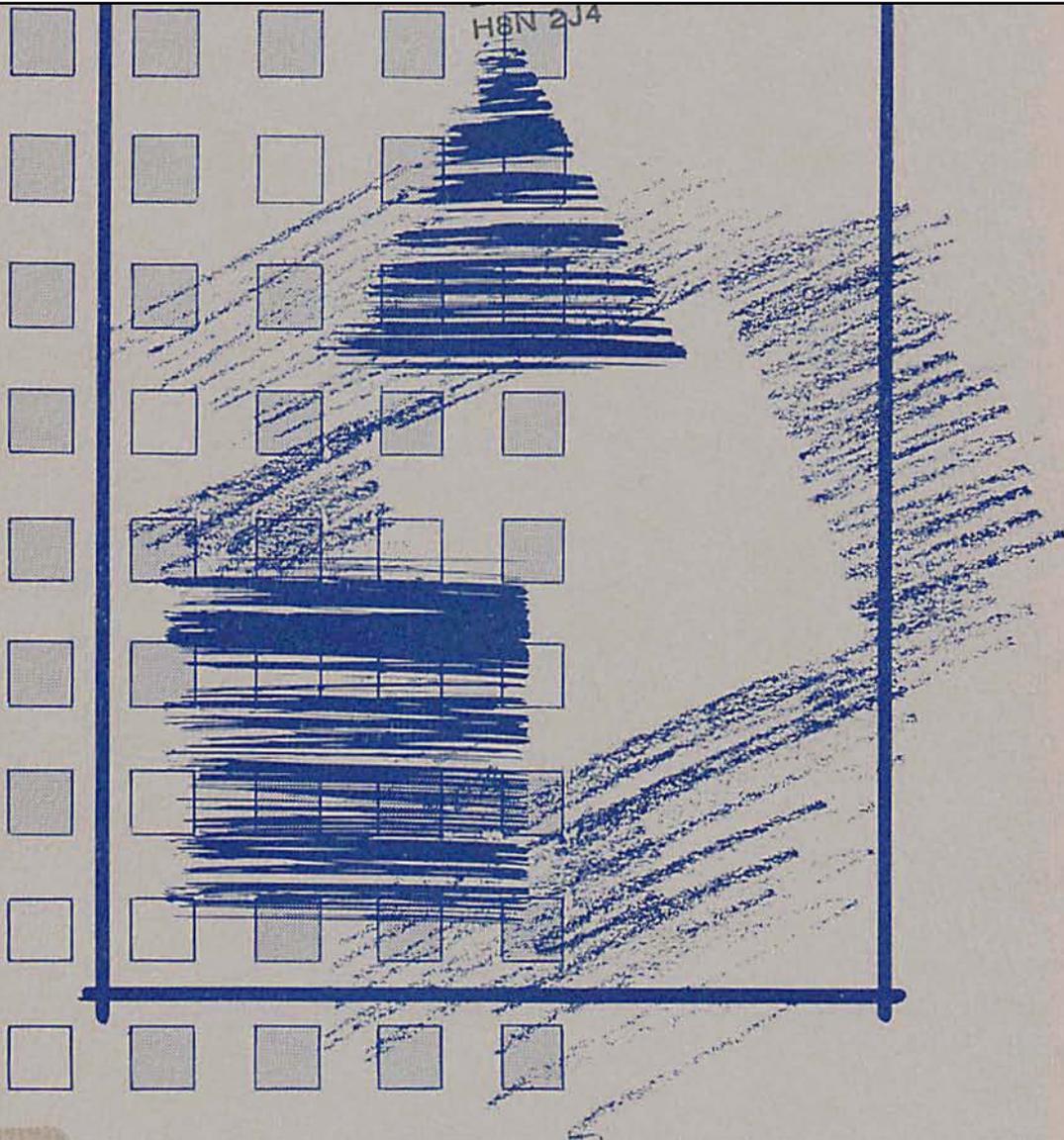


14069

CADRE  
1940, H.-BOURASSA EST  
MONTRÉAL H2B 1S2

# Style d'apprentissage, orientation et apprentissage des mathématiques chez les étudiants du collégial

Copie de conservation et de diffusion, disponible en format électronique sur le serveur WEB du CDC :  
URL = <http://www.cdc.qc.ca/prosip/708786-giard-apprentissage-orientation-mathematiques-sherbrooke-PROSIP-1986.pdf>  
Rapport PROSIP, Collège de Sherbrooke 1986  
\*\*\* SVP partager l'URL du document plutôt que de transmettre le PDF \*\*\*



Collège de Sherbrooke

Mathématiques

Jacqueline T. Giard

708786  
Ex. 2



**collège de sherbrooke**

475, RUE PARC  
SHERBROOKE, QUÉBEC, CANADA  
J1H 5M7  
TÉL: (819) 563-3150  
TÉLEX: 05-836210

STYLE D'APPRENTISSAGE,  
ORIENTATION ET APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES  
CHEZ LES ÉTUDIANTS DU COLLEGIAL

Octobre 1986

Jacqueline Thibault Giard  
Département de mathématiques

Rapport final d'un projet réalisé au Collège de Sherbrooke,  
au moyen d'une subvention de la Direction Générale de  
l'Enseignement Collégial, dans le cadre du Programme de  
Subventions à l'Innovation Pédagogique.

On peut se procurer des copies de ce rapport  
en s'adressant à l'auteure,  
et en incluant un chèque ou mandat-poste  
au montant de 10.\$ par exemplaire demandé.

71-6276

708 786 Ex. 2

Recherche réalisée en collaboration avec: Marie-Jane Haguel

Répondant local du projet: Guy Denis

Page couverture: Nicole Vachon

Dépôt légal: Bibliothèque Nationale du Québec

4è trimestre 1986

ISBN 2-550-16790-2

© Collège de Sherbrooke

## SOMMAIRE

Ce projet constitue le deuxième volet d'une recherche portant sur les applications pédagogiques de l'ordinateur au niveau collégial. Le premier volet, réalisé en 1984-85, avait pour but d'explorer l'aspect pédagogique et didactique de l'approche consistant à utiliser l'ordinateur en mode de programmation Logo pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Le deuxième volet, réalisé en 1985-86, était centré sur l'étudiant en situation d'apprentissage. Le troisième volet, qui sera conduit en 1986-87, étudiera divers aspects techniques de cette approche pédagogique.

L'objectif principal de la présente recherche était de vérifier l'existence de relations entre les styles d'apprentissage des étudiants du niveau collégial d'une part, et l'orientation, l'apprentissage des mathématiques et les approches pédagogiques d'autre part.

Cette recherche a confirmé l'existence de relations entre ces diverses variables, relations qui ont aidé par la suite à expliquer certaines difficultés rencontrées dans l'apprentissage des mathématiques. Sa principale conclusion est à l'effet que l'identification des styles d'apprentissage doit servir de point de départ à l'individualisation de l'enseignement.

## AVERTISSEMENT

On remarquera que, dans ce texte,  
pour fins de lisibilité,  
les termes désignant des personnes  
ont été employés dans leur sens générique  
recouvrant les genres féminin et masculin.

## REMERCIEMENTS

Si les résultats énoncés dans ce rapport ont une valeur pour qui que ce soit, ils le doivent à l'ensemble des personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet de recherche.

Nous voulons souligner en premier lieu la participation des professeurs du Département de mathématiques du Collège de Sherbrooke, et plus particulièrement celle de Marie-Jane Haguel, qui a collaboré de près ou de loin à diverses opérations de la recherche et surtout à la création de situations d'apprentissage et à l'élaboration de matériel didactique, ainsi que celle de Micheline Roy, qui a guidé l'analyse statistique des données recueillies au cours de l'expérimentation.

Nous voulons également mentionner la collaboration de G. Blouin, M. Colin, D. Davesne, C. Dessureault, O. Hayes, R. Lacharité, C. Laliberté, M. L.-Létourneau, C. Montreuil et R. Flamondon, lesquels ont apporté leur concours à l'administration de l'Inventaire des styles d'apprentissage aux élèves de leurs classes.

Ont également apporté une contribution à cette recherche:

Danielle Raymond, de la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke, de même que Solange Ducharme, du Collège de Sherbrooke, qui ont su nous faire profiter de leurs connaissances au sujet des styles d'apprentissage;

Normand Poulin et Lucie Gauthier, du Service de psychologie et orientation de l'Université de Sherbrooke, qui ont bien voulu nous permettre d'utiliser leur dernière version de l'Inventaire des styles d'apprentissage de Kolb;

Guy Flamand, de la Direction de la recherche du Ministère de l'éducation, qui a mis à la disposition de ce projet les résultats d'une recherche documentaire sur la notion de style au Québec;

les étudiants(es), le personnel et la direction du Collège de Sherbrooke, sur la collaboration desquels nous avons pu compter de façon continue;

la direction générale de l'enseignement collégial qui, par l'intermédiaire de M. Gilles St-Pierre, Directeur de PROSIP, soutient et anime la recherche pratiquée en milieu collégial.

A tous ceux et celles qui nous ont manifesté intérêt et encouragement et qui nous ont apporté leur aide sous une forme ou sous une autre, nous adressons nos plus sincères remerciements.

## TABLE DES MATIERES

|  | page |
|--|------|
| INTRODUCTION .....   | 1    |
| <br>   |      |
| CHAPITRE 1: ENSEIGNEMENT ET APPRENTISSAGE DES<br>MATHÉMATIQUES .....                 | 7    |
| 1.1 Science cognitive et apprentissage des<br>mathématiques .....                    | 9    |
| 1.2 Nouvelle approche .....  | 13   |
| 1.3 Quelques résultats expérimentaux .....   | 16   |
| 1.4 Problèmes rencontrés .....   | 19   |
| 1.5 Comportements en situation d'apprentissage ....                                  | 22   |
| <br>   |      |
| CHAPITRE 2: STYLES COGNITIFS, STYLES D'APPRENTISSAGE,<br>STYLES D'ENSEIGNEMENT ..... | 25   |
| 2.1 Evolution du concept des différences .....<br>individuelles                      | 27   |
| 2.2 Styles cognitifs, styles d'apprentissage,<br>styles d'enseignement .....         | 29   |
| 2.2.1 Styles cognitifs .....   | 30   |
| 2.2.2 Styles d'apprentissage .....   | 36   |
| 2.2.3 Styles d'enseignement .....  | 43   |
| 2.3 La notion de style au Québec .....   | 43   |
| 2.4 Choix d'un modèle .....  | 47   |
| 2.4.1 Style cognitif ou style d'apprentissage.                                       | 47   |
| 2.4.2 Puissance vs complexité .....  | 49   |
| 2.4.3 Compatibilité avec la situation de<br>recherche .....                          | 50   |
| 2.4.4 Instrument de mesure .....   | 51   |
| <br>   |      |
| CHAPITRE 3: DESCRIPTION DU PROJET .....  | 53   |
| 3.1 Enoncé du problème .....   | 55   |
| 3.2 Objectifs .....  | 58   |
| 3.3 Hypothèses .....   | 58   |
| 3.4 Définition des termes et opérationnalisation<br>des variables .....              | 58   |
| 3.5 Schéma expérimental .....  | 59   |
| 3.5.1 Population et échantillon .....  | 60   |
| 3.5.2 Instruments de mesure .....  | 61   |
| 3.5.3 Collecte des données .....   | 62   |
| 3.5.4 Analyse statistique .....  | 64   |

|  |         |
|--|---------|
| CHAPITRE 4: RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION .....                       | 65      |
| 4.1 Styles d'apprentissage et orientation .....                        | 67      |
| 4.1.1 Distribution globale .....                                       | 67      |
| 4.1.2 Distribution selon l'orientation .....                           | 71      |
| 4.2 Styles d'apprentissage et apprentissage<br>des mathématiques ..... | 76      |
| 4.2.1 Les résultats en mathématiques .....                             | 76      |
| 4.2.2 Dépendance des variables note et style .                         | 78      |
| 4.2.3 Analyse de la variance note-style .....                          | 89      |
| 4.3 Styles d'apprentissage et approches<br>pédagogiques .....          | 81      |
| <br>CHAPITRE 5: INTERPRETATION ET DISCUSSION .....                     | <br>85  |
| 5.1 Styles d'apprentissage et orientation<br>des études .....          | 87      |
| 5.2 Les modes d'apprentissage .....                                    | 90      |
| 5.3 Modes d'apprentissage et enseignement .....                        | 92      |
| 5.3.1 Stratégies pédagogiques .....                                    | 93      |
| 5.3.2 Apprentissage par la programmation .....                         | 96      |
| 5.4 Evolution du style d'apprentissage .....                           | 106     |
| <br>CONCLUSION .....   | <br>109 |
| <br>APPENDICE : UN PROGRAMME DE DERIVATION .....                       | <br>117 |
| <br>REFERENCES .....   | <br>123 |

## INTRODUCTION

S'il est vrai que l'ennui naquit un jour de l'uniformité, alors on peut affirmer avec une quasi-certitude que le milieu collégial québécois est à l'abri de tout danger de cet ordre, tant on y retrouve de diversité.

Diversité d'abord dans l'orientation des études. Selon les Cahiers de l'enseignement collégial 1983-86, on s'y inscrit, à temps complet ou à temps partiel, à l'enseigneemt régulier ou à l'éducation des adultes, à l'un des quatre programmes de formation générale, ou des 168 programmes de formation professionnelle. On y étudie une ou plusieurs des quarante disciplines qui y sont enseignées, et on y postule un D.E.C. (diplôme d'études collégiales), un certificat ou un diplôme de perfectionnement.

Diversité également de la clientèle. L'élargissement de l'accès aux études supérieures coïncidant avec le rétrécissement de l'accès au marché du travail, des besoins nouveaux de formation, de perfectionnement ou de recyclage, et l'assimilation d'un plus grand nombre d'immigrants à la communauté québécoise ont amené, au cours des dernières années, une hausse de l'inscription dans les collèges. Conséquemment, les différences individuelles dues à l'origine ethnique ou sociale, l'âge, la formation antérieure, les aptitudes académiques, le développement intellectuel et la motivation sont plus apparentes et plus prononcées que jamais auparavant.

D'autre part, la recherche et le développement en éducation ont permis la définition d'une grande variété d'approches et de formules pédagogiques. Tournier (1978), en décrit une vingtaine, allant de l'exposé magistral à l'enseignement individualisé assisté de multiples media. Plus récemment, l'avènement de la micro-informatique en milieu éducatif a provoqué un questionnement généralisé quant aux objectifs de l'enseignement et aux méthodes dites traditionnelles, et continue de susciter des expériences visant à préciser la contribution que ce nouvel outil serait susceptible d'apporter à l'apprentissage.

Face à cette diversité des programmes, des clientèles aussi bien que des méthodes, l'enseignant doit être en mesure de proposer, pour un cours donné, des approches pédagogiques variées et adaptées aux caractéristiques des étudiants qui lui sont confiés.

Dans le cas des cours de mathématiques, ce choix est particulièrement délicat. Les mathématiques sont considérées comme une "discipline de service" devant contribuer à la

formation générale et répondre à des besoins spécifiques d'étudiants inscrits dans un grand nombre de programmes différents; les coordinations provinciales de mathématiques et des diverses spécialités professionnelles sont loin de s'entendre sur ce que devraient être les objectifs et les contenus des divers programmes; les cours de mathématiques sont souvent des préalables nécessaires à la poursuite des études, et l'on sait les difficultés que leur réussite présente pour un trop grand nombre d'étudiants. Enfin, comme le signale Davis (1984), à cause de l'importance grandissante des mathématiques dans les différentes carrières et dans la vie de tous les jours, on est porté à vouloir que de plus en plus de jeunes apprennent de plus en plus de mathématiques, et on est de moins en moins enclin à adopter une attitude fataliste à ce sujet: on n'accepte plus l'idée que certains ne peuvent tout simplement pas "faire des maths", on cherche plutôt à savoir pourquoi ils éprouvent ces difficultés, et à trouver ce qui peut être fait pour y remédier.

Cette prise de conscience des différences individuelles jointe à la volonté d'adapter les stratégies d'apprentissage aux caractéristiques de la clientèle étudiante est à l'origine d'initiatives diverses qui se traduisent dans plusieurs milieux par la mise au point d'une plus grande variété d'approches pédagogiques.

Des travaux de recherche effectués au cours des dernières années ont amené une équipe de professeurs du Département de mathématiques du Collège de Sherbrooke à s'intéresser à une approche consistant à proposer des activités d'apprentissage par la programmation en Logo dans le cadre des cours de mathématiques générales (102) et de calcul I (103). Les résultats d'une expérimentation de cette approche en situation de classe ont déjà fait l'objet d'une publication (Thibault Giard et Haguel, 1985) et ont semblé susciter l'intérêt d'autres milieux concernés par cette problématique.

Toutefois, cette approche n'est pas sans soulever de nombreuses questions quant à la nature des apprentissages qui en résultent, au mode d'évaluation de ces apprentissages, à l'équilibre souhaitable entre le développement des habiletés traditionnelles et des habiletés nouvelles, ainsi bien sûr qu'à la clientèle à laquelle il serait pertinent de proposer une telle démarche d'apprentissage.

Le style d'apprentissage propre à un individu est précisément ce qui caractérise sa façon personnelle d'entrer en contact avec son environnement. D'après plusieurs auteurs, le style propre à un étudiant serait également une des variables majeures dans son choix de carrière, dans son cheminement académique et dans l'interaction qui aura lieu

entre lui et ses professeurs.

La présente recherche se proposait d'étudier quelques aspects de la problématique de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial dans le contexte de la théorie des styles d'apprentissage. Les modèles de styles d'apprentissage diffèrent énormément entre eux du point de vue de leur complexité et de leur aptitude à représenter les comportements individuels. Pour diverses raisons qui seront exposées plus loin, nous avons choisi comme cadre théorique, le modèle élaboré par Kolb (1978).

L'objectif de ce projet de recherche était double: déterminer les caractéristiques des étudiants en situation d'apprentissage, et étudier quelques stratégies pédagogiques en relation avec les modes d'apprentissage privilégiés par ces étudiants.

Pour atteindre ce but on se proposa dans un premier temps, de déterminer si les étudiants appartenant à une même orientation présentent des caractéristiques communes quant à leurs styles d'apprentissage. Ensuite on chercha à établir l'existence d'un lien entre les styles d'apprentissage et les performances en mathématiques. Après quoi on se proposait de comparer les performances en mathématiques selon l'approche dite traditionnelle et selon l'approche utilisant la programmation pour chacun des sous-groupes d'étudiants dotés d'un même style d'apprentissage. Cependant, ainsi qu'on le verra plus loin, on dut modifier cette partie du schéma expérimental suite aux résultats de l'analyse des données relatives aux premières hypothèses.

Sans reprendre toute l'argumentation qui a sous-tendu les choix à la base d'une démarche d'enseignement des mathématiques par la programmation au niveau collégial, le premier chapitre de ce rapport présente et discute les conclusions des expériences tentées dans ce domaine à ce jour au Collège de Sherbrooke, afin de mettre le lecteur au courant de cette problématique. Cette discussion est suivie, au chapitre 2, d'une revue de la littérature scientifique en rapport avec la notion de style, et de l'utilisation qui en est faite dans les milieux québécois de l'enseignement et de la recherche. Le chapitre 3 contient les détails du plan expérimental adopté pour cette recherche. Les résultats de l'expérimentation sont exposés dans le chapitre 4, et discutés au chapitre 5.

La recherche a montré que la distribution des styles d'apprentissage varie selon l'orientation des étudiants, et qu'il existe une certaine relation entre le style d'apprentissage et les performances en mathématiques. Entreprise dans le cadre de travaux de recherche sur l'apprentissage des mathématiques par la programmation, elle a produit des résultats qui dépassent largement cette

question, ainsi qu'on le verra plus loin.

Il ne faut pas chercher dans ce rapport des solutions miracles aux problèmes rencontrés dans l'organisation de l'enseignement et dans l'apprentissage des mathématiques. L'apprentissage est un processus très complexe dont les mécanismes sont encore mal connus malgré la quantité et la qualité des recherches dont il fait l'objet depuis plus d'un siècle, et particulièrement depuis l'avènement de l'intelligence artificielle.

Nous croyons toutefois que les quelques résultats dont nous voulons faire part ici sont susceptibles d'intéresser diverses catégories d'intervenants dans le processus éducatif: étudiants, enseignants et professionnels. Au terme de cette recherche, la théorie des styles d'apprentissage nous apparaît comme un outil potentiellement efficace pour favoriser le développement personnel, expliquer certaines des difficultés rencontrées par les étudiants dans leur cheminement académique, et améliorer l'intervention éducative.

CHAPITRE 1

ENSEIGNEMENT ET APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

## 1.1 Science cognitive et apprentissage des mathématiques

Davis (1984) définit les mathématiques comme une discipline traitant des modèles fondamentaux que l'homme découvre dans (ou impose à) ses environnements. Selon cette définition, la connaissance des mathématiques permettrait d'explorer ces environnements, de les comprendre, d'en exploiter les ressources, de les transformer, de les étendre. Dès lors, l'objectif général de l'éducation mathématique serait de développer la pensée mathématique, c'est-à-dire de favoriser l'acquisition des concepts et habiletés qui rendent possible cette activité dite mathématique.

Tous reconnaissent le rôle important tenu par les mathématiques dans le développement des sciences et de leurs applications: la construction des routes, la recherche de nouvelles formes d'énergie, le design industriel, les opérations de commerce, les transports, la médecine, les études sociales et démographiques, l'écologie, sont des domaines fortement dépendants des mathématiques. Mais quoi qu'en disent les gens auxquels elles ont été mal enseignées, les mathématiques font également partie de la vie de tous les jours. Qu'il s'agisse de calculer ses impôts, d'estimer les effets d'une augmentation de taxes, d'investir ses épargnes, de connaître les dimensions de son jardin, de calculer le taux de consommation en carburant de son automobile, d'interpréter les données du bulletin météorologique, ou de s'y retrouver dans le bottin téléphonique, il faut construire ou utiliser des algorithmes qui font appel à des schèmes, parfois très élémentaires et dont la formation peut même remonter jusqu'à l'enfance, mais qui sont reliés aux mathématiques.

L'activité mathématique est-elle possible sans la compréhension? Dans le cas des mathématiques scolaires, il semble bien que oui. Les résultats d'une étude longitudinale menée à l'Université de l'Illinois (Davis, 1984) ont montré que des étudiants ayant réussi jusqu'à cinq cours de mathématiques de niveau collégial ou universitaire comprenaient beaucoup moins les mathématiques qu'on aurait pu le penser, manipulant des objets ou des concepts au sujet desquels ils avaient des conceptions fort incomplètes ou erronées.

Il ressort de cette étude que l'apprentissage des mathématiques se ferait probablement à (au moins) deux niveaux. Le premier consisterait à apprendre des systèmes formels abstraits, ce qui incluerait la mémorisation de

définitions et d'algorithmes et l'imitation de procédures ayant été démontrées. Le second concernerait la mise en place de structures mentales qui serviraient par la suite à apprendre de nouveaux concepts et à résoudre de nouveaux problèmes.

La science cognitive dont le propos est d'établir une analogie entre les modes de traitement de l'information utilisés par l'ordinateur et par l'esprit humain, dans le but de comprendre et d'expliquer les processus cognitifs humains, affirme que l'existence de telles structures mentales s'impose.

Au nombre de celles-ci, les plus complexes seraient les structures de représentation de connaissances, soient de vastes ensembles de notions hautement reliées entre elles, et comportant des variables auxquelles des valeurs seraient attribuées à partir de l'information contenue dans une situation particulière où il serait fait appel à cette structure. Selon Davis (1984), les noms par lesquels on désigne ces structures mentales varient d'un modèle à l'autre: alors que Piaget et Papert parlent de "schèmes", Schank utilise le mot "scripts", (parfois traduit en français par "scénario") et Minsky les nomme "frames". Ce terme est probablement le plus largement utilisé, bien qu'il porte parfois à confusion parce qu'il a aussi été employé avec un sens différent dans d'autres contextes théoriques. Davis quant à lui, les désigne simplement par le symbole KRS (pour Knowledge Representation Structure).

A côté de ces structures de représentation de connaissances, lesquelles dans la situation qui nous intéresse présentement, seraient constituées de notions mathématiques, la science cognitive reconnaît aussi l'existence d'autres structures, plus générales parce que pouvant être utilisées dans n'importe quel domaine de problème (structures combinatoires, de comparaison, d'implication logique, critiques). L'ensemble de ces structures mentales assurerait le fonctionnement de la cognition et l'activité intellectuelle en général. Utilisées en connexion avec les structures de représentation de connaissances mathématiques, elles permettraient la compréhension dans l'apprentissage et l'activité mathématique: leur développement serait donc l'un des buts de l'éducation mathématique.

Les tests servant à l'évaluation des connaissances acquises aux cours ne mesurent la plupart du temps que le premier niveau d'apprentissage, ce qui expliquerait le paradoxe apparent de la réussite sans compréhension. Après un entraînement suffisant, la majorité des étudiants seront capables de reproduire les comportements qui leur ont été enseignés, mais comme les évaluations généralement pratiquées ne l'exigent pas, peu d'étudiants se seront dotés

des structures mentales qui leur auraient permis par exemple, d'énoncer de nouvelles relations ou de générer des solutions originales.

Qu'en est-il de tout cela dans le contexte pratique où se situe cette recherche, c'est-à-dire celui de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial?

Une analyse des objectifs généralement retenus pour le cours de Calcul différentiel et intégral I, portant le numéro 201-103-77 dans les Cahiers de l'enseignement collégial, a été effectuée dans le cadre d'une recherche précédente portant sur l'apprentissage du calcul par la programmation (Thibault Giard et Haguel, 1985). Utilisant la taxonomie de Gagné (1977), cette analyse a établi que 14% des objectifs d'apprentissage retenus relevaient de l'information verbale, que 83 % visaient le développement des habiletés intellectuelles requises pour la manipulation des concepts définis (14%) et concrets (3%), l'application de règles (41%) et la solution de problèmes (25%), mais que 3% seulement faisaient appel à des stratégies cognitives d'ordre supérieur.

Un sondage effectué pour les fins du même projet de recherche a fait connaître les perceptions du milieu au sujet des cours de mathématiques. De façon générale, on estimait que les cours de mathématiques réussissent relativement bien à assurer l'acquisition des concepts et le développement des habiletés mentionnés dans les programmes. Cependant, on exprimait des doutes quant à la transférabilité de ces acquis à d'autres domaines d'activité, et on déplorait que ces cours ne favorisent pas davantage, du moins chez la majorité des étudiants, le développement des habiletés mentales (analyse, synthèse, raisonnement inductif et déductif, esprit critique,...) dites caractéristiques de la pensée scientifique.

Ce jugement du milieu sur les objectifs réellement atteints par l'éducation mathématique au niveau collégial va dans le même sens que les conclusions des travaux rapportés par Davis; le premier niveau de l'apprentissage des mathématiques est assuré, (du moins chez les étudiants qui réussissent), mais il est demandé implicitement qu'on s'occupe aussi du second.

Cette constatation pose le problème de l'efficacité de l'enseignement des mathématiques dispensé de façon traditionnelle, c'est-à-dire selon la séquence exposé magistral - applications - exercices individuels, et celui plus fondamental encore des rôles respectifs de la communication et de l'expérience personnelle dans l'apprentissage. Un sujet apprend-il mieux quand on lui affirme, avec preuve à l'appui, que l'objet X possède la

propriété A, ou plutôt lorsqu'en manipulant l'objet X, il découvre que cet objet doit, pour être tel, posséder la propriété A?

L'exposé magistral ne peut être efficace que s'il réussit à provoquer l'activité mentale de l'étudiant. Or notre expérience personnelle nous a souvent permis de remarquer que celui-ci a tendance à recevoir de façon plutôt passive les notions présentées, pour découvrir ensuite, au moment d'effectuer un exercice ou de résoudre un problème, qu'il ne possède pas les moyens de faire fonctionner les connaissances nouvellement acquises. Pour nos étudiants, hyper-sollicités depuis la naissance par les multiples stimuli présents dans leur environnement, l'exposé théorique manque du stimulant qui pourrait les accrocher, et c'est la période de travail individuel qui marque le début de l'activité mentale.

Cette activité même est d'ailleurs assez souvent superficielle. Un grand nombre d'exercices qu'on propose aux étudiants ne requièrent que des transformations algébriques, ou l'application d'un algorithme pré-déterminé. Même la solution d'un problème d'optimisation, qui est à peu près l'activité de plus haut niveau proposée au cours de Calcul I, puisqu'elle comporte la représentation sous forme d'un modèle mathématique, d'une situation concrète décrite par un énoncé verbal, ainsi que la recherche des extrema d'une fonction, ce qui demande une synthèse de toutes les techniques du calcul différentiel, l'application des règles du calcul algébrique, et souvent fait appel à des notions de trigonométrie, de géométrie ou d'économie pour ne citer que celles-là, cette activité donc, est souvent réduite à une marche à suivre comprenant les étapes suivantes:

- 1) trouver la fonction
- 2) la dériver
- 3) trouver son maximum (minimum)
- 4) formuler la réponse à la question posée.

La réduction de l'activité mathématique à l'exécution des instructions contenues dans un algorithme n'est pas de nature à mener à la construction du vaste et complexe ensemble de connaissances que serait la structure de représentation mentale du concept d'optimisation, et qui serait suffisamment riche pour répondre aux besoins de toutes les situations où ce concept peut être utilisé, parce qu'elle ne demande à l'étudiant qu'un effort de mémoire et l'application mécanique de règles, plutôt que de l'amener à se poser des questions, à trouver des réponses, à établir les liens et à faire les inférences nécessaires pour arriver à un tel résultat.

## 1.2 Nouvelle approche

C'est pourquoi nous avons cherché à compléter l'approche traditionnelle d'enseignement en construisant un environnement d'apprentissage qui obligerait l'étudiant à entrer en activité dès le début de la démarche, et exigerait de lui une activité mentale profonde, continue et variée. En augmentant de cette façon la part de l'expérience personnelle de l'étudiant dans son propre apprentissage, nous souhaitons l'aider à:

- 1) se construire des structures mentales suffisantes en nombre et en complexité pour représenter adéquatement les concepts-clés des cours de mathématiques visés, en particulier les concepts de fonction, de constante et de variable, de modèle mathématique, d'infini et de quantité infinitésimale, de limite, de continuité, de dérivée et d'intégrale.
- 2) développer les structures mentales nécessaires au raisonnement.
- 3) acquérir les habiletés nécessaires pour identifier ces structures ainsi que les situations où elles peuvent être utiles, les ramener dans la mémoire active et les utiliser dans la solution de problèmes.

