



Évaluation d'outils pédagogiques utilisant l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) afin d'illustrer un concept scientifique.

Perceptions qu'ont les élèves de l'enseignement de concepts scientifiques.

Rapport de recherche présenté

par

Annick Caron Ph D

Professeur de biologie

Cégep Marie-Victorin

Programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage
(PARÉA)

Juin 2007

La présente recherche a été subventionnée par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport dans le cadre du programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage (PARÉA)

Dans le texte qui suit, nous utilisons le générique masculin sans aucune discrimination et uniquement dans le but d'alléger le texte.

Publication sous la responsabilité du cégep Marie-Victorin. Le contenu du présent rapport n'engage que la responsabilité de l'établissement et des auteurs.

Dépôt légal: 2 trimestre 2007
Bibliothèque et archives nationales du Québec
Bibliothèque et archives Canada

ISBN 2-921068-30-3
ISBN 978-2-921068-30-7

La reproduction d'extraits de ce document est autorisée avec mention de la source.

Avant propos

La recherche qui est décrite dans ce rapport a représenté tout un défi pour moi. En effet, je suis un jeune professeur avec peu d'expérience en enseignement et je me retrouve du jour au lendemain en tête de ce projet de recherche. De plus, je dois composer avec la réalisation d'une recherche en pédagogie, un domaine très différent de celui de la biochimie où j'ai fait mon doctorat. Finalement, pour la première fois dans ma courte carrière, je dois mener cette recherche en solo. Une chance que j'étais bien entourée.

J'aimerais remercier plusieurs personnes qui ont eu un grand impact sur la réalisation de cette recherche :

- M. Jacques Roy pour son accompagnement, ses précieux conseils et ses encouragements;
- M. Gérald Jetté et Mme Caroline Cormier pour avoir accepté de voir leur classe envahie par ce projet, pour leur immense générosité et pour leur aide si précieuse;
- Mme Louise Belisle et M. Yan-Cédric Dubois-Pelletier pour leur soutien technique;
- Mme Odette Lussier pour son soutien pédagogique et ses encouragements;
- Mme Julie Roberge pour son soutien linguistique;
- Les membres de la direction du Cégep Marie-Victorin pour avoir cru en mes capacités et pour m'avoir donné la chance de soumettre et de réaliser ce projet.

Finalement, j'aimerais remercier les membres de la famille pour leur support, mais surtout mon époux qui a su m'encourager malgré la distance qui nous sépare.

Table des matières

INTRODUCTION	1
1.1) MISE EN CONTEXTE.	3
1.2) PROBLÉMATIQUE	4
1.3) OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	4
1.3.1) OBJECTIF GÉNÉRAL	4
1.3.2) OBJECTIFS SPÉCIFIQUES	4
ÉTAT DES CONNAISSANCES	7
2.1) DIFFICULTÉS DE L'ENSEIGNEMENT D'UN CONCEPT SCIENTIFIQUE	9
2.1.1) VOCABULAIRE ET SYMBOLES	9
2.1.2) DIFFICULTÉS CONCEPTUELLES (ABSTRAIT VS CONCRET)	9
2.1.3) CHOIX DES MÉTHODES ET DIVERSITÉ	10
2.1.4) AUTRES PROBLÈMES	11
2.1.5) PERTINENCE DE LA RECHERCHE RELATIVEMENT AUX DIFFICULTÉS DE L'ENSEIGNEMENT DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES	11
2.2) L'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR	12
2.2.1) TYPES D'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR	12
2.2.2) ÉTUDES SUR L'EFFICACITÉ DE L'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR	13
2.3) LA ROBOTIQUE PÉDAGOGIQUE	15
2.3.1) THÉORIES À LA BASE DE LA ROBOTIQUE PÉDAGOGIQUE	15
2.3.2) DÉFINITION DE LA ROBOTIQUE PÉDAGOGIQUE À L'INTÉRIEUR DE L'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR	17
2.3.3) SYSTÈME DE ROBOTIQUE PÉDAGOGIQUE	18
2.3.4) BÉNÉFICES DE L'UTILISATION DE LA ROBOTIQUE PÉDAGOGIQUE	19
2.4) CONCEPTS SCIENTIFIQUES À L'ÉTUDE	22
2.4.1) CHUTE LIBRE D'UN OBJET	22
2.4.2) LES RÉACTIONS ACIDO-BASIQUES : LA NEUTRALISATION	24
2.4.2.1) Le titrage d'un acide fort par une base forte	24
2.4.2.2) Le titrage d'un acide faible par une base forte	25
MÉTHODOLOGIE	27
3.1) CADRE MÉTHODOLOGIQUE DANS LEQUEL S'INSCRIT CETTE RECHERCHE	29
3.2) PERCEPTIONS DE L'ENSEIGNEMENT DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES PAR LES ÉLÈVES	29
3.2.1) QUESTIONNAIRES SUR LA PERCEPTION DE L'ENSEIGNEMENT EN SCIENCES DE LA NATURE	30
3.2.2) ENTREVUE À L'INTÉRIEUR DU GROUPE DE DISCUSSION (<i>FOCUS GROUP</i>)	30
3.3) OUTILS PÉDAGOGIQUES UTILISANT L'EXAO	32
3.3.1) CHOIX DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES ET JUSTIFICATION	32
3.3.1.1) Distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte lors d'une chute libre	32
3.3.1.2) Courbes de neutralisation	32
3.3.2) EXPÉRIMENTATION DES OUTILS PÉDAGOGIQUES	33
3.3.3) AMÉLIORATION ET ADAPTATION DES OUTILS PÉDAGOGIQUES	33

3.3.4) VALIDATION DES OUTILS PÉDAGOGIQUES PAR COMITÉ D'EXPERT	33
3.3.5) TEST DE L'EFFICACITÉ PÉDAGOGIQUE DES OUTILS	33
3.3.5.1) Questionnaires aux élèves	34
3.3.5.2) Rencontre des élèves dans les groupes de discussions	34
3.3.5.3) Résultats d'évaluation du concept choisi	34

RÉSULTATS **35**

4.1) PERCEPTIONS DE L'ENSEIGNEMENT DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES PAR LES ÉLÈVES	37
4.1.1) RÉSULTATS DES QUESTIONNAIRES	37
4.1.1.1) Étudiant Plus	37
4.1.1.2) Questionnaire maison	40
4.1.2) ANALYSE DE CONTENU DE L'ENTREVUE DANS LE CADRE DU GROUPE DE DISCUSSION	42
4.1.2.1) L'enseignement disciplinaire	42
4.1.2.2) Caractéristiques du professeur	45
4.1.2.3) Éléments de motivation	46
4.2) OUTILS PÉDAGOGIQUES UTILISANT L'EXAO	46
4.2.1) DESCRIPTION DES OUTILS	46
4.2.1.1) Chute libre d'un objet	46
4.2.1.2) Courbes de neutralisation	47
4.2.2) PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL ÉLABORÉ	48
4.2.2.1) Chute libre d'un objet	48
4.2.2.2) Courbe de neutralisation	49
4.2.3) RÉSULTATS DE L'AMÉLIORATION ET L'ADAPTATION DES OUTILS.	50
4.2.3.1) Chute libre d'un objet	50
4.2.3.2) Courbe de neutralisation	52
4.2.4) RÉSULTATS DU TEST DE L'EFFICACITÉ PÉDAGOGIQUE DES OUTILS UTILISANT L'EXAO	54
4.2.4.1) Physique mécanique	54
4.2.4.2) Chimie des solutions	59

ANALYSE DES RÉSULTATS **65**

5.1) PERCEPTIONS DE L'ENSEIGNEMENT DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES PAR LES ÉLÈVES	67
5.1.1) ANALYSE DES RÉSULTATS DES QUESTIONNAIRES	67
5.1.1.1) Étudiant Plus	67
5.1.1.2) Questionnaire maison	68
5.1.1.3) Interprétation des résultats des questionnaires	69
5.1.2) ANALYSE DES RÉSULTATS DES GROUPE DE DISCUSSION	69
5.2) OUTILS PÉDAGOGIQUES UTILISANT L'EXAO	71
5.2.1) PHYSIQUE MÉCANIQUE	71
5.2.1.1) Résultats des questionnaires aux élèves	71
5.2.1.2) Groupes de discussion en physique	71
5.2.1.3) Mesure de l'efficacité pédagogique à travers les résultats de l'évaluation du concept	72
5.2.1.4) Interprétation des résultats en physique mécanique et recommandations	72
5.2.2) CHIMIE DES SOLUTIONS	73
5.2.2.1) Résultats des questionnaires aux élèves	73
5.2.2.2) Groupes de discussion en chimie des solutions	73
5.2.2.3) Mesure de l'efficacité pédagogique via les résultats de l'évaluation du concept	74
5.2.2.4) Interprétation des résultats en chimie des solutions et recommandations	74

5.2.3) OPINION DES ÉLÈVES CONCERNANT L'EXAO EN CLASSE	75
---	----

DISCUSSION DES RÉSULTATS	77
---------------------------------	-----------

6.1) LES GRANDES TENDANCES	79
6.1.1) PERCEPTIONS DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES	79
6.1.2) L'USAGE D'OUTILS PÉDAGOGIQUES UTILISANT L'EXAO	80
6.2) LIMITES MÉTHODOLOGIQUES	81
6.3) NOUVELLES PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS	82

CONCLUSION	87
-------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE	91
----------------------	-----------

ANNEXES	107
----------------	------------

9.1) FORMULAIRES DE CONSENTEMENT POUR LA PARTICIPATION À UN PROJET DE RECHERCHE	109
9.1.1) QUESTIONNAIRE SUR LES PERCEPTIONS DES ÉLÈVES	109
9.1.2) RENCONTRE « FOCUS GROUP » SUR LES PERCEPTIONS DES ÉLÈVES	110
9.1.3) QUESTIONNAIRE SUIVANT LA LEÇON	111
9.1.4) RENCONTRE « FOCUS GROUP » SUIVANT LA LEÇON	112
9.2) QUESTIONNAIRE SUR LES PERCEPTIONS	113
9.2.1) QUESTIONNAIRE ÉTUDIANT PLUS	113
9.2.2) QUESTIONNAIRE SUR LES PERCEPTIONS	118
9.2.3) QUESTIONNAIRE SUR L'APPRÉCIATION DE LA LEÇON DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES	123
9.3) SCHÉMAS D'ENTREVUE	124
9.3.1) « FOCUS GROUPS » D'ÉLÈVES SUR LA PERCEPTION DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES	124
9.3.1.1) Matériel :	124
9.3.1.2) Étapes	124
9.3.1.3) Canevas d'entrevue	124
9.3.1.4) Déroulement	124
9.3.2) « FOCUS GROUPS » D'ÉLÈVES SUR LA LEÇON DE CONCEPTS SCIENTIFIQUES (POUR LES GROUPES TÉMOINS ET EXPÉRIMENTAUX EN PHYSIQUE MÉCANIQUE ET CHIMIE DES SOLUTIONS)	127
9.3.2.1) Matériel :	127
9.3.2.2) Étapes	127
9.3.2.3) Canevas d'entrevue	128
9.3.2.4) Déroulement	128
9.4) ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES OUTILS PÉDAGOGIQUES SUIVANT L'EXPÉRIMENTATION EN CLASSE	131
9.4.1) QUESTIONS DE L'EXAMEN DE PHYSIQUE MÉCANIQUE CONCERNANT LA CHUTE LIBRE D'UN OBJET	131
9.4.1.1) Groupe témoin	131
9.4.1.2) Groupe ExAO	131
9.4.2) QUESTIONS DE L'EXAMEN DE CHIMIE DES SOLUTIONS CONCERNANT LES COURBES DE NEUTRALISATION	132

Liste des figures

FIGURE 1: ARCHITECTURE DES COMPÉTENCES SELON LECLERCQ (1987).	16
FIGURE 2: PARADIGMES DE L'ENSEIGNEMENT ET DE L'APPRENTISSAGE SELON DENIS ET LECLERCQ (1994)	16
<u>FIGURE 3: SYSTÈME D'EXAO CONSTITUÉ D'UN CAPTEUR QUI PERÇOIT LE PHÉNOMÈNE À ÉTUDIER QUI L'ENVOI VERS LE LOGICIEL VIA UNE INTERFACE (SCHEMA MODIFIÉ DU SITE : http://perso.orange.fr/tangentiel/images/EXAO.gif).</u>	19
FIGURE 4: COURBE DE TITRAGE D'UN ACIDE FORT (HCL 0,1 M) PAR UNE BASE FORTE (NAOH 0,1M).	25
FIGURE 5: COURBE DE TITRAGE D'UN ACIDE FAIBLE (CH ₃ COOH 0,1M) PAR UNE BASE FORTE (NAOH 0,1M)	26
FIGURE 6: NOMBRE D'ÉLÈVES DU CÉGEP MARIE-VICTORIN POSSÉDANT LES CONCEPTIONS DE L'APPRENTISSAGE REGROUPÉES SOUS QUATRE THÈMES COMPILÉS PAR LE QUESTIONNAIRE <i>ÉTUDIANT PLUS</i> À L'AUTOMNE 2006.	38
FIGURE 7: RÉPARTITION IDÉALE DES ÉLÈVES DANS LES QUATRE THÈMES DES CONCEPTIONS DE L'APPRENTISSAGE SELON LE QUESTIONNAIRE <i>ÉTUDIANT PLUS</i> .	38
FIGURE 8: FOURCHETTE OPTIQUE AVEC LA RÉGLETTE POUR DÉMONTRER LE CONCEPT DE LA DISTANCE PARCOURUE LORSQUE LA VITESSE MOYENNE EST ATTEINTE.	47
FIGURE 9: MONTAGE DU TITRAGE DES ACIDES FORT ET FAIBLE PAR UNE BASE FORTE. À GAUCHE, UNE VUE D'ENSEMBLE ET À DROITE UNE VUE EN GROS PLAN (A: SONDÉ DE TEMPÉRATURE, B: CAPTEUR DE PH ET C: BURETTE CONTENANT LA BASE FORTE).	47
FIGURE 10: RÉSULTATS DE L'ACQUISITION DE DONNÉES LORS DE LA CHUTE LIBRE D'UN OBJET.	51
FIGURE 11: RÉSULTATS DE L'ACQUISITION DE DONNÉES LORS DE LA CHUTE LIBRE D'UN OBJET ET SUITE AUX CONVERSIONS DE CES DONNÉES.	52
FIGURE 12: COURBE DE NEUTRALISATION D'UN ACIDE FORT, L'ACIDE CHLORHYDRIQUE (HCL 0,1M), PAR UNE BASE FORTE, L'HYDROXYDE DE SODIUM (NAOH 0,1M).	53
FIGURE 13: COURBE DE TITRAGE D'UN ACIDE FAIBLE, L'ACIDE ACÉTIQUE (CH ₃ COOH 0,1M), PAR UNE BASE FORTE, L'HYDROXYDE DE SODIUM (NAOH 0,1M).	53
FIGURE 14: RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE PASSÉ À LA SUITE DE LA LEÇON EN PHYSIQUE MÉCANIQUE	55
FIGURE 15: RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DU CONCEPT DE LA CHUTE LIBRE D'UN OBJET EN PHYSIQUE MÉCANIQUE (POURCENTAGE D'ÉLÈVES AYANT RÉUSSI LA QUESTION).	58

FIGURE 16: RÉSULTATS AU SECONDAIRE DES ÉLÈVES DES GROUPES TÉMOIN ET EXPÉRIMENTAL (EXAO) EN PHYSIQUE MÉCANIQUE.	59
FIGURE 17: RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE PASSÉ À LA SUITE DE LA LEÇON EN CHIMIE DES SOLUTIONS	60
FIGURE 18: RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DU CONCEPT DES COURBES DE NEUTRALISATION PAR UN TITRAGE	62
FIGURE 19: RÉSULTATS AU SECONDAIRE DES ÉLÈVES DES GROUPES TÉMOIN ET EXPÉRIMENTAL (EXAO) EN CHIMIE DES SOLUTIONS.	63

Liste des tableaux

TABLEAU I : FONCTIONS PÉDAGOGIQUES DE L'ORDINATEUR ET LEURS CARACTÉRISTIQUES.	13
TABLEAU II : CANEVAS D'ENTREVUE DANS LE CADRE DU GROUPE DE DISCUSSION À PROPOS DES PERCEPTIONS QU'ONT LES ÉLÈVES DES MÉTHODES D'ENSEIGNEMENTS EN SCIENCES.	32
TABLEAU III : CANEVAS D'ENTREVUE DANS LE CADRE DU GROUPE DE DISCUSSION À PROPOS DES MÉTHODES PÉDAGOGIQUES UTILISÉES EN CLASSE LORS DE LA LEÇON.	34
TABLEAU IV : NOMBRE D'ÉLÈVES QUI UTILISENT LES STRATÉGIES D'APPRENTISSAGE ASSOCIÉES AUX DIMENSIONS DU QUESTIONNAIRE <i>ÉTUDIANTS PLUS</i> . RÉSULTATS EXPRIMÉS SOUS FORME DE MOYENNE ± ÉCART-TYPE DES POURCENTAGES.	37
TABLEAU V : NOMBRE D'ÉLÈVES QUI UTILISENT LES STRATÉGIES D'APPRENTISSAGE ASSOCIÉES AUX DIMENSIONS ET INDICATEURS DU QUESTIONNAIRE <i>ÉTUDIANTS PLUS</i> . RÉSULTATS EXPRIMÉS SOUS FORME DE POURCENTAGES.	39
TABLEAU VI : RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE SUR LA PERCEPTION DES MÉTHODES PÉDAGOGIQUES UTILISÉES DANS LES COURS DE SCIENCES AU CÉGEP MARIE-VICTORIN.	40
TABLEAU VII : CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES ÉLÈVES AYANT RÉPONDU AU QUESTIONNAIRE SUR LES PERCEPTIONS DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES AU CÉGEP MARIE-VICTORIN.	41
TABLEAU VIII : COMPARAISON DE LA FRÉQUENCE DES THÈMES ET ASPECTS SOULEVÉS LORS DES RENCONTRES DE TYPE GROUPE DE DISCUSSION À PROPOS DE LA PERCEPTION QU'ONT LES ÉLÈVES DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES.	70
TABLEAU IX : COMPARAISON DES THÈMES ET ASPECTS SOULEVÉS LORS DES RENCONTRES DE TYPE GROUPE DE DISCUSSION APRÈS UNE LEÇON DE PHYSIQUE MÉCANIQUE PORTANT SUR LA CHUTE LIBRE D'UN OBJET.	72
TABLEAU X : COMPARAISON DES THÈMES ET ASPECTS SOULEVÉS LORS DES RENCONTRES DE GROUPE DE DISCUSSION APRÈS UNE LEÇON DE CHIMIE DES SOLUTIONS PORTANT SUR LES COURBES DE TITRAGE.	74
TABLEAU XI : COMPARAISON DES OPINIONS DES ÉLÈVES CONCERNANT L'UTILISATION DE L'EXAO COMME OUTIL DE DÉMONSTRATION EN CLASSE DANS LES COURS DE PHYSIQUE MÉCANIQUE ET DE CHIMIE DES SOLUTIONS.	75
TABLEAU XII : CANEVAS D'ENTREVUE DE TYPE FOCUS GROUP» À PROPOS DES PERCEPTIONS QU'ONT LES ÉLÈVES SUR LES MÉTHODES D'ENSEIGNEMENTS EN SCIENCES (MÊME QUE LE TABLEAU II).	124
TABLEAU XIII : CANEVAS D'ENTREVUE DE TYPE « FOCUS GROUP » À PROPOS DES MÉTHODES PÉDAGOGIQUES UTILISÉES EN CLASSE LORS DE LA LEÇON (MÊME TABLEAU QUE LE TABLEAU III).	128

Résumé

L'enseignement d'un concept scientifique peut s'avérer un défi de taille. Il faut transformer les savoirs à enseigner afin de faciliter la compréhension des élèves. Les enseignants doivent donc concevoir des outils pédagogiques. Cependant, lors de cette création d'outils, l'enseignant est souvent biaisé par sa propre connaissance des concepts scientifiques qu'il veut illustrer. L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation, l'amélioration, l'adaptation et la mesure de l'efficacité d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) dans l'optique de répondre aux besoins des élèves dans l'apprentissage des sciences.

Trois méthodes de collecte de données ont été utilisées afin de traduire la perception qu'ont les élèves de l'enseignement des sciences : le questionnaire Étudiant Plus, un questionnaire maison et des rencontres en « *focus group* ». En ce qui concerne les outils pédagogiques utilisant l'ExAO, suite à une consultation des enseignants du département des sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin, deux concepts ont été choisis. Il s'agit de la distance parcourue par un objet en chute libre lorsque sa vitesse moyenne est atteinte, en physique mécanique et les courbes de neutralisation par un titrage d'un acide fort ou faible par une base forte en chimie des solutions. Les outils pédagogiques illustrant ces deux concepts ont été expérimentés, évalués, améliorés, adaptés, validés et testés en classe à l'intérieur du cours de physique mécanique et de chimie des solutions offerts au Cégep Marie-Victorin à la session d'hiver 2007.

Selon les résultats du questionnaire Étudiant plus, la principale faiblesse des élèves de sciences du Cégep Marie-Victorin durant l'année scolaire 2006-2007 se situe au niveau de la mémorisation. Cependant, de nombreuses forces ont été signalées par ce questionnaire puisque les élèves préfèrent des situations pratiques, résoudre des problèmes et procèdent à une vérification et une autoanalyse. Les résultats du questionnaire maison ont également permis de mettre en valeur l'importance des exercices et travaux et la préférence pour les situations pratique et la résolution de problème. De plus ce questionnaire a soulevé l'assiduité des élèves pour leurs études.

L'analyse de contenu des rencontres « *focus group* » a permis de mettre en lumière certains besoins des élèves. Ces besoins se retrouvent au niveau d'éléments concrets, de la pratique en relation avec la théorie avec des exemples et des exercices, des liens entre la théorie, les laboratoires, les exemples, les exercices et la vie quotidienne et surtout du support visuel.

Les résultats de l'expérimentation des outils pédagogiques utilisant l'ExAO démontrent qu'ils ont eu tendance à favoriser une meilleure réussite qu'un enseignement traditionnel avec seulement le tableau comme support visuel. Ils sont suscités un peu plus d'intérêt. Par ailleurs, ce qui constitue les plus grandes forces de ces outils c'est qu'ils ont fournis des éléments de démonstration et de preuve ainsi qu'un support visuel très important pour les élèves et ce, malgré quelques embûches méthodologiques.

En conclusion, un enseignement avec des outils pédagogiques utilisant l'ExAO favoriserait plus la réussite des élèves qu'un enseignement traditionnel magistral unique

puisqu'il aide à donner un sens aux concepts pour les élèves. L'enseignement avec l'ExAO comporte des éléments très visuels et dynamiques et il s'avère concret. Pour ces raisons, il stimule l'intérêt des élèves et, pour l'instant, sort des sentiers battus.

Descripteurs : Expérimentation assistée par ordinateur (ExAO); Efficacité pédagogique de l'ExAO; Enseignement de concepts scientifiques; Perceptions des élèves de l'enseignement des sciences; Pédagogie des sciences.

Abstract

The teaching of a science concept may turn out to be a great challenge. One must transform teaching elements in order to facilitate student understanding. Therefore, teachers have to conceive pedagogic tools. However, during this tool conception, teachers are often biased by their own knowledge of the scientific concept that they want to illustrate. The main goal of this project is experimenting, evaluating, improving, adapting and assessing effectiveness of pedagogic tools illustrating precise scientific concepts using computer assisted experimentation (CAEx) in order to answer the students' needs in learning sciences.

Three data collecting methods have been used in order to translate students' perceptions of science teaching: Étudiant Plus questionnaire, a homemade questionnaire and focus group meetings. Concerning pedagogic tools using CAEx, following a Cégep Marie-Victorin nature sciences department teacher's consultation, two sciences concepts were chosen. It was the distance covered by a free falling object when its medium speed is reached in physic mechanic and neutralization curves by titration of strong and weak acid by a strong base in solution chemistry. Pedagogic tools illustrating those two concepts were experimented, evaluated, improved, adapted, validated and tested in class inside physic mechanic course and solution chemistry course offered in Cégep Marie-Victorin in winter semester of 2007.

According to Étudiant Plus questionnaire results, the main weakness of the Cégep Marie-Victorin sciences students during school year 2006-2007 resided at the memorization level. Nevertheless, numerous strengths were signaled by this questionnaire since students preferred practical situations, problems solving and proceeding to a self verification and self analysis. Homemade questionnaire results also showed the importance of exercises and the preference for practical situations and problems solving. Moreover, this questionnaire demonstrated students' assiduity for their studies.

Focus group meeting contents analysis illustrated certain students' needs. Those needs are found at the practice in relation with the theory level, at the examples and exercises level, at the relationship between theory, laboratories, examples, exercises and everyday life level, but mainly at the visual support level.

Pedagogic tools using CAEx experimentation results demonstrated that they had a tendency to promote better success than a traditional teaching with only a blackboard as visual support. They aroused a little bit more interest. On the other hand, what constitute their greatest strength is that they provide demonstration and proof elements and a visual support very important for students and that, in spite of some methodological pitfall.

In conclusion, teaching with pedagogic tools using CAEx promote better students' success than traditional magisterial teaching since this form of teaching gives students a sense to what they are learning. Teaching with CAEx consists of very visual and dynamic elements and it turns out to be concrete. For those reasons, it stimulates interest in student and for the moment is getting out of common footpath.

