0	-	-	18	18

Le nombre d'étudiants est 18 car 4 étudiants ont abandonné le cours depuis le début. Les réponses à la question #4 (Pourquoi ils utilisent la procédure de débogage générale?) sont très bien partagées soit : 1/3 admettent répondre à une obligation de l'enseignant, 1/3 y voient un intérêt personnel et 1/3 des autres s'appuient sur d'autres raisons pas explicitées. De plus, 5/18 des étudiants l'utilisent peu souvent et le tiers des étudiants le font pour l'enseignant. Est-ce qu'il y a un lien à faire entre le pourquoi et l'utilisation de la procédure? Par contre, 100 % disent qu'ils vont l'utiliser

dans leurs prochains cours et cela est logique, car 100 % des étudiants trouvent la procédure efficace ou très efficace.

Les réponses aux questions 2 et 3 ne se retrouvent pas dans un tableau ou en annexe mais nous faisons ressortir ici l'essentiel de ce que les élèves ont répondu. Les réponses aux questions ouvertes 2 et 3 (utilité et avantages de la procédure) vont dans le même sens que les questions 5 et 6, c'est-à-dire que les étudiants utilisent la procédure de débogage générale (12/18) pour sa rapidité à trouver les bogues. Certains élèves trouvent la procédure efficace mais ne l'utilisent pas toujours ou l'utilisent parce que le professeur le demande. L'idée de simplifier la procédure et d'améliorer la technique de modelage pourrait être un atout afin d'améliorer le taux d'utilisation de cette procédure.

Les résultats du questionnaire sur la démarche personnelle de débogage (référence page 35) obtenus lors de cette activité sont présentés dans le tableau 9 :

Tableau 9 : Démarche personnelle de débogage (03/05/2004)

Question #1	Aucune	Peu efficace	Efficace	Très efficace	Total
Sentiment d'autoefficacité	0	2	15	1	18
Question #3	Hasard	Peu structurée	Structurée	Très structurée	
Démarche organisée	0	3	14	1	18
Question #4	Oui			Non	
Démarche universelle	13	-	-	5	18
Question #5	Très incertain	Incertain	Certain	Très Certain	
Degré de certitude de l'efficacité de la démarche	0	1	14	3	18

En général, les résultats ne sont pas très convaincants. Une légère augmentation de 10 % par rapport à la démarche organisée est notée entre la deuxième semaine et la quinzième semaine. Le sentiment d'autoefficacité semble relativement stable : 20/22 des étudiants à la deuxième semaine par rapport à 16/18 des étudiants à la quinzième semaine expriment un sentiment d'autoefficacité assez bon. Le degré de certitude de

l'efficacité de sa démarche passe de 3 personnes qui sont incertaines à seulement 1 personne, et de 2 personnes qui sont certaines à 3 personnes qui sont très certaines. Pour le pourcentage de ceux qui sont certains, cela n'a pas changé, il est resté à 77 %. La variation des réponses à la question 4 (démarche universelle) entre le début et la fin de la session est assez stable et c'est normal, car la démarche d'un langage à l'autre ne doit pas changer. Mais le plus important, c'est l'évolution de la démarche qui est bien meilleure selon les réponses à la question 2. Une nette amélioration des étapes de la démarche est réalisée. Le problème est que les étudiants ne suivent pas ou n'appliquent pas la procédure de débogage générale.

Les élèves ne sont pas conscients qu'ils n'utilisent pas de bonnes méthodes de travail (démarche efficace de débogage). La prise de conscience est importante et il faudra insister sur ce point en améliorant l'activité #1 qui concerne les stratégies d'apprentissage efficaces. Pour qu'une autoévaluation ait une influence à plus long terme, qu'elle suscite de réelles prises de conscience et qu'elle mène à une véritable autonomie, il est préférable de faire suivre cette démarche d'autoévaluation par un échange. L'échange portera sur la nécessité de s'autoévaluer, sur l'effet de l'autoévaluation de ses méthodes de travail et de ses démarches mentales et pour conclure les ajustements à apporter.