Les arguments de Papert (1980) en faveur de l'utilisation de l'ordinateur en mode de programmation dans le but de favoriser l'apparition et le développement de nouvelles structures intellectuelles, la compatibilité de l'activité de programmation et de l'activité mathématique et l'avènement de la micro-informatique dans le milieu éducatif nous ont amenées il y a quelque trois ans, à explorer la possibilité et la pertinence d'appuyer sur la programmation en Logo, l'enseignement et l'apprentissage de mathématiques de niveau collégial. C'est ainsi que des activités incluant la programmation sur micro-ordinateur et portant sur les contenus des cours de précalcul (201-102-77) et de calcul (201-103-77) ont été élaborées et intégrées à la démarche traditionnelle, pour être ensuite expérimentées dans une situation de classe.

Les raisons sous-tendant le choix de l'ordinateur comme outil d'apprentissage, de la programmation comme mode d'utilisation et de Logo comme langage, ont déjà été exposées et discutées longuement dans un premier rapport de recherche (Thibault Giard, Haguel, 1985). C'est pourquoi nous nous bornerons ici à élaborer quelque peu sur la similitude existant entre les processus de la résolution de problème et ceux de la programmation, similitude qu'une expérimentation continue semble soutenir de plus en plus.

Posons d'abord avec Brousseau (1983), "qu'un élève ne fait pas de mathématiques s'il ne se pose et ne résout des problèmes". Or programmer, c'est apprendre à un ordinateur à résoudre des problèmes. La science cognitive décrit de la façon suivante les étapes de la résolution de problèmes:

1) la lecture d'un énoncé déclenche la recherche d'une ou de plusieurs structures de représentation de connaissances stockées dans la mémoire passive.

2) ces structures sont ramenées dans la mémoire active. (Cette étape peut impliquer la construction et l'examen d'arbres de décision.)

3) le sujet commence à se construire une représentation mentale du problème, à organiser les connaissances qu'il possède en rapport avec ce problème, utilisant pour y arriver, les différentes données contenues dans l'énoncé.

4) le sujet évalue si les connaissances rappelées, les représentations construites et les correspondances établies sont adéquates.

5) le sujet fait appel à d'autres structures mentales qui lui permettent, le cas échéant, d'examiner toutes les possibilités, d'établir des comparaisons, des priorités, des hiérarchies, de poser des hypothèses, de faire des inférences et de critiquer des énoncés ou des parties de son raisonnement. C'est à cette étape qu'il pourra utiliser des heuristiques, comme par exemple, décomposer le problème en sous-problèmes ou revenir en arrière pour réviser les résultats des étapes précédentes.

6) un premier plan de solution est élaboré; les opérations à effectuer sont placées sur une pile et un "pointeur" en gardera la trace. Ce plan peut contenir des possibilités de branchement, dépendant des résultats obtenus graduellement. Idéalement, il devrait aussi contenir une règle d'arrêt.

7) le plan est mis à exécution.

8) les résultats sont examinés quant à leur exactitude, leur précision, leur vraisemblance, leur élégance,...

La solution d'un problème peut être l'occasion d'apporter des modifications ou des ajouts aux connaissances que le sujet possédait déjà. Elle peut également amener une généralisation de ces connaissances.

La résolution de problèmes sur ordinateur par l'intermédiaire de la programmation amène l'étudiant à adopter des procédures systématiques en vue de parcourir ces différentes étapes.

- dans les étapes 1 et 2, le programmeur doit faire sien l'énoncé du problème et bien comprendre ses implications: en particulier, il doit classifier avec précision les informations dont il dispose (et qu'il donnera en entrées à l'ordinateur) et celles qu'il cherche (et qui constitueront la sortie de son programme). Il doit également identifier soigneusement la nature des objets qu'il manipulera en entrée et en sortie.

- dans les étapes 3 à 6, il doit établir des correspondances entre l'énoncé du problème et ses connaissances acquises antérieurement, en particulier les problèmes déjà résolus et les algorithmes programmés à cet effet.

- puis il y a cette étape particulière à la programmation où la solution préliminaire doit être codée dans un langage rigoureux, entrée dans la mémoire de l'ordinateur et acceptée par celui-ci.

- l'étape 7 est celle où l'exécution du programme est demandée. Presque invariablement, cette étape révélera des erreurs (de codage, opératoires ou de logique), dont la recherche et la correction nécessiteront la révision du programme et du plan de solution.

- enfin, les résultats obtenus doivent également être questionnés, analysés et interprétés.

En résumé, la programmation d'une solution sur ordinateur ne modifie pas de façon substantielle les étapes de la résolution de problème; elle ajoute, il est vrai, les opérations de codage et d'entrée du programme au clavier. Nous croyons toutefois que ce changement est secondaire en importance au fait qu'elle oblige l'étudiant à faire une analyse très serrée du cas général du problème, et à faire usage de procédures systématiques.

Selon nos hypothèses, cette activité est une nouvelle source d'expérience personnelle, qui, jointe à celle qu'il est possible d'acquérir par des activités plus traditionnelles, est de nature à favoriser le développement de structures mentales plus complètes, plus fonctionnelles et mieux organisées. De plus, le fait de placer l'ordinateur en intermédiaire entre un étudiant et sa solution permet à celui-là de prendre un certain recul par rapport à celle-ci. Parce qu'il devra la reprendre et la corriger, et en discuter avec les autres, l'étudiant aura une occasion assez naturelle de développer un vocabulaire qui lui permettra par la suite de discuter de la solution de problèmes en général. En définitive, nous considérons la programmation sur ordinateur comme un moyen de déceler et de corriger les lacunes dans les méthodes générales de résolution de problèmes.

### 1.3 Quelques résultats expérimentaux

Nos recherches à ce jour ne nous ont pas permis de vérifier ces hypothèses de façon strictement expérimentale, car tels n'étaient pas leurs objectifs: avant d'évaluer la démarche, il fallait d'abord la mettre au point. Toutefois l'expérimentation de cette approche sur cinq sessions avec neuf groupes différents a permis de vérifier qu'il était possible de construire des activités d'apprentissage des notions de précalcul et de calcul en utilisant l'ordinateur en mode de programmation comme outil d'exploration, d'approximation, de calcul et de représentation graphique, de simulation et de vérification d'hypothèses. Elle a également permis de recueillir quelques observations au sujet des attitudes et des comportements des étudiants, ainsi que de la nature des apprentissages qui en résultent.

C'est ainsi que nous avons pu constater qu'environ 80% des étudiants réagissent positivement à la proposition qui leur est faite en début de session, de faire de la programmation pour apprendre les mathématiques. Les étudiants qui ont déjà reçu une initiation à la programmation (en langage BASIC la plupart du temps), considèrent que cette approche apportera un complément à leur culture informatique. Les autres semblent apprécier qu'on leur offre enfin l'occasion de se familiariser avec le travail sur ordinateur. Environ 20% des étudiants manifestent une réticence à s'engager dans une telle démarche, soit par manque d'intérêt pur et simple, soit parce qu'en ayant déjà fait l'expérience, ils ne s'estiment pas "bons"; certains choisiront de tenter quand même l'expérience, alors que d'autres préféreront se joindre à un groupe suivant la démarche traditionnelle. En définitive, l'attitude générale en est une d'intérêt pour le potentiel de l'ordinateur, et d'ouverture d'esprit face à un renouvellement des formules pédagogiques.

L'expérimentation a également fait ressortir que les étudiants engagés dans cette démarche manifestent des comportements actifs et réfléchis, orientés vers l'apprentissage. Comme l'exploration est souvent le point de départ de la démarche, il est plus difficile pour l'étudiant d'être passif. Il fait d'abord un premier essai, au sujet duquel il reçoit un feedback immédiat. Cet échange d'information entre l'étudiant et l'ordinateur imprime un rythme à l'activité d'apprentissage: un deuxième essai suivra, puis un troisième. En même temps, l'étudiant sentira le besoin d'échanger avec le professeur, son coéquipier (nous encourageons le travail par équipe de deux, sans toutefois l'exiger) ou ses autres collègues, développant ainsi un langage qui lui permettra de parler de la résolution de problèmes, et d'autres questions épistémologiques. Il n'est pas rare de voir des étudiants comparer les résultats de

leur travail, peut-être moins du point de vue de la programmation que de l'exécution ou de ce qui apparaît à l'écran, de questionner ces résultats ou de se lancer des défis du genre "vois si tu es capable d'obtenir ceci", ou "de faire mieux que cela".

L'évaluation des apprentissages a montré que ces étudiants atteignent un niveau de performance satisfaisant dans les habiletés usuelles: opérations, applications de règles, résolution d'équations, construction de graphes, etc... Nous avons reproduit dans le tableau 1, les résultats de l'évaluation des apprentissages pratiquée pendant l'année 84-85, et déjà présentés dans le rapport ad hoc. Cette évaluation se faisait au moyen de tests écrits de forme traditionnelle comptant pour 80% de la note totale, (100% dans le cas du groupe contrôle), et en accordant 20% à divers travaux et tests effectués à l'aide de l'ordinateur (dans le cas du groupe expérimental). Comme les mesures visant à contrôler l'équivalence des groupes en début de session avaient révélé que ces deux groupes ne pouvaient être considérés comme équivalents au départ, (61% des étudiants du groupe contrôle ayant réussi le cours de précalcul, contre 32% dans le groupe expérimental), nous avons formé deux sous-groupes appariés comprenant 16 paires de sujets, pour les fins de l'analyse des scores obtenus à l'évaluation.

Tableau 1

Evaluation des apprentissages en calcul (84-85)  
(groupes appariés)

| Evaluation            | Résultats       | Groupes      |          |
|-----------------------|-----------------|--------------|----------|
|                       |                 | Expérimental | Contrôle |
| Tests communs         | Moyenne sur 100 | 62.02        | 65.48    |
|                       | Ecart-type      | 16.85        | 12.42    |
| Total de l'évaluation | Moyenne sur 100 | 64.00        | 65.48    |
|                       | Ecart-type      | 16.48        | 12.42    |

On constate que les moyennes étaient légèrement plus élevées dans le groupe contrôle, et les notes plus dispersées dans le groupe expérimental. Cependant, ces différences ne sont pas statistiquement significatives. On en conclut que les apprentissages de type traditionnel des étudiants soumis aux deux approches étaient comparables,

malgré qu'on y ait consacré moins de temps dans le groupe expérimental. C'est ce qui justifie l'épithète "satisfaisant" utilisé plus haut pour qualifier ces apprentissages. Ce qui constitue un niveau satisfaisant demeure toutefois une question ouverte; les opinions à ce sujet diffèrent, et ce niveau ne serait probablement pas le même pour tous les étudiants, dépendant en partie de leur orientation, ni pour tous les professeurs, dépendant de leurs exigences et des objectifs retenus par chacun.

Notre position à ce sujet est que l'apparition des nouveaux outils technologiques a modifié l'importance qu'il convient d'accorder aujourd'hui à certains apprentissages, comme par exemple la maîtrise des opérations routinières du calcul numérique ou symbolique. Par contre, de nouvelles priorités ont surgi, et il est justifié de consacrer une partie du temps de classe à l'acquisition de nouvelles habiletés. Si on ne saurait se passer des techniques de calcul de base, la virtuosité dans ce domaine n'a plus rien de stimulant, si tant est qu'elle en ait jamais eu. Pour la même raison qu'on ne voit plus de tables logarithmiques ou trigonométriques dans les salles de classe, il n'existe plus guère de professions où l'on utilise les mathématiques sans ordinateur. Dans la perspective où nous formons cent (mille?) fois plus de "consommateurs" de mathématiques que de futurs mathématiciens, il nous semble plus pertinent de les former à cette façon de faire des mathématiques qui vraisemblablement sera la leur.

On objecte que peu de gens auront à recourir à la programmation dans l'exercice de leur profession, et que par conséquent il suffit de les initier à l'utilisation de logiciels mathématiques. Cela est exact, mais nous sommes d'avis que l'initiation à la solution de problèmes par la programmation sur ordinateur, en plus des avantages escomptés sur le plan du développement des structures mentales et d'un métalangage mathématique, est aussi une excellente façon de préparer à l'utilisation de logiciels. Familier avec les procédés de programmation, les contraintes et les problèmes liés à la structure interne et à l'espace mémoire de l'ordinateur, bref avec la puissance et les limites de l'ordinateur, l'étudiant sera mieux à même de choisir, de comprendre et d'exploiter intelligemment les ressources des logiciels dans le futur.

Enfin, au plan de la résolution de problèmes, certains indices nous permettent de croire que les étudiants qui pratiquent la programmation ont tendance à utiliser des stratégies cognitives d'ordre supérieur: reformulation d'un énoncé de problème en ses propres termes, recours à une solution graphique ou numérique afin de découvrir une solution analytique, identification précise des objets manipulés; emploi d'un mode d'expression plus rigoureux,...

Toutefois nous admettons ne pas posséder encore de données certaines à ce sujet.

#### 1.4 Problèmes rencontrés

L'expérimentation a également mis en évidence un certain nombre de problèmes en rapport avec cette démarche, problèmes qui relèvent des domaines technique, méthodologique ou didactique.

Au cours des diverses expérimentations, nous avons eu à travailler d'abord avec des micro-ordinateurs de marque Apple IIe, munis de 64K de mémoire, avec la version française du Logo de SOLI. Ce logiciel laissait environ 16K à l'espace de travail; l'exécution des programmes était relativement lente, et la limite de mémoire facilement atteinte, au point qu'il fallait tronquer les programmes récursifs un peu longs, comme par exemple celui qui servait à la dérivation des fonctions.

Nous travaillons maintenant avec des appareils de marque Olivetti, donc compatibles IBM, avec la version française de Logo des Editions Turgeon. Ce logiciel tourne sur 128K, laissant environ 60K à l'espace de travail. Or ces ordinateurs disposent de 640K de mémoire, et bientôt c'est en Meg qu'on pourra calculer cette précieuse ressource.

En passant d'Apple à compatible IBM, nous avons fait des gains importants quant à la capacité de mémoire, à la rapidité d'exécution, à la représentation graphique en haute résolution et à la facilité d'accès aux fichiers et aux différents modes de l'ordinateur, au moyen des touches de fonctions. Tous ces gains sont reliés à la quincaille 16 bits.

En passant du produit de SOLI à celui des Editions Turgeon, nous avons changé une version parfaitement au point et une documentation impeccable, pour une version beaucoup moins satisfaisante et une documentation remplie d'inexactitudes, d'erreurs, et (s'il est permis de s'exprimer ainsi) d'omissions. Malgré un éditeur de texte très fonctionnel et une bonne capacité de représentation graphique en haute résolution, ce logiciel s'est révélé être un outil pédagogique décevant, si bien que nous avons renoncé depuis longtemps à faire une liste exhaustive des problèmes qu'il pose (inconsistance de la notation, priorité des opérations peu définie, messages non aidants ou équivoques, absence de protection sur les procédures et les fichiers,...)

Sans remettre en question le choix de Logo, qui possède plusieurs des qualités qui nous paraissent essentielles dans un langage d'apprentissage, (simplicité, convivialité, interactivité, extensibilité, transparence, structure procédurale, récursivité, structures de données,...) nous souhaiterions disposer d'une version qui permettrait l'utilisation maximale de l'espace mémoire disponible sur les appareils d'aujourd'hui, une plus grande puissance numérique et une plus grande précision, un vocabulaire de base plus étendu et expurgé des primitives qui présentent moins d'intérêt dans le contexte des mathématiques plus avancées, une plus grande souplesse dans la manipulation des données et l'accès aux fichiers, etc...

C'est pourquoi nous avons présenté un projet de recherche ad hoc, qui permettrait de faire le tour de la question et de doter éventuellement le niveau collégial d'une version d'un langage de programmation appropriée aux besoins de l'apprentissage à ce niveau.

A côté de ces problèmes techniques, nous avons également identifié un problème d'ordre méthodologique relevant de l'évaluation. Si à ce jour, nous ne disposons pas encore de données concernant le développement des structures mentales visé par cette approche, c'est à la fois parce que nous croyons que ces effets ne pourront se produire et être constatés qu'à long terme, si jamais ils se produisent, et surtout parce que nous ne savons pas encore très bien comment déceler et mesurer ces effets.

Jusqu'ici, nous avons pratiqué l'évaluation, à des fins institutionnelles aussi bien que de recherche, en bonne partie au moyen de tests traditionnels. Ce mode d'évaluation et le modèle expérimental qu'il sous-tend n'est peut-être pas très astucieux, particulièrement dans une situation où une nouvelle approche a été adoptée dans le but de produire des résultats nouveaux, mais les comparaisons qu'il a rendues possibles nous ont quand même permis d'amasser un bon nombre de données formelles et informelles.

Toutefois, nous croyons qu'il serait urgent de définir un nouveau mode d'évaluation, et de construire des instruments qui vérifient si les apprentissages visés ont réellement eu lieu, et qui rendent justice aux efforts fournis par les étudiants.

Enfin, la problématique de l'évaluation débouche sur une question de rendement académique. L'expérimentation de 84-85 n'a pas produit de données permettant une comparaison valable des cheminements académiques de l'ensemble des étudiants appartenant aux groupes expérimental et contrôle. En effet, si nous comparons (voir tableau 2) les performances en termes de succès et d'échecs dans les

groupes appariés, nous n'avons, comme on pouvait s'y attendre, aucune différence significative.

Tableau 2

Comparaison des cheminements académiques (84-85)

| Groupes          | Cotes                         | Gr. expérimental |        | Gr. contrôle |        |
|------------------|-------------------------------|------------------|--------|--------------|--------|
|                  |                               | n                | %      | n            | %      |
| Groupes appariés | Echecs                        | 8                | 50%    | 7            | 44%    |
|                  | Succès                        | 8                | 50%    | 9            | 56%    |
|                  | Total                         | 16               | 100%   | 16           | 100%   |
| Groupes complets | Annulations/<br>chang. groupe | 9                | 26.5%  | 3            | 8.6%   |
|                  | Abandons                      | 5                | 14.7%  | 3            | 8.6%   |
|                  | Echecs                        | 5                | 14.7%  | 4            | 11.4%  |
|                  | Succès                        | 15               | 44.1%  | 25           | 71.4%  |
|                  | Total                         | 34               | 100.0% | 35           | 100.0% |

D'autre part, si nous comparons les performances en termes de succès, d'échecs et d'abandons dans les groupes complets, les différences sont très significatives, mais la comparaison n'est pas valable car ces groupes n'étaient pas équivalents quant à la maîtrise des notions préalables au calcul. Cependant, même si cette comparaison n'a pas de valeur statistique, elle suggère que, dans les circonstances de l'expérimentation, le niveau de difficulté de l'approche expérimentale était supérieur à celui de l'approche traditionnelle, ce qui d'ailleurs serait confirmé par les réactions des étudiants et les témoignages informels recueillis tout au long de la recherche. Bien que notre objectif ne soit pas de définir une démarche plus facile, ni de diminuer les taux d'échecs et d'abandons, mais de proposer aux étudiants une démarche plus valable au plan de l'apprentissage, nous devons quand même veiller à ce que la probabilité de réussite dans cette approche soit comparable à celle des autres approches d'apprentissage.

Qu'est-ce qui rend cette démarche difficile? Pour tenter de répondre à cette question, nous avons envisagé diverses hypothèses en rapport avec la programmation elle-même, la charge de travail globale, le degré des tâches cognitives impliquées dans les activités proposées aux étudiants, et les caractéristiques des comportements des étudiants eux-mêmes en situation d'apprentissage.

Cette dernière hypothèse détournait l'attention de l'approche pédagogique elle-même pour la centrer sur les sujets auxquels elle s'adresse. Ne connaissant pas les modes d'apprentissage privilégiés par nos étudiants, peut-être étions-nous en train de proposer, à tous ou à certains, une démarche impliquant des tâches qui, pour une raison ou pour une autre, n'étaient pas adaptées à leur façon personnelle et habituelle d'apprendre?

### 1.5 Comportements en situation d'apprentissage

Ces dernières considérations débordaient le cadre de l'apprentissage des mathématiques par la programmation pour rejoindre les préoccupations générales de l'éducation mathématique au niveau collégial: dans le système actuel, un enseignement traditionnel est dispensé de façon collective à une clientèle très diversifiée, et cause des apprentissages qui restent souvent en deçà des objectifs, et ne réussissent à rejoindre qu'une partie de la clientèle cible; suite au développement des connaissances théoriques en éducation, et suite à l'apparition de nouveaux outils technologiques, des approches alternatives sont définies dans le but de tenir compte de nouvelles priorités, de produire des apprentissages différents ou de répondre aux besoins d'une autre partie de la clientèle. Toute la question est de savoir à qui il faut proposer quoi.

C'est un fait bien connu des éducateurs, que les étudiants ne bénéficient pas tous de la même manière de l'enseignement qui leur est dispensé. Ces différences se manifestent au niveau des comportements cognitifs, affectifs, psychologiques, physiologiques ou sociaux dont l'ensemble forme ce que les théoriciens de l'apprentissage scolaire appellent le style d'apprentissage d'un individu. Selon ces derniers, lorsque l'apprenant est placé dans une situation qui convient à son style d'apprentissage, il peut en résulter des avantages importants sur les plans du développement personnel et du rendement académique.

C'est pourquoi nous avons voulu mener cette recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial dans le cadre de la théorie des styles d'apprentissage.

Notre première préoccupation était d'ordre développemental. Selon notre expérience, les étudiants n'ont qu'une connaissance très instinctive de leurs préférences personnelles au sujet des différentes manières d'apprendre. Si les résultats de cette recherche s'avéraient concluants, il nous semblait qu'ils pourraient contribuer à faire connaître dans notre milieu un modèle et un instrument

susceptibles d'aider les étudiants dans leur cheminement d'apprentissage.

Notre seconde préoccupation était d'ordre instrumental. Elle consistait à étudier la relation entre les styles d'apprentissage des étudiants et leurs performances en apprentissage des mathématiques, selon l'approche traditionnelle et l'approche par la programmation. S'il s'avérait qu'une telle relation existait, alors, la recherche mettrait à la disposition des étudiants et des professeurs, un instrument pouvant aider à la prise de décision au moment du choix des stratégies d'enseignement et d'apprentissage.

Enfin nous espérons que cette recherche nous aide à mieux connaître le fonctionnement de l'approche que nous expérimentons depuis trois ans, qu'elle permette de cerner de plus près le rôle de la programmation dans l'apprentissage des mathématiques, et qu'elle contribue à expliquer au moins partiellement les difficultés rencontrées par les étudiants, afin que nous soyons en mesure de leur apporter par la suite un support plus adéquat.

CHAPITRE 2

STYLES COGNITIFS. STYLES D'APPRENTISSAGE.

STYLES D'ENSEIGNEMENT

Les concepts de style cognitif, style d'apprentissage et style d'enseignement constituent une tentative assez récente de prendre en charge et d'expliquer les différences individuelles dans le but de favoriser l'apprentissage. Bien que la présente recherche utilise principalement la notion de style d'apprentissage, il est impossible de définir cette notion sans faire référence à celles de style cognitif dont elle est issue, et de style d'enseignement qui en découle. C'est pourquoi nous commençons la construction de ce cadre théorique en définissant ces concepts, en traçant un bref historique de leur évolution et en précisant leurs implications en éducation. Mais d'abord, nous devons situer le concept des différences individuelles qui est à l'origine de celui de style.

## 2.1 Evolution du concept des différences individuelles

Le concept des styles n'a pu être défini qu'après qu'on ait reconnu l'existence de différences fondamentales entre les individus dans leur façon d'entrer en contact avec leur environnement, et la nécessité d'en tenir compte dans les situations d'apprentissage. Ce n'est que vers le début du XX<sup>e</sup> siècle qu'une préoccupation à cet effet apparaît dans les théories reliées à l'éducation, pour se transformer bientôt en question: comment peut-on adapter l'enseignement de façon à tenir compte des différences individuelles?

En guise de réponse à cette question, différents modèles seront élaborés au cours des années. Cronbach (1967) en fait une analyse à partir des finalités des systèmes d'éducation et des approches d'enseignement. Nous résumons ici les grandes lignes de cette analyse. Il est intéressant de noter l'évolution entre les premiers modèles, plutôt timides, et les derniers qui s'orientent résolument vers l'approche personnalisante.

Modèle 1 Les finalités de l'éducation et des stratégies d'enseignement sont invariables.

L'apparition des tests psychologiques différentiels devant permettre de prédire le succès et l'échec mène à l'une ou l'autre de deux stratégies opposées:  
-la sélection des élèves en fonction des aptitudes; chaque individu va aussi loin dans le système que ses capacités le lui permettent.

-on considère que tous les individus peuvent et doivent acquérir un certain nombre d'apprentissages de base communs et fréquenter l'école jusqu'à ce qu'ils les aient maîtrisés; l'enseignement doit donc être adapté au rythme de l'élève. La pédagogie de la maîtrise est un exemple d'approche basée sur le rythme d'apprentissage.

Modèle 2 Les finalités de l'éducation et des programmes sont adaptées aux aptitudes des élèves.

C'est le début de la démocratisation. Considérant que l'école est au service de tous les jeunes et qu'il est anormal que plusieurs abandonnent ou échouent, on utilise également les tests d'aptitudes ou d'intelligence pour adopter l'une des deux stratégies complémentaires suivantes:

- modification à la baisse des exigences académiques.
- orientation des élèves jugés moins "forts", vers des programmes professionnels ou courts.

Modèle 3 Les finalités de l'éducation et les exigences académiques sont les mêmes pour tous.

On compte sur des stratégies comme l'enseignement compensatoire ou l'adaptation intuitive des méthodes d'enseignement par l'enseignant lui-même pour réduire les différences individuelles.

Modèle 4 Etude des interactions entre les aptitudes et les méthodes.

La stratégie sous-jacente consiste à rechercher quelle aptitude ou ensemble d'aptitudes, en relation avec une approche particulière d'enseignement, offre le plus de chances de favoriser la réussite des élèves. Ce modèle est compatible avec la notion de style: on cherche en effet à identifier quelles dimensions du style cognitif et du style d'apprentissage interagissent significativement avec différentes méthodes d'enseignement.

Modèle 5 Tentatives d'individualisation de l'enseignement

Des tests psychométriques et pédagogiques plus perfectionnés font apparaître des différences entre les individus sur un si grand nombre de points, qu'on tente par des mesures administratives (groupements parallèles, homogènes, par habiletés, classes à aires ouvertes, team teaching, promotion par matière) ou techniques (les objectifs et les moyens d'enseignement sont fixés conjointement par l'élève et par le maître) d'individualiser et de personnaliser l'enseignement.

Cette brève description des principaux modèles élaborés en éducation pour tenir compte des différences existant entre les individus dans leur façon d'appréhender la réalité suit un ordre chronologique. Toutefois, cet ordre de présentation ne doit pas laisser croire que les premiers modèles sont aujourd'hui abandonnés; au contraire, malgré les critiques formulées à leur endroit, tous ces modèles sont encore en application, au moins dans des secteurs restreints comme, par exemple, l'éducation spécialisée.

D'ailleurs, selon les tenants de la personnalisation de l'enseignement, celle-ci n'a pas encore eu lieu. Tout au plus est-on passé d'un enseignement collectif à une forme plus individualisée en conservant les mêmes finalités, les mêmes programmes, les mêmes normes et les mêmes exigences de certification pour tous. Ceci est particulièrement vrai dans les cours de mathématiques au niveau collégial. C'est pourquoi une approche fondée sur les styles est considérée par plusieurs comme une solution pouvant mener à la véritable éducation sur mesure. C'est ce dernier modèle que nous avons voulu appliquer dans la présente recherche.

#### Modèle 6 Identification des styles

Le style cognitif d'un individu, c'est-à-dire sa façon d'entrer en contact avec son environnement, est déterminé dans une large mesure par son capital génétique. Des influences internes et externes interagissent avec ce potentiel de départ pour déterminer le style d'apprentissage de l'individu, c'est-à-dire les caractéristiques de son comportement en situation d'apprentissage. Les stratégies d'enseignement doivent tenir compte de ces caractéristiques perceptuelles.

#### 2.2 Style cognitif, style d'apprentissage, style d'enseignement

Le concept même de style est un construit hypothétique de la psychologie servant à désigner un ensemble de caractéristiques particulières à un individu, mais que l'on retrouve dans des proportions semblables chez d'autres, dont on dira qu'ils sont dotés du même style.

Le terme style d'apprentissage, élaboré dans les milieux de l'éducation, date du début des années 70, mais le concept auquel il réfère trouve son origine dans celui de style cognitif, développé en psychologie expérimentale dans les années 40. Quant au style d'enseignement, il s'agit d'un concept développé beaucoup plus récemment, dans une

perspective d'harmonisation des caractéristiques de l'apprenant et des approches pédagogiques. Ce concept sera défini brièvement à la fin de la présente section, mais il n'est pas dans les objectifs de cette recherche d'y faire référence de façon particulière.

Il existe parfois une certaine confusion entre les termes style cognitif et style d'apprentissage, car les deux réfèrent aux mécanismes de la pensée qui caractérisent la façon propre d'un individu de traiter l'information. De plus, les réalités qu'ils décrivent ne sont pas exactement les mêmes chez tous les chercheurs, chaque auteur bâtissant son modèle à partir de ses propres perceptions des processus cognitifs. Pour s'y retrouver avec les styles d'apprentissage, il est d'abord nécessaire de définir ce qu'on entend par style cognitif et d'examiner les modèles les plus connus ainsi que leurs implications en éducation.

### 2.2.1 Styles cognitifs

Comme son nom l'indique, le style cognitif réfère aux dimensions des processus cognitifs. De façon générale, il décrit des attitudes stables, des stratégies habituelles ou des préférences en relation avec le traitement de l'information, qui caractérisent la manière propre à un individu de percevoir les stimuli, d'organiser et d'assimiler l'information, de se rappeler, de résoudre des problèmes ou de générer des concepts.

Il y a consensus à l'effet que le style cognitif est une réalité neutre, c'est-à-dire qu'il n'est pas considéré préférable d'avoir tel style plutôt que tel autre, encore que plusieurs recherches aient établi l'existence de relations entre certains styles et les performances académiques. On s'accorde également à reconnaître que le style cognitif est un attribut bi-polaire, c'est-à-dire qui ne se mesure pas en termes quantitatifs, mais plutôt en termes de tendance vers l'un ou l'autre pôle d'une dimension donnée.

Les divergences entre les modèles se situent au niveau de caractères plus secondaires, tels le caractère inné ou acquis, stable ou dynamique, ou le mode d'opération spontané ou volontaire des styles cognitifs.