Introduction

1) Introduction

Dans le nouveau paradigme de l'apprentissage et de l'enseignement qui tient actuellement du socioconstructivisme et du cognitivisme, nous ne pouvons ignorer l'importance de rendre l'élève actif dans son apprentissage (Jonnaert et Vander Borgh, 2003; Labelle, 2000; Perraudau, 1996; Tardif, 1992). Il ne peut y avoir d'apprentissage sans une volonté et une activité de l'apprenant (CEMEA, 1995). Cela entraîne une redéfinition de la notion de connaissance et, conséquemment, des transformations majeures dans le processus même de l'apprentissage (Larochelle et Désautel, 1992). Dans ce nouveau contexte, les exposés magistraux ne constituent plus, à eux seuls, les meilleurs outils favorisant la réussite des élèves (CEMEA, 1995) ; à l'intérieur des disciplines scientifiques, une plus grande place est accordée à l'expérimentation. Cependant, pour que cette expérimentation scientifique permette la compréhension de concepts complexes, elle doit être accompagnée d'exposés de l'enseignant. L'intégration de nouveaux outils pédagogiques informatisés permet de rendre ces exposés interactifs et plus significatifs pour les élèves, notamment en sciences (Thouin, 2002).

Dans l'enseignement d'un concept scientifique, l'enseignant est confronté à plusieurs obstacles (Astolfi *et al.*, 1997; Thouin, 2002). Ce projet de recherche vise l'expérimentation, l'évaluation, l'amélioration et l'adaptation de deux protocoles expérimentaux utilisant la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) et servant chacun à illustrer un concept scientifique donné. Il sera ainsi possible de vérifier si ces outils pédagogiques utilisant l'ExAO favorisent l'enseignement et l'apprentissage des concepts scientifique chez les élèves du département de sciences du Cégep Marie-Victorin.

1.1) Mise en contexte.

À l'origine, ce projet visait la création d'une équipe d'élèves-chercheurs, sous la supervision rapprochée d'un professeur, pour expérimenter, améliorer, évaluer et valider des protocoles expérimentaux utilisant la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Par la suite, il aurait fallu tester l'efficacité pédagogique de ces outils en classe. Malheureusement, nous avons été obligés de retirer l'apport direct des élèves-chercheurs dans l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation des outils pédagogiques. Plusieurs raisons ont justifié ce retrait. En premier lieu, le trop petit effectif étudiant disponible au cégep Marie-Victorin. En effet, certains des élèves-chercheurs auraient pu se retrouver dans une situation de conflit d'intérêt au cours de la recherche en assumant plusieurs rôles. De plus, ce petit effectif se combinait à un manque d'intérêt et de temps de la part des élèves en sciences. Par ailleurs, le temps de réalisation du projet alloué nous obligeait à faire des choix dont celui-ci. Il faut garder à l'esprit qu'afin de bien travailler sur l'ExAO, il faut avoir une bonne compréhension du système d'acquisition de donnée et de ses capteurs; inclure les élèves signifiait donc que ces derniers devaient maîtriser les concepts à l'étude et le matériel. Cependant, il sera intéressant d'inclure les élèves dans un processus similaire lors d'une étude sur une plus longue durée et comprenant plusieurs collègues.

1.2) Problématique

L'enseignement d'un concept scientifique peut s'avérer un défi de taille. Il faut transformer les savoirs à enseigner afin de faciliter la compréhension des élèves. Les enseignants doivent donc concevoir des outils pédagogiques. Cependant, lors de la création de ces outils, le professeur est souvent biaisé par sa propre connaissance des concepts scientifiques qu'il veut illustrer, puisqu'il se les est appropriés lors de ses études et qu'il a eu à les illustrer de manière semblable tout au long de sa carrière en enseignement. Ce qui est évident pour lui ne l'est possiblement pas pour les élèves. C'est pour contrer ce biais que nous avons analysé les perceptions de l'enseignement des sciences que possèdent les élèves du cégep Marie-Victorin, ainsi que leurs besoins tels qu'ils les expriment.

Une grande importance doit être accordée aux élèves qui suivent les cours de sciences et à leurs perceptions de l'enseignement de concepts scientifiques, puisque ce sont eux qui doivent mobiliser leurs ressources afin de construire leurs connaissances scientifiques. Mieux comprendre leurs perceptions, ce qu'ils apprécient dans l'enseignement des concepts et les difficultés qu'ils rencontrent dans l'apprentissage de ces concepts permettra de trouver des pistes d'intervention qui amélioreront les méthodes pédagogiques utilisées et favoriseront la réussite d'un plus grand nombre.

Notre question de recherche sera donc : est-ce que l'usage d'outils pédagogiques utilisant la technologie de l'ExAO pour illustrer des concepts scientifiques dans les cours de sciences du programme des Sciences de la Nature au Cégep Marie-Victorin peut faciliter l'enseignement ainsi que l'apprentissage de ces concepts scientifiques?

1.3) Objectifs de l'étude

1.3.1) Objectif général

L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'ExAO, dans l'optique de répondre aux besoins des élèves dans l'apprentissage des sciences.

1.3.2) Objectifs spécifiques

Les objectifs visés par ce projet de recherche sont de :

- 1) Traduire la perception de l'enseignement de concepts scientifiques par les élèves :
 - Comprendre comment les élèves perçoivent l'enseignement de concepts scientifiques ;
 - Faciliter l'intégration de nouveaux outils pédagogiques dans les pratiques pédagogiques des professeurs de sciences du Cégep Marie-Victorin ;
- 2) Améliorer des outils pédagogiques :

- Rechercher des outils pédagogiques illustrant des concepts scientifiques en utilisant la technologie de l'ExAO pour les élèves suivant des cours de sciences;
- Expérimenter ces outils pédagogiques ;
- Évaluer ces outils pédagogiques ;
- Améliorer et adapter ces outils pédagogiques ;
- Valider ces outils pédagogiques à l'aide d'experts ;
- Tester ces outils pédagogiques à l'intérieur de cours de sciences offerts au Cégep Marie-Victorin.

Ce projet d'évaluation et d'amélioration d'outils utilisant la technologie de l'ExAO a pour but de faciliter le travail du professeur dans l'enseignement de concepts scientifiques ainsi que dans l'intégration de cette nouvelle technologie qu'est l'ExAO. Il vise également à rendre l'enseignement et l'apprentissage des concepts scientifiques plus signifiants pour les élèves (Azmitia, 1988; Wood *et al.*, 1995; Kermani et Mahnaz, 1997), car les outils utilisés font directement référence au monde scientifique. Ultimement, ces outils et la compréhension des perceptions des élèves sur l'enseignement de concepts scientifiques visent à favoriser la réussite d'un plus grand nombre d'élèves.

État des connaissances

2) État des connaissances

2.1) Difficultés de l'enseignement d'un concept scientifique

L'enseignement et l'apprentissage de concepts scientifiques ne se déroulent pas toujours aussi aisément qu'on le désirerait. Mais, d'abord, qu'est-ce qu'un concept? Les concepts sont définis comme des perceptions régulières d'objets ou d'événements ayant la même étiquette (Hellden, 1998). Au moment de leur enseignement ou de leur apprentissage, des difficultés se présentent sur plusieurs plans : le vocabulaire et les symboles (mathématiques et autres) utilisés, les difficultés conceptuelles, les méthodes pédagogiques mises en œuvre et la diversité des élèves, notamment (Thouin, 2002; Astolfi *et al.*, 1997; Brook et Wells, 1988). Pour que l'apprentissage de concepts scientifiques se fasse en profondeur, trois éléments sont requis: le sujet à être appris doit être signifiant pour l'apprenant, ce dernier doit avoir une conception qui est reliée à la nouvelle information à être apprise et il doit choisir d'apprendre en profondeur (Ausubel, Novak et Hanesian, 1978). Finalement, il faut se rappeler que mémoriser n'est pas comprendre (Alberts, 2002; Viendlinski, *et al.*, 2002). Les différentes difficultés liées à l'enseignement et à l'apprentissage de concepts scientifiques s'insèrent au travers de ces éléments requis.

2.1.1) Vocabulaire et symboles

Parmi ces difficultés, le vocabulaire et les symboles nouveaux incluant les mathématiques exigent généralement une dizaine d'utilisations avant qu'un élève puisse les assimiler entièrement (Pavlik, 1979; Roth, 1985; De Serres *et al.*, 2003). C'est un problème qui semble simple à surmonter, mais qui peut receler de nombreuses embûches (De Serres *et al.*, 2003). Il est important, également, de se rendre compte que certains élèves sont mathophobes, c'est-à-dire que ce sont des élèves pour qui la seule présence de chiffres, de tableaux, de calculs est un motif d'inquiétudes et même de rejet (Lenton et Stevens, 1999). Il sera possible de résoudre ce problème en introduisant les concepts scientifiques de façon qualitative et en ajoutant graduellement l'aspect quantitatif (Thouin, 2002), ainsi qu'avec d'autres méthodes (Saint-Pierre et Lafortune, 1995). De plus, De Serres *et al.*, (2003) recommande : « qu'au collégial, comme au secondaire, il faut favoriser la concertation entre les professeurs de disciplines connexes, afin qu'ils puissent mettre sur pied des stratégies communes pour aider les élèves éprouvant des difficultés langagière scientifique ».

2.1.2) Difficultés conceptuelles (abstrait vs concret)

Par ailleurs, certains concepts scientifiques peuvent sembler abstraits, la chaîne alimentaire par exemple. Plusieurs, au niveau collégial, le sont carrément (notamment la division cellulaire, la respiration cellulaire, la synthèse des protéines, etc.). De plus, certaines autres difficultés de l'apprentissage de concepts sont reliées au degré de complexité d'un concept (Zoller, 1990; Rea-Ramirez, 1998). Cela passe par l'identification des attributs (ou caractéristiques) de ce concept, la détermination du nombre d'attributs, l'estimation du caractère essentiel ou non des attributs, etc. (Rea-Ramirez, 1998). Même des concepts qui semblent à première vue relativement simples et faciles à définir peuvent être interprétés de différentes façons (Gravel, 1997). Il s'agit

à ce moment d'utiliser une démarche progressive qui débute par du matériel concret en allant vers du matériel abstrait. Cette progression facilitera la compréhension du concept par les élèves (Thouin, 2002; Abide, 1972). De plus, selon Aylwin (1992a), le concret doit précéder l'abstrait. C'est à tort, souvent, qu'on accuse les élèves d'être déficients sur le plan de la pensée formelle, car c'est l'enseignement, souvent, qui utilise, à tort, des termes abstraits pour expliquer des notions abstraites: on ne peut faire un travail d'abstraction qu'à partir du concret (Aylwin, 1992a).

Évidemment, le développement conceptuel des élèves intervient dans leurs difficultés. Hellden (1998) fait référence à Piaget qui décrit le développement conceptuel d'un enfant comme passant à travers 4 étapes. La première est une étape sensoriello-motrice (de la naissance jusqu'à deux ans); la seconde, une étape préopérationnelle (de 2 à 7 ans); la troisième, une étape opérationnelle concrète (de 7 à 11 ans) et la dernière est une étape opérationnelle formelle (11 et plus) (Piaget 1964). Les deux dernières étapes peuvent être reprises ou répétées dans le développement de concepts beaucoup plus complexes tels que ceux enseignés au niveau collégial ou universitaire (Hellden, 1998).

Une autre difficulté rencontrée dans l'enseignement de concepts scientifiques est la préconception erronée de l'élève. En effet, il y a un bon nombre d'enseignants qui sont inquiets de la présence de mauvaises conceptions des élèves avant, pendant et même après les processus d'enseignement (Grim, 1999). Les élèves possèdent déjà un ensemble de représentations, de conceptions ou d'explications de la réalité (Bertrand et Girault, s.d.). Cette constatation est très importante, puisqu'elle suscite la question suivante: comment enseigner la connaissance scientifique à des élèves qui ont déjà une vision préscientifique de la vie bien ancrée dans leurs cerveaux? Selon Giordan (1983), un enseignement classique ne modifie pas les conceptions initiales des apprenants. L'apprenant ne digère que quelques miettes éparses de l'enseignement qu'il a suivi. Le nombre de conceptions initiales que se font les élèves d'un sujet traité n'est pas infini. L'apprentissage d'un savoir dépend donc de ces conceptions initiales. On constate ainsi par exemple que de nombreux élèves, du secondaire jusqu'à l'université, vivent de sérieuses difficultés dans la compréhension et l'application de concepts fondamentaux en physique (Chia, 1995; Karplus, 1981; McDermott, 1982); or, dans des domaines tels que la mécanique, l'interprétation par les élèves des phénomènes observés est fréquemment incorrecte et significativement différente des idées scientifiques (Green, McClosekey et Caramazza, 1981; Trowbridge et McDermott, 1980 et 1981).

2.1.3) Choix des méthodes et diversité

Une autre difficulté dans l'enseignement et l'apprentissage de concepts scientifiques est le choix, par l'enseignant, des méthodes pédagogiques (Adey, 1999; Aquirre et Erickson, 1984; Chia, 1995). Selon Thouin (2002), « certaines méthodes d'enseignement ne sont pas très efficaces avec certains élèves. Il est possible qu'en raison de leur profil d'apprentissage ceux-ci ne soient pas très réceptifs aux approches utilisées. Il faut donc s'habituer à varier les méthodes, de façon à rejoindre le plus grand nombre possible d'élèves ».

Cette difficulté découle directement de la diversité des élèves. En effet, la une population étudiante présente une diversité croissante, les perspectives culturelles, les expériences et les attentes face à l'éducation des élèves varient, tout comme leur style d'apprentissage et de comportement, sans oublier les valeurs parentales fort diversifiées sur l'enseignement et l'apprentissage dans nos écoles auxquelles ils sont exposés (Fraser-Abder, 2001). Enseigner à un groupe aussi hétérogène représente un défi de taille. Élaborer et améliorer des initiatives de développement professionnel significatives et efficaces est un processus complexe parsemé d'embûches et de barrières (Fraser-Abder, 2001). La pédagogie doit favoriser toutes les formes d'esprit et tous les styles d'apprentissage et de cultures. Les enseignants ont constaté depuis toujours qu'il existe d'importantes différences entre les élèves, mais plusieurs facteurs, relativement récents sont venus élargir l'éventail des différences et accentuer celles-ci (Aylwin, 1992b). Citons, entre autres, les préférences hémisphériques de Herrmann (1992), reliées au fonctionnement du cerveau. Selon Aylwin (2002a) : « Enseigner est donc un art où le professeur, les élèves et l'environnement interagissent d'une façon toujours changeante, originale, et jamais réductible à un mode d'emploi transférable ou reproductible: chaque professeur construit ses propres modèles et les recrée sans cesse ».

2.1.4) Autres problèmes

Il existe également d'autres difficultés soit sur le plan de la lecture, des obstacles didactiques, des peurs des élèves, des stéréotypes sexistes ou sur le plan des problèmes d'ordres religieux et culturel. En outre, l'élève doit pouvoir constater l'utilité de ce qu'il fait. Ceci ne s'applique pas uniquement en classe par rapport aux travaux et aux exigences du professeur, ou dans les liens entre les différentes disciplines, mais également pour la poursuite des études des apprenants aux niveaux supérieurs et dans leur domaine de travail respectif (Aylwin, 1992b).

2.1.5) Pertinence de la recherche relativement aux difficultés de l'enseignement de concepts scientifiques

C'est en partie aux problèmes de conceptualisation et aux problèmes de choix des méthodes pédagogiques que le projet présenté a tenté de trouver une réponse. Notre hypothèse était que l'expérimentation et l'amélioration d'outils pédagogiques utilisant l'ExAO rendrait l'enseignement et l'apprentissage de concepts scientifiques plus concrets et ainsi plus significatifs pour l'élève (Azmitia, 1988; Wood *et al.*, 1995; Kermani et Mahnaz, 1997). Ces outils pédagogiques offriraient une alternative aux méthodes traditionnelles (illustrations, films diaporamas, etc.).

De plus, il est essentiel de ne pas restreindre l'apprentissage et l'enseignement de concepts scientifiques à l'expérimentation seule, puisqu'il a été démontré que, dans plusieurs cas, cette confrontation entre l'expérience réalisée par des élèves et le concept n'a de sens que si certaines conditions expérimentales très strictes sont rigoureusement respectées, conditions généralement oubliées par ces mêmes élèves. La rigueur de la présentation d'un concept à l'aide d'une expérience pose donc des problèmes pédagogiques difficiles, car elle est indissociable de la rigueur des conditions expérimentales qui lui sont rattachées (Brachet *et al.*, 1985). Par ailleurs, Astolfi (1985)

a mentionné que des activités de « résolution de problème », qui consistent en la résolution d'une situation problème à partir des acquis des élèves ou suite à une recherche d'information, ne peuvent déboucher que sur des acquis ponctuels et non sur des notions générales. Cette observation a également été faite par Grossman (2005). En outre, les outils pédagogiques évalués au cours de cette recherche s'intègrent dans des stratégies visant le transfert de connaissances dans une séquence permettant aux élèves de contextualiser, de décontextualiser et de recontextualiser les concepts enseignés (Rieunier, 2001). Ces outils pourront s'inscrire dans les étapes de contextualisation de l'apprentissage des concepts et pourront faciliter la décontextualisation. Il sera ensuite d'une grande importance d'insister auprès des utilisateurs des outils pédagogiques afin qu'une étape de recontextualisation soit prévue lors de nouvelles activités pédagogiques, qui pourrait prendre la forme d'activités de laboratoires par exemple.

2.2) L'enseignement assisté par ordinateur

Les élèves qui entrent dans les classes de science ont grandi dans un monde riche en technologie : ils possèdent des jeux vidéo et des ordinateurs personnels, et la communication instantanée et l'accès Internet leur sont familiers (Randall, 2001). En discutant de l'utilisation potentielle de la technologie dans une classe constructiviste, Strommen (1995) note que, puisque les élèves sont habitués à un environnement à l'extérieur de l'école où ils contrôlent le flot et l'accès à l'information, ils seront naturellement plus intéressés et impliqués dans leur apprentissage. Malheureusement, dans plusieurs classes, les connaissances sont présentées aux élèves dans un mode didactique linéaire qui diffère dramatiquement de leurs expériences hors classe. En contraste avec les images dynamiques et les flots d'information dirigée auxquels ils ont accès de leur domicile et dans la société, l'école leur semble rigide, inintéressante, et ultimement aliénante (Strommen, 1995). Ainsi, l'usage d'outils pédagogiques utilisant l'ExAO aurait l'effet d'assouplir cette perception qu'ils ont de l'école.

2.2.1) Types d'enseignement assisté par ordinateur

L'ordinateur possède huit fonctions dans l'enseignement (DeVries, 2001). Ces fonctions et leurs caractéristiques sont présentées au tableau I.

Par ailleurs, Berger *et al.*, (1994) séparent les utilisations de l'ordinateur pour enseigner ou pour apprendre les sciences en quatre catégories, soit les didacticiels, les évaluateurs de performance, les simulations assistées par ordinateur et les expérimentations assistées par ordinateur. Les didacticiels correspondent généralement à des exercices, à des documents multimédias pouvant contenir des hyperliens et à des présentations sur support informatique destinés à être consultés par l'élève. Les évaluateurs de performance, quant à eux, correspondent à des évaluations de l'élève administrées et compilées localement par un ordinateur ou à distance par le biais d'Internet, et qui sont susceptibles de mettre en évidence certains besoins de l'élève dans le but de le diriger vers les ressources correspondant à ces besoins. Les simulations assistées par ordinateur, elles, utilisent les possibilités de calcul et d'affichage de l'ordinateur pour simuler un phénomène et le représenter à l'écran avec différents niveaux de complexité, d'interactivité et de réalisme. Finalement, les

expérimentations assistées par ordinateur interagissent avec une expérimentation réelle par le biais d'une interface munie de capteurs et reliée à un ordinateur permettant de recueillir les données, de les représenter et de les analyser à différents niveaux.

Tableau I : Fonctions pédagogiques de l'ordinateur et leurs caractéristiques.

Fonctions pédagogiques	Type de logiciel	Théorie	Tâches	Connaissances
Présenter de l'information	Tutoriel	Cognitivisme	Lire	Présentation ordonnée
Dispenser des exercices	Exercices répétés	Béhaviorisme	Faire des exercices	Association
Véritablement enseigner	Tuteur intelligent	Cognitivisme	Dialogue	Représentation
Capter l'attention et la motivation de l'élève	Jeu éducatif	Principalement béhaviorisme	Jouer	
Fournir un espace d'exploration	Hypermédia	Cognitivisme Constructivisme	Explorer	Présentation en accès libre
Fournir un environnement pour la découverte de lois naturelles	Simulation	Constructivisme Cognition située	Manipuler, observer	Modélisation
Fournir un environnement pour la découverte de domaines abstraits	Micro-monde	Constructivisme	Construire	Matérialisation
Fournir un espace d'échange entre élèves	Apprentissage collaboratif	Cognition située	discuter	Construction de l'élève

Tableau tiré de DeVries (2001)

L'apport de l'ordinateur à l'enseignement et à l'apprentissage peut donc prendre des formes multiples. Pour la formation en milieu de travail, l'utilisation pédagogique de l'ordinateur permet de maximiser le temps de formation et de favoriser la rétention (Desgent *et al.*, 2004). Par ailleurs, il s'avère que l'information présentée sous forme multimédia stimule plusieurs sens à la fois et, par conséquent, favorise une meilleure rétention (Guay, 2001). Or, Huffman et Vernoy (2000) indiquent que, parmi les éléments qui favorisent une meilleure rétention, on retrouve l'information présentée sous forme verbale et visuelle (système de double codage), l'analyse approfondie des informations (niveau de traitement) et l'organisation des informations (cartes conceptuelles des documents). Tous ces éléments peuvent être exploités lorsqu'on utilise les technologies de l'information et des communications.

2.2.2) Études sur l'efficacité de l'enseignement assisté par ordinateur

Aux balbutiements de ce projet, il était déjà clair que les développements rapides et continuels dans le domaine de l'informatique incluant les TICs (technologies de l'information et de la communication) amenaient des transformations majeures dans un grand nombre de secteurs et qu'il devenait de plus en plus important pour les étudiants du collégial de développer une maîtrise minimale de ces technologies (Poellhuber, 2002). Parcourir le 21^e siècle impliquera une construction de programmes, des innovations individuelles et un effort total qui dépassera la discipline (Williams, 1996). Selon la perspective de l'ordinateur-outil, l'utilisation des TICs en classe serait un vecteur de changement pédagogique permettant de modifier le rapport au savoir des enseignants et des élèves, ainsi que le rôle de l'enseignant (Poellhuber, 2002). Dans de telles perspectives d'évolution et de changement, la pédagogie et la technologie innovent parallèlement, et de concert. L'assistance face aux changements informatiques ne

pourra plus juste se limiter au plan technique, plusieurs personnes nécessiteront de l'aide afin de construire des stratégies d'enseignement efficaces qui utilisent ces nouvelles technologies (Williams, 1996).

Lorsque l'on cherche à intégrer l'informatique dans un programme, on se trouve face à une problématique et une dynamique de changement qui se situent à la fois sur les plans individuel (chacun des enseignants) et collectif (le programme). Ce changement ne se déroule pas nécessairement de façon automatique (Poellhuber, 2002)

La majorité des chercheurs qui ont conduit une recension systématique des écrits sur l'effet des TICs sur l'apprentissage et l'enseignement partagent cette conclusion : il ne semble pas y avoir de lien direct entre l'utilisation de telle ou telle technologie et tel ou tel effet sur l'enseignement ou l'apprentissage (Newhouse, 2002a, Mulligan et Geary, 1999 ; Leasure et autres, 2000 ; Gagne et Shepherd, 2001; Schulman et Sims, 1999 ; Jones, 1999 ; Deek *et al.*, 1999, cité par Ducharme, Lizotte et Chomienne, 2002). Par ailleurs, Russell (1999) a publié une compilation de quelque 355 rapports, résumés et articles présentant les résultats de recherches portant sur l'efficacité des méthodes pédagogiques intégrant des technologies de l'information et de la communication. La majorité des résultats cités dans cette compilation indique qu'il n'y a pas de différence entre les résultats obtenus par les élèves utilisant les TIC et ceux qui ne les utilisent pas. La compilation recense aussi plusieurs autres recherches concluant que, au contraire, le recours aux TIC contribue à hausser les résultats des élèves. Enfin, la compilation révèle un nombre restreint de recherches établissant que l'utilisation des TIC diminue les résultats des élèves. La recension la plus récente (janvier 2005) du Center for Applied Research in Educational Technologies (CARET) comporte 706 titres d'articles et de rapports que les chercheurs du projet ont consultés pour en extraire des principes d'utilisation efficace des TIC en contexte pédagogique. Ils ont regroupé ces principes autour de cinq concepts, dont le premier est le plus en lien avec la métasynthèse de l'Association pour la recherche au collégial (ARC) (Barrette 2005) : l'apprentissage des élèves, les programmes et la pédagogie, la formation en ligne, le développement professionnel et l'évaluation.

Attardons-nous un peu sur les résultats de cette recension (CARET 2005 dans Barrette 2005) où les résultats positifs étaient en relation avec des éléments pédagogiques précis. En effet, la technologie améliore les résultats scolaires lorsque l'application soutient directement les objectifs du programme d'études qui sont évalués. De plus, cette amélioration se produit quand l'application s'intègre aux activités pédagogiques courantes et quand elle est utilisée dans des établissements qui soutiennent l'utilisation de la technologie. En outre, la technologie permet le développement des opérations cognitives d'ordre supérieur lorsqu'on enseigne aux étudiants à appliquer le processus de la résolution de problème et qu'on leur donne des occasions d'appliquer la technologie à l'étude des solutions. De plus, la technologie améliore la motivation, l'attitude et l'intérêt lorsque les étudiants emploient des applications informatiques qui adaptent les problèmes et les tâches pour maximiser leur expérience de réussite. Elle améliore aussi la motivation lorsque les élèves utilisent

des applications stimulantes et ludiques pour développer des habiletés et des connaissances de base.