3.3 ASPECTS POSITIFS ET LIMITES DE LA STRATÉGIE PÉDAGOGIQUE

Les objectifs de la stratégie pédagogique étaient de développer des habiletés métacognitives de planification et d'autoquestionnement chez les élèves et ainsi améliorer leur sentiment d'autoefficacité. L'objectif concernant le développement des habiletés métacognitives de planification a été atteint et cela très rapidement, à la deuxième passation de l'activité 3 (référence page 37). De même, la démarche de débogage a été nettement améliorée. Au début, la démarche était très générale et peu efficace tandis qu'à la fin, la démarche était beaucoup plus structurée et détaillée. L'objectif, concernant le sentiment d'autoefficacité, semblait être déjà présent au début selon les réponses au questionnaire, même si les élèves ne planifiaient pas et n'avaient pas une

bonne démarche. Il est difficile d'évaluer l'atteinte de cet objectif car les instruments utilisés ne le permettaient pas vraiment. Il aurait fallu avoir un questionnaire plus approprié pour vérifier à la fin du cours si le sentiment d'autoefficacité des étudiants s'était amélioré car le questionnaire utilisé était trop général. Le questionnaire ne contenait qu'une question pour vérifier l'amélioration du sentiment d'autoefficacité des étudiants. Il faudrait peut-être ajouter une discussion sur le sujet avec les étudiants pour permettre une meilleure évaluation de l'atteinte de cet objectif.

Les principaux points forts de cette intervention sont l'importance de développer des méthodes de débogage de programmes, de développer pour les élèves des habiletés métacognitives de planification, d'améliorer leur habileté à fouiller dans le code (programme) des autres programmeurs et, pour ce qui est des enseignants, la connaissance et l'application de certaines nouvelles techniques d'enseignement.

Le développement de méthodes de débogage de programmes est un aspect important que les élèves doivent acquérir et améliorer tout le long de leurs apprentissages. Le fait de répéter l'exercice plusieurs fois dans la session fut très intéressant car à chaque fois, on améliorait un point ou un autre. Cela rejoint bien le principe constructiviste à savoir que ce sont les élèves qui doivent construire leur propre démarche et que cela ne se fait pas en une seule fois. Cette prise de conscience s'est faite chez certains étudiants. À titre d'exemple, l'un d'entre eux, avant l'examen final, a demandé de refaire un exercice de débogage supplémentaire pour mieux se préparer pour l'examen final. Il faut dire que les étudiants savaient qu'il y aurait un exercice similaire à l'examen. L'intervention a aussi permis de démontrer que le débogage de programmes est une partie importante de leur fonction de travail. L'impact le plus important est de les amener à réfléchir avant d'entreprendre quoi que ce soit. Cet aspect a été développé avec le travail sur la métacognition.

D'ailleurs, le développement des habiletés métacognitives de planification auprès des étudiants les a aidés grandement à réfléchir avant de commencer à déboguer

leurs programmes et ainsi à délaisser de plus en plus l'approche par « essais et erreurs », ce qui fut un atout très important.

Un autre point fort, qui n'était pas nécessairement relié à ce projet pour les élèves, fut de lire, de comprendre et de suivre le code d'un autre programmeur. Ils ne sont pas habitués de prendre le code d'un autre car souvent ils développent leur code à eux. C'est pourtant un atout important qu'ils apprennent à fouiller dans le code d'un autre, car ils devront souvent modifier celui d'un autre programmeur dans leur futur emploi.

L'approfondissement des principes de métacognition, de l'approche socioconstructiviste et du sentiment d'autoefficacité a amélioré grandement nos techniques d'enseignement. Que ce soit au niveau de la technique de modelage, l'habitude de faire prendre le temps aux élèves de réfléchir avant de commencer et de faire de la rétroaction sont tous des points que nous avons améliorés et que nous souhaitons continuer de parfaire. En ce qui concerne les collègues de travail, le fait de valider ce projet auprès d'eux les a fait réfléchir sur ce problème de débogage de programmes et les a conscientisés davantage sur leur rôle à cet égard. Plus il y aura de professeurs qui aborderont ce sujet auprès des élèves, plus les élèves l'appliqueront dans leurs cours et plus ils amélioreront leur démarche de débogage ainsi que leurs compétences de programmeurs en informatique.

Par contre, l'objectif de développer des habiletés métacognitives d'autoquestionnement qui étaient reliées à l'application de la démarche a été atteint de façon mitigée. Les principales causes sont les problèmes au niveau de la préparation des exercices, la rédaction de l'aide-mémoire, l'utilisation de la procédure de débogage générale et l'efficacité de la technique de modelage.

Quelques problèmes au niveau de la préparation des exercices sur ordinateur se sont produits et cela aurait pu être facilement évité. Le problème a été détecté un peu tard. Il y a peut-être eu un effet de démobilisation des élèves à cause de ce problème.