Le début de la recherche sur les styles cognitifs remonte à la seconde guerre mondiale. L'expression "style cognitif" aurait été utilisée pour la première fois par Allport en 1939 (Huteau, 1975). A cette époque, elle désignait le rapport qu'un individu entretient avec son milieu; elle aurait donc été une résurrection de la vieille notion de type très répandue dans les typologies allemandes du début du siècle.

démarche. Ces expériences d'enseignement ayant produit des résultats significatifs, on voulut construire un instrument qui permettrait d'identifier ce nouvel attribut qu'était le style d'apprentissage. Un brainstorming permit de vérifier que la plupart des individus accordaient la même signification aux mots contenus dans un test sémantique. À partir de ce résultat, les premières versions de l'Inventaire des styles d'apprentissage furent élaborées et expérimentées auprès d'un grand nombre d'étudiants. Une fois validé auprès de cette population, ce test fut utilisé également en psychologie industrielle, pour la gestion des ressources humaines et la formation dans l'entreprise.

### Modèle de Hill (1970)

Le modèle construit par Hill en 1970 fait partie d'un complexe de sept sciences, appelées Sciences pédagogiques, et destinées à doter l'éducation d'un cadre conceptuel et d'un langage commun. La science des styles d'apprentissage est la cinquième des sciences de ce système.

Chez Hill, le style d'apprentissage représente la manière selon laquelle un individu tente de comprendre son environnement. Il est le produit cartésien de quatre ensembles, soient les symboles et leur signification, les déterminants culturels, les modalités d'inférence, ainsi que les aspects neurologiques, électrochimiques et biochimiques des fonctions de la mémoire.

Chacun des ensembles de ce modèle contient des éléments qui entrent en interaction avec ceux des autres ensembles, d'une façon qui sera caractéristique du style d'un individu. Ainsi les symboles, qui sont définis de la façon usuelle, sont théoriques (mots et nombres) ou qualitatifs. Les symboles reçoivent leur signification des données sensorielles, des jeux, des images, des scènes, des événements ou des opérations. Les symboles sont modifiés chez les individus en fonction de leurs antécédents (ou déterminants) culturels, lesquels proviennent principalement de la famille, des amis, des associés et de l'individu lui-même. Au moyen de ses symboles, auxquels il a attribué une signification qui lui est propre, l'individu tente de donner un sens à son environnement en tirant des conclusions selon les modalités d'inférence (induction ou déduction) qui sont caractéristiques de ses processus personnels. Comme Kolb, Hill croit que le style d'apprentissage d'un individu peut être modifié par l'entraînement et l'éducation.

Ce modèle permet d'identifier trente-cinq variables, lesquelles, mesurées à des degrés divers, donneraient jusqu'à 2 000 combinaisons possibles: on ne parle donc plus ici de style proprement dit, mais de profil d'apprentissage avec caractéristiques prédominantes.

Selon Flamand (1983), l'objectif principal poursuivi par Hill était de permettre à chaque étudiant de connaître et de comprendre ses caractéristiques personnelles, de planifier son propre cheminement et d'harmoniser son profil aux différentes approches pédagogiques. D'ailleurs Hill se proposait de développer, pour chaque cours offert au Oakland Community College, cinq approches différentes, soient: l'exposé traditionnel, l'apprentissage programmé individuel, les composantes audio, les cassettes vidéo et les séminaires de groupe ou les pairs jouent le rôle de tuteurs. C'était là une entreprise ambitieuse nécessitant des investissements considérables en ressources financières et humaines, et si l'on en croit Scholer (1974), il semble que les réalisations soient restées bien en deça des objectifs.

#### Modèle de Dunn et Dunn (1975)

D'après Flamand (1983), ce modèle est le plus élaboré de tous. En effet, il identifie cinq types fondamentaux de stimuli, d'ordres cognitif, affectif, sociologique et physiologique, ainsi que des facteurs provenant de l'environnement physique, soit au total 28 éléments qui permettent de caractériser les styles d'apprentissage.

Ce modèle s'inscrit dans une approche diagnostique-préscription: les styles d'apprentissage des élèves sont identifiés au moyen de divers instruments tels un questionnaire auto-évaluatif, des grilles d'observation et d'entrevue; puis, l'enseignant choisit à l'aide d'un guide pratique, les approches et les conditions d'apprentissage les plus appropriées aux caractéristiques ainsi identifiées. Cette stratégie se justifie théoriquement par la nécessité de placer les élèves en situation de réussite.

Selon Dunn et Dunn (1978), ce modèle a été utilisé pour les besoins de nombreuses recherches, qui semblent avoir montré que quand un élève est placé dans un environnement d'apprentissage adapté à ses caractéristiques personnelles, il en résulte une meilleure performance au plan académique (Martin, 1977; Trautman 1979), une meilleure estime de soi (Hudes, et al., 1977), un goût plus prononcé pour l'apprentissage, des progrès au plan des habiletés de base, une stimulation de la créativité et l'accroissement graduel du degré d'indépendance de l'apprenant.

Cette revue des différents modèles de styles d'apprentissage élaborés pour les fins de l'éducation fait ressortir les principales différences entre ceux-ci et les modèles de styles cognitifs développés par la psychologie expérimentale. Alors que le style cognitif d'un individu est

considéré comme une réalité relativement stable, déterminée en bonne partie par son capital génétique, le style d'apprentissage fait connaître une réalité dynamique appelée à évoluer sous l'influence des facteurs présents dans l'environnement. De plus, alors que le style cognitif est identifié à travers les modes de perception de l'individu, le style d'apprentissage est connu par l'analyse de ses comportements.

Nous terminons ce tour d'horizon de la théorie des styles en définissant brièvement le concept de style d'enseignement.

### 2.2.3 Styles d'enseignement

Comme c'est le cas pour les styles cognitifs et les styles d'apprentissage, il existe une grande variété de définitions et de modèles de styles d'enseignement, qui recouvrent des réalités souvent fort différentes à cause des points de vue adoptés au départ. En opérant des recoupements, il est possible de dégager le fait que cette notion réfère, selon les auteurs, tantôt aux modes d'instruction, tantôt aux types de comportements et de relations développés en classe, tantôt aux cibles d'enseignement, et tantôt aux résultats qu'ils produisent. De plus, on peut concevoir assez facilement que le style d'enseignement d'un professeur est fonction de son style cognitif et de son style d'apprentissage, ne serait-ce qu'à cause de l'empathie qui est censée prévaloir dans la relation maître-élève.

Comme cette recherche ne référera qu'aux stratégies d'enseignement des mathématiques, et plus particulièrement à celle qui inclut la programmation comme activité d'apprentissage, nous terminons ici ces considérations sur les styles d'enseignement, bien qu'il soit évident que cette notion ne soit pas dépourvue d'intérêt dans une entreprise d'adaptation de l'enseignement aux caractéristiques comportementales de l'apprenant.

## 2.3 La notion de style au Québec

Qu'en est-il de la notion de style dans le système scolaire et la recherche au Québec?

Une revue des documents officiels d'importance majeure ayant circulé au cours des vingt dernières années (Rapport Parent, 1966, L'école québécoise, 1979), des livres blancs et des rapports du Conseil supérieur de l'éducation et du Conseil des collèges, des guides pédagogiques publiés par la

Direction générale des secteurs primaire et secondaire, des bibliographies ainsi que des catalogues répertoriant les projets de recherche menés principalement aux niveaux collégial et universitaire, montre qu'une préoccupation à cet effet est présente à tous les niveaux d'enseignement. C'est d'ailleurs dans des documents de travail provenant de la Direction générale de la recherche du secteur de la planification du Ministère de l'éducation (Flamand, 1982 et 1983) et ayant pour objectifs de faire le point sur la recherche au sujet des styles et de colliger les conclusions et orientations qui s'en dégagent, que nous avons puisé nombre de renseignements pertinents à l'état de la question de cette présente recherche.

Si le discours politique et les documents ministériels se font les défenseurs du droit de l'élève à un apprentissage individuel adapté à son rythme et à ses capacités, peut-on dire que les politiques administratives et les pratiques pédagogiques en sont le prolongement?

Au niveau primaire, la préoccupation de tenir compte des différences individuelles semble prédominante. Toutefois, l'utilisation des tests psychométriques pour sélectionner et classer les élèves se combine à une approche visant à prévenir, dans la plus grande mesure possible, l'apparition des différences dues aux inégalités économiques et sociales. Ici on met sur pied des pré-maternelles et des maternelles appliquant un programme mis au point spécialement pour les enfants provenant de milieux défavorisés; là on pratique le classement parallèle, on organise l'enseignement compensatoire à l'intention des enfants présentant des problèmes d'adaptation scolaire; ailleurs on reconnaît (et supporte?) l'existence d'écoles alternatives où les valeurs traditionnelles font place à des objectifs en accord avec les valeurs privilégiées par le milieu. Enfin, le discours des enseignants (Cormier et al., 1981) reconnaît l'importance du respect du rythme d'apprentissage et de la façon personnelle d'apprendre de l'enfant. Cependant il n'existe pas à notre connaissance, de tentative d'identification du style d'apprentissage de l'enfant à ce niveau.

Au niveau secondaire, où apparaissent la plupart des véritables problèmes d'abandons et d'échecs scolaires, les préoccupations relatives aux différences individuelles se manifestent par diverses mesures allant du regroupement des élèves selon des critères particuliers, à la mise en place de programmes occupationnels et courts, et à l'utilisation de méthodes pédagogiques innovatrices. Scholer (cité par Flamand, 1983) mentionne entre autres le projet Séducation de la Commission scolaire de Chambly, où l'enseignement personnalisé a pris le pas sur l'organisation à aires ouvertes; la Commission scolaire des Mille-Iles où on a expérimenté diverses formes d'enseignement individualisé; et

enfin, la Commission scolaire Chomedey-de-Laval où on applique l'enseignement modulaire. Toutefois il existe peu de bilans de ces diverses tentatives d'adapter l'enseignement aux différences individuelles, et on peut se demander avec Scholer si on a donné à ces expérimentations un cadre théorique adéquat, comme par exemple celui des styles d'apprentissage. La conclusion générale, et ce aussi bien au Québec qu'aux Etats-Unis d'où nous viennent la plupart des influences en ce domaine, semble être à l'effet que l'enseignement individualisé n'a pas produit les effets qu'on attendait de lui parce qu'il n'y a pas encore eu de véritable individualisation de l'enseignement.

On assiste à de semblables expériences au niveau collégial également. Qu'on se rappelle l'intention du Cégep Montmorency d'individualiser tout son enseignement dans le contexte de la technologie éducative, et l'utilisation de l'ordinateur comme dispensateur d'enseignement individualisé aux Cégeps Edouard-Montpetit et Maisonneuve, vers les années 75. Dans le domaine de l'enseignement des mathématiques, une équipe de professeurs du Département de mathématiques de ce dernier collège expérimente depuis quelques années, sous la direction de Giangi (1984), une approche consistant à identifier les profils d'apprentissage des étudiants dans le cadre théorique construit par Hill, puis à proposer à ces étudiants un choix d'approches d'apprentissage dont l'exposé magistral, le tutorat et la cassette vidéo. Il semble qu'on ait réussi à montrer d'une façon non équivoque que les étudiants qui ont le choix de leur stratégie d'apprentissage réussissent mieux et abandonnent moins fréquemment leur cours que les étudiants qui n'ont pas ce choix et qui doivent donc suivre la méthode dite traditionnelle.

Dans la conclusion d'une recherche visant à produire une typologie des formules pédagogiques en usage au niveau collégial, Tournier (1978) reconnaît longuement l'importance des notions de style cognitif et de style d'apprentissage dans le contexte de l'enseignement.

"La variable que représente l'étudiant exerce une influence déterminante sur la situation d'apprentissage et il est donc essentiel de s'interroger sur les caractéristiques des étudiants visés avant de choisir une formule d'enseignement. Comme le répètent inlassablement les partisans de l'enseignement individualisé, il n'y a pas deux étudiants qui apprennent de la même manière, et ce constat les conduit à préconiser une diversification aussi grande que possible des activités d'apprentissage, dans le but d'adapter l'enseignement aux différences individuelles."

Depuis 1978, un important courant de recherches impliquant des professeurs et des professionnels de plusieurs collèges s'est également développé au Québec. Le fil conducteur de ces différents projets est le

développement de la pensée formelle telle que définie par Piaget. Mentionnons les travaux de Tellier (1977), Désautels (1978), et surtout ceux de Torkia-Lagacé (1981). Les conclusions de ces diverses études, s'il est permis de les résumer aussi brièvement, sont à l'effet qu'une majorité des étudiants du niveau collégial ne possèdent pas les structures de la pensée formelle préalables aux activités d'apprentissage qui leur sont présentées dans les cours de niveau collégial.

Suite à ces conclusions, d'autres recherches consistant à construire et expérimenter diverses approches visant le développement de la pensée formelle chez les collégiens ont été mises sur pied. Les plus connues sont probablement celle du Collège de Rimouski, qui a fait connaître la méthode Logos, (Desilets, Roy, 1984) et celle du Collège de Limoilou, où le groupe Démarches a été formé autour de l'équipe de Torkia-Lagacé.

Ce courant de recherches n'est pas orienté vers la notion de style. Cependant, cette préoccupation était présente dans la recherche de Tellier, lequel fait ainsi le lien entre ces deux problématiques. Ce chercheur conclut en effet que : "l'acquisition des schèmes opératoires formels par l'étudiant est influencée entre autres par (...) son style cognitif et par les méthodes d'enseignement qui furent les siennes." Comme piste de recherches futures, Tellier suggère qu'on cherche à déterminer si le style cognitif de l'étudiant est relié à son choix d'orientation professionnelle, quelles sont les relations entre le niveau de développement des structures de la pensée et le style cognitif, et si les étudiants de styles cognitifs différents bénéficient de la même façon de l'enseignement qui leur est dispensé.

Tellier ajoute: "l'étude d'une stratégie pédagogique donnée pourrait être faite en fonction des structures de pensée de l'étudiant et de son style cognitif. Si une homogénéisation naturelle se dégage selon les orientations, autant pour le niveau opératoire que pour le style cognitif, nous pourrions alors individualiser notre enseignement à celles-ci. Par exemple, les professeurs de mathématiques qui ont une clientèle très diversifiée ne possèdent actuellement que leur intuition pour s'adapter à celle-ci. C'est peu..."

Au niveau universitaire, la notion de style d'apprentissage a été utilisée surtout par les intervenants des services chargés de l'orientation et de l'assistance aux étudiants en situation d'apprentissage. A l'Université de Montréal, Lamontagne (1982) a choisi le modèle de Hill, alors qu'à l'Université de Sherbrooke, Gauthier et Poulin (1983) ont choisi le modèle de Kolb.

Dans les deux cas, les tests correspondant à ces

modèles ont été traduits, adaptés et utilisés surtout comme outils d'intervention, pour aider les étudiants à connaître le style d'apprentissage qui leur est propre, exploiter leurs points forts, ainsi que pour déceler et éliminer leurs points faibles.

Mentionnons enfin l'utilisation par Marquis (1982) du modèle de Myers-Briggs, dans le cadre du programme d'enseignement professionnel en Abitibi-Témiscamingue.

La sensibilisation du milieu des études collégiales et universitaires à l'identification des styles cognitifs et/ou des styles d'apprentissage comme moyen d'assister les étudiants dans leurs apprentissages, et comme outil pouvant aider les professeurs à choisir les formules pédagogiques les plus appropriées aux étudiants dont ils ont la responsabilité, semble donc chose faite.

## 2.4 Choix d'un modèle

La revue de littérature rapportée précédemment avait pour but de faire le point sur l'état de la recherche en matière de styles cognitifs et de styles d'apprentissage afin de justifier le choix d'un modèle susceptible de répondre le plus adéquatement possible aux besoins d'un projet de recherche portant sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial.

### 2.4.1 Styles cognitifs ou styles d'apprentissage

Comme nous l'avons vu plus haut, les modèles élaborés pour l'étude des styles cognitifs reposent sur des fondements théoriques bien définis. Les tests de perception utilisés pour l'identification des différents styles ont pour la plupart été expérimentés en laboratoire sur de petits groupes, dans des conditions expérimentales strictes: cette méthodologie a produit des données précises quant à leur validité et à la fidélité des mesures qu'ils permettent d'obtenir. En outre, ces modèles ont été utilisés pour expérimentation dans des situations de recherche en apprentissage scolaire. Il n'aurait donc pas été impensable de les utiliser comme cadre théorique dans la présente recherche.

D'autre part, les modèles élaborés pour l'étude des styles d'apprentissage ont été construits à partir de sources secondaires, empruntant leurs fondements théoriques à des domaines du savoir autres que les sciences de l'éducation, en particulier à la psychologie. Les instruments qu'ils proposent pour l'identification des

styles sont principalement des questionnaires d'auto-évaluation, et secondairement l'observation systématique, les entrevues et les tests usuels. Cependant, ces divers instruments ont été moins expérimentés qu'utilisés auprès de populations, de sorte que leur validation provient plus du vécu (par exemple, de bons résultats académiques obtenus suite à l'identification des styles et à la prescription de méthodes d'apprentissage appropriées aux caractéristiques individuelles), que de mesures de corrélations entre des résultats obtenus par diverses méthodologies. De plus, comme les conditions d'utilisation de ces instruments sur le terrain peuvent varier considérablement d'une situation à une autre, il est très difficile pour ne pas dire impossible de contrôler la fidélité de ces instruments.

Si donc on s'accorde en général à reconnaître la validité du construit des modèles de styles d'apprentissage, on exprime des réticences quant à la valeur des instruments utilisés pour les identifier. Il est certain que la valeur d'un questionnaire d'auto-évaluation est conditionnelle à la capacité d'un individu à réfléchir au sujet de sa propre réalité intérieure, ce qu'on ne peut peut-être pas poser pour tous les individus. En outre, leur fiabilité, comme d'ailleurs celle de tous les tests verbaux, exige que tous les sujets accordent le même sens aux mots utilisés dans le test, ce qui n'est pas assuré non plus.

Pour cette raison, les critiques à l'endroit de ces tests ne manquent pas. Certains auteurs (rapportés par Claxton et Ralston, 1978) ont exprimé l'opinion que ces tests sont moins aptes à différencier les individus du point de vue de leur style d'apprentissage que de leur langage. Davidman, dans une critique du modèle de Dunn et Dunn, met en doute la capacité des plus jeunes à identifier vraiment leurs préférences; il s'attaque au nombre de variables contenues dans le modèle et craint que l'analyse des résultats ne laisse place à des interprétations fort différentes. Mamchour estime que l'auto-évaluation dépend du niveau de conscience de l'élève, de sa volonté de coopérer, et des attentes de l'environnement à ce sujet. Enfin, plusieurs auteurs dont Messick (1976) jugent qu'il existe un écart marqué entre les préférences exprimées par l'élève et ses besoins réels.

Par contre, à la lumière de résultats tels l'amélioration du rendement académique et la diminution des abandons, obtenus suite à une harmonisation des styles d'apprentissage et des stratégies d'enseignement, de nombreux chercheurs (dont Dunn et Dunn, 1978) considèrent que non seulement les étudiants sont capables d'identifier leur style, mais qu'ils y parviennent mieux que leurs professeurs ou leurs parents. Selon ces chercheurs, on ne peut contester le fait que le questionnaire d'auto-évaluation peut aider un individu à prendre conscience de la

façon d'apprendre qui lui est propre, donc qu'il peut contribuer à son développement personnel et qu'il peut servir d'outil d'intervention et même d'outil clinique en cas de difficultés d'apprentissage.

C'est pourquoi malgré ces faiblesses méthodologiques, il est quand même apparu pertinent de situer cette recherche dans le cadre des styles d'apprentissage, d'abord parce que cette notion a été élaborée spécialement pour les fins de l'éducation, et utilisée dans un grand nombre de recherches similaires à la nôtre. De plus, comme nous l'avons déjà fait remarquer, cette notion permet de tenir compte de tous les comportements reliés à l'apprentissage, et non seulement des processus de la cognition. Enfin, en regard des objectifs visés par notre approche d'enseignement, il convenait de considérer le style d'un individu comme une réalité sur laquelle l'éducation a une certaine prise, et qu'il est possible par des moyens appropriés, de faire évoluer dans le sens d'une plus grande actualisation d'un potentiel de départ.

#### 2.4.2 Puissance vs complexité

Les quatre modèles de styles d'apprentissage décrits à la section 2.2.2 présentaient des différences non négligeables quant à leurs qualités inhérentes, leurs finalités ainsi qu'à leurs instruments de mesure.

Le modèle de Myers-Briggs mesure les préférences d'un individu relativement à quatre dimensions, ce qui permet d'identifier 16 types différents. Le modèle de Kolb étudie deux dimensions qui déterminent quatre styles, bien que Kolb reconnaisse que tous les individus n'ont pas un style dominant mais que certains sont dotés de deux ou plusieurs styles complémentaires. Le modèle de Hill s'intéresse à 35 variables (parfois 36), provenant de quatre sous-ensembles principaux. Les combinaisons de ces variables mesurées à des degrés divers peuvent donner un très grand nombre de styles (Flamand (1983) parle de 2000). Enfin le modèle de Dunn et Dunn fait l'étude de 28 variables provenant de cinq types de stimuli, ce qui permet également d'identifier un grand nombre de styles.

Il est permis de penser que plus un modèle comporte de variables, plus il décrit finement l'objet de son étude. Cependant, la complexité d'un modèle augmente en même temps que sa puissance, et quand le nombre de variables et le nombre de valeurs qu'elles peuvent prendre sont trop grandes, l'interprétation des résultats peut devenir assez ardue, et l'établissement de corrélations statistiques presque impossible. Les ressources à la disposition de ce

projet de recherche incitaient à choisir un modèle qui ne fût pas trop complexe. A cet égard, le choix du modèle de Kolb, lequel reconnaît quatre styles dominants, semblait plus indiqué.

#### 2.4.3 Compatibilité avec la situation de recherche

Les quatre modèles de styles d'apprentissage mentionnés plus haut avaient été utilisés en milieu scolaire, principalement dans les universités et collèges américains, et tous, sauf celui de Dunn et Dunn, du moins à notre connaissance, avaient été utilisés au Québec dans des situations variées, et leurs instruments traduits et adaptés.

Cependant, il existait une différence importante entre ces modèles quant à leur finalité. Les modèles de Hill et de Dunn et Dunn, axés sur la réussite académique, avaient été développés plutôt à des fins instrumentales, dans le cadre d'une approche diagnostique-prescription. Le grand nombre de styles qu'ils permettent d'identifier mène à dresser un profil d'apprentissage pour chaque élève, et à traiter chacun de façon individuelle, en lui proposant des méthodes d'apprentissage adaptées à ses caractéristiques personnelles. Les modèles de Myers-Briggs et de Kolb, axés davantage sur le processus d'apprentissage, avaient été élaborés surtout à des fins développementales, dans une perspective d'actualisation du potentiel d'un individu. Cependant, le nombre restreint de styles qu'ils permettent d'identifier fait qu'il est également possible d'opérer un regroupement des étudiants dotés d'un même style, afin de leur proposer des méthodes d'apprentissage théoriquement adaptées aux caractéristiques du groupe.

Ces deux possibilités d'utilisation faisaient qu'en définitive, les deux derniers modèles convenaient davantage à notre situation de recherche, ainsi qu'aux conditions actuelles d'enseignement au niveau collégial.

Toutefois, les quatre modes de l'apprentissage expérientiel sous-jacent au modèle de Kolb coïncidaient avec les comportements dont nous favorisons l'occurrence dans notre approche d'apprentissage des mathématiques par la programmation. Enfin, ce même modèle avait produit des données mettant en rapport les styles d'apprentissage et l'orientation des études sous-graduées pour de grands échantillons d'étudiants de Harvard et de M.I.T., ce qui n'était pas non plus sans intérêt dans le cadre de nos travaux.

#### 2.4.4 Instrument de mesure

Enfin, il était de la plus haute importance que l'instrument servant à identifier les styles dans le modèle choisi soit facile et rapide à administrer et à interpréter, qu'il ait été autant que possible utilisé auprès de populations québécoises, et enfin qu'il produise des résultats compatibles avec l'analyse statistique.

Dans les modèles de Hill et de Dunn et Dunn, l'identification des styles d'apprentissage se fait principalement au moyen d'un questionnaire d'auto-évaluation; on conseille toutefois que les renseignements ainsi obtenus soient complétés par des données provenant de l'observation systématique, de l'interview et de tests usuels. On comprend qu'une telle batterie d'instruments soit de nature à identifier un grand nombre de variables en rapport avec le style d'apprentissage. Cependant, leur utilisation et leur interprétation exigent une préparation importante de la part des agents d'éducation.

Le modèle de Dunn et Dunn fut donc éliminé définitivement, à la fois parce qu'il comportait un trop grand nombre de styles et que l'identification de ces styles requérait la manipulation d'instruments multiples et non utilisés à date, du moins à notre connaissance, dans le contexte québécois.

L'adéquation du modèle de Hill avec l'apprentissage scolaire, l'existence d'une version française des tests, et son utilisation en milieu québécois nous ont fait considérer son adoption pour un temps. Les tests peuvent être administrés individuellement ou en groupe, et il existe une fiche d'interprétation du profil obtenu. Cependant, cette batterie de huit tests comporte 145 questions ou situations. La période de temps nécessaire pour l'expliquer et l'administrer aux étudiants est donc assez longue, et il était à craindre que des résultats peu significatifs ou même erronés soient obtenus dans le cas d'étudiants peu motivés à passer ces tests. De plus, la fiche d'interprétation du profil d'apprentissage utilise un vocabulaire spécialisé et passablement hermétique pour un grand nombre d'étudiants, qui auraient eu besoin, au moment de l'interprétation, d'une aide qu'il ne nous était pas possible de leur fournir. Enfin, le grand nombre de variables mesurées par ces tests (35) paraissait difficile à traiter statistiquement, l'outil étant probablement mieux adapté à l'intervention qu'à la recherche. Selon nos informations, Giangi dont nous avons cité les travaux plus haut, n'a pas réussi à établir la corrélation cherchée entre les styles d'apprentissage selon Hill, et les diverses méthodes proposées aux étudiants pour l'apprentissage du calcul; le grand nombre de variables mesurées par ce test pourrait y être pour quelque chose.

Il fut plus difficile d'éliminer le modèle de Myers-Briggs, dont l'instrument est jugé par plusieurs comme étant l'un des plus valables pour évaluer les dimensions du style d'apprentissage. Marquis (1982), qui l'a utilisé dans le cadre du programme de baccalauréat en enseignement professionnel en Abitibi-Témiscamingue, le juge "facile à compléter, très facile à compiler, et donnant des résultats pertinents et individualisés..." Cependant le nombre de types qu'il permet d'identifier semblait en faire un outil plus adapté à l'intervention qu'à la recherche formelle, en particulier dans le cas où l'on tente d'établir l'existence de corrélations entre les styles d'apprentissage et d'autres variables.

Dans le modèle de Kolb, le test utilisé pour l'identification des styles d'apprentissage est un test sémantique auto-administrable et interprétable. Ce test existe en version québécoise et a été utilisé en psychologie organisationnelle (Kolb et al., 1976) et comme outil d'intervention auprès d'étudiants en situation d'apprentissage (Gauthier, Poulin, 1983). Comme la théorie de l'apprentissage expérientiel sur laquelle il s'appuie est très rapprochée de notre modèle d'enseignement, nous avons choisi le modèle de Kolb comme cadre théorique de cette recherche, et le test qui s'y rapporte comme instrument de mesure, et ce, malgré l'absence de données de validation de cet instrument en milieu québécois, ce qui était d'ailleurs le cas pour tous les instruments servant à identifier les styles d'apprentissage.

CHAPITRE 3

DESCRIPTION DU PROJET

### 3.1 Énoncé du problème

Le problème se présentait donc de la façon suivante: étant donné la diversité de la clientèle des cours de mathématiques, la multiplicité des approches pédagogiques disponibles et les conclusions de la recherche en psychologie à l'effet que le style d'apprentissage d'un individu est une variable importante de son cheminement académique, influençant entre autres son choix de carrière et son rendement, est-il possible d'utiliser la notion de style d'apprentissage pour répondre à certaines questions en rapport avec l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial?

Cet énoncé général recouvrait plusieurs directions de recherche reliant les styles d'apprentissage des étudiants à leur orientation, à l'actualisation de leur potentiel, à leurs performances académiques ainsi qu'au choix des stratégies d'apprentissage. Il paraissait important d'explorer ces différentes avenues, en apportant notamment le plus d'éléments de réponse possible aux questions suivantes:

#### Développement personnel et apprentissage

- a) Quelles sont les caractéristiques des comportements des étudiants du niveau collégial en situation d'apprentissage?
- b) Quels modes d'apprentissage privilégient-ils?
- c) Quels sont leurs points forts et leurs points faibles?
- d) Le style d'apprentissage d'un étudiant se modifie-t-il au cours d'une année d'étude?
- e) Existe-t-il une certaine homogénéité des styles d'apprentissage chez les étudiants appartenant à une orientation donnée?
- f) Comment les étudiants du niveau collégial se situent-ils par rapport à une population de référence?

#### Rendement académique et approches pédagogiques

- a) Existe-t-il une relation entre les styles d'apprentissage et les performances des étudiants en mathématiques?
- b) Existe-t-il une différence entre les performances en mathématiques des étudiants dotés du même style d'apprentissage, selon l'approche pédagogique utilisée?
- c) L'identification des styles d'apprentissage peut-elle servir de base à la prise de décision relative au choix des approches pédagogiques?

### Apprentissage des mathématiques par la programmation

- a) A quels modes d'apprentissage cette approche fait-elle appel?
- b) L'identification des styles d'apprentissage peut-elle aider à expliquer certaines difficultés rencontrées par les étudiants suivant cette approche?
- c) Quels sont les étudiants les plus susceptibles de bénéficier de cette approche?

### 3.2 Objectifs

En regard de la problématique exposée précédemment, nous avons donc conçu un projet de recherche visant à étudier quelques aspects de la situation de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial, en relation avec la notion de style d'apprentissage.

L'objectif général de ce projet était d'établir un rapprochement entre les styles d'apprentissage des étudiants du niveau collégial, leur orientation et leurs performances dans l'apprentissage des mathématiques, dans le but d'expliquer certaines des difficultés que ces étudiants rencontrent dans leur cheminement, et éventuellement d'améliorer la qualité des interventions pédagogiques dans cette discipline.

Pour atteindre cet objectif général, nous avons retenu trois objectifs spécifiques correspondant à chacune des trois catégories de questions de recherche énumérées à la section précédente. Ces objectifs étaient les suivants:

1. Faire connaître les caractéristiques des comportements en situation d'apprentissage des étudiants du niveau collégial, selon leur orientation.
2. Explorer la situation de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial dans le cadre de la théorie des styles d'apprentissage.
3. Vérifier s'il est possible de référer à la théorie des styles d'apprentissage dans l'élaboration et le choix des interventions pédagogiques.

### 3.3 Hypothèses

Chacun des objectifs précédents reposait sur des hypothèses implicites reconnaissant l'existence de relations

entre les styles d'apprentissage des étudiants d'une part, et d'autre part leur orientation et leurs performances en mathématiques. La recherche consistait donc à étudier la validité de différentes formulations de ces hypothèses générales qui sont les conclusions les plus évidentes de la recherche sur les styles.