L'étude de Desgent *et al.*, (2004) corrobore l'impact positif des TIC comme outil pédagogique pertinent dans l'amélioration de la réussite et note que cet impact varie selon le sexe et les résultats antérieurs. Les recommandations de cette étude insistent sur la nécessité de développer des activités TIC, de poursuivre les investissements afin de fournir un environnement informatique convivial et les recherches afin de mieux saisir la dynamique entre les TIC et l'apprentissage (Desgent *et al.*, 2004).

En ce qui a trait aux théories de l'apprentissage, l'informatique s'insère bien dans la construction des savoirs. Comme Tardif (1992, 1996) le suggère, une des conditions nécessaires pour que l'élève parvienne à construire un savoir est qu'il soit actif dans son apprentissage. Désilets (2001) arrive au même constat, à savoir que les technologies sont susceptibles de rendre l'élève plus actif dans ses apprentissages.

Dans les sections suivantes, nous allons nous attarder à la robotique pédagogique, plus particulièrement à l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO).

2.3) La robotique pédagogique

2.3.1) Théories à la base de la robotique pédagogique

On observe différentes approches dans les applications de la robotique pédagogique. Elles visent surtout à développer certaines compétences chez l'apprenant telles que des stratégies de résolution de problème, la formalisation de la pensée, la socialisation ainsi que l'acquisition d'une variété de concepts (Denis, 1993a; Denis et Baron, 1993).

À l'intérieur des quatre approches de l'utilisation de la robotique pédagogique, on compte plusieurs différences reliées à leurs champs d'application (Denis et Baron, 1993) :

- 1) une approche technocentriste visant le développement de situations techniques souvent près du monde industriel (Delannoy, 1993; Nicoud, 1993; Tauriac, 1993),
- 2) une approche basée sur la création et l'exploration de micromonde selon le projet de l'apprenant (Denis, 1993b; Leroux, 1997; Limbos, 1993; Morato, 1993; Napierala et al., 1993; Sougné, 1993; Vivet, 1993; Papert, 1984),
- 3) une approche basée sur la théorie du spectacle cognitif ou de l'expérimentation assistée par ordinateur, le tout relié aux contenus scientifiques (Nonnon, 1986; Noël et Bergeron 1991, Cervera et Nonnon, 1993; Girouard et Nonnon, 1999; Hudon et Nonnon, 1993; Macherez, 1993; Marchand, 1993; Nonnon, 1993; Rellier et Sourdillat, 1993),
- 4) une approche de programmation ou d'algorithme (Duchateau, 1993).

Parmi ces approches, les objectifs spécifiques et les méthodologies varient (Denis et Hubert, 2001). L'aspect interdisciplinaire de ces approches a également été particularisé. En effet, il est difficile de classifier la robotique pédagogique à l'intérieur d'une discipline, puisque les projets varient souvent, passant d'un type d'approche à l'autre (Denis et Hubert, 2001).

Sans se soucier des approches, les objectifs d'apprentissage de la robotique pédagogique peuvent être catégorisés en référence au modèle d'architecture des compétences de Leclercq (1987) (Figure 1). Selon ce modèle, les compétences dynamiques sont reliées aux projets personnels. Elles font également référence à la motivation, c'est-à-dire au plaisir qu'une personne expérimente en effectuant une tâche d'apprentissage. Les compétences stratégiques s'intéressent à la métacognition, c'est-à-dire la connaissance de soi comme apprenant, de ses forces et de ses faiblesses, et au développement de stratégies afin de s'adapter aux situations complexes. Les compétences démultiplicatives permettent à l'apprenant de développer des stratégies de recherche d'information et d'acquérir des compétences plus spécifiques. Finalement, les compétences spécifiques font référence aux contenus spécifiques (Leclercq, 1987).

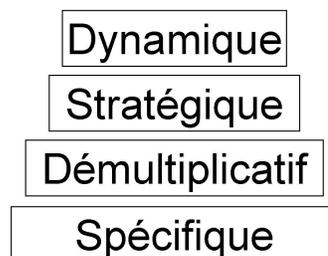


Figure 1: Architecture des compétences selon Leclercq (1987).

Comme toutes autres situations d'apprentissage, les activités de robotique pédagogique peuvent être décrites et analysées en se référant au modèle des six paradigmes de l'enseignement et de l'apprentissage (Denis et Leclercq, 1994; Leclercq et Denis, 1998) Ces paradigmes (Figure 2) incluent l'expérimentation, la création, l'exploration, la réception, l'imitation et la pratique, et impliquent de grandes différences dans les interactions entre l'enseignant et les apprenants. Ainsi, l'utilisation de la robotique pédagogique permet d'insérer des activités à l'intérieur de chaque paradigme; par exemple, un protocole d'ExAO permet l'exploration d'un concept scientifique précis.

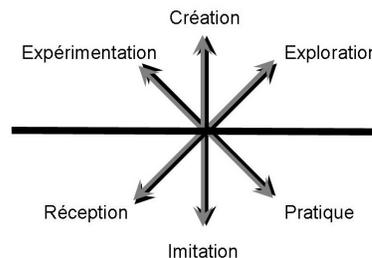


Figure 2: Paradigmes de l'enseignement et de l'apprentissage selon Denis et Leclercq (1994)

2.3.2) Définition de la robotique pédagogique à l'intérieur de l'enseignement assisté par ordinateur

Le développement de la connaissance est inséparable d'une technologie liée à une société moderne (Landelle, 1987). Il devient alors possible d'enseigner les notions abstraites des sciences et des mathématiques de façon concrète et en lien avec notre environnement quotidien (Baril, 2000). En présentant les données sous forme graphique et en temps réel, l'ordinateur permet d'appréhender, simultanément, le phénomène réel à l'étude et une représentation abstraite de celui-ci (Marcotte et Sabourin, 2000). Dans cette optique, la robotique pédagogique vise principalement l'acquisition d'habiletés générales et de notions scientifiques. Elle se caractérise par un usage pédagogique de l'ordinateur dans ses fonctions de scrutation, d'analyse, de contrôle et de modélisation (Nonnon, 1991).

Au Québec, les applications de la robotique pédagogique dans les écoles prolifèrent; pourtant le phénomène est mal connu (Chomienne, 1991). Plusieurs utilisations se généralisent : l'ordinateur comme outil de gestion pédagogique, l'enseignement assisté par ordinateur (EAO), l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) et l'ordinateur en tant qu'outil d'apprentissage à la programmation (Saroul, 1987). Les expériences assistées par ordinateur peuvent être utilisées en remplacement des expériences de laboratoire lorsque l'objectif est de fournir de la pratique dans la prise de décision ou pour enseigner les principes scientifiques en chimie (Suits et Lagowski, 1994). En outre, les expériences assistées par ordinateur peuvent être plus efficaces que les expériences de laboratoire dans l'enseignement des processus scientifiques ou de pensée (Jackman, Mollenberg, Bradson, 1987; Lunetta et Hofstein, 1981; River and Vockell, 1987). Il s'agit ici de discerner entre l'enseignement de processus de pensée scientifique et la réalisation d'un protocole précis : un élève doit apprendre à utiliser le matériel de laboratoire et à réaliser les lectures et les procédures expérimentales; ces éléments ne sont pas nécessairement mis en évidence dans l'utilisation de l'ExAO.

L'ExAO possède à la fois des avantages et des inconvénients. En effet, pour Nonnon (1986), l'utilisation d'un milieu informatisé permet de donner un environnement propice à l'élève pour qu'il s'engage dans une démarche heuristique de résolution de problème en sciences expérimentales. Les inconvénients de l'utilisation de l'ordinateur en pédagogie résident dans la décomposition en items du contenu d'enseignement. Celle-ci entraîne une atomisation des connaissances, une progressivité lente, source d'ennui pour l'apprenant, ainsi qu'un part réduite faite à la créativité (Saroul, 1987). Ainsi, afin de faciliter l'apprentissage de concepts nouveaux, Fazarinc (1992) affirme que l'outil pédagogique utilisant l'ordinateur doit être facile d'emploi, entretenir la concentration, aider à la visualisation et vérifier la compréhension. Testés par des élèves, des modules ainsi conçus ont hâté la compréhension intuitive des concepts nouveaux, et apparaissent appropriés à l'usage individuel. Finalement, selon Tatin (1989), l'enseignement assisté par ordinateur doit être avant tout un acte pédagogique qui s'intègre dans une conception globale de l'éducation. En effet, il ne faut pas intégrer l'ordinateur juste pour lui-même, mais bien réfléchir aux conditions de

cette intégration, aux objectifs pédagogiques poursuivis et aux préférences de l'enseignant et des élèves.

2.3.3) Système de robotique pédagogique

Dans le cas de la présente recherche, la robotique pédagogique implique principalement l'utilisation de l'ExAO comme aide à l'enseignement à l'intérieur de la partie théorique des cours de sciences. Elle s'intègre dans une section de l'enseignement assisté par ordinateur (Saroul, 1987). À l'intérieur des cours de sciences du programme des Sciences de la Nature du Cégep Marie-Victorin, l'ExAO s'ajoute tout naturellement aux autres étapes de la méthode scientifique, lesquelles sont déjà à divers degrés assistées par ordinateur (recherche de documentation, analyse et traitement de données, rédaction et présentation) (Marcotte et Sabourin, 2000). Ainsi, l'ExAO est un environnement d'apprentissage qui utilise l'ordinateur en modes conversationnel, graphique et contrôle de procédés (Nonnon, 2002). Il permet à l'étudiant à la fois de paramétrer et de contrôler une expérience réelle, d'acquérir les données et de visualiser celles-ci sous forme symbolique. Ces données sont présentes en temps réel sur des instruments virtuels (Nonnon, 2002).

Le système de robotique pédagogique est constitué des systèmes d'acquisition de données (chimiques, biologiques ou physiques) et d'analyse informatique et mathématique. Trois éléments fondamentaux composent un système d'ExAO (quatre si nous comptons l'ordinateur !): les capteurs, l'interface et le logiciel (Nonnon, 1991; Girouard et Nonnon, 1999) (voir Figure 3). Les capteurs sont les instruments de mesure à proprement parler. À la différence des instruments classiques, les capteurs ne possèdent pas nécessairement de circuits électroniques permettant l'interaction directe entre l'utilisateur et l'instrument (ex. écran d'affichage, bouton de sélection, interrupteur, etc.). Le capteur produit un signal dont la valeur est proportionnelle à celle du paramètre mesuré. L'interface est l'appareil qui fait le lien entre le ou les capteurs et l'ordinateur; il se présente souvent sous forme de carte enfichable, ou d'un petit appareil qui se branche à l'ordinateur. L'interface peut traduire ou régulariser le signal, selon le capteur et le système utilisé. Sauf pour des raisons de compatibilité de l'interface ou du logiciel, à peu près n'importe quel type d'ordinateur muni de n'importe quelle plate-forme peut servir d'intermédiaire. Évidemment, la puissance de l'ordinateur et ses capacités d'affichage graphique feront varier la convivialité de l'expérimentation (cette puissance n'est toutefois pas nécessairement synonyme d'efficacité). Finalement, un logiciel adéquat pilote l'interface et permet de traiter les mesures réalisées, notamment sous forme graphique. Il existe une assez grande diversité de logiciels pour l'ExAO. Leurs fonctions ne sont toutefois pas nécessairement équivalentes (Girouard et Nonnon, 1999).

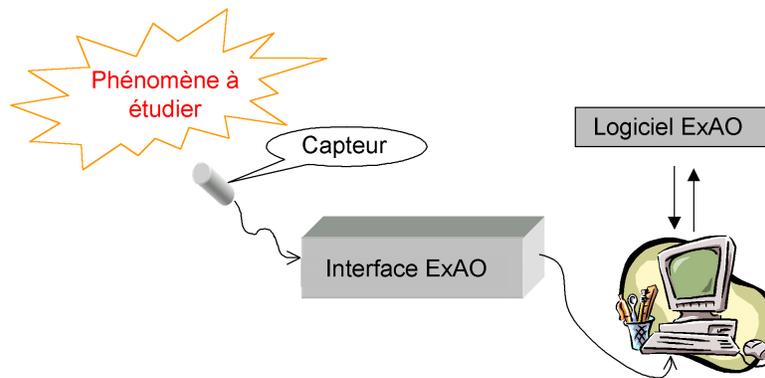


Figure 3: Système d'ExAO constitué d'un capteur qui perçoit le phénomène à étudier qui l'envoie vers le logiciel via une interface (schéma modifié du site : <http://perso.orange.fr/tangentiel/images/EXAO.gif>).

Ce système d'ExAO constitue une situation d'apprentissage très riche en elle-même, car elle exige que l'élève définisse tout l'ensemble de son mécanisme (Pelchat, 1991). Avec l'ajout de nouveaux capteurs, c'est tout le champ de mesure qui s'intègre. Mesures, utilisation des capteurs spécialisés, actions dépendant de telle ou telle valeur de capteur : toutes ces décisions s'appuient sur une qualité essentielle, la rigueur, dont l'importance comme valeur éducative est primordiale en sciences (Pelchat, 1991).

2.3.4) Bénéfices de l'utilisation de la robotique pédagogique

Les recherches sur les bénéfices didactiques liés à son utilisation en tant qu'outil cognitif d'aide à l'acquisition d'une structure de pensée scientifique sont peu nombreuses (Girouard, et Nonnon, 1999). Utilisées comme outils pédagogiques, toutes ces technologies peuvent rendre un service majeur dans l'enseignement et jouer de multiples rôles dans l'éducation. En effet, la plupart des recherches démontrent qu'un enseignement assisté par ordinateur exerce une influence positive sur l'apprentissage des élèves (Viau, 1987). En effet, Barton (2005) a observé des indications qu'il y a un potentiel de bénéfices considérables avec une approche utilisant l'informatique pour combler des besoins liés au développement de matériel et de méthodes pédagogiques. Selon Papert (1981), les premiers essais dans l'utilisation de l'enseignement assisté par ordinateur ont surtout été concluants dans le domaine de l'apprentissage des mathématiques.

De plus, Page *et al.* (2000) ont pu constater que des activités pédagogiques utilisant l'informatique aident à développer l'autonomie de l'élève et sa rigueur, forment à la communication et développent la motivation. Cet effet sur la motivation a été également observé par Alberganti (2000). Ce dernier a noté que les effets positifs sont l'amélioration des capacités d'apprentissage et l'augmentation de la motivation (Alberganti, 2000). Par ailleurs, Beauchamp (1983) a observé que plusieurs élèves en arrivaient à une meilleure perception d'eux-mêmes; l'expérience du succès augmente chez l'élève la confiance qu'il a en lui. La grande richesse des systèmes d'enseignement intelligents réside dans leur capacité à répondre simultanément à des demandes individuelles et collectives (Alberganti, 2000). L'informatique, incluant les TICs, enrichit les outils pédagogiques et provoque un changement dans le traitement des

phénomènes de difficultés ou d'échec scolaire, grâce à des enseignements totalement personnalisés (Alberganti, 2000).

Dans son bilan, Viau (1987) cite un rapport sur le niveau collégial qui regroupe les conclusions tirées de 59 recherches effectuées dans les collèges américains entre les années 1970 et 1980 (Kulik et al., 1980). La conclusion générale à laquelle les auteurs sont arrivés et ce, dans chaque rapport, est la suivante : la plupart des recherches démontrent qu'un enseignement assisté par ordinateur de type simulation, exercices répétitifs, enseignement programmé ou expérimentation assistée par ordinateur (sous-domaine des TICs) exerce une influence plus positive sur l'apprentissage des étudiants qu'un enseignement traditionnel n'utilisant aucun média (Kulik et al, 1980).

Radice (1997) a démontré que, lors d'une expérimentation effectuée dans un contexte d'enseignement assisté par ordinateur, les élèves prennent moins de temps pour mémoriser et plus de temps pour observer et pour développer des compétences techniques et analytiques. Selon Akbari-Zarin et Gray (1990), l'utilisation de l'enseignement assisté par ordinateur en mathématique semble avoir un impact positif sur la performance des élèves. De plus, un enseignement complété par l'ordinateur peut aider les élèves à développer des habiletés cognitives importantes (Reif et Scott, 1997). Les résultats d'une étude d'Olson (1992) indiquent que la méthode d'enseignement qui se fie entièrement à la simulation par ordinateur peut passer à côté du fait que les élèves ont des préconceptions à propos des sciences qui doivent être dissipées pour que l'apprentissage ait lieu. Ils concluent que, même si les simulations peuvent contribuer aux changements de conceptions, elles doivent être utilisées conjointement à des méthodes d'enseignement traditionnelles (Olson, 1992). Par ailleurs, plusieurs chercheurs suggèrent que l'enseignement assisté par ordinateur pourrait être efficace dans l'enseignement des habiletés reliées à la démarche scientifique. (Strawitz et Malone, 1987).

Cependant, dans un collège où l'on a comparé une approche utilisant l'enseignement assisté par ordinateur pour enseigner l'algèbre aux méthodes traditionnelles, aucune différence significative n'a été observée (Tilidetzke, 1992) et Yea et Zadnick (2000) ont démontré que, dans une classe de secondaire australienne, les élèves utilisant l'informatique ont fait des progrès limités dans leurs apprentissages. Selon l'étude de Burchfield et Vernon (1995), il n'y a pas eu de différence significative entre le gain moyen d'habileté scientifique des élèves ayant eu accès à l'ordinateur et celui des élèves qui n'y ont pas eu accès. Les auteurs mentionnent cependant qu'il ne faut pas généraliser les résultats de cette étude à d'autres situations d'enseignement. En effet, les auteurs notent qu'une étude de Faryniarz et Lockwood (1992) et une de Rivers et Vockell (1987) arrivent à des résultats opposés; dans ces études, les groupes d'élèves utilisant l'ordinateur ont acquis, de manière significative, plus d'habiletés scientifiques. Ceci illustre que plusieurs conditions doivent être respectées afin que l'utilisation de l'ordinateur crée un impact positif. Ces conditions ont été analysées par Barrette (2004a, 2004b et 2005) et CARET (2005).

Plus près de chez nous, Marcotte et Sabourin (2000) ont démontré, dans un projet d'intégration de l'ExAO dans un cours de biologie au Collège Ahuntsic, que l'ExAO favorise l'interaction des élèves avec l'expérimentation (montage, protocole), augmentant ainsi leur intérêt et leur créativité. Leur sens critique serait également développé par la confrontation rapide des résultats obtenus avec les résultats attendus selon la théorie. Ils ont noté que « grâce à l'ExAO, et parce que l'interface et son logiciel permettent la visualisation graphique des variables pendant le déroulement même de l'expérience, nous avons vu apparaître une nouvelle dynamique » (Marcotte et Sabourin, 2002). Le niveau de compréhension de l'élève augmente parce que celui-ci a plusieurs occasions de confronter les résultats obtenus avec les résultats attendus selon ses hypothèses ou prédits par la théorie (Marcotte et Sabourin, 2002). L'utilisation de l'ExAO comme outil pédagogique changerait favorablement la perception de la recherche scientifique par les élèves car, selon Désautels (1994), la démystification du savoir scientifique rendrait les sciences plus accessibles dans l'esprit de certains d'entre eux. Finalement, la gestion d'un projet de robotique pédagogique au premier cycle du secondaire a suscité autant d'intérêt chez les filles que chez les garçons. En outre, ce projet a rejoint autant les élèves à problèmes que les élèves performants (Lecompte et Moquin, 1991).

Malgré certains résultats contradictoires, l'ensemble de ces écrits souligne le potentiel pédagogique de l'utilisation de l'ExAO dans l'illustration de concepts scientifiques, potentiel que nous avons exploité dans le cadre de cette recherche.

À partir de ces résultats il est possible de noter que l'utilisation des médias technologiques (même les plus sophistiqués) incluant l'ExAO ne garantit pas en soi une plus grande efficacité de l'enseignement ; ce sont plutôt le choix et la planification systématique de la matière, des méthodes et des techniques d'enseignement qui garantissent un meilleur enseignement (Viau, 1987). En effet, les programmes informatiques qui sont difficiles à utiliser n'auront pas la chance d'être acceptés par les élèves et les enseignants ni de se démarquer (Kearsley, 1989). Un bon logiciel est un logiciel peu complexe, et qui porte sur des sujets pédagogiques assez précis. Les logiciels ouverts de simulation peuvent aussi convenir à une situation d'enseignement, à condition qu'on fasse, par avance, tout le travail d'intégration à la classe (Meynard, 1992). Pour tirer pleinement profit de ces médias dans un enseignement, il faut recourir à une planification et à une conception pédagogique rigoureuses (Viau, 1987). L'utilisation de l'ordinateur comme média d'enseignement sera un succès si les professeurs considèrent ce média comme un moyen technologique sophistiqué qui leur permet de planifier et d'exploiter au maximum les méthodes et les techniques d'enseignement (Viau, 1987).

Ainsi en incluant la robotique pédagogique à leur pratique, les enseignants visent de nombreux objectifs. Sur le plan affectif, l'augmentation de la motivation des élèves est un objectif que l'on retrouve fréquemment cité. Sur le plan cognitif, la sensibilisation à l'informatique est un objectif visé; cependant, on recherche plus souvent le développement d'habiletés intellectuelles de résolution de problème, d'organisation de tâches complexes et d'acquisition d'une démarche scientifique. Le

développement de ces habiletés devient possible grâce à la dimension de concrétisation de l'informatique que représente la robotique pédagogique (Chomienne, 1991).

2.4) Concepts scientifiques à l'étude

2.4.1) Chute libre d'un objet ¹

La chute libre d'un corps est sans doute l'exemple le plus connu des mouvements uniformément accélérés étudiés dans le cadre du cours de physique *Mécanique* (203-NYA). Lorsque la résistance de l'air est négligeable, on observe que tous les corps, peu importe leur grosseur, leur poids ou leur nature, tombent en un endroit précis de la Terre avec la même accélération. Si la chute libre ne se prolonge pas trop, l'accélération demeure constante durant tout le mouvement. C'est ce que l'on nomme chute libre.

L'accélération d'un corps en chute libre est appelée accélération gravitationnelle et on la symbolise par **g**. Près de la surface de la Terre, sa grandeur est approximativement de 9,8 m/s² et elle est dirigée vers le centre de la Terre.

Équations de mouvement en chute libre :

$$V_{\text{finale}} = V_{\text{initiale}} + at$$

dans le cas de la chute libre

$$V_f = V_i + gt$$

$$d = V_i t + \frac{1}{2}at^2$$

dans le cas de la chute libre

$$d = V_i t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$2ad = V_f^2 - V_i^2$$

dans le cas de la chute libre

$$2gd = V_f^2 - V_i^2$$

Si on laisse tomber un objet en chute libre sur une distance de 1 mètre, quels seront le temps écoulé et la vitesse finale?

Nous savons que :

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$V_i = 0 \text{ m/s (puisque nous laissons tomber un objet)}$$

$$d = 1 \text{ m}$$

Nous cherchons la vitesse finale et le temps.

Formule à utiliser pour trouver la vitesse finale :

$$2gd = V_f^2 - V_i^2$$

$$2 \times 9,8 \times 1 = V_f^2 - 0$$

$$V_f = \sqrt{2 \times 9,8 \times 1}$$

$$V_f = 4,43 \text{ m/s}$$

¹ Éléments théoriques tirés de Resnick et Halliday (1979).

Formule à utiliser pour trouver le temps :

$$d = V_i t + \frac{1}{2} g t^2$$
$$1 = 0t + \frac{1}{2} \times 9,8 \times t^2$$
$$2 \times 1 = 9,8 \times t^2$$
$$t = \sqrt{2 \times 1 \div 9,8}$$
$$t = 0,45 \text{ s}$$

Nous voulons maintenant calculer la vitesse moyenne, le temps que l'objet a pris pour atteindre cette vitesse moyenne et la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte.

Nous devons débiter par le calcul de la vitesse moyenne.

Formule à utiliser pour trouver la vitesse moyenne : $V_m = \frac{(V_f - V_i)}{2}$

$$V_m = \frac{(4,43 - 0)}{2}$$
$$V_m = 2,22 \text{ m/s}$$

Ensuite, nous devons calculer le temps requis pour atteindre cette vitesse.

Formule à utiliser pour trouver le temps² :

$$V_f = V_i + g t$$
$$2,22 = 0 + (9,8 \times t) \quad \text{Voir note}^3$$
$$t = \frac{2,22 - 0}{9,8}$$
$$t = 0,23 \text{ s}$$

Notez bien que ce temps correspond à moitié du temps total qui était de 0,45 s.

Finalement, à partir des calculs précédents, nous allons calculer la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte.

Formule à utiliser pour calculer la distance :

$$d = V_i t + \frac{1}{2} g t^2$$
$$d = 0 \times 0,23 + \frac{1}{2} \times 9,8 \times (0,23)^2$$
$$d = 0,25$$

Notez également que la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte représente le quart de la distance totale.

C'est ce dernier élément que les élèves qui suivent le cours de physique *Mécanique* (203-NYA-05) au cégep Marie-Victorin ont le plus de difficulté à saisir. Ils

² Nous ne pouvons pas utiliser la même formule qu'auparavant puisque nous ne connaissons ni le temps, ni la distance parcourue.