L'aide-mémoire n'est pas très efficace. Les élèves ne semblent pas enchantés par cet outil qu'il leur semble exigeant de tenir à jour. Il faudrait tenir compte des commentaires des enseignants pour modifier le principe de l'aide-mémoire et mettre au départ les bogues usuels que les élèves vont rencontrer généralement à leur début. De plus, il faudrait ajouter dans la procédure de débogage générale la mise à jour de cet aide-mémoire par les élèves afin d'améliorer l'utilisation personnelle de cet outil.

La procédure de débogage générale est plus ou moins utilisée. Ce n'est pas facile de changer de vieilles méthodes, même si elles ne fonctionnent pas. Le fameux déclic sociocognitif selon l'approche socioconstructiviste ne semble malheureusement pas se faire. Les conditions de mise en œuvre concernant l'utilisation de la procédure de débogage générale ne semblent pas suffisamment persuasives pour entraîner ce fameux déclic. Il faudrait améliorer la première activité afin de faire prendre davantage conscience aux élèves de l'importance de l'utilisation de la procédure générale de débogage. Aussi, il faudrait modifier la procédure de débogage générale en la schématisant et en y ajoutant le principe des étapes (la recherche du bogue d'abord, sa correction par la suite).

L'activité 4 (Résoudre des problèmes en utilisant la technique de modelage) devrait être améliorée afin que les étudiants appliquent davantage la procédure de débogage générale. La technique de modelage n'est pas toujours facile à appliquer individuellement. Il faut vraiment se conditionner, ce n'est pas naturel. Il est facile de tomber dans le piège de donner des réponses rapidement sans exposer tout le processus réflexif qui conduit à ces réponses. Il faut dire qu'il y a beaucoup d'élèves qui attendent de l'aide en même temps. C'est à ce niveau que l'amélioration doit se faire. Il faut que ce soit les élèves qui se posent des questions et non le professeur qui pose les questions aux élèves selon l'approche métacognitive. Ils ont beaucoup de difficultés à s'autoquestionner, cela demande un certain effort que les élèves n'acceptent de faire que s'ils sont persuadés d'en retirer des avantages.

3.4 PROPOSITIONS D'AMÉLIORATIONS À APPORTER

Si on se fie au questionnaire, le sentiment d'autoefficacité ne semble pas être un problème pour les étudiants. Toutefois, nous doutons qu'ils soient si confiants de trouver le bogue surtout lorsque la difficulté du problème augmente.

Concernant la stratégie pédagogique, elle pourrait être améliorée ainsi que différents aspects des outils utilisés. Par exemple, modifier la première activité afin de faire prendre plus conscience aux élèves de l'importance de l'utilisation de la procédure de débogage générale en y ajoutant une autoévaluation et un échange sur l'autoévaluation afin d'augmenter la prise de conscience le plus rapidement possible.

Aussi, il faudrait développer davantage l'autoquestionnement chez les élèves concernant les stratégies de contrôle et de régulation en modifiant la procédure de débogage générale. Pour cela, il s'agit d'y ajouter le principe des étapes de débogage et la schématiser (référence ANNEXE B) pour la rendre plus simple et plus captivante.

De plus, il faudrait modifier le principe de l'aide-mémoire en mettant à la disposition de l'élève une liste des bogues usuels avec leurs correctifs. Par la suite, ajouter dans la procédure de débogage générale la mise à jour de l'aide-mémoire afin d'inciter les élèves à y accorder plus d'importance.

Finalement, il faudrait utiliser davantage la technique de modelage par le professeur en classe devant tous les élèves et individuellement pour avoir un meilleur impact concernant l'autoquestionnement sur l'ensemble de la classe.

En appliquant toutes ces pistes d'améliorations, il est possible de penser que le sentiment d'autoefficacité, qui semble intéressant au début ou lorsque le problème est facile, puisse se développer davantage et cela même si la difficulté du problème est grande.

LA CONCLUSION

Ce projet visait à corriger une situation problématique chez les étudiants et étudiantes en *Informatique de gestion* selon laquelle ils ont beaucoup de difficultés à mettre au point leurs programmes. Ce projet d'intervention a développé plus particulièrement chez les élèves une stratégie de planification et d'autoquestionnement face au débogage de programmes. Une stratégie pédagogique a été construite, validée auprès des pairs et mise à l'essai auprès des élèves pour permettre de corriger cette situation problématique. La stratégie pédagogique, mise au point dans ce projet, comprend un ensemble de stratégies d'enseignement et de stratégies d'apprentissage. Ces stratégies utilisent des éléments qui nous ont paru pertinents dans les écrits sur la métacognition, sur le sentiment d'autoefficacité et sur une conception socioconstructiviste de l'apprentissage.