Le premier objectif de la recherche consistait à identifier les styles d'apprentissage des étudiants du niveau collégial, afin de confirmer d'abord l'existence de différences entre les individus quant à leurs comportements en situation d'apprentissage, mais surtout d'examiner s'il existe un lien entre l'orientation des étudiants et leur style d'apprentissage. L'hypothèse que ce projet se proposait d'étudier en rapport avec cet objectif était la suivante:

Hypothèse 1: Il existe une relation entre le style d'apprentissage d'un étudiant et son orientation au niveau collégial.

Le second objectif reposait sur l'étude de la relation entre les styles d'apprentissage des étudiants et leurs performances dans l'apprentissage des mathématiques. L'hypothèse reliée à cet objectif était la suivante:

Hypothèse 2: Il existe une relation entre le style d'apprentissage d'un étudiant et ses performances dans l'apprentissage des mathématiques.

Le dernier objectif de la recherche portait sur l'existence d'un lien entre les styles d'apprentissage et les approches pédagogiques. Dans le projet initial, cet objectif était formulé de la façon suivante:

"Si nous établissons d'une part, l'existence d'un lien entre l'apprentissage et les styles, et d'autre part, la prédominance des styles selon l'orientation, déterminer la clientèle la plus susceptible de bénéficier de l'approche par la programmation."

Cet objectif reposait sur une des conclusions les plus ambitieuses de la recherche sur les styles d'apprentissage, à savoir que l'identification du style d'apprentissage d'un étudiant peut servir de base au choix de l'approche pédagogique, permettant ainsi d'optimiser les résultats de l'apprentissage. L'hypothèse sous-jacente à cet objectif était donc la suivante:

Hypothèse 3: Il est possible d'établir une correspondance entre les styles d'apprentissage et les approches pédagogiques.

Comme on le constate, ce dernier objectif était relié aux deux objectifs précédents, et son atteinte conditionnelle à leur atteinte.

### 3.4 Définition des termes et opérationnalisation des variables.

Au cours de cette recherche, nous avons donné aux termes suivants les significations que voici:

styles d'apprentissage: tels que définis dans le modèle de Kolb (1976). Pour les fins de l'analyse statistique, les sujets ont été regroupés suivant qu'ils étaient dotés:

- d'un style dominant: divergeur, assimilateur, convergeur, adaptateur;
- de deux styles complémentaires: divergeur-assimilateur, assimilateur-convergeur, convergeur-adaptateur, adaptateur-divergeur;
- d'un profil intégrant les quatre styles.

orientation: ce terme désignait tour à tour les divers regroupements formés pour les fins de l'analyse statistique, à savoir:

- le secteur d'études: général ou professionnel;
- l'orientation proprement dite: sciences pures et de la santé; sciences administratives; techniques de génie civil; techniques administratives.
- la concentration d'études: sciences et techniques physiques; sciences et techniques administratives;

performances académiques: les performances académiques des étudiants dans l'apprentissage des mathématiques furent analysées tantôt par le moyen de la note sur 100 obtenue lors de l'évaluation des apprentissages, tantôt au moyen des cotes annulation, abandon, échec ou succès, attribuées à partir de ces notes pour des fins administratives.

-L'annulation est accordée lorsque l'étudiant fait une demande à cet effet dans les deux premières semaines de la session.

-La cote abandon est accordée lorsque l'étudiant fait une demande à cet effet avant la date officielle fixée aux environs de la mi-session.

-La cote échec correspond à une note finale inférieure à 60%.

-La cote succès sanctionne une note égale ou supérieure à 60%.

approches pédagogiques: les approches pédagogiques dont il est question dans ce rapport de recherche sont l'approche dite traditionnelle (qui correspond à la séquence exposé -

applications - exercices) et l'approche dite expérimentale qui consiste à remplacer une partie des activités d'apprentissage de l'approche traditionnelle par des activités incluant la résolution de problèmes par la programmation en Logo sur micro-ordinateur. Ce choix a été fait sans préjudice à l'égard d'autres approches existant et actuellement utilisées pour l'enseignement des mathématiques au niveau collégial.

### opérationnalisation des variables

La première hypothèse proposait de vérifier s'il existe une relation entre les styles d'apprentissage des étudiants et leur orientation au niveau collégial. Si la recherche établissait l'existence d'une différence significative chez les étudiants regroupés selon leur orientation, alors on conclurait que le choix de l'orientation s'était fait en fonction de caractéristiques personnelles que l'étudiant possédait préalablement à son entrée au niveau collégial. Le style d'apprentissage était donc considéré comme la variable indépendante, et l'orientation comme la variable dépendante.

Dans la seconde hypothèse, les performances académiques des étudiants telles que mesurées par les notes ou les cotes servant à l'évaluation des apprentissages constituaient la variable dépendante. Leur variation était étudiée en fonction de celle des styles d'apprentissage qui constituaient la variable indépendante.

Dans la troisième hypothèse, pour les fins de chaque analyse statistique, le style d'apprentissage était constant; l'influence des approches pédagogiques devait être étudiée à travers les performances académiques.

### 3.5 Schéma expérimental

La réalisation de ce projet nécessita la construction d'un schéma expérimental comportant trois opérations principales, soient l'identification des styles d'apprentissage des étudiants, l'évaluation des apprentissages en mathématiques et la recherche de relations entre les variables étudiées. L'objet de la présente section est de faire connaître les détails de ce plan expérimental. On y trouvera la description de l'échantillon, du matériel et des instruments utilisés, les étapes de la collecte des données et enfin le plan d'analyse statistique.

### 3.5.1 Population et échantillon

Cette recherche visait à produire des résultats applicables à toute la clientèle des cours de mathématiques du niveau collégial. C'est pourquoi on décida de prendre l'échantillon le plus considérable possible. Il n'y eut donc pas de sélection aléatoire des sujets préalable à la cueillette des données. L'échantillon expérimental fut constitué de tous les étudiants inscrits aux cours 102 (Mathématiques générales) et 103 (Calcul I) à la session d'automne 85 au Collège de Sherbrooke, et de tous ceux inscrits au cours 103 à la session d'hiver 86 et qui acceptèrent de se soumettre au test de Kolb.

Cet échantillon était très certainement représentatif de la population qui quitte le niveau secondaire pour entrer au niveau collégial dans les orientations comprenant des cours de mathématiques, puisqu'il correspondait à la presque totalité de cette clientèle du Collège de Sherbrooke à la session d'automne 85.

Le tableau 3 résume la composition des échantillons. L'échantillon A, c'est-à-dire celui de la session d'automne 85, comptait 759 sujets, répartis en 25 groupes dont 15 relevaient du secteur général (sciences pures et de la santé: 11 groupes, sciences administratives: 4 groupes) et 10 faisaient partie du secteur professionnel (techniques administratives: 8 groupes, techniques de génie civil: 2 groupes). Les étudiants du secteur général étaient inscrits au cours 103, alors que ceux du secteur professionnel étaient inscrits au cours 102.

L'échantillon B, c'est-à-dire celui de la session d'hiver 86, comprenait 232 sujets répartis dans 12 groupes du secteur professionnel, tous inscrits au cours 103. De ce nombre, 186 étaient des étudiants ayant fait partie de l'échantillon A dans les groupes suivant le cours 102.

On remarquera que l'échantillon B ne comprenait pas la totalité des étudiants inscrits au cours 103 à la session d'hiver, mais seulement ceux du secteur professionnel ayant accepté de passer l'Inventaire des styles d'apprentissage, soient 232 des 287 étudiants inscrits.

Nous croyons que la taille de l'échantillon expérimental (A et B) permet de croire que les résultats établis au cours de cette recherche sont généralisables à l'ensemble de cette partie de la population collégiale dont le curriculum comporte au moins un cours de mathématiques.

Tableau 3  
Description des échantillons

| Secteur       | #gr | #suj | orientation | #gr | #suj | cours | approche | sexe           |
|---------------|-----|------|-------------|-----|------|-------|----------|----------------|
| Echantillon A |     |      |             |     |      |       |          |                |
| général       | 15  | 466  | sciences    | 11  | 343  | 103   | trad.    | M 173<br>F 170 |
|               |     |      | sc. adm.    | 4   | 123  | 103   | trad.    | M 56<br>F 67   |
| profes.       | 10  | 293  | génie civ.  | 2   | 47   | 102   | trad.    | M 43<br>F 4    |
|               |     |      | tech. adm.  | 5   | 155  | 102   | trad.    | M 51<br>F 104  |
|               |     |      |             | 3   | 91   | 102   | exp.     | M 40<br>F 51   |
| Total         | 25  | 759  |             | 25  | 759  |       |          | M 363<br>F 396 |
| Echantillon B |     |      |             |     |      |       |          |                |
| profes.       | 13  | 232  | génie civ.  | 4   | 48   | 103   | trad.    | M 36<br>F 12   |
|               |     |      | tech. adm.  | 5   | 122  | 103   | trad.    | M 39<br>F 83   |
|               |     |      |             | 3   | 62   | 103   | exp.     | M 24<br>F 38   |
| total         | 13  | 232  |             | 12  | 232  |       |          | M 99<br>F 133  |

### 3.5.2 Instruments de mesure

#### Identification des styles d'apprentissage

L'identification des styles d'apprentissage des étudiants se fit au moyen de l'Inventaire du procédé personnel d'apprentissage, version II (1984). Cet instrument est une traduction révisée et adaptée par L. Gauthier et N. Poulin, du Service de psychologie et orientation de l'Université de Sherbrooke, du Learning Style Inventory:

Self-Scoring Test, de D.A. Kolb (1976).

Cet instrument consiste en un test sémantique différentiel contenant 36 énoncés regroupés en 9 groupes de 4, et dont chacun décrit un comportement particulier en situation d'apprentissage. Ce test mesure l'utilisation qu'un sujet fait de chaque mode de l'apprentissage expérientiel dont il a été question précédemment.

Mesure des performances en mathématiques

Comme mesure des performances des étudiants en mathématiques, nous avons utilisé les scores obtenus aux quatre examens périodiques administrés pour les fins de l'évaluation institutionnelle. Pour les sujets suivant la démarche traditionnelle d'apprentissage, les résultats obtenus à ces examens constituaient la totalité de la note finale; pour les sujets suivant l'approche expérimentale, les résultats obtenus à ces examens comptaient pour 80% de la note finale, l'autre 20% étant obtenu par l'évaluation de travaux et examens ayant rapport avec l'ordinateur.

Ces tests de connaissances utilisés pour l'évaluation commune aux deux approches n'étaient pas standardisés par rapport à des normes; ils n'étaient pas non plus absolument identiques pour tous les groupes, car les périodes d'administration ne coïncidaient pas pour tous les groupes à la fois. Cependant ils avaient été construits par des professeurs expérimentés en la matière, à partir de critères établis avec soin par ces professeurs réunis en comité de cours.

A notre avis, ces tests constituent un moyen bien imparfait de recueillir des données sur l'apprentissage des mathématiques. Cependant, quand il s'agit de comparer les performances des étudiants en termes de notes chiffrées ou de cotes, ils ne sont pas dépourvus de valeur, car ils donnent une image conforme au vécu dans ce domaine.

3.5.3 Collecte des données

L'expérimentation a donné lieu à deux opérations de collecte des données, soient l'administration du test de Kolb et l'évaluation des apprentissages mathématiques. Ces opérations furent menées à chacune des sessions d'automne et d'hiver.

Le test de Kolb fut administré aux sujets de l'échantillon A lors des deux premières semaines de la session d'automne, ainsi qu'aux sujets de l'échantillon B, à la dernière semaine de la session d'hiver, par la personne responsable de la recherche, aidée des professeurs des différents groupes.

Les consignes données lors de l'administration de ce test étaient celles spécifiées par Gauthier et Poulin (1983) d'après celles de Kolb, à savoir:

1. Dans chaque groupe de 4 énoncés, le sujet doit choisir celui qui décrit le mieux son comportement en situation d'apprentissage, et lui attribuer le score 4; puis, dans les 3 énoncés restants, il doit encore choisir celui qui le caractérise le mieux, et lui attribuer le score 3; et ainsi de suite avec les deux énoncés restants dans ce groupe. Chaque énoncé doit donc recevoir un score choisi parmi les chiffres 1, 2, 3 ou 4, et deux énoncés ne doivent pas avoir le même score.
2. Le sujet doit refaire la même démarche avec les 8 autres groupes de 4 énoncés.
3. Les réponses doivent être spontanées; il n'y a pas de bonne ni de mauvaise réponse, et on n'ajoutera pas de commentaires explicatifs sur le sens à accorder aux mots contenus dans le test.

L'étudiant devait ensuite faire une première compilation des résultats bruts, compilation qui serait ensuite vérifiée préalablement à l'étude statistique. On lui demandait donc d'exécuter les instructions suivantes:

1. Calculer 4 sommes partielles en additionnant les scores attribués à 24 des 36 énoncés (les 12 autres servant de distracteurs).
2. Reporter les sommes ainsi obtenues et dont chacune était une mesure de l'utilisation des modes d'apprentissage appelés expérience concrète (EC), observation réfléchie (OR), conceptualisation abstraite (CA) et expérimentation active (EA), sur les axes d'un diagramme ad hoc, et relier les points ainsi repérés. Le quadrilatère résultant permettait de comparer l'utilisation que le sujet fait de ces quatre modes d'apprentissage, avec les mesures obtenues sur un échantillon de 1933 sujets âgés de 18 à 60 ans, et de le situer ainsi par rapport à la population adulte.
3. Calculer les différences EA-OR et CA-EC, et reporter ces nombres sur les axes d'un autre diagramme ad hoc. Puis, élever des parallèles aux axes passant par les points ainsi repérés, et tracer autour du point d'intersection de ces axes, un cercle de deux centimètres de rayon. La position de ce cercle sur le diagramme permettait au sujet d'identifier son style dominant ou ses styles complémentaires selon le cas, à partir de ses modes privilégiés d'apprentissage.

Le temps alloué à l'administration et à la compilation du test était de 30 minutes, mais plusieurs étudiants en avaient terminé avant la fin de ce laps de temps.

Quant à l'évaluation des apprentissages mathématiques, elle se fit périodiquement au cours des deux sessions, ainsi qu'il est d'usage. La correction des examens fut assumée par chacun des professeurs dans son ou ses groupes, selon un barème déterminé à l'avance. La compilation des notes se fit de la même manière, selon une pondération commune. Toutes les mesures possibles furent prises pour réduire les différences dues aux inégalités entre les exigences des professeurs.

#### 3.5.4 Analyse statistique

Toutes les analyses furent faites à l'aide du logiciel Statpac de Walonick (1982).

Pour chacune des variables mesurées, on établit d'abord les distributions de fréquence, et on calcula les statistiques usuelles, afin de pouvoir vérifier les conditions préalables à l'application des tests statistiques. Les relations de dépendance entre les variables furent étudiées par le calcul du khi carré. Les différences entre les moyennes dans le cas des performances en mathématiques furent étudiées au moyen du t de Student, et l'origine de ces différences fut étudiée par le moyen de l'analyse de la variance.

CHAPITRE 4

RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION

L'objet de ce chapitre est de présenter les données recueillies au cours de l'expérimentation, et les résultats de l'analyse statistique qui en fut faite conformément au plan expérimental. On y trouvera également une première interprétation en rapport avec les hypothèses de la recherche. Pour une discussion plus élaborée des résultats, il faut voir le chapitre 5.

#### 4.1 Styles d'apprentissage et orientation

##### 4.1.1 Distribution globale

La première hypothèse de ce projet de recherche reposait sur l'étude de la distribution des styles d'apprentissage chez les étudiants du niveau collégial. L'existence de différences individuelles entre les étudiants, du point de vue de leur comportement en situation d'apprentissage est conforme au sens commun et à l'expérience de tous les éducateurs qui oeuvrent à ce niveau. Notre propos ici était de faire connaître la nature de ces différences et d'en spécifier l'ampleur.

Le tableau 4 présente la distribution de fréquence des styles d'apprentissage obtenue pour l'échantillon A, suite à l'administration de l'Inventaire des styles d'apprentissage au début de la session d'automne 85.

La lecture de ce tableau confirme l'existence de différences individuelles entre les étudiants dans leur façon personnelle d'apprendre. Dans les lignes qui suivent, nous allons tenter de préciser en quoi consistent ces différences, en énumérant un certain nombre de traits ou de comportements généralement reconnus par la recherche en ce domaine comme caractéristiques de chacun de ces styles. Il va de soi que cette liste n'est ni exhaustive, ni absolue, en ce sens que les caractéristiques rattachées à un style donné n'ont pas la prétention de décrire parfaitement tous les individus dotés de ce style, dans toutes les situations où ils peuvent être placés; les comportements individuels sont beaucoup trop nuancés et trop subtils pour être classés de façon aussi sommaire et aussi catégorique, d'autant plus que l'être humain a tendance à modifier ses comportements instinctifs, (ce serait là une manifestation de son intelligence), pour s'adapter aux exigences des diverses situations qu'il rencontre. Cependant, ces caractéristiques résultent d'observations pratiquées systématiquement sur un

grand nombre de sujets étudiants et adultes, au cours de plusieurs recherches expérimentales différentes rapportées par Claxton et Ralston (1978). Comme telles, dans l'ensemble, elles paraissent aptes à décrire adéquatement les comportements d'apprentissage des étudiants qui fréquentent nos classes du niveau collégial.

Tableau 4

Distribution des styles d'apprentissage (sept.85)

| Styles d'apprentissage  | nombre de sujets | pourcentage |
|-------------------------|------------------|-------------|
| Divergeur               | 307              | 40,4%       |
| Adaptateur              | 175              | 23,1%       |
| Convergeur              | 101              | 13,3%       |
| Assimilateur            | 51               | 6,7%        |
| Divergeur-adaptateur    | 41               | 5,4%        |
| Divergeur-assimilateur  | 31               | 4,1%        |
| Convergeur-assimilateur | 11               | 1,4%        |
| Convergeur-adaptateur   | 9                | 1,2%        |
| Div-conv-adapt-assim    | 33               | 4,3%        |
| Total                   | 759              | 100,0%      |

On constate dans un premier temps que tous les styles appartenant au modèle de Kolb sont représentés dans la distribution, soit comme style dominant, ou dans un profil intégrant deux ou plusieurs styles complémentaires.

Le style le plus répandu (40%) est le style DIVERGEUR. Nous avons déjà vu, lors des considérations théoriques sur les différents modèles, que ce style résulte des tendances naturelles d'un individu à privilégier les modes d'apprentissage par EXPERIENCE CONCRETE et par OBSERVATION REFLECHIE. Les sujets dotés de ce style ont donc une préférence marquée pour la réflexion plutôt que pour l'action, et cette réflexion porte plus volontiers sur les personnes et sur les situations sociales que sur les objets et les choses. Ils appréhendent la réalité à travers leurs perceptions sensorielles et font appel à la fois à leur sensibilité et à leur imagination pour analyser les faits ainsi perçus. On est parfois porté à trouver les étudiants dotés du style DIVERGEUR, inconsistants dans leurs préférences: en effet, ils apprécient en général assez peu les cours magistraux, leur préférant les approches qui privilégient l'animation et la participation; cependant ils ne sont pas sans éprouver un besoin de structure,

d'encadrement; les examens écrits sont souvent pour eux une occasion de mettre de l'ordre dans leurs idées, ce qui leur permet d'accéder au savoir en passant de la confusion à la clarté. On remarque que, en général, ces étudiants sont attirés vers les études en arts et en sciences humaines.

Le second style le plus répandu (23%) est le style ADAPTATEUR. Il résulte également d'une préférence pour l'appréhension du réel par EXPERIENCE CONCRETE, mais cette fois, l'action l'emporte sur la réflexion, et c'est par l'EXPERIMENTATION ACTIVE que le sujet s'appropriera les connaissances. Au plan du travail, l'individu doté du style ADAPTATEUR est efficace. Très énergique, il aime entreprendre de nouvelles tâches et mener à terme des projets complexes; il aime prendre des risques à l'occasion, et sera souvent connu comme excellent dans les situations qui demandent adaptation, improvisation ou prise de décision rapide. On lui confiera d'ailleurs volontiers la mobilisation et l'animation des groupes. Au plan social, il est assez dépendant des gens, au point même de paraître parfois plus sensible aux opinions et aux réactions des autres que confiant en ses propres compétences. L'étudiant doté de ce style aime travailler en équipe; il se fera remarquer par ses professeurs comme l'étudiant compétitif qui aime finir son travail à temps et trouver la bonne réponse avant les autres. Sa méthode de résolution de problèmes est plus empirique que rationnelle et systématique. On retrouve souvent les étudiants dotés de ce style dans les études en administration, en éducation, en droit et en communication.

Dans une proportion beaucoup moindre (13%), on retrouve les étudiants dotés du style CONVERGEUR. Chez ces sujets l'appréhension du réel se fait plutôt par CONCEPTUALISATION ABSTRAITE, c'est-à-dire qu'ils s'intéressent davantage aux explications théoriques au sujet des phénomènes qu'aux phénomènes eux-mêmes. Cependant, leur goût pour l'EXPERIMENTATION ACTIVE les oriente vers l'application pratique et technique des concepts et des théories. Les étudiants dotés de ce style excellent souvent dans la solution des problèmes ayant une seule réponse exacte, de même que dans les examens objectifs. Leur aptitude au raisonnement hypothético-déductif en fait d'ailleurs de bons solutionneurs de problèmes en général, surtout si la solution peut être d'une utilité quelconque. On trouve parfois qu'ils manquent de créativité et de spontanéité. En fait ils préfèrent souvent travailler seuls plutôt qu'en équipe. Leur intérêt pour les choses et la technologie les incite souvent à entreprendre des études dans les disciplines reliées au génie, à l'informatique ou au monde des affaires.

Enfin, on retrouve dans une proportion de 6%, les étudiants dotés du style ASSIMILATEUR. Comme les précédents, ceux-ci appréhendent également la réalité par CONCEPTUALI-

SATION ABSTRAITE, mais comme ils sont davantage tournés vers la réflexion sur les idées et les choses que vers l'action, c'est par OBSERVATION REFLECHIE qu'ils transforment l'information recueillie. Ils élaborent des théories à partir de ces concepts, plutôt que de chercher à les appliquer. Ils ont une aptitude particulière pour l'analyse détaillée des situations, l'intégration des observations et le raisonnement par induction. C'est pourquoi ils excellent souvent dans la construction de modèles théoriques, dont ils seront satisfaits s'ils sont vraisemblables, cohérents et logiques, peu importe qu'ils collent ou non à la réalité. Leur peu de souci pour l'utilité ou le côté pratique des modèles qu'ils créent les oriente carrément vers les sciences pures ou fondamentales. Ce sont en général des étudiants solitaires, qui ont de la difficulté à communiquer avec les autres; cependant, comme ils savent faire abstraction de leurs émotions, ils arriveront à travailler avec quelqu'un pourvu qu'ils tombent d'accord au sujet d'un modèle. On dit qu'ils s'orientent souvent vers les études en sciences pures.

L'ensemble des étudiants dotés d'un style d'apprentissage dominant représente plus de 83% des sujets de l'échantillon. Ce résultat ne signifie évidemment pas que ces étudiants recourent à deux modes d'apprentissage à l'exclusion complète des deux autres: en effet on imagine mal qu'un individu étiqueté, par exemple, ASSIMILATEUR n'ait jamais recours à l'EXPERIENCE CONCRETE pour appréhender l'information. Cette désignation signifie tout au plus que cet individu a une préférence suffisamment marquée pour la formation des concepts pour que cette activité l'emporte sur l'autre. Pour peu qu'il en soit de même pour la réflexion par rapport à l'action, la différence entre les scores mesurant l'utilisation de chacun des modes sera assez éloignée de l'intersection des axes pour que son profil d'apprentissage ne contienne qu'un seul style dominant plutôt que deux ou plusieurs styles complémentaires.

Le tableau 4 révèle également que 12% des sujets présentent un profil où sont intégrés deux styles complémentaires. Il est assez facile de déduire des considérations précédentes, les traits qui caractérisent ces profils. Aussi nous bornerons-nous à signaler l'existence de données expérimentales situant les étudiants en langues étrangères dans la catégorie DIVERGEUR-ASSIMILATEUR; les étudiants en physique dans la catégorie CONVERGEUR-ASSIMILATEUR et les étudiants en médecine dans la catégorie CONVERGEUR-ADAPTATEUR.

Notons en terminant que chez 4% des sujets, le profil d'apprentissage intègre à des degrés divers les quatre styles. Ces étudiants présentent des préférences moins marquées pour l'un ou l'autre pôle des deux dimensions du processus d'apprentissage. Théoriquement, les résultats de l'apprentissage devraient être de meilleure qualité chez ces

sujets, puisque le cycle de l'apprentissage expérientiel a plus de chances d'être complété. Cependant, nous avons cru remarquer que, dans la pratique, les choses ne sont pas aussi simples que cela.

En effet, le style d'apprentissage est déterminé par les différences calculées entre les scores obtenus relativement à chacun des modes d'apprentissage pris deux à deux (CA-EC sur l'axe vertical représentant l'acquisition de l'information, et EA-OR sur l'axe horizontal représentant la transformation de l'information). A cause d'une différence dans les échelles, on dira qu'un individu n'a pas de préférence pour un pôle plutôt que l'autre si les différences CA-EC et EA-OR sont égales à 3. Or la différence CA-EC, par exemple, peut être égale à 3 pour CA=14 et EC=11, ou pour CA=24 et EC=21: dans les deux cas, aucun de ces deux modes ne l'emporte sur l'autre. Cependant, si on compare ces scores à ceux obtenus à partir d'un échantillon de 1933 sujets âgés de 18 à 60 ans (Gauthier, Poulin, 1983), le premier se situerait au centile 20 de la distribution obtenue pour cet échantillon, alors que le second se situerait au centile 95. La différence entre la mesure dans laquelle ces deux individus réfèrent aux modes EC et CA serait donc énorme, pour des sujets pourtant dotés du même style d'apprentissage. C'est pourquoi nous ne pouvons affirmer que l'apprentissage sera nécessairement meilleur ou plus complet chez un individu dont le profil intègre plusieurs styles, que chez celui qui est doté d'un style dominant; théoriquement il devrait en être ainsi, puisqu'il réfère à peu près également aux deux pôles d'une dimension de l'apprentissage, mais encore faut-il vérifier la mesure dans laquelle l'individu réfère à chacun de ces modes. Nous reviendrons sur ces considérations au chapitre 5, lors de la discussion de ces résultats dans le contexte de l'enseignement.

Les conclusions de cette étude de la distribution globale des styles d'apprentissage vont dans le même sens que celles des recherches mentionnées plus haut sur le développement de la pensée formelle: selon nos données, environ 69% des étudiants n'ont que peu ou pas recours à la conceptualisation abstraite comme mode d'apprentissage. On comprend l'importance de cette information dans le contexte de l'enseignement des mathématiques.

#### 4.1.2 Distribution selon l'orientation

Sachant que les étudiants présentent des différences individuelles importantes dans leur façon de se comporter en situation d'apprentissage, nous avons voulu examiner s'il existait une certaine homogénéité des styles chez les étudiants appartenant à une même orientation.

La première hypothèse étudiée par cette recherche portait sur l'existence d'une relation entre les styles d'apprentissage des étudiants et leur orientation au niveau collégial. Pour les fins de l'analyse statistique, l'hypothèse 1 était formulée de la façon suivante:

Il n'y a pas de différence significative entre les distributions des styles d'apprentissage chez les étudiants appartenant à des orientations différentes.

Nous avons déjà expliqué que, dans la formulation de cette hypothèse, le mot "orientation" était employé dans son sens général, et que pour les fins de l'analyse statistique, ce terme correspondait tour à tour aux secteurs (général et professionnel), aux orientations proprement dites, (en l'occurrence, sciences pures et appliquées, sciences humaines menant aux études en administration, techniques physiques et techniques administratives) et aux concentrations (sciences et techniques physiques, sciences et techniques humaines).

Voici les distributions de fréquences et les résultats de l'analyse statistique de ces distributions pour chacun des regroupements choisis. Dans le tableau 5, les sujets sont regroupés selon le secteur d'études, dans le tableau 6, selon l'orientation et dans le tableau 7, selon la concentration. Chacun de ces tableaux contient la valeur du khi carré calculé pour la distribution en question.

Tableau 5

Distribution des styles selon le secteur

| Styles d'apprentissage  | Secteurs |       |               |       |
|-------------------------|----------|-------|---------------|-------|
|                         | général  |       | professionnel |       |
|                         | n        | %     | n             | %     |
| Divergeur               | 184      | 39,5  | 123           | 42,0  |
| Adaptateur              | 121      | 26,0  | 54            | 18,4  |
| Convergeur              | 53       | 11,4  | 48            | 16,4  |
| Assimilateur            | 34       | 7,3   | 17            | 5,8   |
| Divergeur-adaptateur    | 17       | 3,6   | 24            | 8,2   |
| Divergeur-assimilateur  | 21       | 4,5   | 10            | 3,4   |
| Convergeur-assimilateur | 7        | 1,5   | 4             | 1,4   |
| Convergeur-adaptateur   | 7        | 1,5   | 2             | 0,7   |
| Div-conv-adapt-assim    | 22       | 4,7   | 11            | 3,8   |
| total                   | 466      | 100,0 | 293           | 100,0 |

khi carré = 17,52, p = 0,025

Tableau 6Distribution des styles selon l'orientation

| Styles         | Sciences |       | Orientations |             |            |       |     |       |
|----------------|----------|-------|--------------|-------------|------------|-------|-----|-------|
|                | n        | %     | Sc. adm.     | Tech. phys. | Tech. adm. |       |     |       |
|                | n        | %     | n            | %           | n          | %     | n   | %     |
| Divergeur      | 137      | 39,5  | 47           | 38,2        | 19         | 40,4  | 151 | 40,9  |
| Adaptateur     | 96       | 28,0  | 25           | 20,3        | 10         | 21,3  | 69  | 18,7  |
| Convergeur     | 31       | 9,0   | 22           | 17,9        | 6          | 12,8  | 64  | 17,3  |
| Assimilateur   | 25       | 7,3   | 9            | 7,3         | 3          | 6,4   | 23  | 6,2   |
| Div-adapt.     | 9        | 2,6   | 8            | 6,5         | 2          | 4,3   | 30  | 8,1   |
| Div-assim.     | 19       | 5,5   | 2            | 1,6         | 5          | 10,6  | 7   | 1,9   |
| Conv-assim.    | 7        | 2,0   | 0            | 0,0         | 0          | 0,0   | 4   | 1,1   |
| Conv-adapt.    | 5        | 1,5   | 2            | 1,6         | 0          | 0,0   | 4   | 1,1   |
| Div-conv-ad-as | 14       | 4,1   | 8            | 6,5         | 2          | 4,3   | 17  | 4,6   |
| total          | 343      | 100,0 | 123          | 100,0       | 47         | 100,0 | 246 | 100,0 |

khi carré = 45,52, p = 0,005

Tableau 7Distribution des styles selon la concentration

| Styles d'apprentissage  | Concentrations    |       |                  |       |
|-------------------------|-------------------|-------|------------------|-------|
|                         | Sc. & Tech. phys. |       | Sc. & tech. hum. |       |
|                         | n                 | %     | n                | %     |
| Divergeur               | 156               | 40,0  | 151              | 40,9  |
| Adaptateur              | 106               | 27,2  | 69               | 18,7  |
| Convergeur              | 37                | 9,5   | 64               | 17,3  |
| Assimilateur            | 28                | 7,2   | 23               | 6,2   |
| Divergeur-adaptateur    | 11                | 2,8   | 30               | 8,1   |
| Divergeur-assimilateur  | 24                | 6,2   | 7                | 1,9   |
| Convergeur-assimilateur | 7                 | 1,8   | 4                | 1,1   |
| Convergeur-adaptateur   | 5                 | 1,3   | 4                | 1,1   |
| Div-conv-adapt-assim    | 16                | 4,1   | 17               | 4,6   |
| total                   | 390               | 100,0 | 369              | 100,0 |

khi carré = 34,14, p = 0,000

La question posée ici était de savoir si la distribution des styles d'apprentissage varie selon le secteur, l'orientation et la concentration des études. Les calculs précédents montrent qu'il existe des différences significatives, au niveau de ,05 entre les distributions selon le secteur, au niveau de ,005 selon les orientations, et à un niveau inférieur à 0,001, selon les concentrations.