³ Notre vitesse finale devient la vitesse moyenne, puisque nous voulons calculer le temps requis pour atteindre cette vitesse.

confondent fréquemment cette distance (le quart de la distance totale) avec le temps requis pour atteindre la vitesse moyenne (la moitié du temps total).

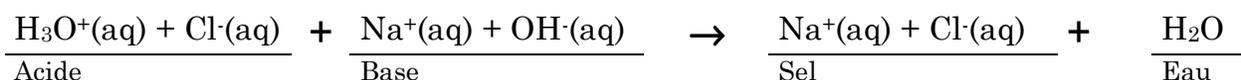
2.4.2) Les réactions acido-basiques : la neutralisation ⁴

Dans la réaction d'un acide avec une base, appelée neutralisation, les caractéristiques de l'acide et de la base s'annulent ou se neutralisent l'une l'autre. L'acide et la base sont convertis en une solution aqueuse d'un composé ionique, appelé sel.

Si on utilise des formules conventionnelles pour l'acide et la base, on peut écrire une équation dite complète pour la réaction de neutralisation :



Toutefois, cette équation moléculaire n'est pas toujours la meilleure façon de représenter le déroulement de la neutralisation. Pour montrer que les réactifs et un des produits de la réaction existent en tant qu'ions en solution, on peut écrire l'équation sous forme ionique.



L'équation ionique permet de comprendre la nature de la neutralisation : les ions H_3O^+ et OH^- se combinent pour former de l'eau.

Afin de visualiser cette neutralisation, on utilise le titrage, c'est-à-dire la combinaison de deux réactifs en solution dans des proportions stœchiométriques.

L'instrument principal dans un titrage est la burette, un long tube de verre gradué conçu pour débiter des volumes précis d'une solution au moyen d'un robinet d'arrêt. Lors d'un titrage, on place la solution d'un des réactifs dans la burette. Dans un contenant (bécher ou fiole conique), on verse l'autre réactif. On laisse s'écouler le réactif de la burette dans l'autre contenant où une réaction de neutralisation a lieu. Lorsque l'acide est tout juste neutralisé, c'est-à-dire lorsqu'il a atteint son point d'équivalence, le HCl et le NaOH sont dans des proportions stœchiométriques.

2.4.2.1) Le titrage d'un acide fort par une base forte

La Figure 4 illustre les caractéristiques de la courbe de titrage dans le cas d'un acide fort et d'une base forte.

⁴ Éléments théoriques tirés de Hill et Petrucci, 2003.

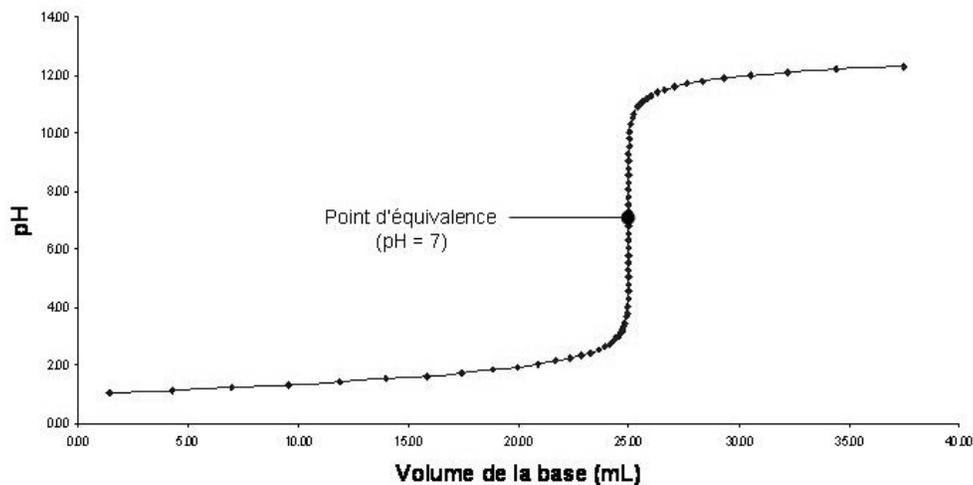


Figure 4: Courbe de titrage d'un acide fort (HCl 0,1 M) par une base forte (NaOH 0,1M).

- Le pH est faible au début du titrage, parce que la concentration de l'acide fort est maximale.
- Le pH change lentement au fur et à mesure que l'on tend vers le point d'équivalence, puisque la base ajoutée neutralise de plus en plus l'acide présent.
- Juste avant le point d'équivalence, le pH s'élève brusquement. Comme il ne reste pratiquement plus d'acide en solution, l'ajout d'une base forte a désormais un effet très important sur le pH.
- Au point d'équivalence, le pH est de 7,00, puisque le sel formé de l'acide conjugué d'une base forte et de la base conjuguée d'un acide fort ne s'hydrolyse pas. Il n'influe donc pas sur le pH.
- Juste après le point d'équivalence, le pH continue de s'élève rapidement.
- En s'éloignant du point d'équivalence, le pH continue d'augmenter, mais beaucoup plus lentement.

2.4.2.2) Le titrage d'un acide faible par une base forte

Contrairement à la courbe de titrage d'un acide fort par une base forte, la courbe de titrage d'un acide faible par une base forte possède les caractéristiques suivantes (Figure 5):

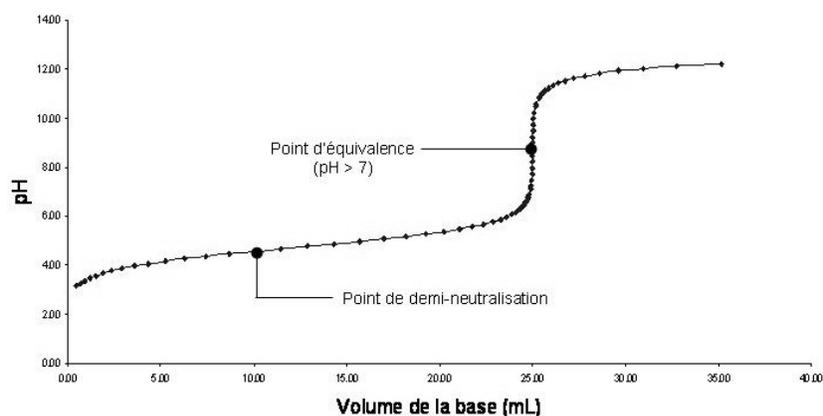


Figure 5: Courbe de titrage d'un acide faible (CH₃COOH 0,1M) par une base forte (NaOH 0,1M)

- Le pH initial est plus élevé, parce que l'acide faible n'est que partiellement ionisé.
- Au point de demi-neutralisation (lorsque la moitié de l'acide est neutralisé), la solution est un tampon dans lequel les concentrations de l'acide faible et de sa base conjuguée (l'anion) sont égales. Le pouvoir tampon y est donc maximal.
- Au point d'équivalence, le pH est plus grand que 7, parce que la base conjuguée de l'acide faible s'hydrolyse.
- La partie abrupte de la courbe de titrage, juste avant et après le point d'équivalence, est restreinte à un intervalle de pH plus petit.

Il est donc important de noter que le pH au point d'équivalence ne dépend donc pas de la concentration de l'acide titré mais de sa constante d'acidité. Toutefois, c'est la concentration de l'acide et non sa constante d'acidité qui détermine le volume de la base forte nécessaire à la neutralisation.

La principale difficulté de ce concept, pour les élèves du cours de *Chimie des solutions* (202-NYB), réside en la différence entre l'allure des deux courbes et au fait que le point d'équivalence n'est pas atteint au même pH selon le type d'acide neutralisé (un acide fort ou un acide faible).

Méthodologie

3) Méthodologie

Selon Jacquard (1998) : « le point de départ de toute recherche est une observation toujours partielle, toujours imprécise. À partir de cette observation, la science s'efforce de proposer une explication sous la forme d'un modèle toujours provisoire, toujours révisable. » C'est dans cette optique que la méthodologie présentée ici s'est construite.

Cette étude possède deux volets : un volet lié à la compréhension de la perception de l'enseignement d'un concept scientifique par les élèves, et un volet portant sur l'amélioration et la validation d'outils utilisant l'ExAO.

3.1) Cadre méthodologique dans lequel s'inscrit cette recherche

Bien qu'elle intègre quelques instruments de mesure de nature quantitative, la présente recherche représente une recherche qualitative d'inspiration essentiellement descriptive et compréhensive. Selon Van Der Maren (1995), une théorie descriptive tente de rendre compte d'un objet ou d'un phénomène en identifiant ses conditions d'apparition (d'existence ou de changement) et ses dimensions et de dégager les lois, les principes et les structures dominantes de son fonctionnement et de son interaction avec l'environnement (Van Der Maren, 1995). Les énoncés ne doivent pas paraître indémonstrables ou non observables. La théorie descriptive et la connaissance scientifique qui se construit sur elle sont évolutives (Van Der Maren, 1995).

Dans le cadre de cette recherche, nous cherchions à décrire et à comprendre les perceptions que possèdent les élèves sur l'enseignement des sciences, ainsi que l'impact de l'utilisation de l'ExAO comme outil de démonstration dans l'enseignement d'un concept scientifique. Sousa (2002) a montré que la démonstration d'un concept favorise une rétention de 30%, tandis qu'un simple exposé ne permet qu'une rétention de 5%.

3.2) Perceptions de l'enseignement de concepts scientifiques par les élèves

Un volet d'investigation a été effectué sur les perceptions que possèdent les élèves à propos de l'enseignement de concepts scientifiques. Ce volet comprenait à la fois un aspect quantitatif par l'utilisation de questionnaires à choix de réponse correspondant à une échelle de type Likert, et un aspect qualitatif par des discussions avec des groupes d'élèves.

L'aspect de recherche quantitatif vise à tester des théories, à établir des faits, à décrire avec statistiques (Viens, 1996). Cet aspect quantitatif du volet d'investigation a été réalisé à partir de questionnaires et de sondages visant à mieux comprendre la perception de l'enseignement de concepts scientifiques qu'ont les élèves du programme de Sciences de la Nature. La recherche quantitative rend possible la généralisation, et présente des données mesurables, quantifiables et analysables statistiquement et des conclusions qui sont fiables, valides et qui possèdent une signification statistique

(Viens, 1996). C'est pour ces raisons que ce type de recherche quantitative a été retenu pour ce volet.

Pour Taylor et Bogdan (1998, 1984) le terme recherche qualitative désigne la recherche qui produit et analyse des données descriptives. Strauss et Corbin (1990, 1998) expliquent que la recherche qualitative ne se caractérise pas par les données, puisqu'elles peuvent être aussi quantifiées, mais bien par sa méthode d'analyse qui n'est pas mathématique. La partie qualitative de cette recherche a été réalisée à l'aide d'entrevues et de groupes de discussion où le thème principal élaboré par les élèves était comment améliorer l'enseignement de concepts scientifiques, selon eux. La recherche qualitative permet une plus grande souplesse, une sensibilité plus marquée et rend possible l'observation (Viens, 1996) pour approfondir certains aspects qui se dégagent de l'analyse des questionnaires.

3.2.1) Questionnaires sur la perception de l'enseignement en Sciences de la Nature

Pour l'aspect quantitatif, la majorité des élèves du département des Sciences de la Nature ont été mis à contribution en répondant à des questionnaires. Ceux-ci, conçus par le professeur chercheur à partir de questionnaires validés, portaient sur leurs perceptions de l'enseignement de concepts scientifiques. L'un de ces questionnaires était *Étudiant Plus* et l'autre comportait des questions prises directement du questionnaire d'évaluation continue de programme. Ces questionnaires ont été distribués à l'intérieur de certains cours afin de rejoindre l'ensemble des élèves inscrits au programme des Sciences de la Nature. Suite à l'analyse des questionnaires, les principales perceptions de l'enseignement de concepts scientifiques ont été reprises dans des groupes de discussion, avec des élèves sélectionnés au hasard parmi des volontaires, afin d'approfondir le sujet et de récolter leurs suggestions d'amélioration.

3.2.2) Entrevue à l'intérieur du groupe de discussion (*focus group*)

Selon Simard (1989) cité dans Mayer et Ouellet (1991), le groupe de discussion (*focus group*) se définit comme une « méthode de recherche sociale qualitative qui consiste à recruter un nombre représentatif de groupes de 6 à 12 personnes répondant à des critères homogènes, à susciter une discussion ouverte à partir d'une grille d'entrevue de groupe définissant les thèmes de l'étude et à en faire une analyse-synthèse permettant de relever les principaux messages clés émis par les participants, de même que les points de convergence et de divergence entre les groupes de l'échantillon ».

Afin de poser un nouveau regard sur les perceptions que possèdent les élèves de l'enseignement des sciences, particulièrement sur le sujet des méthodes pédagogiques utilisées, des entrevues dans le cadre d'un groupe de discussion ont été réalisées auprès d'élèves qui avaient déjà complété les questionnaires. Ces rencontres donnaient alors l'occasion de poursuivre la réflexion et d'approfondir notre compréhension de ces perceptions.

Ainsi, nous avons choisi d'effectuer à la fois des entrevues auprès de groupes d'élèves de première et de deuxième année afin d'approfondir avec eux les résultats des questionnaires et de connaître leur opinion sur les méthodes pédagogiques utilisées dans les cours de sciences ou qu'ils aimeraient expérimenter. Il était important d'obtenir le point de vue de ces deux groupes d'élèves, puisque l'expérience de la vie collégiale peut avoir un impact sur les perceptions de l'enseignement des sciences. Ce type de collecte de données (entrevues avec élèves) favorise à la fois un regard pluriel sur la réalité des élèves en relation avec leurs perceptions des méthodes pédagogiques utilisées ainsi qu'une expression plus large de nouvelles méthodes à développer (Roy *et al.*, 2003).

Les entrevues de groupes ont été conçues dans la perspective où elles offraient la possibilité de prolonger les résultats des questionnaires afin d'en dégager une compréhension plus vaste (Roy *et al.*, 2005). Pour ces entrevues avec les élèves, nous avons retenu la méthode des groupes de discussion parce que celle-ci mise sur l'interaction de groupe pour produire des données qui, autrement, ne seraient pas nécessairement accessibles (Mayer et Ouellet, 1991; Roy *et al.*, 2003 ; Roy *et al.*, 2005) et que cette méthode convient au but recherché, à savoir apporter un éclairage sur les perceptions qu'ont les élèves de l'enseignement des sciences.

En premier lieu (recrutement des participants), nous avons sélectionné, au hasard, des élèves ayant déjà répondu aux questionnaires et qui ont donné leur nom afin de participer. Puisque le programme des sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin possède un faible effectif, nous avons dû sélectionner 5 élèves de première année et 5 de deuxième année. Chaque étudiant a reçu, par téléphone, une invitation à participer à une rencontre de groupe. Une somme de 50 \$ a été prévue pour sa participation à une rencontre d'environ une heure. L'entrevue de groupe était de type semi-dirigé, ce qui, selon Roy (2003), s'accorde avec la nature des groupes de discussion en ce sens que ce type d'entrevue à la fois permet de couvrir des paramètres prédéterminés pour les besoins de la recherche et favorise la libre expression des sujets.

En second lieu, l'animation des groupes de discussion a été effectuée à partir du canevas d'entrevue présenté au Tableau II. L'animation a été assurée par le chercheur principal.

Les sections 2 et 3 du canevas représentent l'aspect primordial de l'entrevue de groupe. L'élaboration du canevas d'entrevue de groupe a été réalisée suite à l'analyse des données recueillies par les questionnaires, afin d'identifier les questions qui méritaient d'être approfondies en groupe.

En dernier lieu, l'analyse du matériel des entrevues a été effectuée selon la méthode de l'analyse de contenu telle que présentée par L'Écuyer (1987). Nous avons retenu la méthode de l'analyse de contenu à des fins de condensation, de codage et d'analyse du matériel qualitatif (Bardin, 1991, Roy *et al.*, 2003; Roy *et al.*, 2005).

Tableau II : Canevas d'entrevue dans le cadre du groupe de discussion à propos des perceptions qu'ont les élèves des méthodes d'enseignements en sciences.

Section	Objet	Intention
1	Identification	- Permet de donner des consignes aux élèves. - Permet de répondre aux interrogations des élèves face au projet. - Permet de les mettre à l'aise pour la suite de l'entrevue de groupe.
2	Profil des élèves	- Amène les élèves à verbaliser sur leur profil <i>Étudiant+</i> , sur leurs forces et leurs faiblesses et sur les manières dont l'enseignant peut les aider (par ses méthodes pédagogiques).
3	Méthodes pédagogiques en sciences	- Amène les élèves à verbaliser sur les différents aspects des méthodes pédagogiques utilisées en sciences, sur ce qu'ils apprécient et n'apprécient pas et sur les améliorations qu'ils souhaiteraient voir apportées aux cours de sciences.
4	Question d'ordre général	- Permet d'obtenir les coordonnées des élèves si ceux-ci désirent recevoir un résumé des résultats de recherche.

En nous référant à L'Écuyer (1987), nous avons choisi les étapes suivantes pour l'analyse de contenu :

- Écoute préliminaire et établissement d'une liste des énoncés
- Choix et définition des unités de classification
- Processus de catégorisation et de classification
- Quantification et traitement statistique
- Description scientifique
- Interprétation des résultats

3.3) Outils pédagogiques utilisant l'ExAO

3.3.1) Choix des concepts scientifiques et justification

3.3.1.1) Distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte lors d'une chute libre

Le problème pédagogique que soulève le concept de la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte en est un de conceptualisation. En effet, puisque lors de la chute libre d'un objet, le temps moyen consiste en la moitié du temps total et que la vitesse moyenne correspond à la moitié de la vitesse totale, certains élèves déduisent que la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte correspond à la moitié de la distance totale, alors qu'il s'agit en réalité du quart de cette distance (voir section 2.4.1). Il s'agit donc d'utiliser la démonstration de la chute libre d'un objet, soit une règlette, et de démontrer à l'aide de logiciels outils (microlabExAO et Excel) que la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte est bien le quart de la distance totale.

3.3.1.2) Courbes de neutralisation

Le problème pédagogique soulevé dans ce concept des courbes de neutralisation réside dans la différence entre l'allure des deux courbes et dans le fait que le point d'équivalence n'est pas atteint au même pH selon le type d'acide neutralisé (un acide fort ou un acide faible). Le fait de réaliser deux titrages en classe, l'un d'un acide fort par une base forte, et l'autre d'un acide faible par une base forte, permet à l'élève de

voir ces deux courbes se dessinant en temps réel devant lui, ce qui devrait lui permettre de bien différencier les deux types de courbes de neutralisation et les valeurs du pH au point d'équivalence dans les deux cas.

3.3.2) Expérimentation des outils pédagogiques

Dans un premier temps, il s'agit de rechercher des outils pédagogiques utilisant l'ExAO ou des protocoles d'ExAO déjà établis. Ces outils pédagogiques ou ces protocoles d'ExAO illustrent les deux concepts scientifiques choisis, en physique mécanique et en chimie des solutions. Ce processus de recherche documentaire s'inscrit à l'intérieur de la démarche scientifique. Nous avons choisi d'utiliser la chute libre d'une réglette dans une fourchette optique pour la mécanique et l'utilisation d'une sonde de pH pour la neutralisation, secondée d'un capteur de température, puisque le pH d'une solution peut être modifié selon la température (Hill et Petrucci, 2003).

Par la suite, les outils pédagogiques ont été expérimentés afin de nous assurer de leur bon fonctionnement, de connaître les étapes limitantes, c'est-à-dire les étapes plus complexes à réaliser ou demandant une plus grande rigueur, et afin de vérifier si les résultats expérimentaux sont conformes aux données théoriques. Cette étape d'expérimentation s'est effectuée également en suivant les étapes de la démarche scientifique. Cette démarche nous a permis d'optimiser la résolution des problèmes inhérents aux protocoles expérimentaux et technologiques.

3.3.3) Amélioration et adaptation des outils pédagogiques

À la suite de l'expérimentation, les étapes limitantes des outils ont été identifiées et analysées. Il s'agissait ici de nous assurer du bon fonctionnement en classe de l'outil et de ne pas perdre de vue l'objectif pédagogique de cet outil. Nous avons utilisé la démarche scientifique comme outil de résolution de problème : lorsqu'un problème est observé, il suscite un questionnement et une tentative de solution, l'hypothèse. Une série d'essais est effectuée afin de confirmer ou non cette hypothèse. Lorsque tous les problèmes sont réglés, l'optimisation de l'outil pédagogique est complétée et ce dernier est prêt pour la classe.

3.3.4) Validation des outils pédagogiques par comité d'expert

Les différentes étapes d'expérimentation et d'amélioration des outils pédagogiques ont été réalisées en étroite collaboration avec les experts disciplinaires du Cégep Marie-Victorin. La validation s'est donc faite au fur et à mesure des expérimentations et améliorations par les professeurs et les techniciens des disciplines reliées, en nous référant aux objectifs pédagogiques visés.

3.3.5) Test de l'efficacité pédagogique des outils

L'efficacité pédagogique des outils a été analysée à l'aide de trois moyens complémentaires : un questionnaire, une rencontre de groupe de discussion et par les résultats de l'évaluation sommative du concept. Afin de réaliser ce test, deux groupes cours ont été formés, un groupe témoin qui recevait un enseignement traditionnel et un groupe expérimental dans lequel l'outil pédagogique utilisant l'ExAO était intégré.

3.3.5.1) Questionnaires aux élèves

Suite à la leçon où le concept choisi était exposé, expliqué et illustré, un bref questionnaire portant sur l'intérêt de la leçon (aspect motivation) et les méthodes pédagogiques utilisées en cette occasion était distribué aux élèves. La formulation des questions de ce questionnaire avait été fortement influencée par le questionnaire d'évaluation continue de programme.

3.3.5.2) Rencontre des élèves dans les groupes de discussions

Afin d'aller plus en profondeur sur les méthodes pédagogique utilisées dans cette leçon, les élèves ont été rencontré dans des groupes de discussion. La méthode utilisée était la même que celle décrite précédemment, mais avec de petites différences. En effet, compte tenu du contexte plus restreint, le canevas d'entrevue (Tableau III) et les questions ont été légèrement modifiés et une somme de 30 \$ a été prévue pour la participation de chacun des étudiants à une rencontre d'environ une demi-heure.

Tableau III : Canevas d'entrevue dans le cadre du groupe de discussion à propos des méthodes pédagogiques utilisées en classe lors de la leçon.

Section	Objet	Intention
1	Identification	<ul style="list-style-type: none"> - Permet de donner des consignes aux élèves. - Permet de répondre aux interrogations des élèves face au projet. - Permet de les mettre à l'aise pour la suite de l'entrevue de groupe.
2	Méthodes pédagogiques en sciences	<ul style="list-style-type: none"> - Amène les élèves à verbaliser sur les différents aspects des méthodes pédagogiques utilisées dans le cours de sciences qu'ils viennent de suivre, sur ce qu'ils apprécient et n'apprécient pas et sur les améliorations qu'ils souhaiteraient voir apportées à ce cours.
3	Question d'ordre général	<ul style="list-style-type: none"> - Permet d'obtenir les coordonnées des élèves si ceux-ci désirent recevoir un résumé des résultats de recherche.

3.3.5.3) Résultats d'évaluation du concept choisi

Finalemt, lors de l'examen incluant, entre autres, l'évaluation du concept choisi, les résultats des élèves aux questions concernant ce concept ont été compilés pour le groupe témoin et pour le groupe expérimental.

Résultats

4) Résultats

4.1) Perceptions de l'enseignement de concepts scientifiques par les élèves

4.1.1) Résultats des questionnaires

4.1.1.1) Étudiant Plus

Étudiant Plus est un instrument de mesure de la conception de l'apprentissage de l'élève. Il permet de dégager les perceptions et les comportements de l'élève face aux stratégies d'enseignement et d'apprentissage (Cliche 1999). Les résultats du questionnaire *Étudiant Plus* sont présentés aux Tableau IV et V ainsi qu'aux Figures 6 et 7.

Tableau IV : Nombre d'élèves qui utilisent les stratégies d'apprentissage associées aux dimensions du questionnaire *Étudiants Plus*. Résultats exprimés sous forme de moyenne \pm écart-type des pourcentages.

Dimensions	Élèves		
	1 ^{ère} année groupe 1 (%)	1 ^{ère} année groupe 2 (%)	2 ^e année (%)
1) Mémoriser	58,0 \pm 25,2	43,3 \pm 9,1	44,0 \pm 14,9
2) Dégager l'essentiel et faire des liens	74,3 \pm 17,8	66,8 \pm 13,5	59,0 \pm 9,4
3) Échanger pour apprendre	65,0 \pm 14,1	81,5 \pm 2,1	59,0 \pm 12,7
4) Utiliser ses acquis pour apprendre	74,0 \pm 12,8	64,0 \pm 26,9	60,7 \pm 10,5
5) Préférer les situations pratiques	79,0 \pm 0,0	78,0 \pm 15,6	78,0 \pm 1,4
6) Résoudre des problèmes ou des situations	83,7 \pm 6,7	86,0 \pm 24,2	78,0 \pm 5,6
7) Pratiquer la vérification et l'autoanalyse	80,0 \pm 7,1	87,5 \pm 6,4	72,5 \pm 4,9
8) Être motivé à apprendre	77,3 \pm 9,3	67,7 \pm 28,4	66,7 \pm 7,5

Pour les huit dimensions du questionnaire *Étudiant Plus*, il existe une grande variabilité des résultats entre les trois groupes. Cette variabilité est observée par les grands écart-types mesurés (ces écarts-types atteignent 28,4). Par ailleurs, environ 48% des élèves du programme des sciences de la nature du cégep Marie-Victorin utilisent des stratégies de mémorisation qui correspondent à un apprentissage superficiel (voir Figure 6). Cette dernière figure représente un regroupement des indicateurs en quatre conceptions de l'apprentissage, soit un apprentissage superficiel (apprentissage qui n'assure pas la stabilité des connaissances), un apprentissage utilitaire (stratégie qui vise uniquement la réussite du cours), un apprentissage en profondeur (acquisition, intégration et transfert des connaissances) et un apprentissage stratégique (utilisation des bonnes stratégies afin de transformer ses structures cognitives en faisant appel à la métacognition). La Figure 7 représente la répartition idéale des élèves selon les quatre thèmes des conceptions de l'apprentissage du questionnaire *Étudiant Plus*. De plus,

environ 67% des élèves utilisent des stratégies afin de dégager l'essentiel et de faire des liens, et environ 69% des élèves échangent pour apprendre. En outre, un bon nombre d'élèves (66% d'entre eux) utilisent leurs acquis pour apprendre. La majorité des élèves apprécie les situations pratiques (78%), la résolution de problèmes (83%) et procède à une vérification et une autoanalyse pour s'aider à apprendre (80%). Finalement, environ 70% des élèves du programme des sciences de la nature au Cégep Marie-Victorin possèdent une motivation à apprendre.