Les retombées de ce projet ont permis d'approfondir nos connaissances personnelles au sujet de la métacognition, de l'approche socioconstructiviste et du sentiment d'autoefficacité. Aussi, cela nous a permis d'améliorer nos façons d'intervenir auprès des élèves pour les soutenir dans leur processus de construction de connaissances. En ce qui concerne les élèves, ils ont pris conscience de l'importance du débogage de programmes dans leurs fonctions de travail et ils possèdent une procédure efficace de débogage qu'ils peuvent utiliser en tout temps. L'objectif ultime est qu'au terme de leur formation, ils soient compétents pour concevoir, pour coder et pour mettre efficacement au point des programmes informatiques de façon autonome.

La stratégie pédagogique, les activités prévues et les outils utilisés nécessitent certains ajustements. L'objectif de développer des habiletés métacognitives d'autoquestionnement n'a pas eu les résultats escomptés pour plusieurs raisons : la préparation inadéquate de certains exercices, l'utilisation de la procédure générale de débogage et l'efficacité de la technique de modelage. Les résultats au sujet du sentiment d'autoefficacité semblent mitigés. Quelques pistes de solutions ont été proposées : par exemple, utiliser davantage la technique de modelage par le professeur en classe et

schématiser la procédure générale de débogage pour développer davantage l'autoquestionnement chez les élèves. Certains outils devront aussi être modifiés pour préciser davantage ou pour éclaircir des questions.

Le fameux déclic sociocognitif selon l'approche socioconstructiviste ne semble pas se faire concernant la procédure de débogage générale. Il faudra démontrer plus clairement aux étudiants les avantages et l'importance d'utiliser la procédure de débogage générale et ainsi entraîner ce fameux déclic. Il s'agira de démontrer aux étudiants d'une façon convaincante l'efficacité de cette procédure. Pour cela, il faudra peut-être organiser une compétition entre des équipes d'étudiants qui ont quelques bogues à trouver et à corriger dans un temps précis. Évidemment une équipe utiliserait la procédure de débogage générale et l'autre l'approche « essais et erreurs ».

Une autre piste de solutions à approfondir serait au niveau de l'utilisation du débogueur (outil fourni avec le langage de programmation qui aide à trouver les bogues dans les programmes) par les étudiants. Ils n'utilisent pas assez souvent le débogueur ou l'utilisent vraiment comme dernier recours, ce qui s'avère inproductif. Les étudiants perdent un temps énorme à faire des suppositions qui ne se vérifient pas, alors que s'ils utilisaient le débogueur, ils auraient les valeurs exactes et comprendraient plus rapidement les causes des bogues.

Pour améliorer le sentiment d'autoefficacité, il faudra modifier l'outil *Questionnaire sur votre démarche de débogage de programmes* en ajoutant des questions supplémentaires afin de bien s'assurer de la compréhension des élèves. Aussi, il serait pertinent d'ajouter une discussion avec les élèves concernant le sentiment d'autoefficacité à la fin du cours pour s'assurer du bien-fondé de leurs réponses. Finalement, il conviendrait de trouver un moyen pour faire voir aux étudiants l'amélioration ou l'évolution de leur démarche de débogage et par ce fait même, augmenter leur sentiment d'autoefficacité. Il s'agit de rendre la stratégie encore plus efficace et ainsi améliorer la compétence des élèves, leur habileté à s'autoquestionner et leur sentiment d'autoefficacité en ce qui concerne le débogage de programmes.