Il semble donc justifié de rejeter l'hypothèse nulle et de conclure qu'effectivement, les répartitions des styles d'apprentissage diffèrent selon l'orientation des études. Cette différence va s'accroissant selon qu'on compare les secteurs, les orientations ou les concentrations, si bien qu'on peut affirmer que, du point de vue des comportements en situation d'apprentissage, il y a plus de différences entre les étudiants en sciences et techniques physiques et ceux en sciences et techniques humaines, qu'entre les étudiants du secteur général et ceux du secteur professionnel.

Si l'on considère les distributions selon le secteur (tableau 5), on constate que la principale différence provient d'abord des nombres de sujets dotés respectivement des styles ADAPTATEUR et CONVERGEUR: au secteur général, le nombre de sujets dotés du style ADAPTATEUR est plus que le double du nombre de sujets dotés du style CONVERGEUR, alors qu'au secteur professionnel, ces nombres sont à peu près égaux. Cette différence confirme quelque peu la compatibilité du modèle avec la situation de recherche. Les individus dotés des styles ADAPTATEUR et CONVERGEUR sont plus tournés vers l'action que vers la réflexion, mais chez les premiers, celle-ci est orientée plutôt vers les personnes et les collectivités, alors que chez les derniers, elle porte plus sur les objets et les concepts. Il est conforme à notre attente de retrouver au secteur professionnel, plus d'étudiants motivés par l'utilité des objets et l'application pratique et technique des concepts.

Une seconde différence entre ces mêmes distributions provient du nombre de sujets dotés d'un profil intégrant les styles DIVERGEUR et ADAPTATEUR. Ce profil est celui d'individus fonctionnant à partir du concret, et à peu près également partagés entre l'action et la réflexion, mais peu préoccupés par l'élaboration de concepts: on les retrouve plus nombreux au secteur professionnel qu'au secteur général.

Le tableau 6 présente les distributions selon l'orientation proprement dite, et les données qu'il contient explicitent les observations précédentes. On constate en effet que la différence entre les nombres de sujets dotés des styles ADAPTATEUR et CONVERGEUR signalée plus haut entre les secteurs provient principalement de l'orientation sciences, où le nombre de sujets dotés du style ADAPTATEUR est plus que le triple du nombre de sujets dotés du style CONVERGEUR.

Une constatation qui peut surprendre au premier abord: on aurait pu s'attendre à retrouver en sciences plus d'étudiants dotés du style ASSIMILATEUR, puisque, selon les données théoriques, ce style est celui des étudiants intéressés par l'étude des disciplines scientifiques: or il n'existe aucune différence significative entre les quatre distributions pour ce qui est des nombres d'étudiants appartenant à cette catégorie.

Enfin si l'on compare les distributions du secteur professionnel, on remarque que le nombre d'étudiants dotés du profil DIVERGEUR-ASSIMILATEUR est significativement plus élevé en techniques physiques, et le nombre d'étudiants dotés du profil DIVERGEUR-ADAPTATEUR plus élevé en techniques administratives.

Les distributions du tableau 7 où l'on a regroupé d'une part les étudiants en sciences et techniques physiques, et d'autre part, les étudiants en sciences et techniques humaines confirment ce que nous soupçonnions déjà: les étudiants dotés du style DIVERGEUR se retrouvent en proportions égales (40%) dans les deux distributions; dans les deux distributions également, 36% des étudiants sont dotés des styles ADAPTATEUR ou CONVERGEUR, mais dans une proportion de 3 pour 1 en sciences et techniques physiques, et en proportions à peu près égales en sciences et techniques humaines. Enfin on remarque encore une fois que le profil DIVERGEUR-ASSIMILATEUR est plus répandu en sciences et techniques physiques, et le profil DIVERGEUR-ADAPTATEUR plus répandu en sciences et techniques humaines.

Les données contenues dans les trois tableaux précédents confirment que les distributions des styles d'apprentissage varient selon l'orientation (dans tous les regroupements considérés), et donc qu'il existe une certaine relation entre le style d'apprentissage d'un étudiant et son orientation. On peut donc s'attendre à ce que les réactions de groupe aux diverses interventions pédagogiques diffèrent selon l'orientation. En conséquence, il semblerait approprié de tenir compte des caractéristiques qui ont été mises en évidence, afin de mettre à profit les ressources de chaque style, surtout lorsque les groupes-classes sont formés d'étudiants appartenant à une même orientation. Cependant, à l'intérieur de chacune des orientations, les différences individuelles sont plus importantes encore que les similitudes puisque tous les styles et tous les profils se retrouvent dans toutes les distributions selon le secteur et la concentration. Malgré la prédominance de certains styles dans l'une ou l'autre orientation, on ne saurait donc en aucun cas parler d'homogénéité des styles selon l'orientation.

## 4.2 Styles d'apprentissage et apprentissage des mathématiques

L'hypothèse 2 portait sur l'existence d'une relation entre les styles d'apprentissage et les performances aux cours de mathématiques. Pour qu'elle puisse être retenue, il fallait donc trouver une différence significative entre les moyennes des notes en mathématiques selon le style d'apprentissage.

Pour les fins de l'analyse statistique, l'hypothèse 2 était formulée de la façon suivante:

Il n'existe pas de différence significative entre les performances en mathématiques des étudiants dotés de styles d'apprentissage différents.

L'analyse statistique se fit en trois temps, soient, l'étude des distributions de fréquence et le calcul des statistiques descriptives usuelles des notes en mathématiques, l'étude de la relation entre les résultats académiques et les styles d'apprentissage, et l'analyse de la variance des notes en mathématiques selon les divers styles.

### 4.2.1 Les résultats académiques en mathématiques

Pour l'information du lecteur, nous présentons les distributions et les statistiques de la variable note, pour chacun des cours 102 et 103 de la session d'automne, et pour le cours 103 de la session d'hiver. Dans le tableau 8, les notes sont quantitatives et regroupées en 5 classes; elles ne tiennent donc pas compte des abandons qui ne correspondent à aucune note chiffrée. On y trouvera également les moyennes sur 100 et les écarts-types calculés pour toutes les notes chiffrées, et pour les notes égales ou supérieures à 60. S'il a paru opportun de faire ce double calcul c'est qu'en incluant toutes les notes chiffrées dans le calcul de la moyenne et de l'écart-type, nous obtenons une statistique biaisée par la présence de scores très bas, qui correspondent administrativement à des échecs, puisqu'il n'y a pas eu de demande d'abandon de la part de l'étudiant, mais qui, dans les faits, auraient dû correspondre à des abandons puisque dans la plupart de ces cas, l'étudiant n'a fait que le premier examen, puis a cessé de se présenter en classe.

Tableau 8Distributions de fréquence et statistiques des notes en mathématiques

| Classes            | Session d'automne |      | Cours 102 |      | Session d'hiver |      | Cours 103 |   |
|--------------------|-------------------|------|-----------|------|-----------------|------|-----------|---|
|                    | n                 | %    | n         | %    | n               | %    | n         | % |
| 0 - 59             | 95                | 20,3 | 68        | 23,3 | 49              | 21,2 |           |   |
| 60 - 69            | 104               | 22,3 | 84        | 28,8 | 53              | 22,8 |           |   |
| 70 - 79            | 87                | 18,6 | 57        | 19,5 | 41              | 17,7 |           |   |
| 80 - 89            | 72                | 15,4 | 27        | 9,2  | 37              | 15,9 |           |   |
| 90 -100            | 46                | 9,9  | 21        | 7,2  | 27              | 11,6 |           |   |
| total              | 404               | 86,5 | 257       | 88,0 | 207             | 89,2 |           |   |
| moyenne/100        | 66,55             |      | 63,80     |      | 66,82           |      |           |   |
| écart-type         | 20,65             |      | 19,80     |      | 21,67           |      |           |   |
| réussite seulement |                   |      |           |      |                 |      |           |   |
| moyenne/100        | 76,14             |      | 73,23     |      | 76,71           |      |           |   |
| écart-type         | 10,68             |      | 10,95     |      | 11,27           |      |           |   |

Tableau 9Distributions de fréquence des performances en mathématiques

| Classes | Session d'automne |       | Cours 102 |       | Session d'hiver |       | Cours 103 |   |
|---------|-------------------|-------|-----------|-------|-----------------|-------|-----------|---|
|         | n                 | %     | n         | %     | n               | %     | n         | % |
| abandon | 63                | 13,5  | 35        | 12,0  | 25              | 10,8  |           |   |
| échec   | 95                | 20,3  | 68        | 23,3  | 49              | 21,2  |           |   |
| succès  | 309               | 66,2  | 189       | 64,7  | 158             | 68,0  |           |   |
| total   | 467               | 100,0 | 292       | 100,0 | 232             | 100,0 |           |   |

#### 4.2.2 Dépendance des variables note et style

Le calcul du khi carré devait permettre d'établir ou non l'existence d'un lien entre les résultats en mathématiques et les styles d'apprentissage. On en calcula 6, soient un pour l'ensemble de toutes les notes chiffrées réparties en 5 classes, plus une classe comprenant les abandons, et un pour les résultats exprimés sous forme de cotes (abandon, échec, succès), et ceci, pour chacun des cours 102 et 103 de la session d'automne, et pour le cours 103 de la session d'hiver.

On ne réussit à obtenir un khi carré significatif que dans le cas du cours 103 donné à la session d'automne ( $p < ,05$  pour les notes chiffrées et  $p < ,01$  pour les cotes). Nous étions donc en présence d'une relation de dépendance entre les performances en mathématiques au cours de calcul et les styles d'apprentissage.

La question qui se posait maintenant était de savoir pourquoi cette relation se limitait au cas du cours 103 de la session d'automne. A ce sujet, on envisagea diverses explications, mettant en cause tour à tour le contenu des cours, les caractéristiques de la clientèle et les procédures d'évaluation.

Est-il possible que la dépendance styles-performances établie pour le cours 103 de la session d'automne soit liée au contenu même du cours? Le cours 103 porte entièrement sur le calcul infinitésimal; les divers thèmes qu'il aborde (limite, continuité, dérivée, optimisation, intégrale) sont développés les uns à la suite et au moyen des autres; l'ensemble de la matière est nouvelle pour tous les étudiants inscrits en première session au collège. Par contre, le cours 102 contient un ensemble de thèmes (fonctions, vecteurs, matrices, algèbre linéaire, programmation linéaire, trigonométrie, nombres complexes, analyse combinatoire et probabilités) parmi lesquels un choix est fait en fonction de la spécialité des étudiants auxquels il est adressé; certains sujets sont nouveaux, alors que d'autres élaborent à partir de notions déjà vues au niveau secondaire, et la maîtrise de ces notions est souvent très inégale. Mais s'il était possible d'expliquer ainsi l'impossibilité d'établir, dans le contexte de cette recherche, l'existence d'une relation entre les styles d'apprentissage et les performances au cours 102, il fallait dans ce cas attribuer l'impossibilité d'établir la même relation pour le cours 103 de la session d'hiver à des effectifs insuffisants en regard du nombre de cases que comportait le calcul du khi carré.

La seconde explication faisait intervenir les caractéristiques de la clientèle de ces cours. Le cours 103 de la session d'automne est dispensé à la clientèle du secteur général, alors que les deux autres s'adressent à la clientèle du secteur professionnel. Or nous savons que les distributions des styles d'apprentissage selon le secteur présentent des différences significatives au niveau de ,05. Qui plus est, le cheminement de ces deux clientèles n'est pas le même. Les étudiants du secteur général reçoivent le cours 103 à leur entrée au niveau collégial, alors que les étudiants du secteur professionnel reçoivent d'abord le cours 102. Or les distributions des styles d'apprentissage utilisées pour l'étude de l'hypothèse 2 résultaient d'une mesure pratiquée à l'entrée au niveau collégial. Il est possible qu'une évolution du style d'apprentissage, d'ailleurs constatée pour les étudiants du secteur professionnel, ainsi qu'on le verra au chapitre 5, ait modifié la nature de la relation styles-performances.

Enfin, il est possible que cette difficulté à établir l'existence d'une relation style-performances pour les cours 102 et 103 de la session d'hiver soit due à l'utilisation de deux approches pédagogiques, soit l'approche par la programmation et l'approche traditionnelle dans le cas de ces cours, alors que le cours 103 de la session d'automne avait été donné entièrement selon l'approche traditionnelle. Les modes et les instruments d'évaluation des apprentissages utilisés dans chacune de ces approches n'étant pas tout à fait les mêmes, il se peut que certaines activités aient fait appel à des compétences différentes, nuisant ainsi à l'établissement de corrélations. (Dans tous les calculs on nota cependant que la tendance à la dépendance était plus forte dans le cas de l'approche par la programmation.)

Sans aller plus loin dans l'exploration de cette hypothèse qui paraissait la plus plausible, nous avons voulu explorer la relation style-performances établie dans le cas du cours 103.

#### 4.2.3 Analyse de la variance note - style

Ayant décelé par le calcul du khi carré, une dépendance entre les styles et les performances au cours 103, nous avons voulu examiner de quels sous-groupes de styles d'apprentissage provenait au moins une partie de la variance des notes. Le tableau 10 présente un résumé des informations obtenues à ce sujet par le moyen de l'analyse de la variance.

Tableau 10Analyse de la variance des notes en 103 vs  
les styles d'apprentissage

| Groupes         | N. de sujets | Moyenne en 103 | Ecart-type |
|-----------------|--------------|----------------|------------|
| Divergeur       | 154          | 64,370         | 20,089     |
| Adaptateur      | 107          | 69,720         | 21,238     |
| Convergeur      | 44           | 60,795         | 23,157     |
| Assimilateur    | 34           | 66,588         | 18,144     |
| 2 styles compl. | 45           | 69,578         | 19,382     |
| 4 styles compl. | 20           | 72,150         | 20,495     |
| Total           | 404          |                |            |

F = 2,039, p = 0,071

Entre gr.2 et gr.1: t = 2,069, p = ,037

Entre gr.2 et gr.3: t = 2,426, p = ,016

Entre gr.5 et gr.3: t = 2,016, p = ,044

Entre gr.6 et gr.3: t = 2,049, p = ,042

Comme on le constate, l'analyse de la variance des notes en 103 selon les différents styles d'apprentissage n'a donné des résultats significatifs dans l'ensemble qu'à un niveau inférieur à ,10. Cependant, la lecture de ce tableau nous apprend que les étudiants dotés du style ADAPTATEUR ont des résultats significativement plus élevés que ceux des groupes DIVERGEUR et CONVERGEUR. Faisant le lien avec les distributions des styles d'apprentissage selon l'orientation, (tableau 6), nous croyons que cette statistique explique en partie que les résultats en mathématiques soient généralement plus élevés en sciences que dans les autres orientations. En effet, comme nous l'avons déjà signalé, il y a trois fois plus d'étudiants dotés du style ADAPTATEUR que du style CONVERGEUR dans cette orientation, alors que dans les autres orientations, et surtout en sciences et techniques humaines, les sujets sont à peu près également partagés entre ces deux styles. Toutefois, les individus dotés du style ADAPTATEUR sont tels qu'ils ne conceptualisent pas beaucoup les connaissances acquises, ce qui pose une question au sujet du niveau de conceptualisation requis pour réussir les cours de mathématiques. Nous reviendrons sur ce sujet dans le chapitre 5.

Enfin on peut remarquer que les étudiants ayant intégré trois ou quatre modes d'apprentissage réussissent de façon

La problématique des styles cognitifs avait déjà été définie auparavant dans un autre cadre, par des différentialistes comme Binet et Thurstone (Huteau, 1975). A travers une vingtaine d'expériences, Binet avait montré, en 1903, comment chacun de ses deux sujets se caractérisait par un ensemble de traits cohérents. Quant à Thurstone, il écrivait, en 1944, que "l'étude des fonctions cognitives permet de définir des paramètres qui déterminent le style de comportement et des activités intellectuelles." Au cours d'une vaste étude exploratoire qui devait être suivie de travaux plus systématiques, Thurstone mit en évidence un facteur qu'il appela alors la "souplesse de structuration", et qui devait par la suite se révéler très près de la notion de "dépendance-indépendance du champ".

Au cours des années 40, Witkin s'intéressa à la perception de la verticale, dans laquelle il recherchait les contributions respectives des indices visuels et kinesthésiques. C'était là un vieux problème, réactualisé par le développement de l'aviation. Les dispositifs expérimentaux qu'il utilisa à ses fins sont l'épreuve de la pièce et de la chaise inclinables (TRTCT: Tilting Room - Tilting Chair Test), et celle de la baguette et du cadre (RFT: Rod and Frame Test). Dans le TRTCT, le sujet assis sur une chaise inclinée, dans une pièce également inclinée, doit amener son corps à la verticale. Dans le RFT, le sujet lui-même incliné doit ajuster à la verticale une baguette lumineuse, dans une pièce plongée dans l'obscurité. Au moyen de ces épreuves, Witkin arriva à mettre en évidence l'ampleur des différences individuelles dans l'utilisation des indices servant à l'orientation spatiale.

Par la suite, Witkin orienta ses recherches vers une psychologie différentielle de la personnalité. Les différences individuelles dans l'ajustement à la verticale furent associées à d'autres épreuves dont celle de l'analyse des figures embrouillées (EFT: Embedded Figure Tests). Dans ce type d'épreuves, le sujet doit découvrir un élément simple dans une figure complexe. A partir de ce moment, les EFT furent utilisés conjointement avec les TRTCT et les RFT pour définir une dimension plus large que l'orientation spatiale, la dépendance-indépendance du champ.

L'indépendance à l'égard du champ correspond à la capacité à isoler un élément dans un champ (le corps, dans le TRTCT, le bâton dans le RFT et la forme géométrique dans les EFT), c'est-à-dire la capacité à isoler un élément-clé dans un problème exempt de distracteurs. A l'opposé, la dépendance à l'égard du champ est signalée par l'absence de cette capacité.

L'indépendance à l'égard du champ correspond donc à un mode de perception analytique, alors que la dépendance à

l'égard du champ correspond à un mode global. Cette dimension, identifiée par Witkin et ses associés (1977), a fait l'objet de très nombreuses recherches, qui ont montré entre autres choses, l'existence de corrélations positives entre l'indépendance du champ et certaines aptitudes verbales et mathématiques, alors que la dépendance à l'égard du champ rend l'individu plutôt sensible à son environnement social, et plus apte aux communications interpersonnelles.

Les travaux de Witkin (1977) firent autorité dans le domaine de l'étude des styles cognitifs. Parallèlement ou postérieurement, des chercheurs identifièrent d'autres dimensions des processus cognitifs, et on assista à l'éclosion d'un grand nombre de modèles qui purent être appliqués non plus seulement dans le domaine des activités militaires, mais aussi pour résoudre des problèmes de gestion, d'organisation et de formation dans l'industrie. Certains servirent également à la recherche sur les problèmes d'apprentissage scolaire.

Il est très difficile de classifier ces modèles: en effet, ils sont très nombreux, ils ont été développés à peu près simultanément et sur une longue période de temps, et plusieurs se recoupent sans être tout à fait identiques. Certains ont été élaborés à partir d'une seule dimension du processus cognitif, ce qui permet d'identifier deux styles selon le pôle vers lequel tendent les caractéristiques dominantes chez un individu; d'autres sont fondés sur l'étude de deux dimensions, ce qui donne alors quatre styles; enfin, on retrouve des modèles qui identifient une dizaine de dimensions dont les combinaisons peuvent produire une très grande variété de styles. Nous ne mentionnerons ici que quelques-uns des modèles les plus connus.

#### Modèles fondés sur l'étude d'une dimension:

a) Modèle de Witkin (1940-)(1) Nous avons déjà parlé de ce modèle, basé sur une dimension qui caractérise les individus selon le degré d'autonomie de leur fonctionnement psychologique vis-à-vis des informations en provenance de l'extérieur. Ce modèle est certainement celui qui a été le plus utilisé en rapport avec l'apprentissage scolaire; il donne les styles dépendants ou indépendants du champ.

b) Modèle de Lowenfeld (1945): Ce modèle s'intéresse à la perception visuelle, c'est-à-dire à la façon dont l'information visuelle est obtenue et utilisée. Il en résulte deux types:

(1) La date entre parenthèses ne renvoie pas à la section des références; elle indique la date approximative à laquelle le modèle fut élaboré.

-le type visuel, auquel les yeux servent de premier relais sensoriel, et qui appréhende l'environnement à travers les images visuelles. C'est un observateur que frappe l'apparence des choses.

-le type haptique, auquel le corps sert de premier relais sensoriel, et qui appréhende l'environnement à partir d'expériences kinesthésiques et d'impressions tactiles, sans recourir aux images visuelles. C'est un être subjectif, qui sent les choses plus qu'il ne les voit.

Contrairement à la théorie de Piaget, qui enseigne que la perception visuelle est une capacité commune à tous les individus, quoique à des degrés divers, Lowenfeld considère que le type de perception est lié à des traits psychologiques innés, et que l'apprentissage ne nécessite pas la formation mentale d'images visuelles. Quelques résultats de recherche semblent toutefois confirmer la supériorité des sujets visuels sur les sujets haptiques dans certaines situations d'apprentissage, dont le dessin mécanique, la lecture et les mathématiques.

c) Modèle de Kogan (1964): Ce modèle est basé sur la façon propre à un individu de sélectionner une hypothèse et de traiter l'information dans une situation de problème. Cette dimension est étudiée à travers le temps mis à trouver une réponse et l'exactitude de cette réponse. Il en résulte deux styles:

-le style impulsif, celui des individus qui choisissent la première hypothèse qui leur vient à l'esprit, et ont tendance à fournir des réponses inexactes.

-le style réflexif, caractéristique des individus qui s'accordent un long délai avant de sélectionner une hypothèse, et fournissent souvent une réponse exacte.

Selon quelques résultats de recherche, les sujets impulsifs obtiendraient de moins bons résultats scolaires, manifesteraient plus d'anxiété devant les tâches cognitives, et seraient en général moins bien perçus par leurs professeurs.

d) Modèle de Cohen (1967): Ce dernier s'intéresse à la façon de percevoir la réalité, soit par parties ou globalement. Ces différences dans le mode de perception seraient reliées à la latéralisation du cerveau. Cohen identifie ainsi deux types:

-ceux que la dominance du cerveau gauche amène à traiter l'information par petites parties ("splitters").

-ceux que la dominance du cerveau droit porte à traiter l'information de façon globale ("lumpers").

Les recherches sur la dominance cérébrale par rapport aux fonctions cognitives et perceptuelles tendent à confirmer la spécialisation des hémisphères cérébraux. Le

cerveau gauche serait le siège de la pensée analytique et hypothético-déductive, des opérations verbales et des habiletés auditives visuelles et tactiles reliées à l'appréhension du matériel linguistique. Le cerveau droit serait le siège de la pensée intuitive, de la créativité et des habiletés spatiales et visuelles servant à appréhender le matériel non linguistique. Ces résultats soulèvent une controverse au sujet de l'école, qui favoriserait le développement du cerveau gauche et ferait peu pour les individus manifestant une dominance du cerveau droit.

### Modèle à deux dimensions

Modèle de McKenney et Keen (1972): Le modèle élaboré par ces chercheurs repose sur leur propre conception du traitement de l'information par l'esprit humain, dans lequel ils reconnaissent deux activités distinctes, soient la communication avec l'environnement, qui sert à la cueillette et à la transmission des données, et la manipulation et l'organisation de ces données, qui résulte dans la solution de problèmes et la prise de décisions.

Cette dichotomie leur permet de construire un modèle bi-dimensionnel dans lequel les individus seront classés suivant qu'ils sont préceptifs ou réceptifs dans la cueillette de l'information, et systématiques ou intuitifs dans l'analyse de cette information.

-l'individu préceptif concentrera son attention sur les relations entre les objets, cherchant des déviations ou des conformités par rapport à ses attentes (ou préceptes), alors que l'individu réceptif portera plus d'attention aux objets eux-mêmes, tentant plus de déduire les attributs de l'information à partir de l'examen direct de la situation que de la confrontation avec ses préceptes.

-l'individu systématique s'attaquera à la résolution d'un problème à l'aide d'une méthode structurée, susceptible de conduire à une solution. L'individu intuitif évitera de s'engager de la sorte, préférant les tentatives par essais et erreurs, sautant d'une méthode à une autre, et demeurant de façon générale, sensible à des indices qu'il ne pourrait cependant pas identifier verbalement.

Le modèle de McKenney essaie d'éviter l'imposition de jugements de valeur, et n'attribue pas nécessairement à chaque individu un style dominant. Il a été validé principalement avec des échantillons d'étudiants de la Harvard Business School, et ses auteurs ont travaillé à l'appliquer surtout au processus de prise de décisions dans le domaine de la gestion.

### Modèle à plusieurs dimensions

Modèle de Messick (1970): Messick identifie neuf dimensions cognitives au sujet desquelles il écrit: "ces dimensions représentent autant de styles cognitifs qui décrivent les modes typiques de traitement de l'information, c'est-à-dire, les façons pour un individu de percevoir, de penser, de retenir et de résoudre des problèmes."

Les dimensions, toutes bi-polaires, identifiées par Messick sont les suivantes:

1. La dépendance-indépendance du champ, telle que définie par Witkin.
2. L'intensité et l'extensivité de l'attention déployée lors de la perception, c'est-à-dire la tendance à concentrer l'attention sur un point, ou au contraire à balayer un champ plus large.
3. La largeur de catégorisation, c'est-à-dire la tendance à définir des catégories comprenant un grand nombre d'items, de façon à minimiser le risque de laisser des items non classés, ou la tendance contraire à définir des catégories étroites, par peur d'y inclure des items qui n'auraient pas dû y être.
4. Le style de conceptualisation qui porte un individu à reconnaître aux objets un très grand nombre, ou au contraire, un très petit nombre de propriétés.
5. La simplicité vs la complexité cognitive, selon qu'un individu est porté à remarquer les régularités et la continuité dans son environnement, ou à y percevoir la diversité, les conflits et les contradictions.
6. La tendance à réfléchir, à peser le pour et le contre avant de prendre une décision, vs la tendance à suivre ses impulsions, à donner des réponses et à prendre des décisions rapidement.
7. La tendance à assimiler de nouveaux concepts à des concepts déjà présents en mémoire, à sur-généraliser, à niveler les différences, vs la tendance à faire des distinctions, à sur-discriminer.
8. La flexibilité de contrôle, c'est-à-dire la susceptibilité aux interférences et aux distractions, vs la capacité à se concentrer sur une tâche.
9. Le niveau de tolérance aux expérimentations non réalistes.

A ces neuf dimensions, Kogan (1971) ajoute la propension à prendre des risques, c'est-à-dire à s'engager dans des avenues où la probabilité de remporter beaucoup est faible, qu'il oppose à la prudence qui consiste à choisir des voies où l'on est presque certain de ne pas gagner grand chose.

Ce survol des différents modèles développés dans les laboratoires de psychologie expérimentale fait ressortir que, quelles que soient les dimensions du processus cognitif étudiées, identifier le style cognitif d'un individu revient à caractériser sa façon personnelle d'appréhender et de traiter l'information. Il était inévitable que les sciences de l'éducation s'intéressent à ce courant de recherche et utilisent une extension de ce concept pour comprendre et résoudre les problèmes liés à l'apprentissage scolaire.

### 2.2.2 Styles d'apprentissage

La notion de style d'apprentissage est issue de la notion de style cognitif qu'elle englobe et étend puisqu'elle a pour objet de décrire non plus seulement les modes de perception et de traitement de l'information, mais l'ensemble des comportements d'un individu en situation d'apprentissage.

Elle a comme postulat un principe énoncé par Jung, selon lequel "le comportement n'est pas l'effet du hasard, mais le résultat de différences observables et mesurables au plan du fonctionnement mental." Ces différences se manifestent dans les façons de percevoir les stimuli, dans les modes de prise de décision et de raisonnement, et dans les attitudes d'introversiion ou d'extraversiion.

Selon la complexité des modèles, les comportements étudiés seront d'ordre cognitif, affectif, sociologique ou physiologique. Les comportements cognitifs auxquels s'intéresse la théorie des styles d'apprentissage sont essentiellement les mêmes que ceux identifiés par les styles cognitifs: modes de perception et d'analyse de l'information, processus de formation et de rétention des concepts. Les comportements affectifs sont principalement reliés à l'attention (intention consciente, curiosité, persistance, mémoire), aux émotions (anxiété, tolérance à la frustration) et à l'estime de soi (lieu de contrôle, motivation, aspirations). L'influence des facteurs sociologiques est analysée à travers les relations que les élèves établissent avec leurs pairs et avec leurs professeurs, ainsi que dans leurs préférences au sujet des conditions d'apprentissage (enseignement directif ou non, besoin de structure, d'encadrement formel ou informel). Enfin, la dimension physiologique fait intervenir les

différences liées au sexe, à la latéralisation du cerveau, aux besoins de nutrition, de santé, de mobilité, ainsi que les réactions au bruit, à l'éclairage et à l'aménagement des locaux.