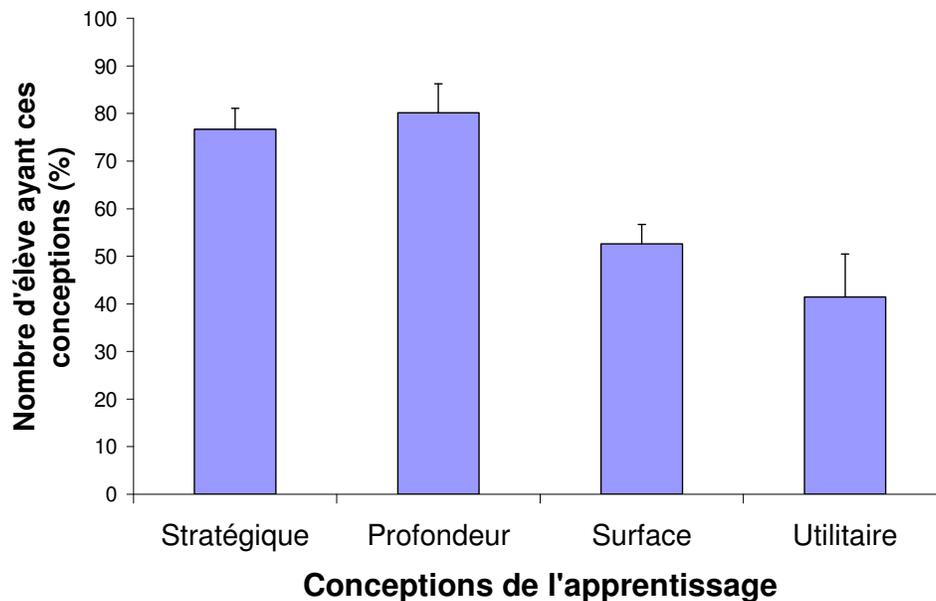


Figure 6: Nombre d'élèves du Cégep Marie-Victorin possédant les conceptions de l'apprentissage regroupées sous quatre thèmes compilés par le questionnaire *Étudiant Plus* à l'automne 2006.

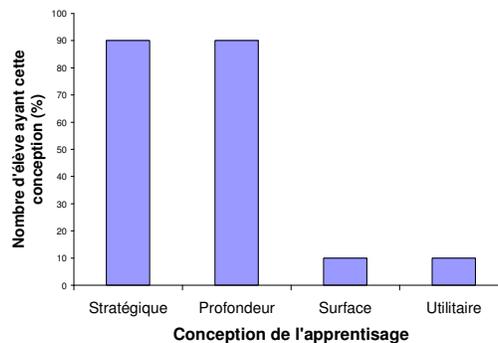


Figure 7: Répartition idéale des élèves dans les quatre thèmes des conceptions de l'apprentissage selon le questionnaire *Étudiant Plus*.

En regardant les détails de l'utilisation de diverses stratégies d'apprentissage par les élèves du programme des sciences de la nature du cégep Marie-Victorin, il est possible de remarquer encore une fois qu'il n'y a pas de différences significative entre les trois groupes et que la variabilité est élevée entre ces groupes (Tableau V). Cependant, certains éléments ressortent. En effet, environ 70% des élèves possèdent

une volonté d'apprendre « par cœur », ce qui représente un moyen peu efficace pour réussir au collégial. Par ailleurs, un bon nombre d'élèves, environ 77%, font des liens avec leurs connaissances antérieures. Pour ce faire, autour de 79% des élèves vont se rappeler de ce qu'ils savent. Précédemment, il a été mentionné que les élèves apprécient les situations pratiques. En effet, 75% d'entre eux recherchent des exemples et 82% préfèrent réaliser des activités pratiques. En outre, les élèves apprécient la résolution de problèmes. Plus spécifiquement, 89% apprennent une démarche de résolution de problème, 84% font des problèmes pour apprendre et 75% s'investissent pour apprendre par la pratique. De plus, les élèves se vérifient pour comprendre (79%) et se valident auprès du professeur après avoir essayé (81%). Finalement, 78% des élèves du programme de sciences de la nature au cégep Marie-Victorin veulent comprendre vraiment.

Tableau V : Nombre d'élèves qui utilisent les stratégies d'apprentissage associées aux dimensions et indicateurs du questionnaire Étudiants Plus. Résultats exprimés sous forme de pourcentages.

Dimensions et indicateurs	Élèves		
	1 ^{ère} année groupe 1	1 ^{ère} année groupe 2	2 ^e année
1) Mémoriser			
Vouloir apprendre « par cœur »	71%	67%	73%
Utiliser des moyens pour apprendre « par cœur »	30%	53%	45%
Vouloir le « mot à mot »	25%	50%	50%
2) Dégager l'essentiel et faire des liens			
Rechercher les mots clés	50%	50%	45%
Ne pas chercher le « mot à mot »	83%	67%	67%
Faire des liens et structurer	73%	67%	66%
Faire des liens avec les connaissances antérieures	91%	83%	56%
3) Échanger pour apprendre			
Questionner pour comprendre	75%	83%	50%
Échanger en classe pour comprendre	55%	80%	68%
4) Utiliser ses acquis pour apprendre			
Se rappeler de ce que l'on sait	88%	78%	71%
Utiliser ce que l'on sait	71%	81%	61%
Vouloir recevoir les connaissances de façon active	63%	33%	50%
5) Préférer les situations pratiques			
Chercher des exemples	79%	67%	79%
Réaliser des activités pratiques	79%	89%	77%
6) Résoudre des problèmes ou des situations			
Apprendre une démarche de résolution	82%	100%	84%
Faire des problèmes	78%	100%	73%
S'investir pour apprendre par la pratique	91%	58%	77%
7) Pratiquer la vérification et l'autoanalyse			
Se vérifier pour comprendre	75%	92%	69%
Se valider auprès du prof après avoir essayé	85%	83%	76%
8) Être motivé à apprendre			
Vouloir apprendre vraiment	80%	47%	59%
Se donner des conditions d'étude favorable	85%	56%	74%
Vouloir comprendre vraiment	67%	100%	67%

4.1.1.2) Questionnaire maison

Le questionnaire maison sur la perception des méthodes pédagogiques utilisées dans les cours de sciences reprenait textuellement les questions portant sur ces méthodes du questionnaire d'évaluation continu du programme qui est présenté aux élèves à chaque fin d'année scolaire. Ce questionnaire maison a été distribué aux élèves au trimestre d'automne 2006 et les résultats sont présentés aux Tableaux VI et VII. Encore une fois, il n'y a pas de différences significatives entre les trois groupes. Pour la majorité des affirmations, les élèves du programme des sciences de la nature du cégep Marie-Victorin sont en accord avec l'énoncé. Il y a cependant quelques exceptions. En effet, à l'énoncé 9 qui stipulait : « J'aurais préféré d'autres méthodes d'enseignement dans les cours de sciences », les élèves sont légèrement en désaccord. À l'énoncé 13 notant que : « Régulièrement j'essaie d'identifier les facteurs qui favorisent mon apprentissage », les élèves sont légèrement en désaccord. De plus, les élèves trouvent que les laboratoires informatiques sont souvent fonctionnels. Finalement, les élèves du programme des sciences de la nature sont légèrement en accord avec l'énoncé 16 : « J'ai presque toujours le désir d'aller à mes cours de Sciences de la nature », mais sont moyennement en accord avec l'énoncé 17 : « Je suis habituellement présent à tous mes cours ».

Tableau VI : Résultats du questionnaire sur la perception des méthodes pédagogiques utilisées dans les cours de sciences au cégep Marie-Victorin.

	1 ^{ère} année groupe 1 (n=18)	1 ^{ère} année groupe 2 (n=21)	2 ^e année (n=16)
1. Les exercices et les travaux pratiques demandés dans les cours me semblent essentiels à ma formation.	5.4 ± 0.70	5.4 ± 0.74	5.1 ± 0.81
2. Les professeurs expliquent avec clarté la matière enseignée.	4.8 ± 0.71	4.7 ± 0.58	4.6 ± 0.50
3. Les professeurs expliquent clairement les travaux à réaliser.	4.6 ± 0.70	5.0 ± 0.80	5.0 ± 0.89
4. Globalement, je suis satisfait-e de la qualité de l'enseignement dans les cours de Sciences de la nature.	5.1 ± 0.68	5.1 ± 0.57	5.0 ± 0.37
5. Les méthodes utilisées permettent de développer les habilités requises pour ma formation.	4.9 ± 0.96	5.1 ± 0.77	4.7 ± 0.87
6. Dans les cours de sciences, les professeurs nous font réaliser des tâches représentatives de notre domaine de formation.	4.6 ± 1.2	4.7 ± 1.2	4.3 ± 1.4
7. Lorsque les professeurs me font réaliser des tâches complexes, ils explicitent les liens entre les différentes étapes de réalisation.	4.8 ± 0.94	4.9 ± 0.85	4.2 ± 0.77
8. Dans les cours, nous avons fait suffisamment d'exercices en vue d'apprendre à appliquer les connaissances.	4.4 ± 1.0	4.4 ± 1.0	5.1 ± 0.77
9. J'aurais préféré d'autres méthodes d'enseignement dans les cours de sciences.	3.1 ± 1.4	3.4 ± 1.6	2.9 ± 1.1
10. Les professeurs me préparent bien à la réussite des épreuves finales dans les cours (examen, travaux, projet, etc.).	4.6 ± 0.98	4.7 ± 0.73	4.9 ± 0.96
11. Les exercices ou les projets à faire dans les cours présentent des défis stimulants.	4.6 ± 1.2	4.1 ± 1.2	3.6 ± 1.2

Évaluation d'outils pédagogiques utilisant l'ExAO afin d'illustrer un concept scientifique

12. Les locaux en Sciences de la nature sont fonctionnels.	5.3 ± 0.69	5.2 ± 0.89	5.1 ± 1.2
13. Régulièrement j'essaie d'identifier les facteurs qui favorisent mon apprentissage.	3.6 ± 1.0	4.0 ± 1.3	3.9 ± 1.4
14. Les laboratoires en informatiques (du programme ou du collège) sont souvent non fonctionnels.	2.7 ± 1.0	2.7 ± 1.6	2.0 ± 1.1
15. Les ressources documentaires sont à jours (volumes, revues, autres).	4.6 ± 1.4	4.7 ± 0.92	4.6 ± 1.2
16. J'ai presque toujours le désir d'aller à mes cours de Sciences de la nature.	4.2 ± 1.3	4.0 ± 1.5	3.9 ± 1.3
17. Je suis habituellement présent à tous mes cours.	5.6 ± 0.70	5.7 ± 0.56	5.4 ± 0.81

Légende :

1) Totalement en désaccord;	4) Légèrement en accord;
2) Moyennement en désaccord;	5) Moyennement en accord;
3) Légèrement en désaccord;	6) Totalement en accord

Les caractéristiques générales des élèves du programme de Sciences de la nature du cégep Marie-Victorin sont présentées au Tableau VII. En général, il y a une proportion de 36% de garçons contre 64% de filles. Les élèves ont une moyenne d'âge de 18.45 ± 0.98 . De plus, une moyenne de 80% des élèves parlent français à la maison, alors que 16% pratiquent une autre langue. Il faut noter ici qu'il y a eu 4% d'abstention à cette question. Par ailleurs, 49% des élèves occupent un emploi durant leurs études, contre 45% qui n'en ont pas (5% se sont abstenus de répondre à la question). Ceux qui travaillent à l'extérieur le font en moyenne entre 11 et 15 heures par semaine. En outre, les élèves de deuxième année ont complété le double du nombre de cours de la formation générale. Finalement, les trois groupes exécutent en moyenne 2,9 heures hebdomadaires de travail hors classe par cours, toutes disciplines confondues.

Tableau VII : Caractéristiques générales des élèves ayant répondu au questionnaire sur les perceptions de l'enseignement des sciences au Cégep Marie-Victorin.

	1 ^{ère} année groupe 1		1 ^{ère} année groupe 2		2 ^e année	
	Masculin	Féminin	Masculin	Féminin	Masculin	Féminin
Sexe :	33.33%	66.67%	42.86%	57.14%	31.25%	68.75%
Âge moyen:	18 ± 0.98 ans		18 ± 0.70 ans		19 ± 1.2 ans	
Langues parlées à la maison ⁵	Français 66.67%	Autres 22.22%	Français 85.71%	Autres 9.52%	Français 87.50%	Autres 12.50%
Ont un emploi durant les études ⁵	Oui 38.89%	Non 50.00%	Oui 52.38%	Non 42.86%	Oui 56.25%	Non 43.75%
Nombre d'heures de travail rémunéré par semaine	de 11 à 15 heures		de 11 à 15 heures		de 11 à 15 heures	
Nombre de cours de la formation générale complétés	4,4 ± 0,3		5,7 ± 0,4		11,1 ± 1,2	

⁵ On note plusieurs abstentions à cette question.

Nombre d'heures de travail hors classe par
semaine pour les cours de sciences

2,8 ± 1,2

2,6 ± 1,0

2,9 ± 1,1

4.1.2) Analyse de contenu de l'entrevue dans le cadre du groupe de discussion

Afin de poser un regard plus en profondeur sur les perceptions que possèdent les élèves des méthodes pédagogiques utilisées dans les différents cours de sciences, des entrevues dans le cadre de groupes de discussion ont été réalisées auprès d'élèves qui avaient déjà complété les questionnaires *Étudiant Plus* et maison. Cette rencontre donnait l'occasion de poursuivre la réflexion et d'approfondir notre compréhension. Nous avons choisi d'effectuer des entrevues auprès d'élèves de première année et de deuxième année afin de connaître leur opinion sur les méthodes pédagogiques en sciences.

Les entrevues de groupes ont été conçues dans la perspective où elles offraient la possibilité de prolonger les résultats des questionnaires afin d'en dégager une compréhension plus vaste (Roy *et al.*, 2005). Pour ces entrevues avec les élèves, nous avons retenu la méthode des groupes de discussion parce que celle-ci mise sur l'interaction à l'intérieur du groupe pour produire des données qui, autrement, ne seraient pas nécessairement accessibles (Mayer et Ouellet, 1991, Roy *et al.*, 2003 ; Roy *et al.*, 2005) et que cette méthode convient au but recherché, à savoir apporter un éclairage plus précis sur des résultats statistiques.

Plusieurs thèmes ont été soulevés lors des rencontres en groupes de discussion des élèves de première et de deuxième année. Certains concernaient différents aspects de l'enseignement disciplinaire des sciences, des caractéristiques de l'enseignant ainsi que des éléments de motivation.

4.1.2.1) L'enseignement disciplinaire

Concret

Un des premiers aspects de l'enseignement en sciences à avoir été évoqué est le besoin de concret des élèves. Un élève de deuxième année soulève qu'« il y a des cours où on voit la matière plus concrètement et ça pique notre curiosité ». De plus, la majorité des élèves a révélé son besoin de concret dans les cours de sciences. Un élève de deuxième année note qu'il « aurai[t] aimé faire de l'expérimentation sur le terrain. Ça fait changement et c'est plus concret et plus stimulant ». Un élève de première année renchérit qu'« il n'y a pas assez concret en classe ». Par ailleurs, certains élèves aimeraient « avoir des démonstrations en classe ». Un élève de première année note que l'ExAO serait à développer. « Ce serait plus difficile au début, mais ça vaudrait la peine; en y allant progressivement, ça aiderait! »

Pratique et théorie

Un second aspect révélé par les élèves se rapporte aux liens entre la théorie et la pratique (incluant les laboratoires et les exercices). Les élèves de première année ont mentionné que le mélange entre la pratique et la théorie n'est pas clair et trop rapide.

Un élève a dit que « juste de la théorie ou juste des exercices ne va pas; il devrait y avoir un équilibre entre les deux. » Un autre élève de première année note que « la théorie est importante, mais pas juste ça ». De plus, un troisième élève remarque que : « certains cours ont peu d'exercices préparatoires ». En revanche, un élève de deuxième année affirme qu'il « aime les travaux pratiques ».

Dans un autre ordre d'idées, les laboratoires ont été plus discutés par les élèves de deuxième année, en lien avec les intentions pédagogiques qui les sous-tendent. En effet, un élève de deuxième année souligne que sur le plan « des laboratoires, [il] trouve que, souvent, on s'attarde sur la formalité et sur la méthodologie du rapport puis sur le contenu, [et que] l'aspect scientifique du laboratoire n'est pas très poussé. La plupart du temps, on sait à quoi s'attendre, on sait le résultat, les calculs tels quels sont vraiment simples et, souvent, c'est seulement toute la méthode, ou les petits détails comme les petits calculs d'incertitude, qui vont faire qu'on a vraiment un résultat précis, tandis que le cheminement et le raisonnement logique qui vont mener à la solution sont relativement simples. De ce côté-là [il] n'[est] suis pas sûr que tout le temps on est stimulé, même si on a l'impression de découvrir. » Un autre élève de deuxième année suggère de « rendre le processus un peu plus actif : à ce moment-là, quand tu arrives dans le laboratoire, tu comprendrais mieux ce que tu fais. » Un troisième ajoute que de « chercher [s]a propre méthode, c'est ça le cœur des sciences. À partir d'une certaine théorie, d'explorer puis de faire des erreurs. Parce que là, on n'a pas la possibilité de se tromper. »

Cohérence entre examen et contenu

Le troisième aspect révélé par les élèves concerne la cohérence entre la matière en classe et les examens. Ici, les opinions divergent entre les élèves de première et de deuxième année. En effet, les élèves de première année notent que la théorie n'est pas cohérente avec l'examen, car « il y a des surprises à l'examen! » Un élève mentionne qu'il y a « peu de cohérence entre ce qui est vu en classe et ce qui est à l'examen ». Un autre étudiant de première année note que pour « certaines matières, on est mal préparés, on ne sait pas à quoi s'attendre ». Un dernier souligne qu'il y a « une seule sorte de problèmes [dans les exercices] et, à l'examen, différents types de problèmes ».

Cette opinion n'est aucunement partagée par les élèves de deuxième année du programme des sciences de la nature. En effet, un élève de deuxième année note « qu'on sait le genre de questions qu'on va avoir à l'examen. Ils [les professeurs] nous font des petits examens durant la session. À l'examen final, ils reprennent ce qu'on a fait dans les autres examens. Il y a souvent de la révision dans les cours. Il est rare d'avoir des surprises et ça va dans une progression vers l'examen final.» Cependant, un élève remarque qu'il est dommage de ne pas avoir d'examens formatifs dans toutes les matières.

Ainsi, en ce qui concerne les examens, les élèves souhaitent faire des révisions avant les examens et avoir des examens formatifs. Un élève de deuxième année note que « le plus important, c'est les révisions. Tu peux étudier pendant toute la semaine, quand tu le révises, ça revient, et plus ça revient, plus ça reste dans ta tête. Si, dans le

cours, il n'y a pas de révision, le professeur pourra trouver du temps pour t'en faire faire une à son bureau afin que tu puisses mieux comprendre et avoir des meilleures notes ».

Liens

Un autre aspect soulevé par les élèves de sciences est l'aspect des liens. Ces liens se situent sur divers plans : liens entre les éléments de contenu, liens entre la théorie et les laboratoires et liens avec la vie courante. Les élèves de première année mentionnent que les liens sont difficiles à faire et que les laboratoires ne sont pas toujours en relation avec la matière. Les élèves de deuxième année approfondissent plus cet aspect. Un élève souligne : « il y avait quelques laboratoires qui étaient en lien avec les sciences, mais pas nécessairement avec la matière qu'on voyait dans le cours. C'était un peu moins pertinent. Ce qui est intéressant quand on fait des laboratoires, c'est vraiment de voir la pratique de la théorie qu'on a vue en classe. » Un autre élève de deuxième année ajoute qu'en physique, les expériences sont très représentatives, « [il] voi[t] à quoi ça sert de faire ce laboratoire-là. Mais du côté chimie, [il a] toujours trouvé que ça poussait trop fort. Les liens entre les laboratoires et la matière sont plus difficiles et, pour les notions, c'est difficile de voir à quoi ça allait [lui] servir. Trop abstrait! » Certains élèves de deuxième année ont exprimé le désir d'avoir des liens avec la vie courante. À cet effet, un élève note qu'il « aurai[t] aimé faire de l'expérimentation sur le terrain. Ça aide à faire le lien entre la vie et la science ».

Exemples et exercices

Cet aspect est en relation directe avec l'aspect concret et l'aspect pratique mentionné précédemment, mais il a été approfondi par les élèves. De plus, sur cet aspect, il y a consensus entre les élèves de première et de deuxième année. Un élève note qu'il « aime bien quand il y a beaucoup d'exemples donnés par le professeur ». Un autre ajoute que, « pour chaque théorie, il devrait y avoir des exemples ». Un autre élève suggère d'avoir de la diversité dans les exemples. Un troisième explique : « plus tout se suit et plus il y a d'exemples, mieux c'est, parce que tu peux être capable de comprendre la théorie, mais pas capable de l'appliquer ». Pour les exercices, les élèves demandent « d'avoir du temps en classe pour faire des exercices, les faire eux-mêmes et se faire aider par les amis ou le professeur ».

Structure

La grande majorité des élèves du programme des sciences de la nature ont exprimé leur besoin de structure dans l'enseignement des sciences. Un élève affirme : « j'aime la structure afin de bien me retrouver dans mes notes. Quant il n'y en a pas, je me sens perdu ». Un autre ajoute que « plus c'est structuré, et mieux la classe va comprendre ».

Notes de cours

Un grand débat a été soulevé concernant l'aspect des notes de cours. Sur ce sujet, les élèves ont des opinions très divergentes, peu importe qu'ils soient de première ou de deuxième année. Un élève de deuxième année spécifie qu'« [il a] besoin de voir pour bien structurer les notes. [Il] n'aime pas voir un professeur avec rien devant lui qui parle alors que l'on doit prendre des notes. Souvent, il a fini de dire quelque chose et

commence une nouvelle chose, mais on n'a pas le temps de finir d'écrire. On en vient à être perdu ». Un autre élève mentionne que, « quand le prof en donne beaucoup [de notes de cours], pour [lui] c'est bien. Il y en a d'autres qui dispensent leur matière de manière plus orale et dans les cours desquels il faut prendre des notes, pour [lui] c'est plus difficile ». Un autre élève rétorque que : « quand on en donne trop, ça peut mélanger les élèves, il faut rester à l'essentiel ». Un autre élève explique : « il y a une différence entre donner une feuille de notes et faire [s]oi-même [s]es notes. Quand [il] écri[t] ça, [lui] rentre plus dans la tête ». Un dernier élève résume : « pour les notes de cours, les opinions varient, certains aiment les prendre eux-mêmes, d'autres préfèrent que ce soit celles du prof (en y ajoutant des éléments) ».

Support visuel

Un aspect très important pour les élèves est le support visuel. En effet, un grand nombre d'élèves souhaiterait avoir un meilleur support visuel dans les cours de sciences. Un élève note qu'il « aime un prof qui écrit au tableau ou utilise *PowerPoint* ». Ce point de vue est partagé par plusieurs élèves. Un élève apporte une précision concernant l'utilisation des transparents : « pas de notes sur transparent, on n'a pas le temps de copier ». Un autre élève mentionne l'utilisation de vidéos ou de petits films. Un élève suggère « d'amener des objets visuels; ça peut aussi aider ». Un élève termine en disant qu'« il y a une majorité de visuel en science. Les transparents et les présentations *PowerPoint* sont de bonnes méthodes, mais on pourrait aller plus loin en termes de support visuel. »

Travail hors classe

L'importance du travail hors classe a été relevée par les élèves de deuxième année. À propos de la clarté des explications du professeur, un élève mentionne que « c'est normal que l'explication ne soit pas 100% claire. Dans un cours, il y a une part à faire à la maison, puis ensuite ça devient clair ». Un autre élève de deuxième année ajoute que « le professeur ne pourra pas être 100% clair; il y a un travail à faire à la maison ». Un dernier élève explique : « je préfère faire le travail tranquillement à la maison après avoir pris le temps de bien assimiler la matière et de lire mes notes au besoin ».

4.1.2.2) Caractéristiques du professeur

Les caractéristiques du professeur ont été abordées lors des rencontres de groupes de discussion sur la perception de l'enseignement des sciences. Quatre caractéristiques ont été soulevées : l'expérience du professeur, sa disponibilité, son dynamisme et sa réponse aux questions.