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aylwin, U. (1992). Les principes d'une bonne stratégie pédagogique. *Pédagogie collégiale*, 5(4), 11-15.
- Deaudelin, C., Dussault, M. et Villeneuve, P. (2001). L'échelle d'auto-efficacité des enseignants : validation canadienne française du **Teacher efficacy scale**. *Revue des sciences de l'éducation*, XXVII(1), 181-194.
- Deaudelin, C. et Lafortune, L. (2001). La métacognition dans une perspective transversale. In P.A. Doudin, D. Martin, O. Albanese, *Métacognition et éducation* (2^e édition), 47-68.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive Monitoring : a new area of Cognitive-developmental Inquiry. *American psychology*, 34, 906-911.
- Lafortune, L. et Deaudelin, C. (2002). *Accompagnement socioconstructiviste- Pour s'approprier une réforme en éducation*. Ste-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Lafortune, L. et St-Pierre, L. (1996). *L'affectivité et la métacognition dans la classe*. Montréal: Les Éditions LOGIQUES.
- Lafortune, L. et St-Pierre, L. (1995). Intervenir sur la métacognition et l'affectivité. *Pédagogie collégiale*, 8(4), 16-22.
- Lafortune, L. et St-Pierre, L. (1992). Aspects métacognitifs de l'apprentissage. *Actes du congrès, AQPC*.
- Legendre, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal : Guérin (2^e éd.).
- MEQ, Direction générale de la formation professionnelle et technique. (1999). *Programme d'études en Techniques de l'informatique*, Québec, Gouvernement du Québec.
- Minier, P. (2000). *Approche constructiviste interactionniste*. Document téléaccessible à l'adresse URL : <http://www.uqac.ca/~pminier/act1/constr.htm>
- Noël, B., Romainville, M., Wolfs, J.L. (1995). La métacognition: facettes et pertinence du concept en éducation. *Revue française de pédagogie*, (112), 47-56

- Romainville, R. (2000). Savoir comment apprendre suffit-il à mieux apprendre. In R. Pallascio et L. Lafortune (dir.), *Pour une pensée réflexive en éducation*. Ste-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- St-Pierre, L. (1991). L'étude et les stratégies d'apprentissage. *Pédagogie collégiale*, 5(2), 15-21.
- St-Pierre, L. (1994). La métacognition, qu'en est-il? *Revue des sciences de l'éducation*, XX(3), 529-545.
- Tardif, J. (1997). La construction des connaissances –Les consensus. *Pédagogie collégiale*, 11(2), 14-19.
- Tardif, J. (1998). La construction des connaissances –Les pratiques pédagogiques. *Pédagogie collégiale*, 11(3), 4-9.

ANNEXE A : Compétences du programme Informatique

Compétences du programme Informatique

CODE : 016S	
OBJECTIF	STANDARD
<p>Énoncé de la compétence Exploiter un langage de programmation structurée.</p> <p>Éléments de la compétence</p> <p>1 Préparer l'environnement de programmation.</p> <p>2 Adapter l'algorithme aux contraintes du langage de programmation.</p> <p>3 Traduire l'algorithme dans le langage de programmation.</p> <p>4 Compiler le programme.</p>	<p>Contexte de réalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • À partir d'une station de travail et des logiciels appropriés. • À partir d'algorithmes valides et représentatifs du milieu de travail. • À partir des normes et des exigences de l'entreprise. • À l'aide des manuels de références techniques appropriés à l'environnement de programmation. <p>Critères de performance</p> <p>1.1 Vérification méthodique de l'accès aux différents éléments physiques et logiques de l'environnement.</p> <p>1.2 Configuration de l'environnement appropriée aux caractéristiques de la situation.</p> <p>1.3 Personnalisation de l'environnement efficace et conforme aux exigences de l'entreprise.</p> <p>2.1 Modification appropriée de la représentation des données.</p> <p>2.2 Adaptation correcte des conditions d'exécution.</p> <p>2.3 Modification appropriée des structures de traitement.</p> <p>2.4 Adaptation appropriée de la séquence des opérations.</p> <p>3.1 Utilisation efficace des fonctionnalités d'édition de l'environnement.</p> <p>3.2 Application des règles de syntaxe et de sémantique propres au langage utilisé.</p> <p>3.3 Application rigoureuse des standards de codification.</p> <p>3.4 Application judicieuse des principes de la programmation structurée.</p> <p>3.5 Mise à profit judicieuse des possibilités du langage.</p> <p>3.6 Consignation des commentaires pertinents et conformes aux exigences de l'entreprise.</p> <p>4.1 Utilisation efficace des fonctionnalités de compilation de l'environnement.</p> <p>4.2 Repérage des erreurs de compilation.</p> <p>4.3 Correction des erreurs de compilation.</p>

MEQ, Direction générale de la formation professionnelle et technique. (1999). *Programme d'études en Techniques de l'informatique*, Québec, Gouvernement du Québec.