Flamand (1983) écrit que "la recherche sur les styles d'apprentissage se caractérise par la disparité et la multitude des construits hypothétiques ou des définitions opérationnelles du concept, ainsi que par la confusion des termes, qui sont la résultante même de l'éparpillement et de l'isolement des chercheurs." Une revue de littérature confirme ce jugement: il semble y avoir autant de modèles que de centres de recherche en éducation! Les classer ne représente donc pas une mince tâche. Flamand propose de les regrouper selon le type de comportements étudiés. Il obtient ainsi trois catégories, selon que les comportements sont reliés aux processus cognitifs, aux interactions en classe, ou qu'ils intègrent tous les comportements cibles.

#### Modèles reliés aux processus cognitifs

Ces modèles s'apparentent aux modèles élaborés en rapport avec les styles cognitifs. Ils ont été développés à partir des deux grandes fonctions mentales identifiées par Jung, soient la perception, à laquelle correspondent les types sensoriel et intuitif, et le jugement, qui permet de définir les types rationnel et émotif.

#### Modèles axés sur les interactions en classe

Ces modèles classifient les élèves selon leurs perceptions et leurs attitudes à l'égard d'eux-mêmes, de leurs pairs, de l'autorité et de l'apprentissage.

Le nombre de styles varie selon le nombre de comportements étudiés, les plus fréquemment retenus étant les suivants:

- en rapport avec le moi: confiance, estime
- en rapport avec les pairs: compétition, coopération, dépendance, domination, agressivité
- en rapport avec l'autorité: soumission, dépendance, conformisme, besoin d'attention, de discipline
- en rapport avec la tâche: anxiété, courage, activité, participation, besoin de structure

Flamand identifie six modèles appartenant à chacune de ces deux premières catégories. Certains de ces modèles sont assez connus, mais on peut reprocher à la plupart d'entre eux de réduire le processus d'apprentissage à quelques-uns

seulement des comportements qu'il suscite. Par contre, les modèles intégrés qui appartiennent à la troisième catégorie se situent dans une perspective plus globale convenant mieux à notre situation de recherche. Nous allons décrire rapidement quatre de ces modèles, afin d'être mieux en mesure de justifier notre choix par la suite.

### Modèles intégrés

#### Modèle de Myers-Briggs

Ce modèle permet d'identifier 16 types résultant de la dominance des dimensions introverti-extraverti, sensoriel-intuitif, rationnel-émotif et conceptuel-perceptuel.

Selon Flamand (1983), ces dimensions ont été jugées significatives en rapport avec les activités scolaires (Myers, 1962; McCaulley, 1974; Morgan, 1974), particulièrement l'apprentissage des sciences (Reynolds, Hope, 1970; McCaulley, 1976). Charlton (1980) y réfère pour montrer la capacité d'adaptation du type intuitif à divers modes d'enseignement. Roberts (1977) s'en sert pour identifier les styles d'un vaste échantillon d'enseignants et d'étudiants, comme base de prise de décision pour la personnalisation de l'enseignement, et aussi pour guider l'étudiant dans son choix de carrière.

#### Modèle de Kolb (1976)

Egalement développé à partir de la théorie de Jung sur le concept de type, le modèle de Kolb postule que l'accomplissement d'un individu c'est-à-dire l'actualisation maximale de ses capacités à percevoir les stimuli de son environnement et à réagir de façon adéquate, existe lorsque celui-ci a atteint le plus haut degré d'intégration et d'expression de ses modes non dominants d'apprentissage.

Ce modèle fait donc référence directement au processus d'apprentissage dans lequel il reconnaît deux dimensions qui sont (voir schéma 1), l'ACQUISITION et la TRANSFORMATION du savoir. Les pôles de l'axe ACQUISITION sont l'appréhension, c'est-à-dire la saisie de la réalité au moyen des perceptions sensorielles, et la compréhension, ou la saisie de la réalité sous forme de concepts. Les pôles de l'axe TRANSFORMATION sont l'intention, c'est-à-dire la prise de conscience intérieure, et l'extension, c'est-à-dire l'application à différentes situations, des concepts nouvellement formés. Ce modèle de l'apprentissage n'est pas sans rappeler la théorie de Piaget, dans laquelle le développement des habiletés cognitives est assimilé au passage de la perspective phénoménologique à la perspective constructiviste, alors que la transformation du savoir correspond au passage du processus de manipulation au

processus d'internalisation.

L'apprentissage expérientiel serait donc constitué de quatre phases successives (ou modes) soient l'EXPERIENCE CONCRETE (EC), l'OBSERVATION REFLEXIVE (OR), la CONCEPTUALISATION ABSTRAITE (CA), et l'EXPERIMENTATION ACTIVE (EA). Ces phases forment un cycle qui peut se répéter à l'infini, et dont l'origine, pour la majorité des sujets sinon pour tous, serait la phase d'EXPERIENCE CONCRETE.

Selon cette théorie, pour qu'il y ait apprentissage véritable, le sujet doit franchir chacune de ces étapes, c'est-à-dire qu'il doit vivre une expérience significative, s'engager dans une réflexion personnelle, établir des liens, élaborer des modèles, tirer des conclusions, puis vérifier par une expérimentation qu'il aura lui même conçue, si ses nouvelles connaissances lui permettent effectivement de résoudre un problème. Certaines difficultés d'apprentissage pourraient ainsi être expliquées par le fait que le sujet est incapable, ou omet, de recourir à l'un ou l'autre mode d'apprentissage.

Dans le modèle de Kolb, le style d'apprentissage d'un individu est défini par la mesure dans laquelle il utilise chacun de ces modes d'apprentissage. Le style dominant chez un individu reflètera donc sa tendance à intégrer deux modes particuliers dans son comportement d'apprentissage.

-le style divergeur serait caractérisé par l'utilisation prédominante des modes EC et OR, c'est-à-dire par la réflexion orientée vers les personnes et les situations sociales.

-le style assimilateur correspondrait à l'utilisation prédominante des modes OR et CA, c'est-à-dire par la réflexion orientée vers les concepts et les choses.

-le style convergeur serait celui des individus qui utilisent plutôt les modes CA et EA, qui préfèrent l'action orientée vers l'application des concepts et des théories.

-le style adaptateur correspondrait à l'utilisation prédominante des modes EA et EC.

Kolb se montre particulièrement préoccupé par la dialectique de l'apprentissage. Selon lui, chaque style a ses points forts et ses points faibles; un individu accentue son style particulier lorsqu'il fonctionne suivant ses préférences naturelles, mais il n'atteindra la pleine actualisation de son potentiel que lorsqu'il aura intégré les modes d'apprentissage qui ne sont pas dominants chez lui.

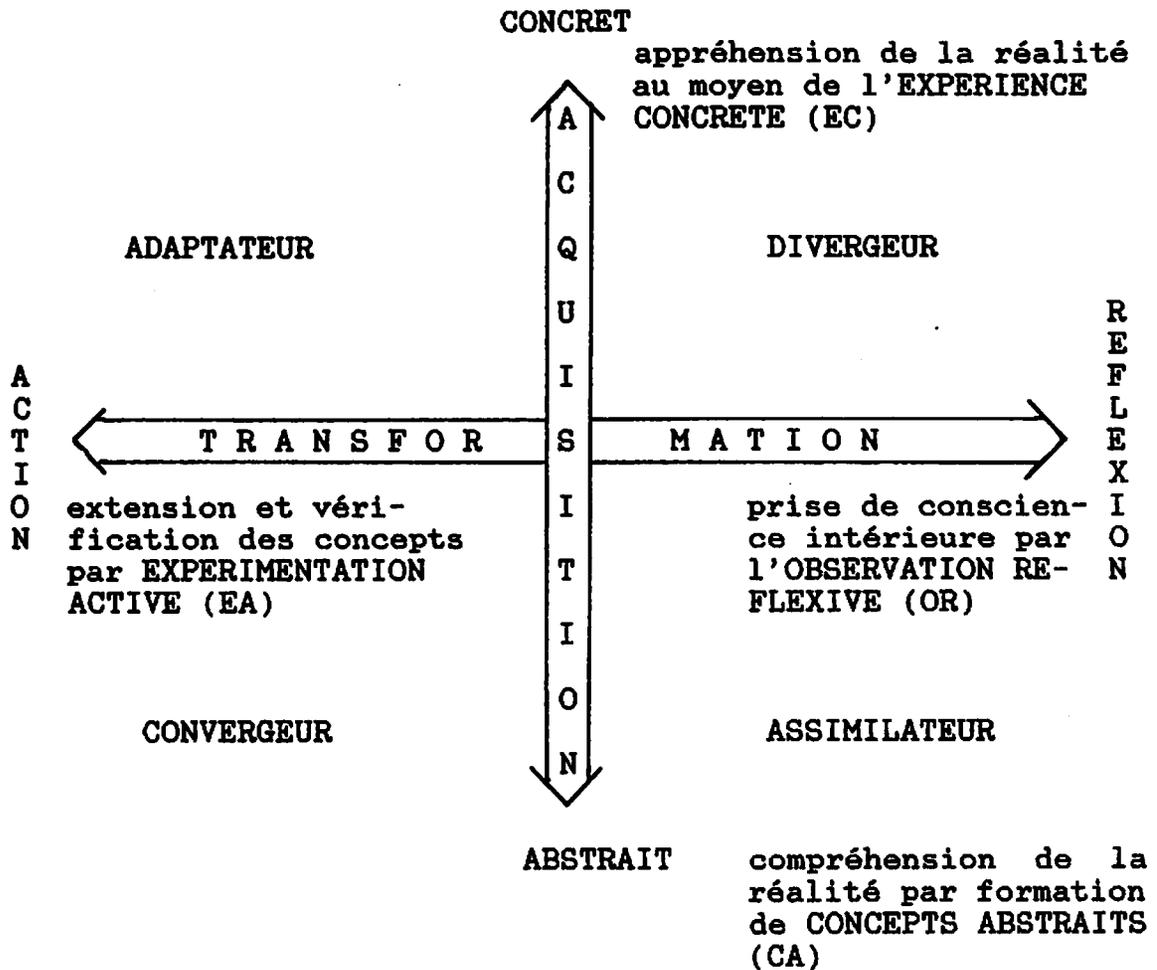


Schéma 1: Modèle de Kolb

Il est assez intéressant de noter que le modèle de Kolb trouve son origine dans une situation problématique vécue et reliée à l'enseignement. On raconte en effet que le curriculum des étudiants en génie (M.I.T.) comportait un cours de psychologie qui ne recevait pas la faveur des étudiants auxquels il était adressé. Les responsables cherchaient donc désespérément de nouvelles façons d'enseigner cette matière. On crut s'apercevoir que les étudiants ne réagissaient pas tous de la même manière aux activités d'apprentissage proposées: certains rejetaient les notions théoriques pour ne s'intéresser qu'à la solution de problèmes pratiques, alors que, pour d'autres, ces mêmes exercices ne semblaient présenter absolument aucun intérêt. La notion de style d'apprentissage émergea graduellement de ces observations, et l'on commença à bâtir des cours autour de ce modèle, sur le terrain d'expérimentation commun que formaient ces étudiants et leurs professeurs impliqués dans la même

générale, mieux que ceux qui privilégient deux modes particuliers, mais ces différences ne sont significatives qu'entre le style CONVERGEUR et le profil intégrant les quatre styles d'apprentissage.

L'analyse statistique des données n'a donc pas permis de rejeter ici l'hypothèse nulle. Nous avons conclu simplement qu'il semblait exister une relation modérée entre les styles d'apprentissage et les performances en mathématiques au cours de calcul donné selon l'approche traditionnelle. Cette conclusion ne signifie évidemment pas que la même relation n'existe pas avec les autres cours de mathématiques dispensés selon d'autres approches, mais cette recherche n'a pas établi de résultats permettant de l'affirmer.

#### 4.3 Styles d'apprentissage et approches pédagogiques

Le schéma expérimental prévoyait que l'on compare les notes obtenues en mathématiques par les étudiants suivant l'approche expérimentale et l'approche traditionnelle, pour chacune des neuf classes de styles d'apprentissage. Une différence significative entre les moyennes aurait permis de conclure que les étudiants dotés d'un style d'apprentissage donné bénéficient davantage de l'une ou de l'autre approche. L'hypothèse optimiste prévoyait même qu'on pourrait utiliser ces résultats pour déterminer le profil d'apprentissage de la clientèle à laquelle il convenait de proposer la démarche d'apprentissage par la programmation. Cependant, l'impossibilité d'établir l'existence d'une relation style-performances en mathématiques pour les deux cours où les approches expérimentale et traditionnelle étaient utilisées (102, session d'automne et 103, session d'hiver) nous a fait douter de la pertinence de procéder à une analyse statistique dont nous n'aurions pas su interpréter les résultats de toute façon. Nous avons donc dû renoncer à étudier l'hypothèse 3 telle que formulée.

Cependant, même si les résultats de l'étude des hypothèses 1 et 2 conduisaient à déposer l'hypothèse 3, il était possible d'utiliser les données expérimentales pour établir un certain nombre de comparaisons post hoc entre les performances des étudiants suivant l'une et l'autre approches.

Un des problèmes de départ de cette recherche était le niveau de difficulté de l'approche pédagogique consistant à enseigner les mathématiques par la programmation. L'expérimentation menée en 84-85 avait en effet révélé que les notes en mathématiques étaient moins élevées, et que les taux d'annulation, d'abandon et d'échec étaient plus élevés dans

les groupes suivant cette approche que dans les groupes suivant l'approche traditionnelle. Toutefois, il avait été impossible de tirer des conclusions de ces données parce que les groupes n'étaient pas équivalents au départ.

Des indices autres que les notes avaient toutefois mené à poser l'hypothèse que l'approche expérimentale faisait appel à des modes d'apprentissage non privilégiés par les étudiants, et c'est pourquoi nous avons voulu aborder l'étude de ce problème dans le contexte de la théorie des styles d'apprentissage. Nous espérons arriver ainsi à expliquer une partie des difficultés rencontrées par les étudiants, et pouvoir par la suite leur apporter un support plus adéquat.

Nous reproduisons ici les données recueillies lors de l'expérimentation, sur lesquelles nous n'avons pas effectué les tests statistiques prévus dans le schéma original.

Les tableaux 11, 12, 13 et 14 présentent les notes quantitatives et les performances en termes de cotes, pour les étudiants ayant suivi l'approche expérimentale et l'approche traditionnelle, pour le cours 102 de la session d'automne et le cours 103 de la session d'hiver.

Tableau 11

Distributions de fréquence et statistiques des notes en 102  
selon les approches traditionnelle et expérimentale

| Classes            | App. traditionnelle |      | App. expérimentale |      |
|--------------------|---------------------|------|--------------------|------|
|                    | n                   | %    | n                  | %    |
| 0 - 59             | 35                  | 17,7 | 33                 | 35,1 |
| 60 - 69            | 56                  | 28,3 | 28                 | 29,8 |
| 70 - 79            | 41                  | 20,7 | 16                 | 17,0 |
| 80 - 89            | 21                  | 10,6 | 6                  | 6,4  |
| 90 -100            | 21                  | 10,6 | 0                  | 0,0  |
| total              | 174                 | 87,9 | 83                 | 88,3 |
| Moyenne/100        | 66,557              |      | 58,012             |      |
| Ecart-type         | 20,198              |      | 17,568             |      |
| Réussite seulement |                     |      |                    |      |
| Moyenne/100        | 72,00               |      | 69,420             |      |
| Ecart-type         | 11,589              |      | 7,749              |      |

Tableau 12  
Distributions de fréquence des performances  
en 102 selon les approches

| Cotes   | App. traditionnelle |       | App. expérimentale |       |
|---------|---------------------|-------|--------------------|-------|
|         | n                   | %     | n                  | %     |
| abandon | 24                  | 12,1  | 11                 | 11,7  |
| échec   | 35                  | 17,7  | 33                 | 35,1  |
| succès  | 139                 | 70,2  | 50                 | 53,2  |
| total   | 198                 | 100,0 | 94                 | 100,0 |

Tableau 13  
Distributions de fréquence et statistiques des notes en 103  
selon les approches traditionnelle et expérimentale

| Classes            | App. traditionnelle |      | App. expérimentale |      |
|--------------------|---------------------|------|--------------------|------|
|                    | n                   | %    | n                  | %    |
| 0 - 59             | 35                  | 20,6 | 14                 | 22,6 |
| 60 - 69            | 45                  | 26,5 | 8                  | 12,9 |
| 70 - 79            | 26                  | 15,3 | 15                 | 24,2 |
| 80 - 89            | 28                  | 16,5 | 9                  | 14,5 |
| 90 -100            | 19                  | 11,2 | 8                  | 12,9 |
| total              | 153                 | 90.1 | 54                 | 87.1 |
| Moyenne/100        | 67,00               |      | 66,32              |      |
| Ecart-type         | 21,01               |      | 23,43              |      |
| Réussite seulement |                     |      |                    |      |
| Moyenne/100        | 76,19               |      | 78,25              |      |
| Ecart-type         | 11.47               |      | 10,51              |      |

Tableau 14

Distributions de fréquence des performances  
en 103 selon les approches

| Cotes   | App. traditionnelle |       | App. expérimentale |       |
|---------|---------------------|-------|--------------------|-------|
|         | n                   | %     | n                  | %     |
| abandon | 17                  | 10,0  | 8                  | 12,9  |
| échec   | 35                  | 20,6  | 14                 | 22,6  |
| succès  | 118                 | 69,4  | 40                 | 64,5  |
| total   | 170                 | 100.0 | 62                 | 100.0 |

Dans le cas du cours 102, on remarque un taux d'échec plus élevé dans le cas de l'approche expérimentale, et une différence significative ( $p < ,01$ ) entre les moyennes.

Dans le cas du cours 103 de la session d'hiver, il n'existe aucune différence significative entre les taux d'abandon, d'échec et de succès, ni entre les moyennes générales. Le niveau de difficulté de l'approche expérimentale aurait donc été plus élevé à la première session, alors que les étudiants devaient apprendre à maîtriser le langage Logo et le travail sur ordinateur. Nous reviendrons sur l'interprétation de ces résultats dans le chapitre 5.

CHAPITRE 5

INTERPRETATION ET DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous avons réuni certaines données recueillies au cours de l'expérimentation et non utilisées dans la vérification des hypothèses. Nous y avons aussi inclus quelques réflexions sur des questions complémentaires aux divers sujets abordés dans ce rapport.

### 5.1 Styles d'apprentissage et orientation des études

Lors de la vérification de l'hypothèse 1, nous avons établi l'existence de différences individuelles entre les étudiants dans leur façon personnelle d'apprendre. Nous avons également établi que la distribution des styles d'apprentissage varie selon l'orientation et donc qu'il existe une certaine relation entre le style d'apprentissage de l'étudiant et son orientation au niveau collégial.

Or il existe des données expérimentales recueillies lors d'études portant sur la relation entre les styles d'apprentissage et l'orientation académique chez les étudiants de plusieurs universités et collèges américains (M.I.T., Harvard Business School, Université de l'Illinois, ...) Selon ces données, les étudiants appartenant à une même orientation présenteraient des similitudes importantes quant à leurs comportements en situation d'apprentissage, ce qui aurait permis d'identifier le style d'apprentissage dit caractéristique d'une orientation ou d'une carrière. Nous avons déjà fait allusion à ces généralisations lors de la description des caractéristiques propres à chacun des styles d'apprentissage.

Comme tous les résultats découlant de l'expérimentation en sciences humaines, les classifications produites par ces recherches ne coïncident pas parfaitement: ainsi, la plupart des recherches identifient les étudiants en sciences de l'administration (commerce, finance, comptabilité, marketing, ...) comme dotés du style ADAPTATEUR, mais certaines les placent dans la catégorie CONVERGEUR, près de l'axe dans les deux cas. Cependant, l'ensemble de ces recherches coïncident au sujet de la plupart des orientations universitaires.

Nous avons voulu comparer les profils de groupes des étudiants appartenant aux diverses orientations de niveau collégial considérées par cette recherche, afin de vérifier s'ils se rapprochaient des profils types établis pour les mêmes orientations de niveau universitaire par les recher-

ches mentionnées plus haut. Les résultats de cette comparaison sont présentés à la figure 1.

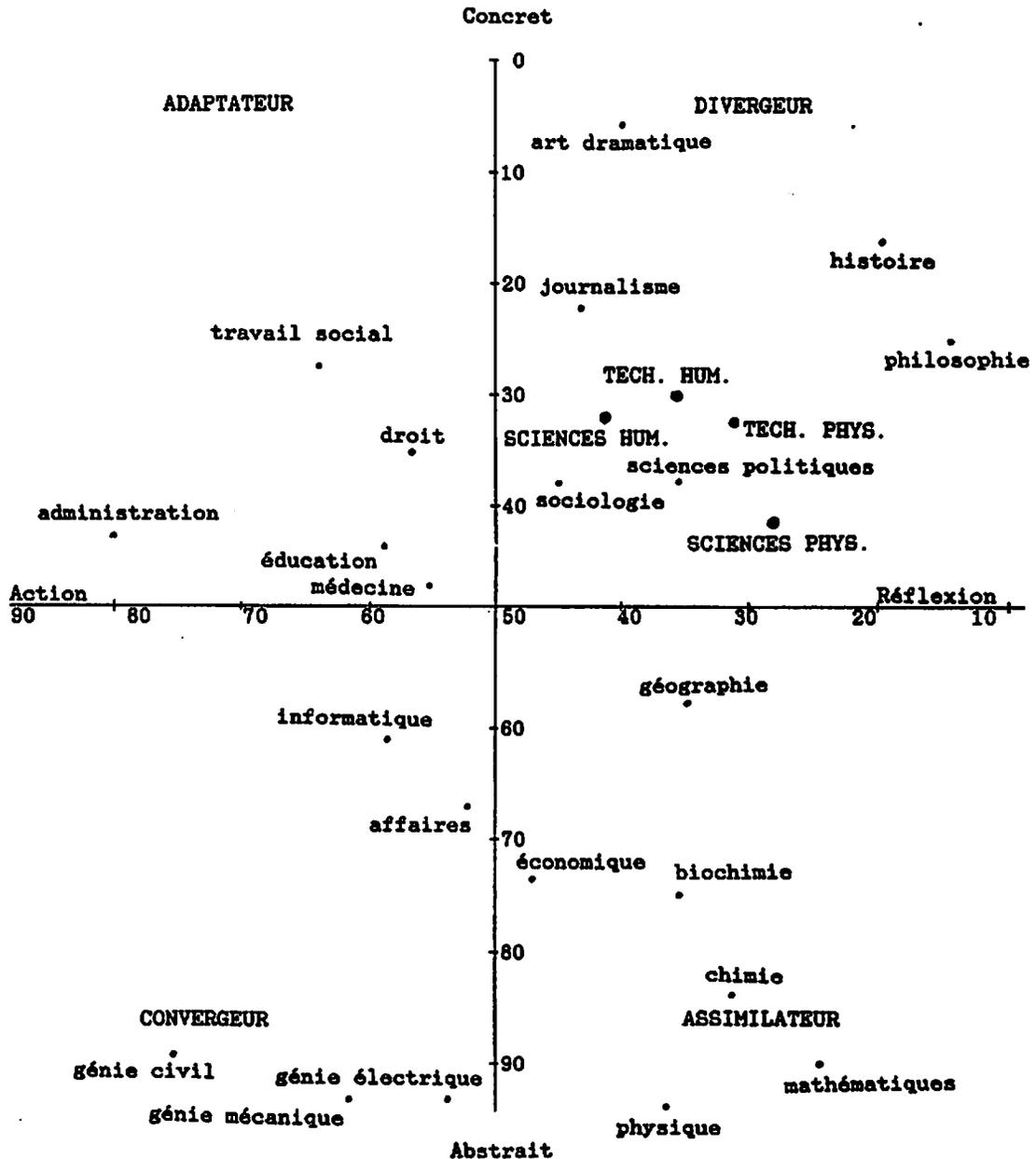


Figure 1: Comparaison des profils d'apprentissage de groupe

Pour les fins de cette comparaison, nous avons utilisé les résultats produits par la Commission d'étude Carnegie, parce qu'il semblait y avoir un consensus assez large à leur sujet. Nous voulons mentionner toutefois que nous n'avons reproduit qu'une partie seulement des données disponibles, soit celles qui semblaient correspondre aux orientations les plus connues dans notre milieu.

Nous constatons du premier coup d'oeil que les mesures obtenues à partir de l'échantillon de niveau collégial ne coïncident pas avec les données établies pour le niveau universitaire. Ainsi, par exemple, les étudiants en sciences, dont on pourrait s'attendre à ce que plusieurs optent pour des études et des carrières en sciences pures ou appliquées, ne présentent pas comme groupe les caractéristiques généralement attribuées au profil scientifique; tout au plus en sont-ils un peu plus rapprochés que les étudiants appartenant aux autres orientations. Il en va de même d'ailleurs pour toutes les autres orientations considérées.

Ceci n'a rien pour surprendre, étant donné que nous savions déjà qu'il n'y a pas homogénéité des styles à l'intérieur d'une même orientation au niveau collégial et que le style DIVERGEUR est le plus répandu dans toutes les orientations.

Ce tableau souligne toutefois que les étudiants de niveau collégial ne sont peut-être pas orientés de façon aussi définitive que la nomenclature des programmes pourrait le laisser entendre. Dans les faits, les étudiants du secteur général choisissent souvent l'orientation collégiale qui leur ouvrira les portes du plus grand nombre de facultés universitaires possible, parce que leur choix de carrière n'est pas encore fixé, ou parce qu'ils ne peuvent compter de façon certaine pouvoir entrer dans la faculté de leur choix. Quant aux étudiants du secteur professionnel, un grand nombre d'entre eux se réorienteront avant d'obtenir le diplôme d'études collégiales. Pour toutes ces raisons, il serait probablement erroné de considérer le niveau collégial comme un niveau d'études spécialisées, et les étudiants de ce niveau comme ayant nécessairement les caractéristiques typiques aux étudiants de niveau universitaire appartenant à la même orientation.

Le fait que les étudiants ayant suivi le même programme de formation au niveau universitaire présentent de très fortes similitudes quant à leur style d'apprentissage est généralement interprété comme un indice de l'impact que les études sous-graduées exercent sur le développement du style d'apprentissage. La relation style-orientation, dépistée lors de l'étude de l'hypothèse 1 serait donc en réalité une relation réflexive: au départ, les prédispositions naturelles d'un individu influencent son orientation, mais par la suite, les études reliées à l'orientation choisie exercent à leur tour une influence sur le développement du style d'apprentissage.

Il serait probablement intéressant de vérifier si les styles d'apprentissage des étudiants de 2<sup>e</sup> ou de 3<sup>e</sup> année au niveau collégial, donc une fois faites l'élimination et les réorientations, présentent collectivement plus d'homogénéité quant à leurs styles d'apprentissage, et si le profil de

groupe des étudiants appartenant à une même orientation se rapproche davantage de celui des étudiants de niveau universitaire appartenant à la même orientation.

## 5.2 Les modes d'apprentissage

Un des objectifs de cette recherche était de faire connaître les comportements en situation d'apprentissage des étudiants du niveau collégial. Dans cet ordre d'idées, l'étude de l'hypothèse 1 avait déjà permis de dégager quelques traits caractéristiques correspondant, selon les données de la recherche en ce domaine, aux styles d'apprentissage identifiés chez les étudiants appartenant à notre échantillon. Mais l'identification du style d'apprentissage dans le modèle de Kolb, résulte d'une manipulation de type mathématique des scores obtenus à l'I.S.A., lesquels scores mesurent la propension d'un individu à utiliser chaque mode d'apprentissage. C'est pourquoi nous avons voulu, à ce point, revenir aux scores mesurés par l'I.S.A. afin d'examiner de plus près les démarches d'apprentissage suivies par les étudiants du niveau collégial.

Nous avons déjà mentionné que le modèle proposé par Kolb est appuyé sur la théorie de l'apprentissage expérientiel mise de l'avant par Dewey, et qui est l'une des théories parmi d'autres décrivant le processus de l'apprentissage systématique fondé sur l'expérience.

On nous permettra de rappeler que cette théorie reconnaît deux dimensions à l'acte d'apprentissage, soient l'acquisition et la transformation de l'information. Chacune de ces dimensions est bi-polaire, et ce sont les préférences naturelles d'un sujet qui le porteront à privilégier l'un ou l'autre pôle, ou à référer également aux deux.

Ainsi, l'acquisition de l'information se fera plutôt de façon intuitive et à travers les perceptions sensorielles (mode identifié par les termes EXPERIENCE CONCRETE (EC) dans le modèle de Kolb), ou au contraire par l'intermédiaire de la formation et de l'intégration des concepts (CONCEPTUALISATION ABSTRAITE (CA)), ou encore à peu près également par l'un et l'autre modes.

De même, la transformation de l'information se fera au moyen de l'observation des faits, de l'analyse et de la réflexion (OBSERVATION REFLECHIE (OR)), par l'application pratique des connaissances acquises en vue de leur vérification, (EXPERIMENTATION ACTIVE (EA)), ou par les deux.

Ces quatre modes d'apprentissage forment un cycle pouvant se répéter à l'infini: appréhension, intériorisa-

tion, compréhension, extériorisation. On s'entend généralement pour situer l'origine de ce processus dans l'appréhension par l'EXPERIENCE CONCRETE, mais il n'est pas exclu que chez certains individus, ou dans certaines situations, le cycle débute par l'OBSERVATION REFLECHIE, ou par la CONCEPTUALISATION ABSTRAITE. De toutes façons, pour être complète, une démarche d'apprentissage doit comporter une utilisation même minimale de chacun de ces quatre modes.

Nous savons déjà que les étudiants du niveau collégial, non pris individuellement mais dans l'ensemble, privilégient massivement les modes EA et OR. Mais nous n'avons pas encore donné d'indice quant à la mesure dans laquelle ces étudiants réfèrent à ces deux modes d'apprentissage particuliers. C'est pourquoi nous avons construit le tableau 15, dans lequel on peut lire les fréquences observées dans notre échantillon pour chacune des cinq classes auxquelles on fait correspondre les scores relatifs à l'utilisation des modes d'apprentissage. Les fréquences théoriques de chaque classe ont été établies à partir d'un échantillon de 1933 sujets âgés de 18 à 60 ans, représentatif de la population adulte scolarisée (Gauthier, Poulin, 1983).