Une élève remarque qu'avec l'expérience, « la matière est souvent mieux ciblée. Quand tu as à chercher par toi-même, c'est plus pour comprendre les concepts que pour apprendre de la matière nouvelle ». Les élèves de première année notent qu'« il y a des profs qui ne connaissent pas vraiment la matière, ou ne font pas de liens ». D'autres terminent en mentionnant que le fait que les nouveaux professeurs n'ont pas beaucoup d'expérience est ressenti par les élèves.

Un autre aspect concernant les professeurs du département des sciences de la nature qui a été remarqué par les élèves et qui est très apprécié est la disponibilité. En effet, un élève dit qu' « il y a beaucoup d'heures de disponibilité et c'est très apprécié ». Un élève de première année explique que « la disponibilité du professeur est importante pour permettre de poser des questions afin de rendre la matière plus accessible et stimulante ». Un autre élève termine en notant qu' « il y a une différence entre les cours où les professeurs sont disponibles et ceux où ils ne le sont pas ».

Par ailleurs, le dynamisme du professeur joue un rôle dans la motivation des élèves. Un élève de première année mentionne que, « si le prof est dynamique, c'est super! » Un autre ajoute que « c'est le dynamisme du prof qui le motive ». Un élève de deuxième année note qu'il apprécie les professeurs qui posent des questions aux élèves les amenant à participer au cours. Un autre élève de deuxième année ajoute que « c'est agréable quand les profs nous amènent un peu de culture générale ». À ce propos, un autre déclare : « ce qui me motive pour aller à un cours qui m'intéresse moins, c'est quand le professeur sort un peu de sa matière pour raconter des nouvelles, des éléments qu'il a faits à l'université ».

4.1.2.3) Éléments de motivation

Certains éléments de motivation ont été rapportés par les élèves : le sentiment de compétence, le groupe, l'absence de compétition et le projet synthèse. Lors d'exercices, les élèves se sentent motivés lorsqu'ils sont capables de les faire ou de résoudre les problèmes. Un élève explique que « les exercices sont stimulants lorsque qu'on est capable [de les compléter]. Si on n'est pas capable, alors ce n'est pas stimulant ». Un autre élève ajoute que « parce qu'on n'est pas toujours capable de faire les exercices, ce n'est donc pas trop stimulant ». Un dernier élève termine en disant qu' « en général, les exercices sont stimulants et on est fier de réaliser le travail ». Le groupe d'élèves du département des Sciences de la nature représente un autre élément de motivation. En effet, l'ambiance du département est appréciée. Un élève de première année se dit motivé « parce que le groupe est intéressant ». Un élève de deuxième année remarque la convivialité des professeurs et ajoute que « ça donne le goût d'être avec [eux] ». Un autre élément de motivation soulevé par les élèves est l'absence de compétition au sein du programme des Sciences de la nature. Finalement, le projet synthèse est cité comme un élément de motivation. Un élève de deuxième année explique : « c'est nous qui avons choisi le sujet (selon notre intérêt). Il faut se débrouiller par nous-mêmes et on a des recherches à faire et du travail d'équipe ».

4.2) Outils pédagogiques utilisant l'ExAO

4.2.1) Description des outils

4.2.1.1) Chute libre d'un objet

L'outil choisi afin d'illustrer le concept de la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte dans la chute libre d'un objet a été la fourchette optique avec la réglette. Il s'agit d'une réglette possédant une alternance de bandes sombres et de bandes claires distancées de 3,6 mm. Lorsque la réglette tombe en chute libre, elle

passage entre deux capteurs optiques situés sur chaque branche de la fourchette (Figure 8). Le temps qui est écoulé entre le passage d'une bande sombre et celui d'une bande claire est enregistré par le capteur et affiché sur l'écran d'ordinateur sous forme de graphique.

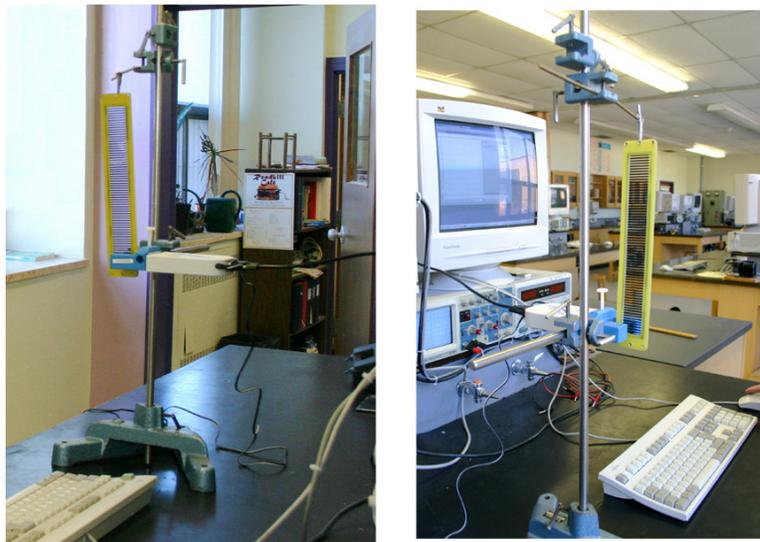


Figure 8: Fourchette optique avec la règle pour démontrer le concept de la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte.

4.2.1.2) Courbes de neutralisation

Pour illustrer les courbes de neutralisation d'un acide fort par une base forte et d'un acide faible par une base forte, nous avons utilisé le titrage classique. Cependant, le capteur de pH et la sonde de température sont directement reliés à l'ordinateur et la courbe se trace au fur et à mesure du déroulement du titrage (Figure 9).

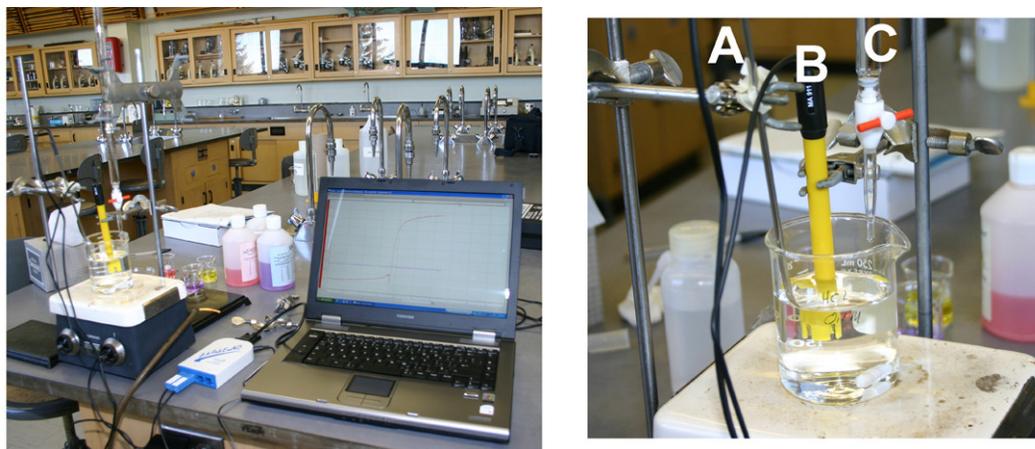


Figure 9: Montage du titrage des acides fort et faible par une base forte. À gauche, une vue d'ensemble et à droite une vue en gros plan (A: sonde de température, B: capteur de pH et C: burette contenant la base forte).

4.2.2) Protocole expérimental élaboré

4.2.2.1) Chute libre d'un objet

Acquisition de la chute libre (position en fonction du temps)

1. Faire les branchements nécessaires de l'interface (placer la fourchette optique dans l'interface et lancer le logiciel MicrolabExAO 3.0).
2. Lorsque la fourchette optique est installée avant l'ouverture du logiciel, la fenêtre d'acquisition de données apparaît immédiatement à l'écran.
3. Cliquer sur le bouton « *param* ».
4. Vérifier que l'acquisition est en mode *Chute libre*. Dans le cas particulier de l'acquisition du mouvement en chute libre, les paramètres de l'acquisition sont prédéterminés par le logiciel.
5. Cliquer sur *acquisition*.
6. Placer la réglette au-dessus de la fourchette optique.
7. La laisser tomber entre les branches de la fourchette optique.
8. Dès que l'acquisition est terminée, la courbe de la position en fonction du temps s'affiche automatiquement à l'écran.
9. Passer la souris sur le graphique pour faire disparaître la fenêtre des paramètres de l'acquisition.
10. Cliquer sur l'onglet de la variable pour faire apparaître le menu déroulant des outils.
11. Cliquer sur *afficher les valeurs*.

Calcul de la variable Vitesse

12. Pour obtenir la vitesse du mobile à partir des variables position et temps, nous allons créer la fonction dérivée de la position sur le temps.
13. Cliquer sur « *param* », puis sur *créer une variable*. Une fenêtre flottante apparaît, dans laquelle on retrouve les champs d'identification de la nouvelle variable.
14. Cocher la case *générer automatiquement le maximum et le minimum de la variable*.
15. Cliquer sur la variable **tps, temps** dans la liste des variables et sélectionner *Créer le capteur de variation de la variable tps*.

16. Procéder de la même façon pour créer la variable de variation de position. Les deux variables ainsi créées sont affichées sous les 2 précédentes.
17. Créer la variable vitesse en remplissant les champs d'identification suivants:
Nom : Vitesse
Variables : V
Unité : cm/s
Couleur : (au choix)
Équation algébrique : $V=V_{pos}/V_{tps}$ (à inscrire directement dans le champ V)
18. Cliquer sur *créer* puis fermer la fenêtre flottante.
19. Pour afficher la variable vitesse sur le graphique, cocher la case *vitesse* dans la fenêtre de paramétrage.

Analyse de la variable Vitesse

20. Cliquer sur l'onglet de la variable *Vitesse*
21. Sélectionner *taux de variation* dans le menu : *outils mathématiques*
22. A l'aide du curseur, ajuster la droite du taux de variation sur la droite de la vitesse.
23. Lorsque l'ajustement est satisfaisant, relâcher la souris. La valeur du taux de variation est affichée sous la droite. Ce taux de variation devrait indiquer l'accélération gravitationnelle.

4.2.2.2) Courbe de neutralisation

Étalonnage du pH-mètre :

- 1) Sur la page d'accueil du logiciel, cliquer sur la barre d'outils du capteur afin d'obtenir le menu contextuel.
- 2) Choisir *étalonner ce capteur avec un étalon extérieur à Orphy* (puisque les solutions tampons étalons ne sont pas directement branchées sur Orphy).
- 3) Remplir le tableau d'identification du capteur en inscrivant x à variable (axe des x sur le graphique). Faire *OK*. Le mode graphique apparaît.
- 4) Tremper la sonde pH dans la solution tampon de pH 4, inscrire 4 comme valeur pour x, faire *entrée*. Toujours accompagner la sonde de pH de la sonde de température.
- 5) Faire de même pour la solution tampon de pH 7 et pH 10. Vous avez trois points sur le graphique.
- 6) Cliquer sur la barre d'outils des x, choisir *Outils mathématiques et modéliseur*.
- 7) Sélectionner la droite correspondant au modèle mathématique de vos points en cliquant sur celle-ci. La droite apparaît sur le graphique.

- 8) Faire glisser la droite jusqu'à ce qu'elle se superpose à vos données empiriques. Pour ce faire, placer la souris sur les points de la droite et faire glisser en maintenant le bouton de gauche enfoncé.
- 9) L'équation mathématique apparaissant au bas de l'écran représente le facteur de correction qui sera appliqué à chacune de vos mesures afin que la mesure du pH soit exacte.
- 10) Assigner la fonction au capteur
- 11) Retourner à la page d'accueil. Activer la fonction correspondant à l'équation du facteur de correction.
- 12) Avec les solutions standards, mesurer le pH afin de vérifier l'exactitude de votre calibration. Si la mesure du pH ne correspond pas aux valeurs attendues, répéter les étapes 4 à 15 jusqu'à ce que votre pH-mètre indique les bonnes valeurs.

Protocole de neutralisation

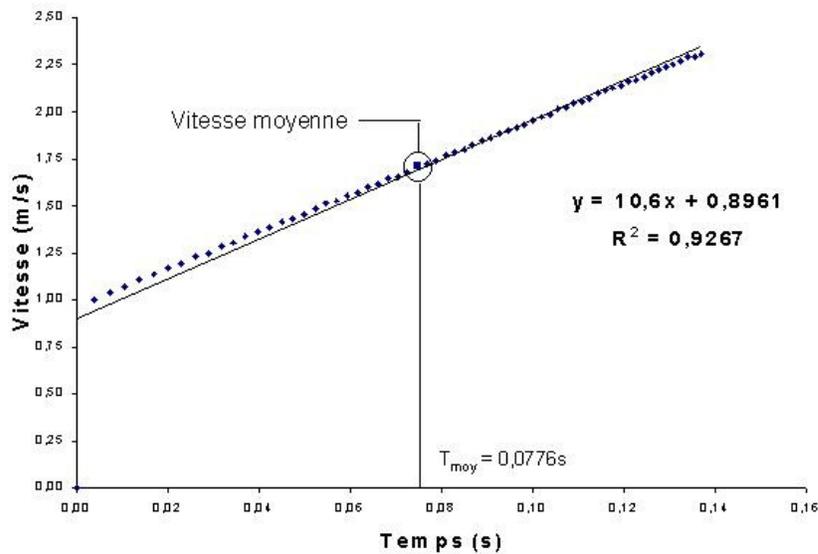
- 1) Dans un bécher, placer 25 mL d'HCl 0,1M et ajouter 75 mL d'eau distillée.
- 2) Dans une burette, placer 50 mL de NaOH 0,1 M.
- 3) Avec agitation et une sonde de température présente, ajouter le NaOH goutte à goutte dans la solution de HCl.
- 4) Débuter l'acquisition quelques instants avant l'ajout de NaOH et enregistrer les données pour une période d'environ 10 minutes.
- 5) Avant et en cours de neutralisation, prendre des mesures de pH avec le papier tournesol afin de démontrer les mesures effectuées par la sonde.
- 6) Terminer le titrage lorsque le pH dépasse la valeur de 12.

4.2.3) Résultats de l'amélioration et l'adaptation des outils.

4.2.3.1) Chute libre d'un objet

Lorsque les données de chute libre étaient analysées dans une feuille de calcul et portées sur graphique, la distance parcourue lors de l'atteinte de la vitesse moyenne correspondait au 4/10 de la distance totale (voir Figure 10). Cette différence s'explique par le mode de captation des données. En effet, traditionnellement, les intervalles de temps demeurent constants et la distance parcourue est mesurée. Cependant, avec la fourchette optique, la distance demeurerait constante alors que le temps était mesuré dans cet intervalle de distance. Afin de contrer ce biais, des calculs ont dû être appliqués aux données.

A) Vitesse en fonction du temps



B) Distance en fonction du temps

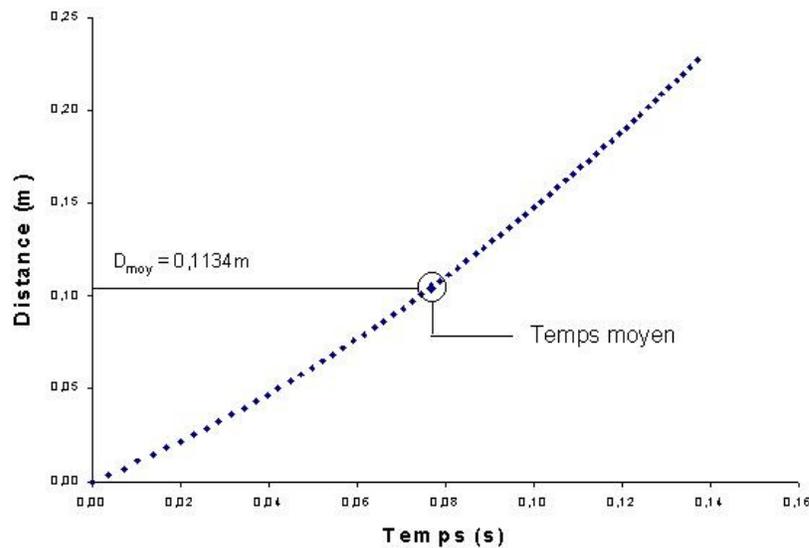
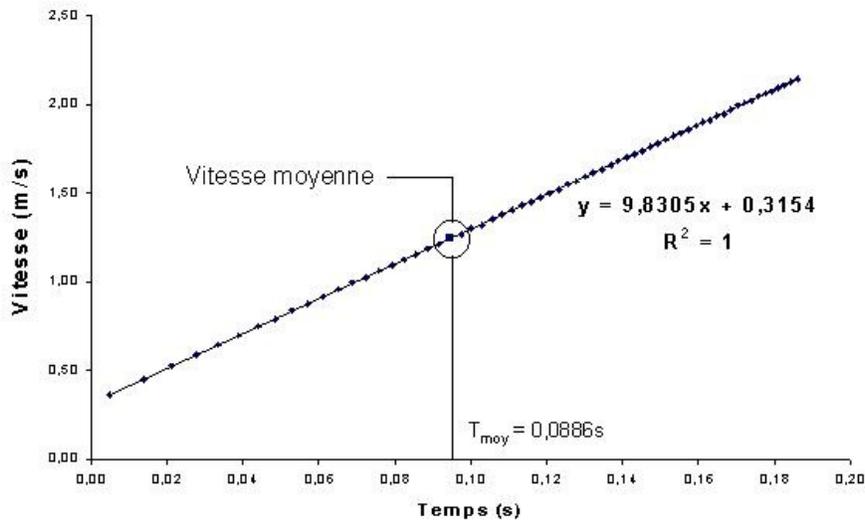


Figure 10: Résultats de l'acquisition de données lors de la chute libre d'un objet.

En effet, suite à ce transfert, différents calculs ont été effectués afin de déterminer les temps, les vitesses et les distances cumulatifs, les vitesses à la fin des intervalles et les temps réels dans le calcul des vitesses (voir Figure 11).

A) Vitesse en fonction du temps



B) Distance en fonction du temps

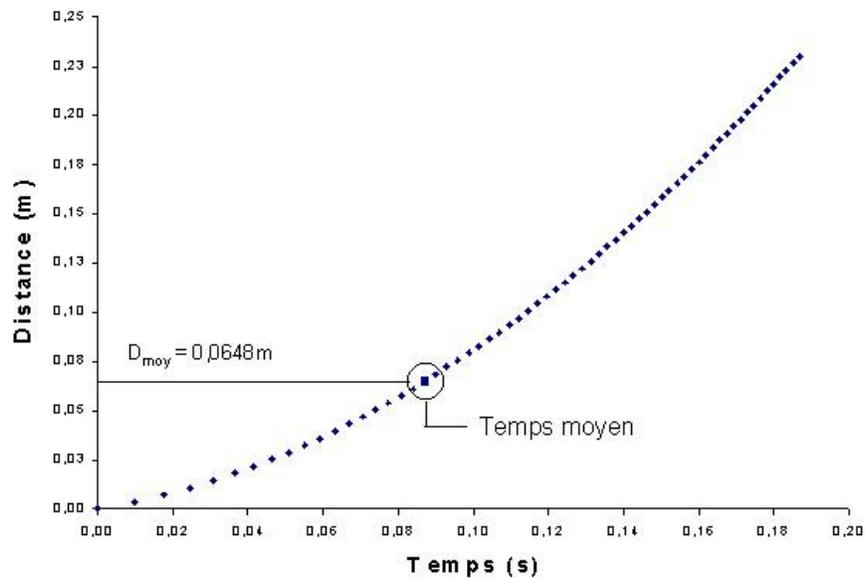


Figure 11: Résultats de l'acquisition de données lors de la chute libre d'un objet et suite aux conversions de ces données.

4.2.3.2) Courbe de neutralisation

Peu avant l'atteinte du point d'équivalence, le capteur enregistre un faible nombre de lectures à pH plus acide (voir Figure 12). Cependant, cette observation n'a

pas été faite dans le cas du titrage d'un acide faible (l'acide acétique) par une base forte (Figure 13).

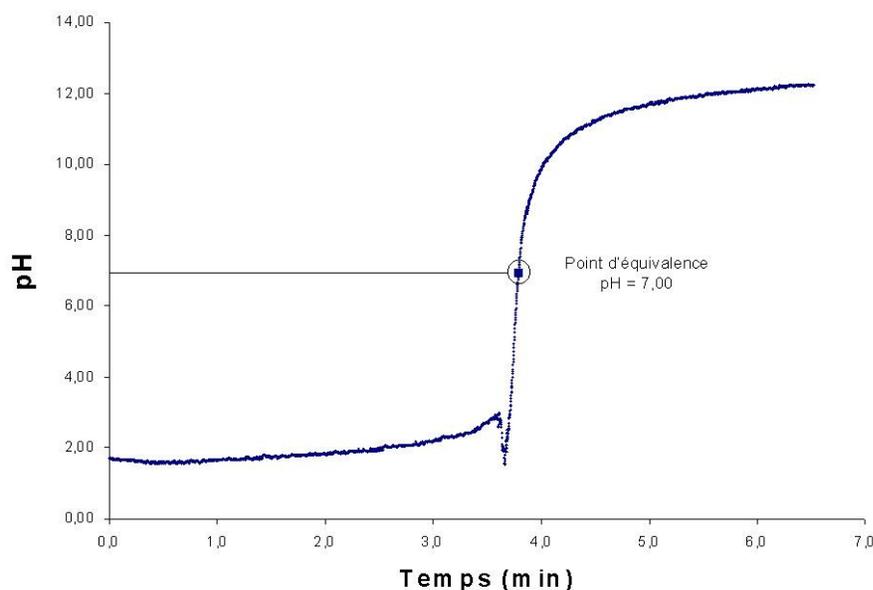


Figure 12: Courbe de neutralisation d'un acide fort, l'acide chlorhydrique (HCl 0,1M), par une base forte, l'hydroxyde de sodium (NaOH 0,1M).

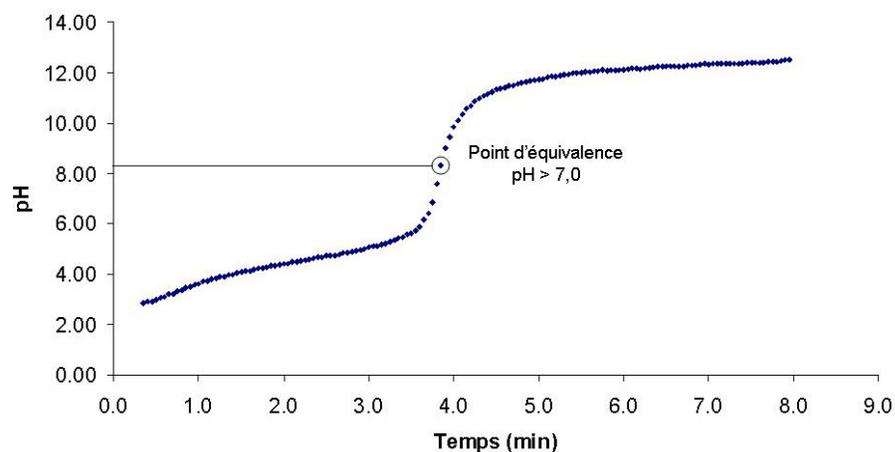


Figure 13: Courbe de titrage d'un acide faible, l'acide acétique (CH_3COOH 0,1M), par une base forte, l'hydroxyde de sodium (NaOH 0,1M).

Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que les ions OH^- se retrouvant en absence d'ions H^+ pour les neutraliser (ceux-ci étant répartis plus uniformément dans la solution) peuvent s'accumuler aux alentours du capteur, attirant à cet endroit d'autres ions H^+ qui créent une différence de potentiel localisée mais enregistrée par le capteur, car celui-ci est très sensible aux variations de potentiel. Dans ce cas-ci, l'objectif pédagogique de cet outil était l'aspect visuel du traçage de courbes de neutralisation en

direct (acide fort par base forte et acide faible par base forte). Ainsi, aucune modification du protocole n'a été apportée. Cependant, en réduisant le nombre de lectures du capteur, cette observation aberrante disparaît (Figure 13).

4.2.4) Résultats du test de l'efficacité pédagogique des outils utilisant l'ExAO

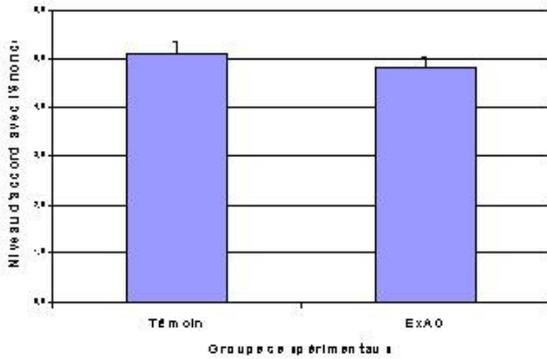
4.2.4.1) Physique mécanique

Résultats des questionnaires aux élèves

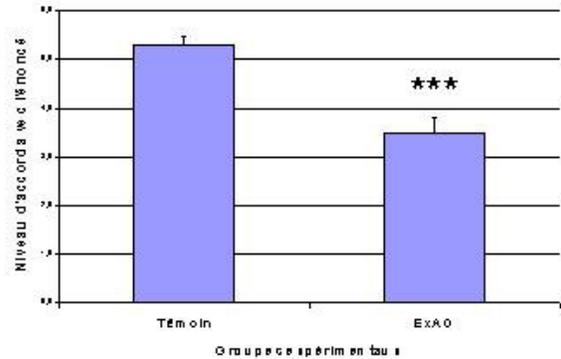
Suite à la leçon choisie pour utiliser le nouvel outil pédagogique, un bref questionnaire a été distribué aux élèves afin de connaître leur opinion sur différents aspects (l'intérêt, l'aide à la compréhension, la rétention, etc.). Les résultats pour l'expérimentation de l'outil de la chute libre d'un objet sont présentés à la Figure 14.