Compétences du programme Informatique

CODE : 016S	
<p>Éléments de la compétence</p> <p>5 Valider le programme.</p>	<p>Critères de performance</p> <p>5.1 Utilisation efficace des fonctionnalités d'exécution et de débogage de l'environnement.</p> <p>5.2 Préparation correcte des jeux d'essai nécessaires à la vérification du fonctionnement du programme.</p> <p>5.3 Interprétation juste des résultats.</p> <p>5.4 Débogage approprié du programme selon l'algorithme.</p>

Compétences du programme Informatique

CODE : 0171	
OBJECTIF	STANDARD
<p>Énoncé de la compétence Corriger des programmes.</p> <p>Éléments de la compétence</p> <p>1 Analyser le problème.</p> <p>2 Déterminer la nature du problème.</p> <p>3 Corriger le problème.</p>	<p>Contexte de réalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • À partir de programmes représentatifs du milieu de travail comportant des erreurs et des lacunes. • À partir d'une station de travail et des logiciels appropriés. • À partir des exigences de l'entreprise. • À l'aide de documentation sur les programmes à corriger. • À l'aide des manuels de références techniques appropriés. <p>Critères de performance</p> <p>1.1 Reconstitution du problème dans l'environnement approprié et dans les conditions originales.</p> <p>1.2 Formulation méthodique d'hypothèses visant à trouver le problème.</p> <p>1.3 Utilisation appropriée des outils de débogage en vue de vérifier les hypothèses.</p> <p>1.4 Détermination de la composante du programme où se situe le problème.</p> <p>2.1 Examen des documents pertinents associés à la composante du programme en cause.</p> <p>2.2 Établissement d'hypothèses pertinentes sur la nature du problème.</p> <p>2.3 Choix judicieux des tests visant à vérifier les hypothèses.</p> <p>2.4 Utilisation appropriée des outils de débogage.</p> <p>2.5 Interprétation correcte des résultats.</p> <p>2.6 Déduction de la nature exacte du problème.</p> <p>3.1 Résolution efficace des problèmes de conception de l'algorithme.</p> <p>3.2 Résolution efficace des problèmes de traduction de l'algorithme dans le langage de programmation.</p> <p>3.3 Résolution efficace des problèmes d'utilisation du langage de programmation.</p>

MEQ, Direction générale de la formation professionnelle et technique. (1999). *Programme d'études en Techniques de l'informatique*, Québec, Gouvernement du Québec.

Compétences du programme Informatique

CODE : 017B	
<p>Éléments de la compétence</p> <p>5 Produire l'interface utilisateur par prototypage.</p> <p>6 Développer les programmes.</p> <p>7 Produire la documentation relative à l'application.</p>	<p>Critères de performance</p> <p>5.1 Exploitation correcte des possibilités des outils de développement.</p> <p>5.2 Création des menus, des entrées et des sorties conformes aux données, aux besoins et aux exigences du client ou de la cliente.</p> <p>5.3 Validation complète du fonctionnement de l'interface.</p> <p>5.4 Présentation claire de l'interface utilisateur aux fins d'approbation.</p> <p>5.5 Modification de l'interface conforme aux demandes du client ou de la cliente.</p> <p>5.6 Adaptation des algorithmes à l'interface utilisateur.</p> <p>5.7 Modification appropriée des tables.</p> <p>5.8 Production de l'information complète relative à l'interface.</p> <p>5.9 Conciliation judicieuse des exigences fonctionnelles et esthétiques.</p> <p>6.1 Codification appropriée des fonctions et des procédures.</p> <p>6.2 Exploitation judicieuse des bibliothèques des fonctions et des procédures propres au système de gestion de base de données.</p> <p>6.3 Programmation appropriée des modules.</p> <p>6.4 Utilisation optimale du langage de programmation.</p> <p>6.5 Vérification rigoureuse du fonctionnement de chacun des programmes et de l'application dans l'environnement de développement.</p> <p>6.6 Production complète et archivage de toute l'information relative aux programmes.</p> <p>7.1 Modification appropriée de toute l'information relative à l'application.</p> <p>7.2 Création appropriée de l'aide en ligne.</p> <p>7.3 Rédaction claire et complète des instructions d'utilisation de l'application.</p>

MEQ, Direction générale de la formation professionnelle et technique. (1999). *Programme d'études en Techniques de l'informatique*, Québec, Gouvernement du Québec.

ANNEXE B : Procédure de débogage générale schématisée

Figure 1: Procédure de débogage générale schématisée

Procédure de débogage générale

1. Prendre le temps de bien comprendre (analyser) le bogue, suivre la procédure au lieu d'essayer n'importe quoi (approche « essais et erreurs »)
2. Lire les commentaires du programme, cela peut aider à la compréhension et à la recherche du bogue dans le programme
3. Prendre note de vos bogues dans l'aide-mémoire car la mémoire est une faculté qui oublie
4. Être persévérant et garder à l'esprit qu'il y a toujours une solution à tout problème d'informatique