Tableau 15

Utilisation des modes d'apprentissage

|    |         |         |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| EC | 11 et - | 12 - 13 | 14 - 15 | 16 - 17 | 18 et + |
| a  | 20%     | 40%     | 60%     | 80%     | 100%    |
| b  | 16,1%   | 14,5%   | 21,7%   | 20,7%   | 27%     |
| c  | 16,1%   | 30,6%   | 52,3%   | 73%     | 100%    |
| OR | 10 et - | 11 - 12 | 13 - 14 | 15 - 16 | 17 et + |
| b  | 4,3%    | 13,8%   | 23,9%   | 24,9%   | 33,1%   |
| c  | 4,3%    | 18,1%   | 42,0%   | 66,9%   | 100%    |
| CA | 14 et - | 15 - 16 | 17 - 18 | 19 - 20 | 21 et + |
| b  | 33,6%   | 24,0%   | 19,6%   | 16,6%   | 6,2%    |
| c  | 33,6%   | 57,6%   | 77,2%   | 93,8%   | 100%    |
| EA | 13 et - | 14 - 15 | 16      | 17 - 18 | 19 et + |
| b  | 36,1%   | 22,3%   | 10,5%   | 18,5%   | 12,6%   |
| c  | 36,1%   | 58,4%   | 68,9%   | 87,4%   | 100%    |

a: fréquence cumulative théorique (idem pour OR, CA, EA)

b: fréquence observée

c: fréquence cumulative observée

Les données du tableau 15 complètent et confirment les renseignements dont nous disposions déjà. On y lit en effet que 27% des étudiants réfèrent à l'apprentissage par EXPERIENCE CONCRETE plus que 80% de la population (représentée par l'échantillon mentionné plus haut) et que 33% des étudiants utilisent l'OBSERVATION REFLECHIE plus que 80% de cette population. Par contre, dans le cas de la CONCEPTUALISATION ABSTRAITE, on ne retrouve plus que 6% des étudiants au-dessus du centile 80, et 13% dans le cas de l'EXPERIMENTATION ACTIVE. La formation de concepts et leur vérification expérimentale sont donc des activités auxquelles il semble qu'un très petit nombre d'étudiants accèdent pleinement.

Il apparaît donc que, chez une majorité d'étudiants, la démarche d'apprentissage reste souvent incomplète, puisque la formation de concepts dérivés de l'expérience et de l'observation, et leur vérification par l'application expérimentale ne font pas partie des activités d'apprentissage habituelles. Or sans conceptualisation, et sans application des concepts, l'apprentissage ne peut être que superficiel car il ne peut y avoir de compréhension ni de véritable construction ou appropriation du savoir.

Ceci nous ramène à nos considérations de départ, dans lesquelles nous faisons état de deux niveaux d'apprentissage des mathématiques, et nous émettions l'opinion que les tests utilisés pour l'évaluation des apprentissages scolaires ne mesurent souvent que l'habileté à appliquer des algorithmes ou à reproduire des solutions à partir d'un modèle proposé en classe. Selon les données recueillies (voir tableau 4), environ 89% des étudiants ont peu recours à la conceptualisation. Si celle-ci était nécessaire pour réussir aux examens, il serait normal que le taux d'échec soit voisin de 89%; or de façon générale, ce sont les taux de réussite qui se situent entre 60 et 70%. Si l'identification des styles d'apprentissage obtenue par le moyen de l'Inventaire de Kolb décrit de façon adéquate les comportements de nos étudiants en situation d'apprentissage, on est justifié de conclure qu'il est possible de réussir les cours de mathématiques de niveau collégial sans qu'il y ait compréhension profonde ni appropriation véritable des connaissances par le truchement de la formation de concepts.

### 5.3 Modes d'apprentissage et enseignement

Que signifient ces résultats dans le contexte de la réalité quotidienne de la classe de mathématiques?

L'interprétation la plus courante des données mesurant l'utilisation des différents modes d'apprentissage enseigne

que cette préférence massive pour l'appréhension du réel par le concret plutôt que par l'abstrait est caractéristique d'étudiants globalement plus intéressés par les arts et les sciences humaines et sociales, que par les sciences de la nature et les mathématiques; d'étudiants qui valorisent peu les cours magistraux et les approches théoriques, et leur préfèrent de beaucoup les démarches favorisant la participation, les échanges et les discussions.

De même, l'inclination pour la réflexion plutôt que pour l'action traduit des aptitudes pour l'observation, l'analyse des faits et la recherche expérimentale en général et assez peu de dispositions naturelles pour l'application pratique des connaissances et la confrontation du construit mental avec la réalité.

### 5.3.1 Stratégies pédagogiques

La pédagogie qui sous-tend l'enseignement des mathématiques au niveau collégial tient-elle compte des caractéristiques de cette fraction importante de la clientèle des cours de mathématiques? Et d'ailleurs, dans quelle mesure pouvons-nous et devons-nous tenir compte des caractéristiques des étudiants auxquels notre enseignement est adressé? Ces questions posent le problème de la stratégie à adopter une fois faite l'identification des styles d'apprentissage: faut-il ou non paier les styles d'apprentissage et les approches d'enseignement?

La stratégie du pairage consiste à choisir des approches pédagogiques qui feront appel aux modes d'apprentissage privilégiés naturellement par les étudiants. On conçoit assez facilement que cette stratégie a de fortes chances d'augmenter chez l'étudiant la confiance et l'estime de soi, la satisfaction en cours d'apprentissage, et possiblement même les performances académiques.

La stratégie inverse consiste plutôt à proposer à l'étudiant des approches qui l'inciteront à recourir à des modes autres que ceux qu'il choisirait naturellement. Il n'est pas dit que cette attitude, qui risque fort d'être moins appréciée de l'étudiant au départ, ne pourrait pas éventuellement déboucher sur des résultats supérieurs à ceux qu'on peut obtenir par le pairage, via une plus grande actualisation de son potentiel d'apprenant.

Selon la compréhension que nous avons des travaux de Kolb, il semble qu'un individu laissé à lui-même accentuera les caractéristiques du style qui lui est naturel, suite aux objectifs qu'il poursuivra et aux expériences dans lesquelles il s'engagera. D'ailleurs même dans le contexte scolaire, selon une étude d'Altmeyer rapportée par Claxton et Ralston (1978), il semble que le fait de favoriser le

développement d'une habileté cognitive particulière puisse entraîner la régression d'un autre type d'habileté. En mesurant les habiletés d'étudiants inscrits en sciences appliquées et aux beaux-arts, Altmeyer aurait constaté en effet que, tel que prévu, les étudiants en sciences obtenaient de meilleurs scores au test de raisonnement analytique, tandis que les étudiants en arts obtenaient de meilleurs résultats au test mesurant la pensée créatrice, et que l'écart entre les deux groupes était allé en s'accroissant au cours des années d'études, les premiers devenant plus analytiques et moins créatifs qu'auparavant, et les seconds plus créatifs et moins analytiques.

D'autre part, toujours selon Kolb qui se montre très préoccupé par l'aspect dialectique du style d'apprentissage, un individu n'atteindrait sa capacité maximale d'adaptation que lorsqu'il aurait intégré les modes d'apprentissages non dominants chez lui au départ.

A tout considérer donc, puisque les aptitudes naturelles ont une tendance à se développer avec ou sans intervention, il semble que le meilleur choix dans un contexte d'éducation serait d'opter pour une stratégie mitoyenne qui consisterait à capitaliser sur les dispositions naturelles de l'apprenant dans le but de favoriser le développement de ses ressources potentielles non encore actualisées.

Dans cette perspective, quelles mesures concrètes l'enseignement pourrait-il faire siennes?

Comme la première partie de cette stratégie repose sur le respect et le renforcement des dispositions naturelles des étudiants, on peut penser à diverses mesures concernant la motivation, l'organisation, les modes d'évaluation et les approches pédagogiques.

Puisque la clientèle semble comporter une majorité d'étudiants peu intéressés a priori par l'étude des mathématiques, mais inscrits quand même à ces cours à cause des exigences des programmes de formation professionnelle ou des structures d'accueil à l'université, il apparaît qu'un soin particulier devrait être accordé au départ à la motivation de ces étudiants à l'étude de cette discipline. Diverses mesures extérieures telles des objectifs et des exigences bien définis, l'évaluation continue ou une bonne relation étudiant-professeur peuvent contribuer à augmenter cette motivation. Cependant, comme il semble selon les théories de l'apprentissage (Skemp, 1979) que nul sinon l'apprenant ne peut fixer les objectifs de l'apprentissage, il vaudrait peut-être mieux ne pas compter trop sur ces mesures et viser l'augmentation de la motivation intrinsèque en présentant, par exemple, des mathématiques signifiantes, c'est-à-dire qui contiennent en elles-mêmes leur propre

justification, et en s'assurant que l'étudiant fera, au cours de ses premiers essais, l'expérience du succès. Est-il rien de plus démotivant, en effet, que d'être condamné à apprendre une matière qui paraît difficile et parfaitement inutile, ou de s'engager dans une démarche d'apprentissage dont on est convaincu à l'avance qu'elle aboutira à l'échec?

De même, puisqu'il semble qu'une majorité d'étudiants ne perçoivent pas la réalité autrement que par le concret, on devrait présenter toutes les notions mathématiques sans exception, à partir de situations concrètes (pratique assez répandue, ou du moins, reconnue), et ne pas oublier de retourner à la réalité après l'élaboration de la théorie (ce qui est plus souvent omis).

Du point de vue de l'organisation du travail et du choix des approches, il faudrait reconnaître le droit des étudiants à travailler seul ou en équipe, selon leurs préférences, et varier les approches en faisant place aux discussions en petit ou en grand groupes, et en favorisant la participation à des projets à caractère mathématique (on le fait bien en statistiques; pourquoi ne pas le faire aussi en calcul ou en algèbre linéaire? Ce ne sont pas les problèmes pratiques qui manquent, mais plutôt l'habitude d'appliquer la théorie à la réalité) plutôt que de recourir uniquement à l'exposé magistral et aux exercices des manuels scolaires qualifiés à tort de "pratiques".

Enfin il ne serait pas impensable de proposer aux étudiants un choix dans les modes d'évaluation. S'il existe autant de différences entre les comportements des étudiants en situation d'apprentissage, il doit en exister aussi entre leurs comportements à l'évaluation. Ainsi, par exemple, il paraît injuste de soumettre à un examen objectif, un étudiant dont la pensée analytique est "sous-développée", à moins qu'on ne l'ait entraîné au préalable à ce genre de test, ce qui est rarement le cas. (Et que dire de la correction négative?)

Ayant favorisé chez l'étudiant l'apparition d'attitudes positives envers soi et envers les mathématiques par le respect de ses préférences personnelles en matière d'apprentissage, la deuxième partie de la stratégie consisterait à l'amener à la pleine actualisation de son potentiel en adoptant des mesures qui l'incitent au dépassement de soi.

Quel enseignant n'a pas connu cet étudiant anonyme, assis au fond de la classe, qui ne pose jamais de question, répond que tout va bien lorsqu'on lui propose des explications individuelles, si bien qu'à la fin de la session, il est encore difficile de l'appeler par son nom? Ce comportement est souvent mis au compte de la timidité mais la théorie des styles d'apprentissage nous apprend que

ce comportement est typique des sujets plus orientés vers la réflexion que vers l'action, et pour lesquels la vérification de leurs connaissances et leur confrontation à celles des autres et à la réalité est peu importante. Si les performances académiques de ce sujet laissent à désirer, il pourrait lui être fort utile de rencontrer un professeur qui l'amène à communiquer davantage avec ses pairs et ses professeurs en situation d'apprentissage, et à consulter ceux-ci au besoin.

Au cours des analyses précédentes, nous avons vu que l'apprentissage expérientiel était court-circuité d'une façon ou d'une autre chez environ 83% des étudiants. Nous pensons particulièrement ici à la conceptualisation. Puisque la formation de concepts est une activité essentielle à la compréhension et à l'activité mathématique, et il y a généralement consensus à ce sujet, il faut à tout prix amener les étudiants à y avoir accès. Comment amener ces étudiants à intégrer ces modes d'apprentissage non-dominants, sinon en leur proposant des activités au cours desquelles l'utilisation de ces modes ne sera plus facultative mais obligatoire?

### 5.3.2 Apprentissage par la programmation

Cette stratégie est celle que nous tentons d'appliquer en ajoutant la programmation aux activités habituelles d'apprentissage des mathématiques. Au cours de ce rapport, nous avons mentionné à quelques reprises que cette approche expérimentale semblait présenter un niveau de difficulté supérieur à celui que présente l'approche traditionnelle, et que nous avons l'intention d'examiner ces difficultés à la lumière de ce que nous aurions appris au sujet des styles d'apprentissage des étudiants.

Lorsque nous avons rapporté les résultats académiques obtenus par les étudiants suivant les approches traditionnelle et expérimentale, (voir tableaux 11 à 14), nous avons souligné qu'il existait une différence significative entre les résultats selon les approches pour la première session, mais non pour la deuxième.

La cause de difficulté la plus évidente semble donc liée à l'introduction de la programmation dans les activités d'apprentissage, ce qui requiert la maîtrise d'un langage et l'acquisition des habiletés nécessaires au travail sur ordinateur. Nous estimons que, sur les quelque 75 heures que comporte un cours de mathématiques, environ une quinzaine sont affectées à cet apprentissage particulier, car pour un bon nombre d'étudiants, cette approche représente encore une première exposition à la programmation, surtout en langage Logo. Il est certain que, si l'on est convaincu que tout le temps consacré en classe à l'apprentissage des mathématiques

selon les méthodes traditionnelles est utilisé à bon escient, alors on ne dispose pas de temps pour des activités d'apprentissage supplémentaires, fût-ce de la programmation. Mais cette attitude qui nécessite une confiance inébranlable dans les vertus de l'enseignement traditionnel, confiance qui n'est peut-être pas justifiée par les résultats qu'il permet d'obtenir chez un bon nombre d'élèves, n'est pas la nôtre.

Les activités de programmation proposées aux étudiants dans le cadre de nos cours ne requièrent que l'utilisation de moins d'une centaine de mots ou primitives, qui conservent dans ce langage leur sens usuel français, et la maîtrise de règles de syntaxe relativement simples. Or le maniement du langage formel qu'utilisent les mathématiques présente également des difficultés, mais, à leur entrée au niveau collégial, les étudiants sont déjà familiers avec son vocabulaire et sa structure. D'ailleurs, même s'ils le manient incorrectement, ce qui est souvent le cas, le professeur aura tendance à faire la part des choses, à lire ce qu'ils voulaient écrire, plutôt que ce qu'ils ont écrit réellement. L'ordinateur est un maître beaucoup plus intransigeant, qui n'acceptera aucune erreur ou imprécision dans la grammaire ou la syntaxe. Il est permis de se demander lequel rend le meilleur service à l'élève.

Cependant, selon toute vraisemblance, cette difficulté devrait aller s'amenuisant avec les années. De plus en plus d'étudiants accèdent au niveau collégial après avoir reçu une initiation à la programmation au niveau secondaire. Dans nos classes expérimentales, ce taux est passé de 12% en 1984, à 35 % en 1985 et à 60 % en 1986. C'est d'ailleurs en vue de pouvoir proposer à cette clientèle de demain une démarche alternative que nous conduisons aujourd'hui ces travaux de recherche.

L'effet le plus évident de cette affectation du temps de classe à des activités de programmation en laboratoire est d'augmenter la charge de travail de l'étudiant, notamment en ce qui concerne le nombre d'heures qu'il devrait consacrer aux mathématiques en-dehors du temps de classe ou de laboratoire.

A ce sujet, les témoignages des étudiants impliqués dans la démarche expérimentale étaient unanimes: leur charge de travail leur paraissait beaucoup plus lourde que celle des étudiants suivant la démarche traditionnelle. Invités à chiffrer le nombre d'heures de travail qu'ils devaient mettre sur ce cours en dehors des 5 hres/sem. passées ensemble en classe ou au laboratoire, les étudiants ne déclaraient pas y passer plus de temps que leurs collègues des autres classes (environ 3 à 5 hres/sem.) Il semble cependant qu'à ce rythme, ils n'arrivaient pas à compléter leurs travaux à temps. Nous avons donc, à leur demande, pris

les dispositions nécessaires pour que le laboratoire leur soit rendu accessible à certaines périodes en-dehors des heures prévues à l'horaire à cet effet; nous avons cherché à rendre notre matériel d'apprentissage plus explicite, et nous avons investi beaucoup d'efforts dans le réaménagement de la charge de travail globale, afin d'en arriver à une formule équilibrée donnant une combinaison acceptable d'heures de travail en classe, au laboratoire et à la maison.

Il est assez normal qu'on doive apporter des ajustements en cours de route, à une formule pédagogique en voie de définition. Toutefois, nous ne croyons pas que l'apprentissage préalable de la programmation, ni le réaménagement de la charge de travail ne réussiront à éliminer toute difficulté de cette approche à l'apprentissage des mathématiques; nous soupçonnons en effet, ainsi que nous l'avons mentionné au chapitre 1, que cette démarche, qui vise le développement de structures mentales, fait appel à des modes d'apprentissage non privilégiés de façon naturelle par nos étudiants, et qu'elle implique des tâches requérant des habiletés cognitives d'ordre supérieur pour lesquelles nos étudiants ne semblent pas spécialement bien préparés.

Dans les lignes qui suivent, nous allons présenter une analyse comparant les activités que nous proposons à nos étudiants dans la démarche d'apprentissage traditionnelle et dans celle qui inclut la programmation. Pour des raisons évidentes, cette analyse ne sera pas aussi détaillée qu'elle aurait pu l'être: à elle seule, en effet, elle aurait pu faire l'objet d'une recherche sur l'apprentissage. Néanmoins, nous allons tenter, avec les moyens du bord, de déterminer à quels modes d'apprentissage et à quelles habiletés cette activité fait appel.

Apprentissage visé: dérivation des fonctions algébriques.

Préalables: -définition de la dérivée  
-démonstration des règles de dérivation

Dans la démarche traditionnelle, pour aider l'étudiant à atteindre l'objectif visé, nous lui proposerions une ou plusieurs des activités suivantes:

-utiliser la définition de la dérivée pour établir la dérivée formelle de quelques fonctions algébriques simples.

-établir les règles de dérivation.

-appliquer ces règles pour obtenir la dérivée d'un grand nombre de fonctions algébriques allant des formes simples aux plus compliquées.

Dans la taxonomie de Gagné, (déjà utilisée dans nos recherches précédentes) les activités d'apprentissage sont classées en cinq catégories, soient: information verbale, habiletés intellectuelles (discrimination, concept concret, concept défini, application de règles, établissement de règles), stratégies cognitives, attitudes et habiletés motrices.

Nous observons que les trois activités qui visent la maîtrise de la dérivation des fonctions algébriques relèvent des deux premières catégories. En effet, la première nécessite l'application à une fonction particulière, d'un concept défini (définition de la dérivée). La seconde requiert l'application du même concept à des fonctions données sous leur forme générale, mais elle ne relève pas de la génération de règles car elle consiste à reproduire des démonstrations déjà faites en classe ou exposées dans les manuels. La troisième relève à la fois de l'information verbale (énoncé des règles de dérivation) et du développement des habiletés nécessaires à la discrimination des différentes formes de fonctions, à l'identification de la forme de la fonction à dériver, au choix de la règle appropriée ainsi qu'à l'application de cette règle.

En termes de modes d'apprentissage, nous observons que ces mêmes activités font appel aux quatre modes de l'apprentissage expérientiel (avec quelque réserve au sujet de l'EXPERIENCE CONCRETE, puisque les seuls objets manipulés seront des fonctions représentées par une équation algébrique particulière ou sous leur forme générale). Ces activités requièrent effectivement l'observation et la réflexion, ainsi que la manipulation de concepts (fonction, variable, dérivée). L'activité principale demeure cependant l'application des règles de dérivation, qui constitue une activité de résolution de problèmes impliquant un grand nombre de manipulations algébriques ayant pour but de présenter la dérivée sous une forme simplifiée. Nous hésitons toutefois à qualifier cette activité d'EXPERIMENTATION ACTIVE à cause du peu de participation de l'étudiant dans la construction de la situation expérimentale.

Les difficultés que les étudiants rencontrent au cours de ces activités peuvent se situer théoriquement au niveau de l'information verbale, (ne pas connaître les règles de dérivation), ou au niveau des habiletés cognitives (ne pas identifier correctement la forme de la fonction à dériver). Dans la pratique, la plupart des difficultés se situeront au niveau opératoire, dans l'application des règles de dérivation ou dans les manipulations algébriques qui s'ensuivent. Les étudiants chez lesquels la conceptualisation est ardue éprouveront plus de difficultés à manipuler les fonctions représentées sous leur forme générale qu'au moyen d'une équation algébrique particulière, ce qui est

la raison pour laquelle la seconde activité est souvent supprimée. L'ensemble de ces activités ne présentent cependant pas d'autres difficultés au plan conceptuel.

Dans la démarche par la programmation, l'activité proposée consisterait à construire un outil pouvant guider un utilisateur dans la recherche de la dérivée formelle des fonctions algébriques.

Une façon de résoudre ce problème pourrait être de construire un logiciel interactif, qui poserait à l'utilisateur les questions nécessaires à l'identification de la forme algébrique de la fonction, appliquerait les règles de dérivation appropriées et retournerait la dérivée cherchée. A ce stade, nous référons le lecteur à la fin de ce rapport, où il trouvera un exemple de programme et une trace d'exécution (Haguel, 1986).

### Expérience concrète

L'objet manipulé par l'étudiant est une fonction, représentée sous sa forme algébrique par une équation. En Logo, une fonction est représentée sous forme d'une liste exécutable. Appelons F cette fonction.

L'objet de la recherche est aussi une fonction (dérivée de la première) qui sera également représentée par une équation en algèbre, et par une liste en Logo. Appelons-la F'.

Les outils dont dispose l'étudiant sont les premières règles de dérivation usuelles:

$$\begin{array}{ll}
 (c)' = 0 & (f + g)' = f' + g' \\
 (x)' = 1 & (f - g)' = f' - g' \\
 (x^n)' = nx^{n-1} & (fg)' = fg' + gf' \\
 (cf)' = cf' & \left(\frac{f}{g}\right)' = \frac{gf' - fg'}{g^2}
 \end{array}$$

### Conceptualisation

L'étudiant conçoit un premier modèle de solution:



Schéma 2: 1er modèle de solution

A partir de ce moment, l'objet manipulé par l'étudiant sera ce modèle de solution qu'il modifiera progressivement.

### Observation réfléchie

L'analyse du problème amène l'étudiant à le décomposer en deux sous-problèmes:

sous-problème 1: analyse syntaxique de la fonction

sous-problème 2: application des règles de dérivation

Selon le principe "une tâche-une procédure", le programme devrait donc être composé de plusieurs procédures: l'une chargée de conduire l'analyse syntaxique, et autant de procédures qu'il y a de règles de dérivation. Comme le choix des règles à appliquer dépend des résultats de l'analyse de la fonction, la procédure effectuant l'analyse sera une super-procédure, c'est -à-dire qu'elle commandera l'exécution des sous-procédures appliquant les règles de dérivation. De plus, pour qu'il y ait communication entre l'utilisateur et l'ordinateur, la super-procédure devra être interactive.

### Conceptualisation

Le modèle de la solution se précise:

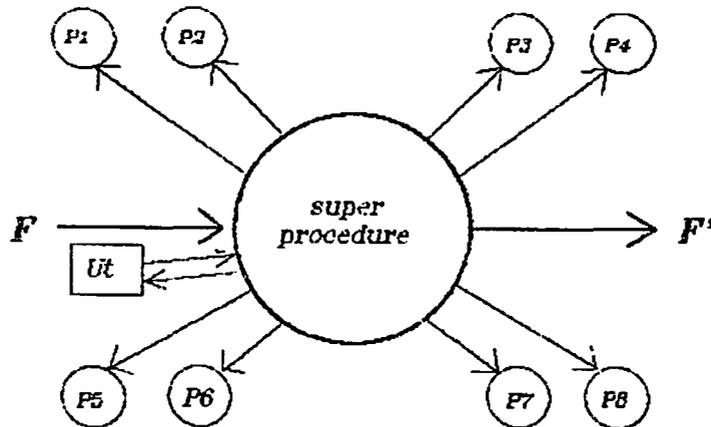


Schéma 3: 2è modèle de la solution

### Expérimentation active

L'étudiant peut déjà commencer à concevoir son programme. Il choisit un nom significatif pour la super-procédure, DERIVEE, et décide de garder F comme nom de la variable. La super-procédure devra contenir deux types d'instructions:

- une question adressée à l'utilisateur, et
- une instruction qui analysera la réponse de celui-ci, et

appellera la sous-procédure appropriée.

Il peut donc commencer le codage de la super-procédure.

```
POUR DERIVEE :F
(ECRIS :F [EST-ELLE CONSTANTE?])
SI LISLISTE = [OUI] ALORS RETOURNE DCONSTANTE
FIN
```

Comme la dérivée d'une fonction constante est elle-même une fonction constante, la sous-procédure appliquant cette règle n'aura pas de variable.

```
POUR DCONSTANTE
RETOURNE [0]
FIN
```

L'étudiant teste son programme avec une fonction constante. S'il n'obtient pas le résultat désiré, il cherche d'abord les erreurs de syntaxe:

- les ":" devant la variable lorsqu'il réfère à sa valeur;
- les parenthèses autour de la première instruction pour signifier que la commande ECRIS a plus d'une entrée;
- les crochets autour du OUI dans la deuxième instruction, car la réponse de l'utilisateur est retournée à Logo sous forme de liste.

Lorsque le programme fonctionnera correctement, l'étudiant continuera la construction de la super-procédure et écrira la sous-procédure permettant de dériver la fonction identité.

Dans le cas de la dérivée de  $x^n$ , la super-procédure devra demander à l'utilisateur la valeur de l'exposant  $n$ , et créer une variable locale ayant  $n$  pour valeur, avant d'appeler la sous-procédure appropriée, laquelle contiendra cette fois une variable.

```
POUR DPUISSANCE :N
RETOURNE (PHRASE :N [* (PUISSANCE :X) :N - 1 []])
FIN
```

A la quatrième sous-procédure, nouveau changement: la règle de dérivation du produit d'une fonction par une constante ne retourne pas elle-même la fonction dérivée mais commande le produit de la constante par la dérivée de la fonction.

### Conceptualisation

Le schéma de la solution change donc encore une fois: les relations entre la super-procédure et les trois premières sous-procédures sont à "sens unique" alors que celles qui lient les cinq dernières règles de dérivation à la super-procédure sont à "double sens".

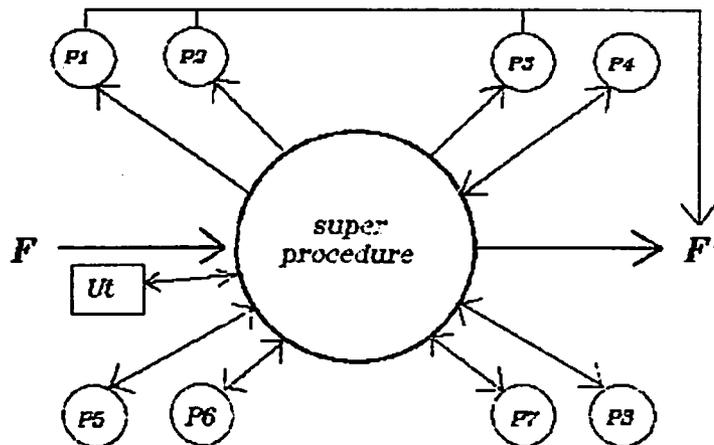


Schéma 4: 3<sup>e</sup> modèle de solution

Suite à cette constatation, l'étudiant aura divers choix à faire: il pourra décider de supprimer les procédures P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub>, et insérer ces règles de dérivation dans la procédure maîtresse, ou conserver à son programme sa structure actuelle; il pourra également décider de traiter ou non le cas particulier de la fonction identité.

Le processus continue ainsi jusqu'à ce que le problème soit résolu et le programme complété. La solution de ce problème demande donc à l'étudiant de fréquentes références aux quatre modes de l'apprentissage expérimentiel. L'objet manipulé par l'étudiant est concret: c'est un programme, il le construit progressivement, surveille son exécution, le reprend, le corrige et le modifie selon ce qu'il observe à l'écran, et selon que change sa conception de la solution. L'ordinateur est un instrument de laboratoire qui lui permet non seulement de tester son programme mais aussi de vérifier ses hypothèses.

A quelles habiletés la solution de ce problème fait-elle appel? Sans aucun doute, aux mêmes habiletés que la démarche traditionnelle, mais on sent que des habiletés additionnelles sont requises, habiletés qui ne sont pas reliées uniquement à la programmation: A titre de réponse à cette dernière question, nous soumettons la liste suivante:

-information verbale:

- .énoncé des règles de dérivation
- .vocabulaire et syntaxe Logo

-habiletés intellectuelles:

- .discrimination: .différentes formes de fonctions
- .différentes règles de dérivation
- .variables locales et globales

- .concept concret: .identification de la forme de la fonction
    - .nature des variables entrées et sortie
  - .concept défini: classification des fonctions
  - .règle: choix de la règle appropriée
  - .établissement de règles: .construction de méta-règles de dérivation qui permettent de distinguer entre les règles qui produisent la dérivée et celles qui retournent à la super-procédure.
    - .généralisation
- stratégies cognitives:
- .décomposition du problème en sous-problèmes
  - .élaboration d'une structure hiérarchique
    - .modification progressive du modèle de solution
    - .examen critique du programme et de sa sortie
  - habileté motrice: efficacité au clavier et dans la manipulation des fichiers.

Cette activité donnera également à l'étudiant l'occasion, ainsi que nous avons pu le constater, d'utiliser son imagination et sa créativité, dans la construction du texte s'adressant à l'utilisateur, ainsi que dans le choix de traiter ou non des cas particuliers, et dans la décision de compléter ou non son programme afin d'y inclure la dérivation des fonctions composées, ainsi que celle des fonctions trigonométriques, exponentielles et logarithmiques.

On aura compris que l'objectif de cette activité n'est pas d'utiliser le logiciel construit pour obtenir la dérivée d'un grand nombre de fonctions (MUMATH serait tellement plus performant!) mais bien de comprendre le fonctionnement de l'opération dérivation qui est centrale au calcul différentiel. En d'autres mots, afin d'amener l'étudiant à se construire une représentation mentale adéquate et fonctionnelle de la dérivée, au lieu de lui demander d'effectuer un grand nombre d'opérations qui peuvent être traitées avantageusement par l'ordinateur, nous lui proposons d'en construire un modèle formel.

Les difficultés rencontrées par les étudiants dans la construction de ce logiciel ne sont pas les mêmes que celles auxquelles ils se heurtent dans les activités proposées selon l'approche traditionnelle. Un donné pour un rendu: les embûches du langage algébrique sont troquées contre celles du langage de programmation. (Personnellement, nous croyons que les exigences du langage informatique sont plus aisément justifiables, et que souvent elles peuvent même aider à clarifier le langage algébrique. Nous ne pouvons nous permettre de discuter ici cette question, mais nous suggérons au lecteur de vérifier combien d'étudiants savent vraiment que le terme  $2x$  représente le produit de 2 par  $x$ .) Mais comme les activités balayent plus largement le champ

des habiletés cognitives, le nombre de points d'où peuvent surgir les difficultés est plus grand. La construction du programme présente-t-elle des difficultés? Certainement! Mais comme sa structure est isomorphe à celle du processus de dérivation, la compréhension de l'un ne peut que favoriser la compréhension de l'autre.