Dans le cours de physique *Mécanique*, les méthodes utilisées dans la leçon n'ont pas plus attiré l'attention des élèves dans le groupe ExAO que dans le groupe témoin. De plus, selon les élèves, les méthodes utilisées dans le groupe ExAO n'ont pas permis de mieux comprendre la matière ni d'aider à mieux retenir ce qu'ils ont appris. En outre, un plus grand nombre d'élèves dans le groupe ExAO auraient préféré d'autres méthodes d'enseignement. Finalement, les élèves des deux groupes étaient dans de bonnes dispositions pour la leçon, malgré un taux légèrement plus bas chez les élèves du groupe ExAO.

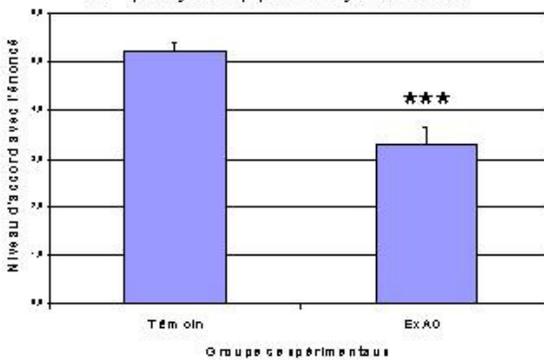
1. Les méthodes utilisées par le professeur dans le cours d'aujourd'hui ont attiré mon attention.



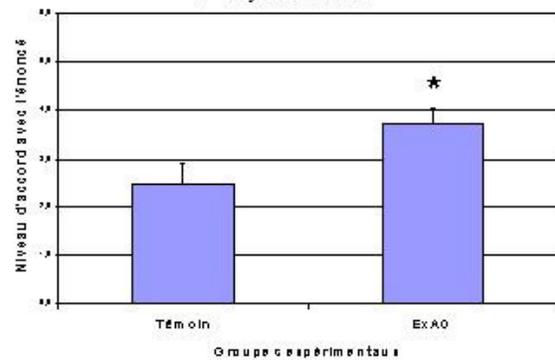
2. Pour moi, les méthodes utilisées dans le cours d'aujourd'hui m'ont permis de mieux comprendre la matière.



3. Les méthodes utilisées dans le cours d'aujourd'hui vont m'aider à mieux retenir ce que j'ai appris aujourd'hui.



4. J'aurais préféré d'autres méthodes d'enseignement dans le cours d'aujourd'hui.



5. J'étais dans de bonnes dispositions pour mon cours d'aujourd'hui.

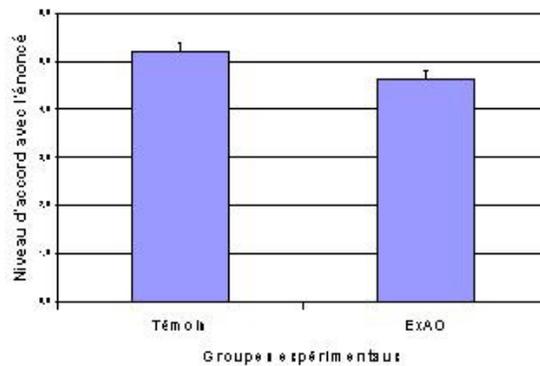


Figure 14: Résultats du questionnaire passé à la suite de la leçon en physique mécanique

Analyse de contenu des entrevues réalisées dans le cadre des groupes de discussion

Afin de poser un regard plus détaillé sur l'opinion que possèdent les élèves sur les méthodes pédagogiques utilisées dans le cours de physique *Mécanique*, des entrevues à l'intérieur de groupes de discussion ont été réalisées auprès d'élèves qui avaient déjà complété le questionnaire suivant la leçon. Cette rencontre permettait d'approfondir la réflexion et la compréhension des résultats. À cet effet, nous avons choisi de d'effectuer des entrevues auprès d'élèves des groupes témoins et expérimentaux en physique mécanique et en chimie des solutions afin de connaître leur opinion sur les méthodes pédagogiques utilisées

Les entrevues de groupes ont été conçues afin d'obtenir une compréhension plus vaste (Roy *et al.*, 2005). La méthode des groupes de discussion a été retenue parce qu'elle mise sur l'interaction à l'intérieur du groupe pour produire des données qui, autrement, ne seraient pas nécessairement accessibles (Mayer et Ouellet, 1991, Roy *et al.*, 2003 ; Roy *et al.*, 2005) et que cette méthode convient au but recherché, à savoir apporter un éclairage plus précis sur les résultats recueillis.

Lors de la rencontre des élèves du groupe témoin en physique mécanique, plusieurs dimensions de l'enseignement en physique ont été abordées. La révision s'est avérée importante car, selon un élève : « Ça m'a bien aidé pour la révision et en même temps surtout pour les nouvelles formules pour l'examen, je n'ai pas eu le temps de réviser ». La dimension de la compréhension est également soulevée en relation avec la patience et le dynamisme du professeur. Un élève explique : « si on avait un problème, ça ne lui dérangeait pas de répondre même si c'était de répondre 10 fois au même problème. Il recommençait ». « Il va prendre plusieurs exemples et pas juste selon sa manière à lui, mais il va essayer de voir comment tu vois, et de montrer qu'il y a plusieurs manières d'atteindre la même réponse », ajoute un autre.

En revanche, la cohérence entre ce qui est vu en classe et ce qui est couvert par l'examen soulève des récriminations de la part de certains élèves. En effet, quelques-uns soulignent « qu'il y avait des problèmes dans l'examen qu'on n'avait pas faits en classe ». Un autre élève ajoute : « le cours était trop centré sur les projectiles, puis il n'y avait pas juste ça à l'examen ». En outre, plusieurs élèves ont remarqué que le cours de physique, jusque-là, ressemblait beaucoup à ce qu'ils avaient vu au secondaire.

En ce qui concerne les laboratoires, un élève suggère que, « puisque les laboratoires, c'est pour trouver et expérimenter de nouvelles choses, ça serait intéressant qu'il s'agisse d'éléments de la vie courante ». Finalement, les élèves en physique du groupe témoin n'ont pas de suggestions à faire pour améliorer le cours. Ils l'apprécient tel qu'il est, puisque le cours répond entre autres à leur besoin d'avoir des éléments visuels.

Pour les élèves du groupe expérimental en physique, les dimensions de preuve et de démonstration sont importantes. Un élève note qu'il a « prouvé chaque formule une à la fois ». Un autre rétorque : « nous dire qu'une bille et une boule de quille qui tombent arriveront en même temps [est bien], mais nous le monter avec une efface et

une calculatrice [est mieux]. Ce sont des exemples et des preuves. On assimile mieux la matière si c'est prouvé que si on doute ou on ne sait pas d'où ça vient. »

Par ailleurs, la compréhension représente une autre dimension importante soulevée par les élèves. En effet, selon l'un d'entre eux, « le prof donne de bonnes explications sur les formules à suivre, de quelle manière les faire, les étapes à réaliser. Il nous donne les bonnes formules, nous les explique bien avec plusieurs exemples, ce qui facilite la compréhension des formules et des opérations à faire. » Un autre élève ajoute que le professeur « explique et, si on ne comprend pas, il va utiliser d'autres moyens, d'autres façons pour qu'on comprenne, on est importants. » Un élève termine en mentionnant que « les laboratoires [lui] permettent de mieux comprendre et de voir la matière sous un autre angle (plus pratique que théorique). » Un élève remarque cependant que « les laboratoires ont de vieilles méthodes. »

Une dernière dimension évoquée par les élèves concerne la personnalité du professeur et l'intérêt qu'il suscite chez les élèves. Certains élèves notent que « le prof est passionné par sa matière et montre sa passion. Il essaye de nous apprendre à aimer sa matière comme il l'aime. Ça nous aide. Une personne qui aime sa matière enseigne mieux qu'une personne qui ne fait que la connaître. » D'autres conclurent que « le cours comme il est là est super intéressant. »

En général, les élèves du groupe expérimental en physique ont trouvé l'outil pédagogique pratique et rapide. « Si on peut faire les laboratoires plus vite, il y aura plus de temps pour l'enseignement sur d'autres théories, les projectiles et ce qu'englobe le cours en général » note un élève. Un autre explique que : « la démonstration [avec l'outil] a permis de prouver ce qu'on venait de voir, les formules pour la vitesse, la distance et le temps. Ça nous a permis de confirmer ce qu'on venait d'apprendre. » De plus, « en ExAO, les données présentent un risque d'erreur beaucoup plus petit que si on les calculait à la main. Les réponses et les signaux sont plus rapides », remarque un troisième élève.

En contrepartie, des élèves ont remarqué des aspects limitants de cet outil pédagogique. En effet, ils l'ont trouvé compliqué et présentant plusieurs étapes à réaliser. En outre, l'automatisation de la prise de données que procure l'ExAO a soulevé certaines craintes de la part des élèves. Un de ceux-ci explique : « le problème est que, si t'es pas capable de faire par toi-même, avec ce logiciel-là qui te fournit tout, ça ne t'aide pas plus à faire les graphiques dans *Excel*. » Il ajoute que « le but de faire une expérience est de comprendre les phénomènes, pourquoi et comment ça fonctionne, tandis que là, on avait le montage puis, après, c'est fini, tout est entré. » Un troisième termine en disant : « mais si tu ne sais pas d'où les données viennent et ce qu'elles veulent dire, tu n'es pas plus avancé. »

Mesure de l'efficacité pédagogique grâce aux résultats de l'évaluation du concept

Suite à la leçon où l'outil pédagogique a été utilisé en physique mécanique, un examen a eu lieu. Les moyennes des résultats de l'examen étaient de 73,90% ± 12,53% pour le groupe témoin et de 81,30% ± 11,93% pour le groupe expérimental ExAO.

Lorsqu'on observe les questions se rapportant uniquement au concept de la chute libre (Figure 15), les résultats montrent une plus grande réussite du groupe expérimental dans quatre questions. Ainsi, les moyennes des questions sur la chute libre indiquent $71,32\% \pm 18,28\%$ pour le groupe témoin et $77,78\% \pm 10,29\%$ pour le groupe expérimental. De plus, la différence de force entre les deux groupes a été évaluée à l'aide des résultats au secondaire de chaque élève. La force du groupe témoin est de $82,81\% \pm 5,08$ tandis que celle du groupe expérimental est de $83,62\% \pm 6,05\%$.

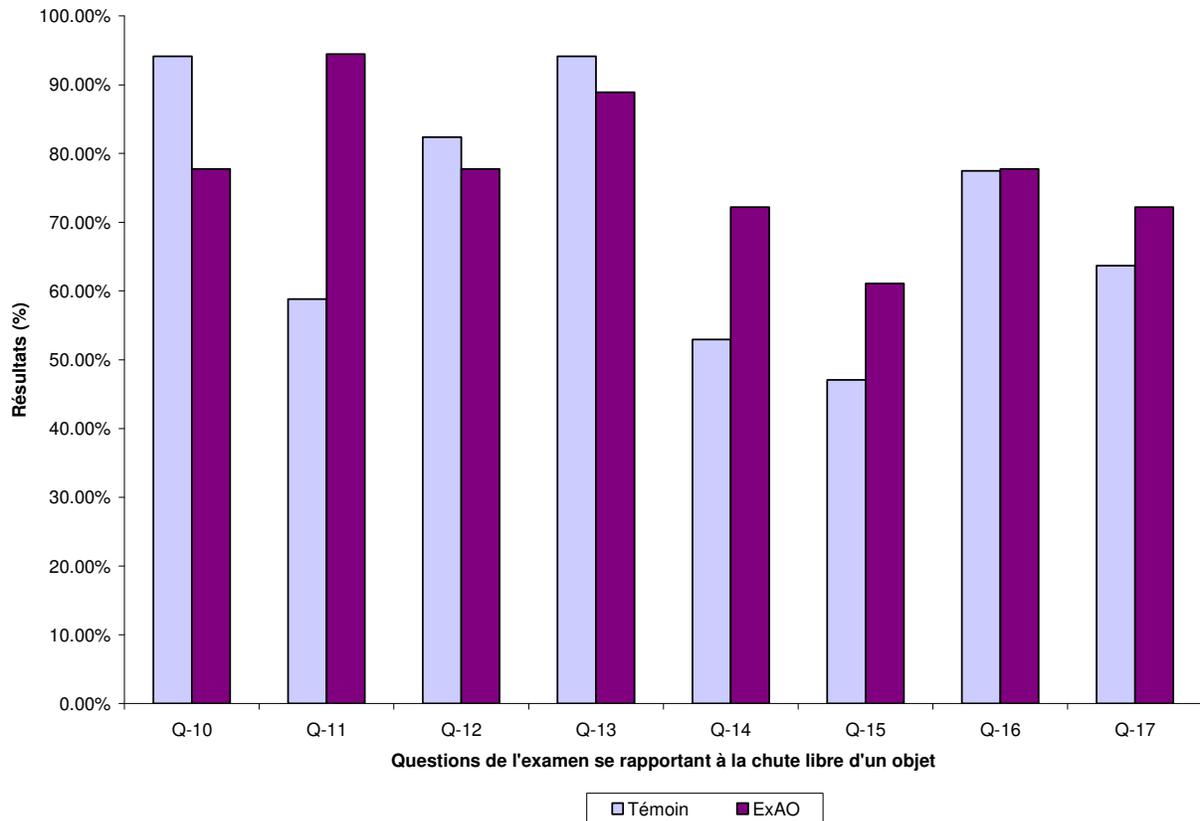


Figure 15: Résultats de l'évaluation du concept de la chute libre d'un objet en physique mécanique (pourcentage d'élèves ayant réussi la question).

Afin de comparer les deux groupes, le groupe témoin et le groupe expérimental ExAO dans les deux disciplines, nous avons comparé les résultats des élèves provenant du secondaire. Ces résultats sont présentés à la Figure 16.

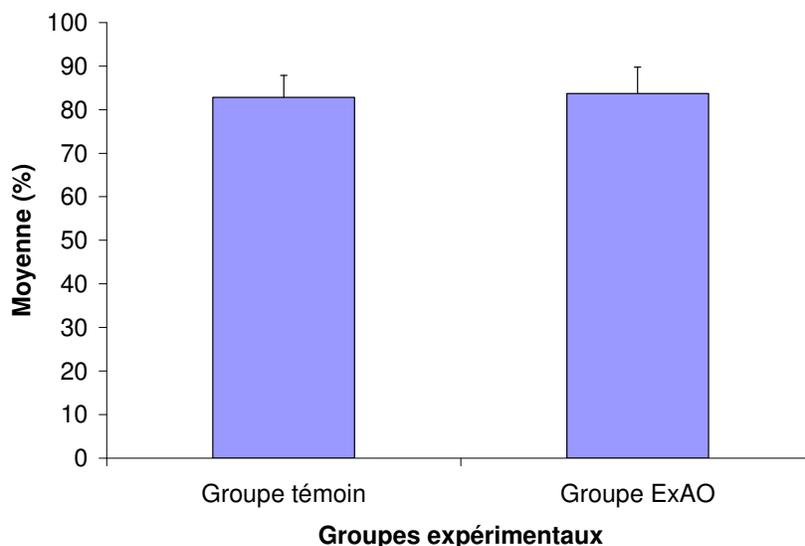


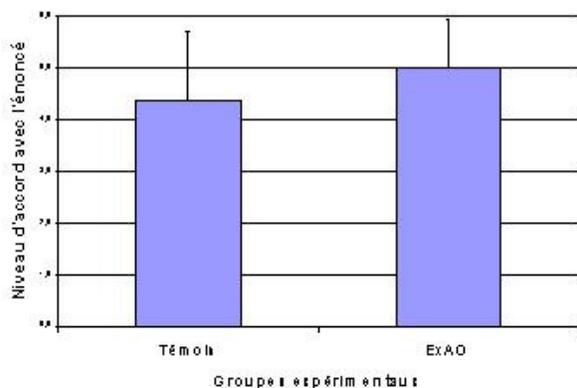
Figure 16: Résultats au secondaire des élèves des groupes témoin et expérimental (ExAO) en physique mécanique.

4.2.4.2) Chimie des solutions

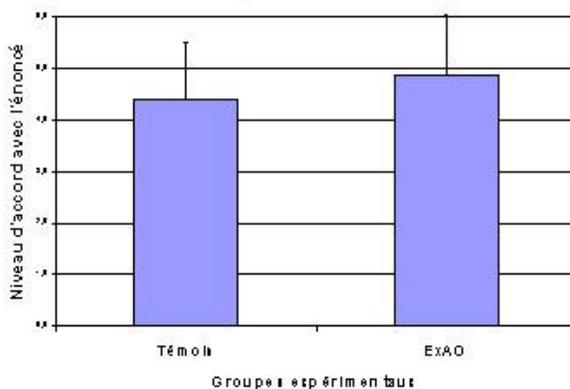
Résultats des questionnaires aux élèves

À la suite de la leçon choisie pour utiliser le nouvel outil pédagogique, un bref questionnaire a été distribué aux élèves afin de connaître leur opinion sur différents aspects de cette leçon (l'intérêt, l'aide à la compréhension, la rétention, etc.). Les résultats pour l'expérimentation de l'outil des courbes de titrage sont présentés à la Figure 17. Dans le cours *Chimie des solutions*, les méthodes utilisées dans la leçon n'ont pas plus attiré l'attention des élèves dans le groupe ExAO que dans le groupe témoin. De plus, selon les élèves, les méthodes utilisées dans le groupe ExAO n'ont pas permis de mieux comprendre la matière ni d'aider à mieux retenir ce qu'ils ont appris. En outre, un nombre égal d'élèves dans le groupe ExAO et le groupe témoin aurait préféré d'autres méthodes d'enseignement. Par ailleurs, les élèves des deux groupes étaient dans de bonnes dispositions pour la leçon, malgré un taux légèrement plus faible chez les élèves du groupe ExAO. Finalement, il est important de remarquer la grande variabilité dans les réponses indiquées par les grands écarts-types.

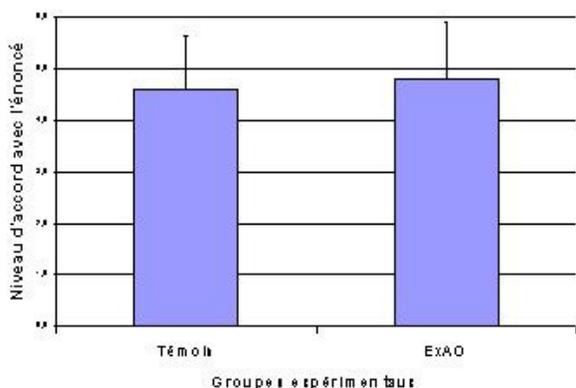
1. Les méthodes utilisées par le professeur dans le cours d'aujourd'hui ont attiré mon attention.



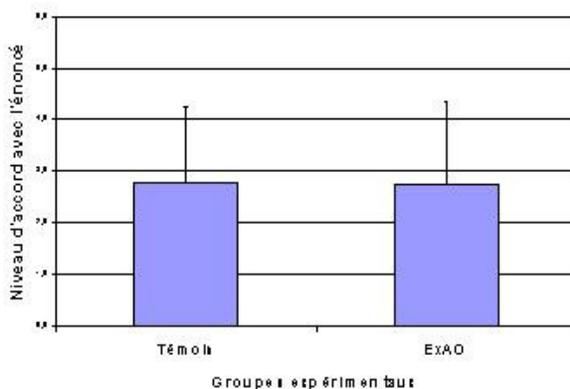
2. Pour moi, les méthodes utilisées dans le cours d'aujourd'hui m'ont permis de mieux comprendre la matière.



3. Les méthodes utilisées dans le cours d'aujourd'hui vont m'aider à mieux retenir ce que j'ai appris aujourd'hui.



4. J'aurais préféré d'autres méthodes d'enseignement dans le cours d'aujourd'hui.



5. J'étais dans de bonnes dispositions pour mon cours d'aujourd'hui.

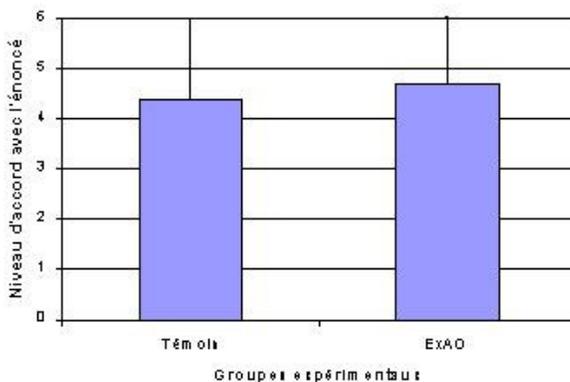


Figure 17: Résultats du questionnaire passé à la suite de la leçon en chimie des solutions

Analyse de contenu des entrevues réalisées dans le cadre des groupes de discussion

Afin de poursuivre la réflexion et d'approfondir notre compréhension de l'opinion que possèdent les élèves sur les méthodes pédagogiques utilisées dans le cours *Chimie des solutions*, des entrevues à l'intérieur de groupes de discussion ont été réalisées auprès d'élèves des groupes témoins et expérimentaux qui avaient déjà complété le questionnaire suivant une leçon.

Lors de la rencontre des élèves du groupe témoin en *Chimie des solutions*, plusieurs dimensions de l'enseignement en chimie ont été abordées. Faire des exercices en classe s'est avéré très apprécié des élèves. En effet, à l'intérieur de la leçon qui nous intéresse, les élèves ont apprécié de réaliser l'activité en groupe pour trouver la solution à un problème. Un élève remarque qu'il n'y a pas eu « d'explication en classe, [les élèves se sont fait dire] de prendre rendez-vous pour se faire expliquer puisque le professeur pensait que la majorité des élèves comprenait et qu'il y avait d'autres matières à aborder ». Un autre élève ajoute que, « souvent, il faut des essais/erreurs pour bien comprendre la résolution du problème, et du temps en classe pour les faire ». Un dernier élève suggère d'avoir « plus de périodes d'exercices en classe avec rétroactivité en classe du professeur ».

Par ailleurs, les élèves en entrevue ont souligné l'importance de l'intérêt personnel face à la matière. D'ailleurs, de nombreux élèves ont mentionné ne pas aimer la chimie. Selon eux, « c'est la matière qui fait qu'on aime ou pas un cours ».

La dimension des liens entre la pratique et la théorie a été abordée par les élèves. L'un d'eux remarque que d'avoir le « laboratoire de titrage avant la théorie a fait que le professeur a passé un peu trop vite sur la matière, car elle était déjà vue en laboratoire ». De façon générale, les élèves préfèrent avoir la théorie avant les laboratoires.

Finalement, l'apport du visuel a été soulevé par les élèves. En effet, ceux-ci remarquent que « le professeur n'enseigne pas pour les [étudiants] visuels, il y a peu de schémas au tableau et trop de gestes en avant ». Un autre élève mentionne que « les courbes au tableau ne sont pas précises, donc plus difficiles à comprendre. » Les élèves suggèrent donc d'avoir « plus de moyens visuels, de transparents, d'objets, etc. ». Un élève ajoute qu'il devrait y avoir « des démonstrations devant la classe, il y a des démonstrations mathématiques, mais ce n'est pas assez visuel ».

Pour les élèves du groupe expérimental en *Chimie des solutions*, la démonstration de deux courbes de titrage a réellement suscité leur intérêt. Un élève note que « c'est moins ennuyant et ça attire plus l'attention d'avoir l'expérience qui se déroule devant soi ». Par ailleurs, la compréhension représente une autre dimension importante soulevée par les élèves. En effet, l'utilisation de l'ExAO a permis de mieux comprendre comment se déroulait l'expérience, comme l'indiquent deux élèves. Un autre élève remarque que « c'est l'idée du concret que j'aime. Il y a des questions que je n'aurais pas posées si je ne l'avais pas vue. Il y a des choses que, quand t'as juste des

exemples, tu n'arrives pas bien saisir ». Les élèves ont également remarqué l'aspect pratique de l'utilisation de l'ExAO, puisque l'un d'entre eux mentionne qu'il « aurai[t] aimé avoir cet outil pour le laboratoire de titrage ».

En contrepartie, des élèves ont remarqué des aspects limitants de cet outil pédagogique. En effet, les élèves ont trouvé la démonstration longue et ont mentionné que le cours n'avancait pas assez vite. Un élève a remarqué que ce genre de protocole « n'était pas utilisé souvent » et qu'il aurait été « encore meilleur » d'être mieux préparé. Un dernier élève suggère de « mettre un indicateur de pH dans le liquide pour voir ce qui se passe sur le graphique et voir ce qui se passe dans le bécher en même temps ».

Mesure de l'efficacité pédagogique grâce aux résultats de l'évaluation du concept

Suite à la leçon où l'outil pédagogique a été utilisé en chimie des solutions, un examen a eu lieu. Les moyennes des résultats de l'examen étaient de $54,0\% \pm 17,3\%$ pour le groupe témoin et de $68,1\% \pm 19,4\%$ pour le groupe expérimental ExAO. Lorsque les questions se rapportant uniquement au concept des courbes de neutralisation sont observées (Figure 18), les résultats montrent une plus grande réussite du groupe expérimental dans les deux questions que pour le groupe témoin avec respectivement $65,44\% \pm 25,37\%$ et $43,38\% \pm 24,75\%$.