De ce qui précède, nous tirons que l'utilisation de la programmation dans l'apprentissage des mathématiques selon le modèle que nous avons défini et que nous continuons de soumettre à l'expérimentation réfère aux mêmes modes de l'apprentissage expérientiel que la démarche traditionnelle, mais que, comme cette démarche exige un comportement actif à tous les stades de l'apprentissage, elle oblige l'étudiant à fournir un apport personnel plus considérable dans chacun de ces modes particulièrement au plan de la conceptualisation (construction de modèles), et de l'expérimentation active (construction du programme). Nous concluons également que les tâches qu'elle propose aux étudiants exigent de ceux-ci l'utilisation de stratégies cognitives qui ne sont pas requises dans l'accomplissement des tâches demandées dans l'approche traditionnelle, et avec lesquelles ils ne sont donc pas familiers au départ.

Nous concluons donc que les difficultés de l'approche expérimentale ne sont pas dues seulement à l'apprentissage de la programmation, mais qu'elles sont également liées à des exigences plus élevées au plan des habiletés cognitives. Nous croyons que les résultats de cette recherche nous permettront d'apporter dans l'avenir, un support plus adéquat aux étudiants engagés dans cette démarche. Enfin, nous répétons que certaines mesures pourraient contribuer à atténuer ce niveau de difficulté: en particulier, l'évaluation des apprentissages selon un mode qui tiendrait davantage compte des objectifs visés par la démarche, plutôt que d'être axés sur le modèle traditionnel. Du côté informatique, il apparaît également urgent que nous ayons à notre disposition une version adaptée aux besoins de la situation d'apprentissage, et débarrassée des lourdeurs de syntaxe et des bugs qui sont une source de tracasseries quotidiennes pour les étudiants.

Ce que nous savons au sujet des modes d'apprentissage privilégiés par nos étudiants nous permet donc de comprendre qu'un grand nombre d'entre eux, soit ceux qui préfèrent la réflexion à l'action et ceux qui n'ont que peu accès à la conceptualisation, trouveront cette approche difficile. La comparaison des notes obtenues en mathématiques confirme ce diagnostic: la moyenne chez les sujets dotés de deux ou plusieurs styles complémentaires est plus élevée (dans les deux approches), mais chez les sujets dotés d'un style dominant, les deux moyennes les plus élevées sont celles des

sous-groupes ASSIMILATEUR et ADAPTATEUR (cours 102 et 103, approche expérimentale.)

Dès lors, à quelle clientèle conviendrait-il de proposer l'apprentissage des mathématiques par la programmation? Théoriquement, dans une stratégie de pairage strict, il faudrait la proposer aux étudiants qui privilégient l'apprentissage par l'observation et la conceptualisation, c'est-à-dire aux étudiants dotés du style ASSIMILATEUR, ainsi qu'aux étudiants dotés du style ADAPTATEUR, qui semblent faire preuve de prédispositions pour cette approche à cause de leur goût pour l'action. Il est évident que les étudiants dont le profil d'apprentissage intègre plusieurs modes ont également de bonnes chances de tirer profit de cette démarche. Cependant, nous éprouvons de grandes réticences à recommander une telle mesure, car elle nous semble refuser à des étudiants qui en ont besoin, une occasion de développer certaines habiletés intellectuelles. C'est pourquoi nous préférons nous abstenir de faire une telle recommandation. Ayant apporté quelque lumière sur les processus liés à l'apprentissage par la programmation, nous croyons que les agents intéressés, étudiants, professeurs, conseillers, pourraient désormais faire des choix éclairés en connaissance de cause: la stratégie d'apprentissage proposée aux étudiants dotés d'un autre style dominant pourrait ouvrir la porte à une plus grande utilisation des modes d'apprentissage non dominants, mais probablement au prix d'efforts plus considérables.

#### 5.4 Evolution du style d'apprentissage

Le style d'apprentissage d'un individu étant défini comme une réalité dynamique, issue de préférences naturelles et appelée à évoluer sous l'influence des expériences d'apprentissage, entre autres, nous avons voulu savoir s'il y avait eu évolution dans les styles d'apprentissages pour les étudiants au cours de leur première année au niveau collégial.

A cet effet, nous avons comparé la distribution des styles établie pour le secteur professionnel suite à l'administration de l'I.S.A. en septembre 85 et celle obtenue de la même façon en mai 86.

Le tableau 16 contient les deux distributions.

Tableau 16Comparaison des styles d'apprentissage (sept. 85- mai 86)

| Styles                | Distributions |        |
|-----------------------|---------------|--------|
|                       | sept. 85      | mai 86 |
| Divergeur             | 42,0 %        | 36,8 % |
| Adaptateur            | 18,4          | 12,8   |
| Convergeur            | 16,4          | 3,4    |
| Assimilateur          | 5,8           | 16,2   |
| Div-adapt.            | 8,2           | 13,7   |
| Div-assim.            | 3,4           | 6,0    |
| Conv-assim.           | 1,4           | 6,0    |
| Conv-adapt.           | 0,7           | 0,9    |
| Div-conv-adapt-assim. | 3,8           | 4,3    |

On constate à première vue que ces distributions présentent des différences significatives. La proportion d'étudiants dotés du style DIVERGEUR a diminué légèrement. Les pourcentages d'étudiants dotés des styles ADAPTATEUR et CONVERGEUR ont diminué respectivement du tiers et des trois quarts, alors que le pourcentage des étudiants dotés du style ASSIMILATEUR a presque triplé. Dans l'ensemble, il y a à peu près la même proportion d'étudiants dotés d'un profil intégrant les quatre styles. Cependant, la proportion d'étudiants dotés d'un style dominant est passée de 82,6 % à 69,2 %, alors que la proportion d'étudiants dotés d'un profil intégrant deux styles complémentaires est passée de 13,7 % à 26,6 %.

Il semble donc y avoir eu chez les étudiants du secteur professionnel, au cours de cette première année d'études collégiales, une évolution des styles allant dans le sens d'une plus grande actualisation du potentiel d'apprenant. Il serait conforme à nos attentes qu'une évolution semblable se soit produite également chez les étudiants du secteur général, mais cette différence n'a pas fait l'objet de mesures en cours d'expérimentation.

**CONCLUSION**

L'objectif général de ce projet de recherche était d'étudier la problématique de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques au niveau collégial dans le contexte de la théorie des styles d'apprentissage, plus particulièrement celui du modèle élaboré par Kolb (1976). Dans cette dernière section, nous allons résumer brièvement les conclusions auxquelles a mené l'étude des données recueillies au cours de l'expérimentation, puis nous tenterons de formuler certaines recommandations qui, selon nous semblent se dégager de l'ensemble de cette recherche.

### Styles d'apprentissage et orientation

Dans un premier temps, ce projet proposait d'identifier les styles d'apprentissage des étudiants dont le curriculum comporte des mathématiques, afin de faire connaître leurs comportements en situation d'apprentissage, et également de vérifier s'il existe une relation entre les styles d'apprentissage et l'orientation des études à ce niveau.

La recherche a confirmé qu'il existe des différences individuelles importantes entre les étudiants dans la façon d'apprendre qui leur est personnelle. A leur entrée au niveau collégial, plus de 83% des étudiants sont dotés d'un style d'apprentissage dominant, ce qui signifie qu'ils privilégient de façon particulière deux des quatre modes de l'apprentissage expérientiel; 12% des étudiants sont dotés d'un profil intégrant deux styles complémentaires et donc réfèrent de façon naturelle à trois modes d'apprentissage; enfin, environ 4% des étudiants recourent à peu près également aux quatre modes d'apprentissage, quoique à des degrés divers.

Au sujet des modes d'apprentissage eux-mêmes, la recherche a révélé qu'environ 69% de l'ensemble des étudiants ont des préférences naturelles pour l'acquisition de l'information par le mode concret plutôt qu'abstrait, et qu'un peu plus de la moitié ont recours à la réflexion plutôt qu'à l'action pour transformer cette information.

La recherche a également confirmé l'existence d'une relation entre le style d'apprentissage et l'orientation des études. Cependant s'il existe des différences significatives entre les distributions des styles d'apprentissage chez les étudiants regroupés selon le secteur, l'orientation et la concentration, les similitudes entre les étudiants appartenant à la même orientation sont moins importantes que

les différences entre ces mêmes étudiants, si bien qu'on ne saurait en aucun cas parler d'homogénéité des styles chez les étudiants appartenant à une même orientation.

Cette étude confirme donc l'influence du style d'apprentissage d'un étudiant sur le choix de son orientation au niveau collégial. Cependant, la comparaison des données recueillies au cours de l'expérimentation avec les conclusions de la recherche en ce domaine a fait apparaître que les étudiants appartenant à une même orientation au niveau collégial, ne possèdent pas, comme groupe, les styles d'apprentissage caractéristiques des étudiants appartenant à la même orientation au niveau universitaire. D'autre part, on a constaté chez les étudiants du secteur professionnel, entre le début et la fin de l'année, (et il y a lieu de croire que cette différence aurait été constatée également chez les étudiants du secteur général si elle avait été mesurée) une évolution dans les styles d'apprentissage allant dans le sens d'une plus grande actualisation du potentiel d'apprenant. De tout ce qui précède, nous concluons que l'orientation des études exerce également une influence sur le développement du style d'apprentissage, et que cette influence est plus importante encore au niveau universitaire où se précisent véritablement les caractéristiques reliées à la carrière.

#### Styles d'apprentissage et performances en mathématiques

En second lieu, ce projet de recherche proposait d'étudier les styles d'apprentissage en relation avec les performances dans l'apprentissage des mathématiques. Une telle étude fut faite pour les cours de mathématiques générales (102) et de calcul différentiel et intégral (103).

L'analyse des données recueillies a permis d'établir l'existence d'une relation modérée entre les styles d'apprentissage et les performances au cours de calcul dispensé selon la méthode traditionnelle. Selon les résultats établis, les étudiants dotés du style ADAPTATEUR réussissent significativement mieux que les étudiants dotés des styles CONVERGEUR et DIVERGEUR. Il en est de même pour les étudiants dotés d'un profil intégrant deux ou plusieurs styles d'apprentissage.

Selon notre interprétation, ces résultats ne signifient pas que les étudiants dotés des styles CONVERGEUR ou DIVERGEUR n'ont pas les dispositions requises pour l'étude des mathématiques. Ils signifient plutôt que, étant donné les méthodes d'enseignement et les modes d'évaluation utilisés habituellement dans l'approche traditionnelle, la probabilité de réussite est plus élevée pour les étudiants dotés du style ADAPTATEUR, ainsi que pour ceux qui privilégient naturellement plus de deux modes d'apprentissage.

D'autre part, dans les circonstances retenues, la recherche n'a pas réussi à établir de façon certaine l'existence d'une relation entre les styles et les performances en mathématiques dans le cas des cours 102 ou 103 dispensés selon les deux approches (avec et sans recours à la programmation). Toutefois, les résultats académiques des étudiants suivant chacune des approches furent étudiés en tenant compte des modes d'apprentissage privilégiés par ces étudiants, dans le but de recueillir des renseignements sur les différences entre ces deux approches, ainsi que sur les difficultés rencontrées par les étudiants dans l'apprentissage des mathématiques.

#### Styles d'apprentissage et approches pédagogiques

Cette étude montra premièrement que le niveau de difficulté constaté dans le cas de l'approche par la programmation était significativement plus bas à la session d'hiver, et donc qu'une partie de ces difficultés peut être attribuée à l'apprentissage de la programmation et du travail sur micro-ordinateur. Nous interprétons cette première observation comme une incitation à continuer les recherches entreprises sur cette approche pédagogique, afin que nous soyons collectivement en mesure de proposer aux étudiants des années à venir, une démarche d'apprentissage des mathématiques qui tienne compte des compétences en programmation qu'ils auront acquises préalablement à leur entrée au niveau collégial. Dans l'immédiat, nous croyons qu'on pourrait envisager de mettre sur pied, sous la forme d'un cours complémentaire ou autrement, un cours d'apprentissage par la programmation (et non de la programmation), qui suppléerait à cette carence actuelle dans leur formation.

En second lieu, on observa que, bien que les deux approches fassent appel aux mêmes modes d'apprentissage, il existe une différence dans la mesure selon laquelle chacune y réfère. En effet, il nous est apparu que l'approche traditionnelle fait assez peu appel à l'expérience concrète, qu'elle s'adresse à l'observation réfléchie, qu'elle compte sur une bonne capacité de conceptualisation mais que ses exigences les plus élevées, celles par rapport auxquelles les étudiants sont évalués, se situent sur le plan opératoire.

Par contre, l'approche résultant de l'introduction de la programmation dans les activités d'apprentissage habituelles semble faire appel à peu près également et de façon non facultative, aux quatre modes de l'apprentissage expérientiel, réfère peut-être de façon plus importante aux habiletés de conceptualisation de l'étudiant, et exige de

celui-ci un comportement actif dès le début de la démarche, et non seulement au terme du processus. Il n'est donc pas étonnant que cette approche soit jugée plus difficile par les étudiants, dont 3 sur 5 ne sont pas naturellement portés à conceptualiser, et dont la moitié préfèrent la réflexion à l'action.

Mais difficile n'est pas synonyme d'impossible, et c'est pourquoi nous jugeons que cette approche, selon laquelle les étudiants dotés des styles ASSIMILATEUR et ADAPTATEUR, ainsi que ceux dont le profil intègre plus de deux modes d'apprentissage, semblent obtenir les meilleurs résultats académiques, doit être proposée à tous les étudiants désireux d'enrichir leur expérience par l'apprentissage expérientiel, et déterminés à fournir l'effort nécessaire.

On dit que le but fondamental des statistiques est de permettre des décisions rationnelles dans des conditions d'incertitude. Si tel est le cas, quelles recommandations serait-il maintenant justifié de formuler au terme de cette recherche au cours de laquelle nous avons étudié au moyen des statistiques, les liens existant entre ces diverses variables que sont le style d'apprentissage d'un étudiant, son orientation et ses performances en mathématiques selon les diverses approches pédagogiques?

Il ne fait pas de doute dans notre esprit que l'identification de son style d'apprentissage peut être pour l'étudiant un excellent moyen d'accéder à la connaissance de soi et au développement de ses potentialités. Intuitivement, chacun n'a qu'une conscience assez vague de ses préférences personnelles en situation d'apprentissage. L'administration et l'interprétation d'un test ne peuvent être pour l'étudiant qu'une occasion de réfléchir au sujet des modes d'apprentissage qu'il est naturellement porté à privilégier, de les formuler avec précision, et de les comparer, s'il le désire, à ceux qu'utilisent ses pairs. Par la suite, il devrait lui être plus facile de déterminer les points forts sur lesquels il devrait capitaliser, et les points faibles auxquels il lui faudrait remédier. Enfin, dans l'éventualité où on lui offrirait un choix quant aux stratégies d'apprentissage, (pratique qui n'était pas très répandue dans notre milieu jusqu'ici, du moins dans l'enseignement des mathématiques, autant par la force de la tradition que par l'absence de choix réel et par les exigences du régime pédagogique qui privilégie l'enseignement collectif, mais dont on peut espérer qu'elle se répandra à mesure que les alternatives apparaîtront), il serait mieux à même de faire des choix éclairés et bénéfiques.

D'autre part, l'identification des styles d'apprentissage peut permettre au professeur de connaître, et ce dès le début de la session, les caractéristiques cognitives des étudiants dont il a la responsabilité. Le test élaboré par Kolb est facile à administrer et à interpréter; les données qu'il produit en font un outil d'intervention auprès des étudiants aux prises avec des difficultés d'apprentissage, (et ce, avant même que ces difficultés ne se manifestent) ou simplement auprès des étudiants soucieux d'optimiser les résultats de leur cheminement scolaire.

Comme outil de prise de décision au sujet des approches pédagogiques, l'utilité de la théorie des styles d'apprentissage n'est pas celle que nous lui avons pressentie avant d'entreprendre cette recherche.

D'une part, il est certain qu'on peut appuyer sur l'identification des styles d'apprentissage d'un groupe d'étudiants et sur la connaissance des caractéristiques propres à ces styles, certains choix pédagogiques concernant par exemple l'organisation du travail, le type d'encadrement ou le mode d'évaluation les plus appropriés à la majorité des étudiants de ce groupe. D'autre part, il est également possible de procéder à l'inverse, c'est-à-dire de recourir à l'identification des styles d'apprentissage pour rassembler une clientèle susceptible de bénéficier d'une approche donnée.

Mais comme il n'y a pas homogénéité des styles, même à l'intérieur d'une orientation donnée, il paraît impossible de recourir à ce moyen pour déterminer l'approche pédagogique unique pouvant être appropriée à un groupe-classe entier.

La recommandation la plus ferme de cette recherche est donc qu'il faut abandonner l'idée que l'identification des styles d'apprentissage chez les étudiants appartenant à un groupe déjà formé peut servir de base au choix d'une stratégie pédagogique adaptée à ce groupe: le groupe-classe est une entité artificielle, formée à des fins administratives, et qui n'existe que sur papier: la seule réalité, c'est l'étudiant, avec les goûts et les capacités qui le caractérisent personnellement.

C'est dans une perspective d'individualisation de l'enseignement que l'identification du style d'apprentissage d'un étudiant prend tout son sens. Cette mesure peut en effet servir de base, non à la prescription, mais à un choix fait conjointement par l'étudiant et son conseiller, professeur ou autre, des objectifs, du matériel et des approches les plus susceptibles de résulter en de meilleurs apprentissages. Il est à craindre cependant, que sous le régime pédagogique actuel qui fonctionne en termes de

groupes par professeur, il n'y aît fort à faire pour construire des groupes permettant d'accommoder la multitude de choix individuels différents qui pourraient en résulter.

Ce qui était souhaitable mais impossible hier ne l'est peut-être plus aujourd'hui: nous avons désormais à notre disposition des instruments permettant d'identifier les caractéristiques individuelles, un choix grandissant de matériel, d'outils et de stratégies pédagogiques, et la certitude qu'il ne faut plus centrer les processus d'enseignement et d'apprentissage sur l'enseignant mais sur l'étudiant, de façon à ce que celui-ci soit rendu responsable de son propre apprentissage.

Il est temps de cesser de penser en termes d'enseignement collectif, et de s'attaquer à l'implantation de l'enseignement individualisé. De plus en plus réalisable techniquement, ce modèle sera bientôt absolument indispensable à cause de la diversité des expériences que les apprenants apporteront avec eux dans les salles de classe.

**APPENDICE**

## PROGRAMME DE DERIVATION (1)

(d'après Hagué, 1986)

```
POUR DERIVEE :F
(ECRIS :F [EST-ELLE UNE FONCTION CONSTANTE?])
SI LISLISTE = [OUI] ALORS RETOURNE [0]
(ECRIS :F [EST-ELLE LA FONCTION IDENTITE?])
SI LISLISTE = [OUI] ALORS RETOURNE [1]
(ECRIS :F [EST-ELLE UNE PUISSANCE DE X?])
SI LISLISTE = [OUI] ALORS ECRIS [QUELLE PUISSANCE?] LOCAL "N
  RELIE "N PREMIER LISLISTE RETOURNE (PHRASE :N *
  (PUISSANCE :X] :N - 1 []))
(ECRIS :F [EST-ELLE LE PRODUIT D'UNE FONCTION PAR UNE
  CONSTANTE?])
SI LISLISTE = [OUI] ALORS ECRIS [QUELLE CONSTANTE?] LOCAL "C
  RELIE "C PREMIER LISLISTE ECRIS [QUELLE FONCTION?] LOCAL
  "G RELIE "G LISLISTE RETOURNE DPRODC :C :G
(ECRIS :F [EST-ELLE UNE SOMME DE FONCTIONS?])
SI LISLISTE = [OUI] ECRIS [QUEL EST LE PREMIER TERME?] LOCAL
  "S1 RELIE "S1 LISLISTE ECRIS [QUEL EST LE DEUXIEME
  TERME?] LOCAL "S2 RELIE "S2 LISLISTE RETOURNE DSOMME :S1
  :S2
(ECRIS :F [EST-ELLE UNE DIFFERENCE DE FONCTIONS?])
SI LISLISTE = [OUI] ECRIS [QUEL EST LE PREMIER TERME?] LOCAL
  "D1 RELIE "D1 LISLISTE ECRIS [QUEL EST LE DEUXIEME
  TERME?] LOCAL "D2 RELIE "D2 LISLISTE RETOURNE DDIF :D1
  :D2
(ECRIS :F [EST-ELLE UN PRODUIT DE FONCTIONS?])
SI LISLISTE = [OUI] ECRIS [QUEL EST LE PREMIER FACTEUR?]
  LOCAL "P1 RELIE "P1 LISLISTE ECRIS [QUEL EST LE DEUXIEME
  FACTEUR?] LOCAL "P2 RELIE "P2 LISLISTE RETOURNE DPROD
  :P1 :P2
(ECRIS :F [EST-ELLE UN QUOTIENT DE FONCTIONS?])
SI LISLISTE = [OUI] ECRIS [QUEL EST LE NUMERATEUR?] LOCAL
  "NUM RELIE "NUM LISLISTE ECRIS [QUEL EST LE DENOMINATEUR?]
  LOCAL "DEN RELIE "DEN LISLISTE RETOURNE DQUOT :NUM :DEN
FIN
```

---

(1) Ce programme est écrit dans la version française de Logo des Editions Turgeon avec lequel nous travaillions au cours de l'année 1985-86.

```

POUR DPRODC :C :G
RETOURNE (PHRASE :C [*( ) DERIVEE :G ( )])
FIN

```

```

POUR DSOMME :S1 :S2
RETOURNE (PHRASE [( ) DERIVEE :S1 ( ) + ( ) DERIVEE :S2 ( )])
FIN

```

```

POUR DDIF :D1 :D2
RETOURNE (PHRASE [( ) DERIVEE :D1 ( ) - ( ) DERIVEE :D2 ( )])
FIN

```

```

POUR DPROD :P1 :P2
RETOURNE (PHRASE [( ) :P1 ( ) * ( ) DERIVEE :P2 ( ) +( ) :P2
  ( ) * ( ) DERIVEE :P1 ( )])
FIN

```

```

POUR DQUOT :NUM :DEN
RETOURNE (PHRASE [( ( ) :DEN ( ) * ( ) DERIVEE :NUM ( ) - ( ) :NUM
  ( ) * ( ) DERIVEE :DEN ( ) ) / ( PUISSANCE ( ) :DEN ( ) 2 ) ])
FIN

```

et, comme il n'existe pas de primitive retournant la puissance d'un nombre dans cette version de Logo,

```

POUR PUISSANCE :X :N
SI :N = 0 ALORS RETOURNE 1
SI :N < 0 ALORS RETOURNE PUISSANCE (1/:X) (-:N)
RETOURNE PRODUIT :X PUISSANCE :X :N - 1
FIN

```

### EXECUTION

```
?ECRIS DERIVEE [4X (5 - X)] (1)
```

```
4X (5 - X) EST-ELLE UNE FONCTION CONSTANTE?
```

```
?NON
```

```
4X (5 - X) EST-ELLE LA FONCTION IDENTITE?
```

```
?NON
```

---

(1) Lorsqu'il s'agit seulement d'obtenir la fonction dérivée comme telle, l'étudiant peut écrire la fonction sous la forme algébrique usuelle; mais s'il veut la composer avec la procédure IMAGE, pour obtenir la valeur de la dérivée en un point, il devra l'écrire en tenant compte de la syntaxe Logo [4 \* :X \* (5 - :X)]. Dans la version de Turgeon, cette syntaxe était particulièrement lourde à manier (utilisation de la touche CTRL, etc...)

$4X(5 - X)$  EST-ELLE UNE PUISSANCE DE  $X$ ?  
 ?NON  
 $4X(5 - X)$  EST-ELLE LE PRODUIT D'UNE FONCTION PAR UNE  
 CONSTANTE?  
 ?NON  
 $4X(5 - X)$  EST-ELLE UNE SOMME DE FONCTIONS?  
 ?NON  
 $4X(5 - X)$  EST-ELLE UNE DIFFERENCE DE FONCTIONS?  
 ?NON  
 $4X(5 - X)$  EST-ELLE UN PRODUIT DE FONCTIONS?  
 ?OUI?  
 QUELLE EST LA PREMIERE FONCTION?  
 ? $4X$   
 QUELLE EST LA DEUXIEME FONCTION?  
 ? $5 - X$   
 $5 - X$  EST-ELLE UNE FONCTION CONSTANTE?  
 ?NON  
 $5 - X$  EST-ELLE LA FONCTION IDENTITE?  
 ?NON  
 $5 - X$  EST-ELLE UNE PUISSANCE DE  $X$ ?  
 ?NON  
 $5 - X$  EST-ELLE LE PRODUIT D'UNE FONCTION PAR UNE CONSTANTE?  
 ?NON  
 $5 - X$  EST-ELLE UNE SOMME DE FONCTIONS?  
 ?NON  
 $5 - X$  EST-ELLE UNE DIFFERENCE DE FONCTIONS?  
 ?OUI  
 QUEL EST LE PREMIER TERME?  
 ? $5$   
 QUEL EST LE SECOND TERME?  
 ? $X$   
 $5$  EST-ELLE UNE FONCTION CONSTANTE?  
 ?OUI  
 $X$  EST-ELLE UNE FONCTION CONSTANTE?  
 ?NON  
 $X$  EST-ELLE LA FONCTION IDENTITE?  
 ?OUI  
 $4X$  EST-ELLE LA FONCTION IDENTITE?  
 ?NON  
 $4X$  EST-ELLE UNE PUISSANCE DE  $X$ ?  
 ?NON  
 $4X$  EST-ELLE LE PRODUIT D'UNE FONCTION PAR UNE CONSTANTE?  
 ?OUI  
 QUELLE CONSTANTE?  
 ? $4$   
 QUELLE FONCTION?  
 ? $X$   
 $X$  EST-ELLE UNE FONCTION CONSTANTE?  
 ?NON  
 $X$  EST-ELLE LA FONCTION IDENTITE?  
 ?OUI  
 $(4X) * ((0) - (1)) + (5 - X) * (4)$

**REFERENCES**

- BROUSSEAU, G. (1983). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. Recherches en didactique des mathématiques. La pensée sauvage Ed. Vol. 4,2.
- CARNEGIE Commission. Study of American Colleges and Universities: Concrete / Abstract and Active / Reflexive Fields. Document inédit.
- CLAXTON, C.S., RALSTON, Y. (1978). Learning Styles: Their Impact on Teaching and Administration. American Association for Higher Education. Washington, D.C.
- CORMIER, R.A., LESSARD, C., VALOIS, P., TOUPIN, L. (1981). Les enseignantes et enseignants du Québec: une étude socio-pédagogiques. Rapport de recherche. Vol. 4.
- CRONBACH, L.J. (1967). How Can Instruction be Adapted to Individual Differences? in Gagné, R.M. Learning and Individual Differences. A Symposium of the Learning Research and Development Center. Univ. of Pittsburg, Columbus, Ohio. Merrick Pub. Co.
- DAVIS, R. (1984). Learning Mathematics, A Cognitive Science Approach. Norwood, N.J.: Ablex Pub. Corp.
- DESAUTELS, P. (1978). La pensée formelle. Rapport de recherche. Collège de Rosemont.
- DESILETS, J., ROY, J. (1984). La méthode Logos. Rapport de recherche. Collège de Rimouski.
- DUNN, R., DUNN, K. (1978). Using Learning Style Data to Develop Student Prescription. National Association of School Principals, Reston, Va.
- FLAMAND, G. (1982). Les styles cognitifs. MEQ. Direction de la recherche. Document inédit.
- FLAMAND, G. (1983). Les styles d'apprentissage et d'enseignement. MEQ. Direction de la recherche. Document inédit.

- GAGNE, R.M. (1977). Analysis of objectives, in Briggs, L.J.: Instructional Design (pp. 115-145). Englewood Cliffs: Educational Technology Pub.
- GAUTHIER, L., POULIN, N. (1983). Savoir apprendre. Sherbrooke, Editions de l'Université de Sherbrooke.
- GIANGI, G. (1984). Profils et stratégies d'apprentissage dans des cours de calcul différentiel et intégral du niveau collégial. Montréal. Thèse de doctorat.
- HAGUEL, M.J. (1986). Problems for Learning Calculus through Programming. Texte présenté à la Conférence Logo 86, M.I.T., Boston.
- HUTEAU, M. (1975). Un style cognitif: la dépendance-indépendance du champ. Année psychologique, Vol. 75, p. 197-262.
- KOLB, D.A. (1976). Learning style Inventory, Self-Scoring Test. Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio.
- KOLB, D.A. (1976). L'apprentissage et la résolution des problèmes. Comportement organisationnel: une démarche expérimentale. Montréal: Guérin, P. 32-52.
- LAMONTAGNE, C. (1982). Test, Profil d'apprentissage, Institut de recherche sur le profil d'apprentissage Inc., St-Hubert.
- M.E.Q. (1979). L'école québécoise: énoncé de politique et plan d'action. Québec.
- M.E.Q. (1983). Cahiers de l'enseignement collégial. Québec.
- MESSICK, S. (1976). Individuality in Learning. San Francisco: Joey-Bass.
- PAPERT, S. (1980). Mindstorms. New York: Basic Books.
- PARENT, A.M. (1966). Rapport de la commission royale d'enquête sur l'enseignement. M.E.Q. Québec.

- SCHOLER, M. et al. (1974). Profil d'apprentissage et enseignement personnalisé. D'après J. E. Hill. M.E.Q., Montréal: SGME
- SKEMP, R. (1979). Intelligence, Learning and Action. Chichester, Wiley & Sons.
- TELLIER, J. (1977). Développement intellectuel et apprentissage au niveau collégial. Rapport de recherche. Cégep de St-Jérôme.
- THIBAUT GIARD, J., HAGUEL, M.-J. (1985). L'apprentissage du calcul différentiel et intégral par la programmation en Logo. Rapport de recherche. Collège de Sherbrooke.
- TORKIA-LAGACE, M. (1981). La pensée formelle chez les étudiants de Collège I: objectif ou réalité. Rapport de recherche. Cégep de Limoilou.
- TOURNIER, M. (1978). Une typologie des formules pédagogiques. Rapport de recherche. Collège de Maisonneuve.
- WALONICK ASSOCIATES. (1982). Statpac. Minneapolis, Minn.
- WITKIN, MOORE, GOODENOUGH, COX. (1977). Field-Dependant and Field-Independent Cognitive Styles and Their Educational Implications, Review of Educational Research. Vol. 47, no. 1, p. 1-64.