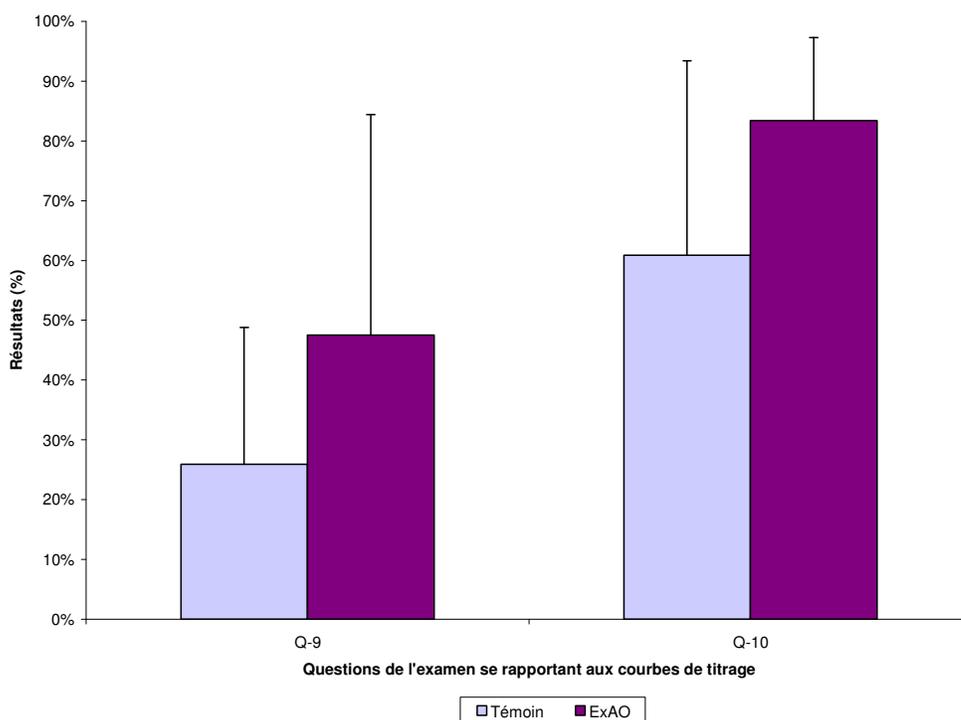


Figure 18: Résultats de l'évaluation du concept des courbes de neutralisation par un titrage

Afin de comparer les deux groupes, le groupe témoin et le groupe expérimental ExAO dans les deux disciplines, nous avons comparé les résultats des élèves provenant du secondaire. Ces résultats sont présentés à la Figure 19. La force du groupe

témoin est de $84,87\% \pm 5,93$ tandis que celle du groupe expérimental est de $81,60\% \pm 5,48\%$.

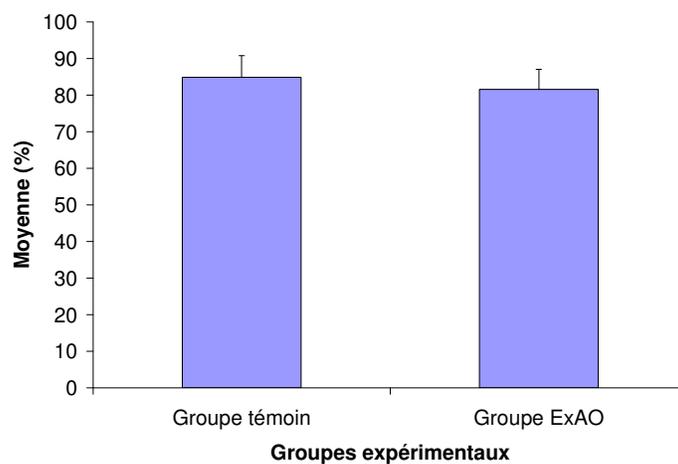


Figure 19: Résultats au secondaire des élèves des groupes témoin et expérimental (ExAO) en chimie des solutions.

Aanalyse des résultats

5) Analyse des résultats

5.1) Perceptions de l'enseignement de concepts scientifiques par les élèves

5.1.1) Analyse des résultats des questionnaires

5.1.1.1) Étudiant Plus

L'analyse de variance est une méthode pour étudier les différences de moyennes entre plus de deux populations. Cette méthode tire son nom du fait qu'elle utilise des mesures de variance pour déterminer le caractère significatif des différences de moyennes mesurées sur les populations (*Wikipédia*, 2007). L'analyse de variance à un facteur contrôlé ou ANOVA-1 a pour objectif de tester l'effet d'un seul facteur sur une variable aléatoire continue. Ceci revient à comparer les moyennes de plusieurs populations normales et de même variance à partir d'échantillons aléatoires et indépendants les uns des autres (Mouchiroud, 2003).

Pour l'analyse des résultats du questionnaire *Étudiant Plus*, les moyennes avec leur écart-type ont été rapportées au Tableau IV. Une ANOVA-1 a été réalisée afin de comparer les moyennes de ce tableau. Pour les huit indicateurs du questionnaire *Étudiant Plus*, aucune différence significative n'a été observée entre les trois groupes.

Lorsque le logiciel *Étudiant Plus* procède à l'analyse du profil de groupe, les résultats du questionnaire sont répartis entre quatre conceptions de l'apprentissage (apprentissage en profondeur, apprentissage stratégique, apprentissage de surface et apprentissage utilitaire) tel que présenté à la Figure 6. Une ANOVA-1 a été effectuée pour comparer les moyennes entre les quatre types d'apprentissage. Les différences observées sont très hautement significatives ($p < 0,001$).

La comparaison multiple des moyennes est réalisée par le test Tukey's lorsque l'analyse de variance montre des significations. Le test pour déterminer si une différence est franchement significative (HSD : *honestly significant difference*), proposé par le statisticien John Tukey, est basé sur ce qui s'appelle « la loi des écarts *studentisés* » (Carpentier, 2006). Le test de Tukey permet de comparer toutes les moyennes par paires et calcule la valeur t de ces paires afin de déterminer quelles paires sont statistiquement différentes. Pour les quatre conceptions de l'apprentissage, le test de Tukey a permis de déterminer qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les moyennes pour les apprentissages en profondeur et stratégique ($p > 0,05$). De plus, il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes des apprentissages de surfaces et utilitaires ($p > 0,05$). Cependant, on note des différences hautement significatives entre les moyennes pour l'apprentissage stratégique et de surface ($p < 0,01$) et très hautement significatives entre les moyennes pour l'apprentissage stratégique et de surface ($p < 0,001$). Par ailleurs, des différences hautement significatives sont à signaler entre les moyennes pour l'apprentissage en profondeur et

de surface ($p < 0,01$) et d'autres, très hautement significatives, entre les moyennes pour l'apprentissage en profondeur et de surface ($p < 0,001$).

D'un autre côté, une comparaison de moyennes par un test de t a été effectuée entre les moyennes obtenues pour les quatre conceptions et leur valeur théorique idéale respective (Figure 7). De ces quatre conceptions, seulement l'apprentissage en profondeur ne diffère pas de sa valeur idéale de 90% ($p > 0,05$), tandis que les trois autres conceptions diffèrent significativement de leur valeur théorique idéale ($p < 0,05$ pour l'apprentissage stratégique, ($p < 0,01$) pour l'apprentissage en surface et $p < 0,05$ pour l'apprentissage utilitaire).

La loi de Pearson ou loi de χ^2 (Khi deux) trouve de nombreuses applications dans le cadre de la comparaison des proportions, des fréquences, des tests de conformité d'une distribution observée à une distribution théorique et du test d'indépendance de deux caractères qualitatifs, à travers les tests du khi deux (Mouchiroud, 2003). Ce test du Khi deux est un calcul statistique qui permet de savoir si la relation entre deux variables est significative ou non. Plus précisément, c'est une procédure qui permet de déterminer s'il y a, ou non, relation entre deux variables (Benavent, 2001). L'analyse des résultats retrouvés au Tableau V, qui représentent les fréquences des indicateurs des quatre conceptions de l'apprentissage, a été réalisée par le test du khi deux. Cette analyse a permis de déterminer qu'il y avait des différences très hautement significatives entre les trois groupes ($p > 0,001$), établissant ainsi l'indépendance de ces trois groupes sur le plan des vingt et un indicateurs.

5.1.1.2) Questionnaire maison

En reprenant les résultats du questionnaire maison sur les méthodes pédagogiques présentés au Tableau VI, nous avons tenté avec une ANOVA-1 de discriminer s'il y avait des différences entre les trois groupes. Cette analyse a pu montrer que régnait un consensus général entre les trois groupes, puisque aucune différence significative n'a été observée entre ces groupes ($p > 0,05$).

Cependant, lorsque certains résultats du tableau des caractéristiques générales des élèves (Tableau VII) ont été analysés, nous avons observé des différences significatives pour l'âge des élèves et le nombre de cours de la formation générale. En effet, l'ANOVA-1 pour la comparaison entre l'âge moyen des trois groupes a montré une différence hautement significative entre ces groupes ($p < 0,01$). Le test de Tukey a permis de voir qu'il y avait des différences entre les élèves des deux groupes de première année et ceux du groupe de deuxième année ($p < 0,05$ pour la comparaison entre le groupe 1 de première année et le groupe de deuxième année, et $p < 0,01$ pour la comparaison entre le groupe 2 de première année et le groupe de deuxième année). Cependant, aucune différence significative n'a été établie entre les deux groupes de première année ($p > 0,05$). En outre, l'ANOVA-1 a permis de remarquer une différence très hautement significative ($p < 0,001$) quant au nombre de cours de la formation générale complétés. Cette différence se situe comme précédemment entre les deux groupes de première année et celui de deuxième année, alors qu'il n'y a aucune différence entre les deux groupes de première année. Ces différences sont très aisément

expliquées. En effet, les élèves de deuxième année sont naturellement plus âgés et ont un cheminement plus avancé que ceux de première année.

5.1.1.3) Interprétation des résultats des questionnaires

Pour les huit dimensions des conceptions de l'apprentissage, les trois groupes sont équivalents. Cependant, lorsque les 21 indicateurs sont pris en considération, ces trois groupes se démarquent. Par ailleurs, les élèves de sciences possèdent les mêmes opinions concernant les méthodes pédagogiques. En effet, ils accordent une grande importance aux exercices. Le questionnaire a soulevé également l'importance de l'assiduité pour les élèves. De façon générale, les élèves trouvent les explications des professeurs claires tant concernant la matière enseignée que les travaux à effectuer. En outre, les élèves apprécient les locaux dédiés aux sciences (salles de classe, laboratoires scientifiques et le local spécialement pour eux), mais n'apprécient pas vraiment les laboratoires informatiques. Il est vrai que ces derniers ne sont pas tout à fait adéquats pour le travail scientifique et que leur disponibilité est limitée. En revanche, certains élèves préféreraient d'autres méthodes pédagogiques, mais globalement ils sont satisfaits de la formation scientifique au cégep Marie-Victorin.

5.1.2) Analyse des résultats des groupes de discussion

En nous référant à L'Écuyer (1987), nous avons choisi les étapes suivantes pour l'analyse de contenu : en premier lieu, une écoute préliminaire et une liste des énoncés a été établie à partir de cette écoute; en second lieu, les thèmes de classification ont été choisis et définis. Nous nous sommes arrêtés sur trois grands thèmes qui regroupaient tous les énoncés : la matière (tout ce qui se rapporte à l'enseignement de la discipline scientifique), le professeur (les caractéristiques du professeur qui ont un impact sur les élèves) et la motivation (les éléments qui influencent la motivation des élèves).

En lien avec le thème de la matière à enseigner, plusieurs aspects ont été abordés par les élèves : avoir du concret dans l'enseignement, des pratiques (exercices, problèmes, laboratoires, projets) en relation avec la théorie, la présence de périodes d'exercices ou d'exemples, des liens entre la théorie et d'autres éléments (la vie quotidienne, les laboratoires, les autres disciplines) et de la cohérence entre ce qui est vu en classe et ce que l'on retrouve à l'examen. D'autres aspects ont été également soulevés : l'importance des démonstrations, de la structure des cours, de la présence de notes de cours, de la révision, de supports visuels, du travail hors classe et en grands groupes. Pour ce qui est des caractéristiques du professeur, les élèves ont soulevé l'aspect de son expérience d'enseignement, de sa disponibilité, de son dynamisme et du fait qu'il prenne le temps de répondre aux questions. Quant aux éléments de motivation qui ont été pointés, il s'agit des sentiments de compétence, d'appartenance au groupe et d'absence de compétition, et des intérêts personnels et à l'égard du projet synthèse de fin de programme. La fréquence des énoncés de tous ces aspects est présentée au Tableau VIII.

Tableau VIII : Comparaison de la fréquence des thèmes et aspects soulevés lors des rencontres de type groupes de discussion à propos de la perception qu'ont les élèves de l'enseignement des sciences.

Thèmes	Aspects	Élèves	
		1 ^{ère} année	2 ^e année
Matière	Concret	3	2
	Rapport entre pratique et théorie	6	5
	Exemples, exercices	10	4
	Liens	3	6
	Cohérence avec l'examen	7	3
	Démonstration	1	0
	Structure	2	1
	Notes de cours	4	6
	Révision	1	2
	Support visuel	0	7
	Travail hors classe	0	5
	Grand groupe	0	1
Professeur	Expérience	2	1
	Disponibilité	4	4
	Dynamisme	2	4
	Réponse aux questions	6	4
Éléments de motivation	Sentiment de compétence	4	0
	Groupe	4	2
	Pas de compétition	1	0
	Intérêt personnel	0	5
	Projet synthèse	0	1
Total		60	63

L'analyse par le test du Khi deux a permis de mettre de l'avant une différence significative entre les deux groupes ($p > 0,05$). Ceci signifie que la répartition des fréquences entre les deux groupes est différente et que les opinions des deux groupes sont indépendantes.

Lorsqu'on observe les résultats et leurs analyses, on note que les mêmes thèmes ont été abordés pour les deux cohortes (celle de première et celle de deuxième année). Ce sont certains aspects et la signification de ceux-ci qui diffèrent. En effet, l'aspect des liens entre la matière et les laboratoires ou la vie quotidienne a une signification diamétralement opposée pour les élèves de première ou de deuxième année. Les élèves de première année ont de la difficulté à voir et à comprendre ces liens, tandis que ceux de deuxième année les visualisent bien. Peut-être que ces liens ne sont pas assez explicités par les professeurs lors des deux premiers trimestres du programme. Un autre aspect ayant soulevé des opinions divergentes entre les deux groupes est la cohérence entre la matière vue en classe et l'examen. Les élèves de premières années ont eu ce qu'ils perçoivent comme des surprises aux examens, tandis que leurs collègues de deuxième année n'ont pas observé ce manque de cohésion. Cela peut s'expliquer par les différences entre l'enseignement au secondaire et au collégial.

Par ailleurs, certains aspects ont été identifiés par un seul groupe. Pour les élèves de première année, l'importance de la démonstration de la théorie, du sentiment de compétence face à la motivation et de l'absence de compétition a été révélée. En revanche, l'importance du travail hors classe, l'inefficacité des grands groupes pour l'apprentissage, les intérêts personnels et le projet synthèse ont été abordés uniquement par les élèves de deuxième année. Évidemment, le vécu des élèves explique aisément ces différences.

5.2) Outils pédagogiques utilisant l'ExAO

5.2.1) Physique mécanique

5.2.1.1) Résultats des questionnaires aux élèves

Le problème essentiel dans une démarche scientifique est souvent d'établir une relation entre deux concepts, qu'elle soit une association ou une comparaison (Benavent, 2001). Le test de comparaison de moyenne de t suit la Loi de Student et permet de dire qu'il existe des différences entre deux moyennes. Le questionnaire distribué après la leçon d'expérimentation en physique mécanique tentait de découvrir s'il existait des différences entre le groupe ayant eu un enseignement traditionnel (témoin) et le groupe ayant eu un enseignement avec ExAO (ExAO) pour cinq dimensions : attirer l'attention, aider à comprendre, aider à retenir, préférer d'autres méthodes et être dans de bonnes dispositions (Figure 14). Le test de t unilatéral a montré des différences significatives entre les groupes témoin et ExAO dans deux dimensions. En effet, cette différence s'est exprimée en lien avec les affirmations suivantes : « l'enseignement avec ExAO dans la leçon ne m'a pas permis de mieux comprendre » ($p < 0,001$) et « l'enseignement avec ExAO dans la leçon ne m'a pas aidé à mieux retenir » ($p < 0,001$). Par ailleurs, les élèves du groupe ExAO auraient préféré d'autres méthodes pédagogiques ($p < 0,05$). En outre, la méthode avec l'ExAO n'a pas plus attiré l'attention des élèves ($p > 0,05$). Finalement, les élèves dans les deux groupes étaient dans de bonnes dispositions pour la leçon de physique et il n'y avait pas de différence entre les deux groupes ($p > 0,05$).

5.2.1.2) Groupes de discussion en physique

L'analyse de contenu s'est effectuée selon les mêmes étapes que celles mentionnées précédemment. Dans le cas des énoncés qui sont ressortis dans les groupes de discussion qui ont eu lieu après une leçon de physique mécanique portant sur la chute libre d'un objet, ils se classaient sous les même trois thèmes que pour les perceptions de l'enseignement (Tableau IX). Cependant, certains aspects se sont ajoutés. En effet, les aspects de la compréhension et de la preuve sont nouveaux. La compréhension s'est avérée un aspect important lors de l'enseignement du concept de la chute libre. De plus, avoir la preuve du concept a été apprécié par les élèves du groupe ExAO.

Tableau IX : Comparaison des thèmes et aspects soulevés lors des rencontres de type groupes de discussion après une leçon de physique mécanique portant sur la chute libre d'un objet.

Thèmes	Aspects	Élèves	
		Groupe témoin	Groupe ExAO
Matière	Révision	3	0
	Compréhension	2	7
	Cohérence avec examen	5	0
	Rapport entre pratique et théorie	2	0
	Exemples	6	0
	Support visuel	2	0
	Preuve	0	3
Professeur	Dynamisme	3	3
	Patience	1	2
Motivation	Intérêt	0	3
Total		24	18

L'analyse des résultats du Tableau IX par le test du khi deux a démontré une différence très hautement significative entre les deux groupes ($p < 0,01$).

5.2.1.3) Mesure de l'efficacité pédagogique à travers les résultats de l'évaluation du concept

Une des mesures de l'efficacité s'est faite par les résultats de l'évaluation du concept à un examen (Figure 15). Cet examen a eu lieu la semaine suivant la leçon. Une comparaison de moyennes par un test de t unilatéral a été établie. Les moyennes des résultats de l'examen étaient de $73,90\% \pm 12,53\%$ pour le groupe témoin et de $81,30\% \pm 11,93\%$ pour le groupe expérimental ExAO. Néanmoins, cette tendance à la hausse dans les résultats d'examen du groupe expérimental n'est pas significative ($p > 0,05$). Cependant, les moyennes des questions portant spécifiquement sur la chute libre d'un objet n'indiquent pas de différence significative, avec $71,32\% \pm 18,28\%$ pour le groupe témoin et $77,78\% \pm 10,29\%$ pour le groupe expérimental ($p > 0,05$). Finalement, la différence de force entre les deux groupes a été évaluée à l'aide des résultats au secondaire de chaque élève. Cette différence n'est pas significative ($p > 0,05$).

5.2.1.4) Interprétation des résultats en physique mécanique et recommandations

Plusieurs éléments peuvent expliquer ces résultats. En premier lieu, les élèves, de façon générale, sont quelque peu réticents face à la nouveauté. De plus, l'explication du montage a été trop rapide pour que les élèves en saisissent bien l'utilité et la façon dont le système fonctionne. Ensuite, la démonstration de la chute libre et les explications des transformations de données ont été données trop rapidement et trop superficiellement. Ceci était dû à un manque de temps. Il aurait fallu prendre une période complète d'une heure pour cette démonstration. Cependant, la mauvaise perception des élèves à propos de l'automatisation de la prise de données en relation avec la compréhension a biaisé les résultats. En effet, plusieurs croyaient, à tort, que toute la prise de données et les calculs se faisaient automatiquement alors que, dans les

faits, seulement la prise de données se fait automatiquement. Les élèves doivent procéder à des calculs dans *Excel* afin d'obtenir la distance parcourue lorsque la vitesse moyenne est atteinte. Finalement, une mauvaise donnée s'est glissée en cours de démonstration. Cette dernière a faussé le reste de la démonstration et le résultat final, ce qui a mené à de la confusion chez certains élèves.

Malgré ces éléments et après certaines précisions, les élèves ont noté l'utilité de cet outil pour démontrer la chute libre d'un objet et ont admis que, bien présenté, il pourrait favoriser une meilleure compréhension, car il fait la preuve des calculs et formules présentés en classe et il répond aux besoins d'éléments visuels des élèves. De plus, la tendance à la hausse des résultats à l'examen du groupe expérimental ExAO par rapport à ceux du groupe témoin, même si elle n'est pas significative, démontre l'efficacité potentielle de cet outil.

À la suite de cette expérimentation, certaines recommandations sont à suivre afin d'éviter une répétition des problèmes encourus. Il sera très important de prendre le temps de bien expliquer le montage et les étapes de transformations des données afin d'éviter d'induire une mauvaise perception chez les élèves et pour qu'ils puissent profiter au maximum des bienfaits de cet outil. Également, il faudra s'assurer de bien vérifier les données en cours de démonstration afin d'éliminer la confusion.

5.2.2) Chimie des solutions

5.2.2.1) Résultats des questionnaires aux élèves

Le questionnaire distribué après la leçon d'expérimentation en chimie des solutions tentait de découvrir s'il existait des différences entre le groupe ayant eu un enseignement traditionnel (témoin) et le groupe ayant eu un enseignement avec ExAO (ExAO) pour cinq dimensions : attirer l'attention, aider à comprendre, aider à retenir, préférer d'autres méthodes et être dans de bonnes dispositions (Figure 17). Le test de t unilatéral n'a montré aucune différence significative entre les groupes témoin et ExAO dans toutes les dimensions ($p > 0,05$).

5.2.2.2) Groupes de discussion en chimie des solutions

L'analyse de contenu a été effectuée selon les mêmes étapes que celles mentionnées précédemment. Dans le cas des énoncés qui sont ressortis dans les groupes de discussion qui ont eu lieu après une leçon de chimie des solutions portant sur les courbes de titrage, ils se classaient sous les même trois thèmes que pour les perceptions de l'enseignement, à l'exception du thème des caractéristique du professeur (Tableau X). Cependant, certains aspects se sont ajoutés. En effet, l'aspect de la compréhension est nouveau. Cette dernière s'est avérée un aspect important lors de l'enseignement du concept des titrages.

Tableau X : Comparaison des thèmes et aspects soulevés lors des rencontres de groupes de discussion après une leçon de chimie des solutions portant sur les courbes de titrage.

Thèmes	Aspects	Élèves	
		Groupe témoin	Groupe ExAO
Matière	Exemples (problèmes en classe, démonstrations ou autres types d'exemple)	5	3
	Support visuel	5	3
	Rapport entre la pratique et la théorie	2	0
	Concret	0	2
	Compréhension	0	3
Motivation	Intérêt (personnel ou susciter l'intérêt)	5	5
total		16	16

L'analyse des résultats du Tableau X par le test du khi deux n'a pas démontré de différence significative entre les deux groupes ($p > 0,05$).

5.2.2.3) Mesure de l'efficacité pédagogique via les résultats de l'évaluation du concept

Une des mesures de l'efficacité a été par les résultats de l'évaluation du concept à un examen (Figure 18). Cet examen a eu lieu à la fin de la session. Une comparaison de moyenne par un test de t unilatéral a été effectuée. Les moyennes des résultats de l'examen étaient de $54,0\% \pm 17,3\%$ pour le groupe témoin et de $68,1\% \pm 19,4\%$ pour le groupe expérimental ExAO. Cette hausse dans les résultats d'examen du groupe expérimental est significative ($p < 0,05$). Les moyennes des deux questions portant spécifiquement sur les courbes de neutralisation indiquent une différence hautement significative avec $42,56\% \pm 19,94\%$ pour le groupe témoin et $65,44\% \pm 19,19\%$ pour le groupe expérimental ($p < 0,01$). Finalement, la différence de force entre les deux groupes a été évaluée à l'aide des résultats au secondaire de chaque élève. Cette différence n'est pas significative ($p > 0,05$). Cependant, il est important de noter qu'une différence de point a été observée tout au long de la session entre les deux groupes.

5.2.2.4) Interprétation des résultats en chimie des solutions et recommandations

Plusieurs éléments peuvent expliquer les résultats obtenus en chimie des solutions. En premier lieu, la présentation du montage a été plus précises et mieux expliquée. Les objectifs de l'outil, c'est-à-dire de représenter graphiquement le déroulement d'un titrage d'un acide fort et faible par une base forte, ont été présentés aux élèves. De plus, la démonstration des réactions de neutralisation s'est effectuée lentement, peut-être même trop lentement. Il y a eu des différences entre les résultats expérimentaux de neutralisation et ceux théoriques. Ces différences provenaient principalement du manque de précision lors de la préparation des solutions d'acides et de bases. Par ailleurs, il y a peu d'intérêt personnel face à la chimie de la part des élèves, mais l'outil a permis de susciter l'intérêt des élèves en classe.

Le fait de ne plus avoir de différences significatives est une bonne nouvelle en soi puisque, pour l'expérimentation en physique mécanique, les résultats étaient moins

favorables dans le groupe ExAO que dans le groupe témoin. Nous avons donc appris de nos erreurs et appliqué les recommandations émises précédemment. Cependant, il reste encore du chemin à faire pour optimiser ces outils; de nouveaux essais devront être réalisés avant de tirer des conclusions fermes.

Suite à cette expérimentation, certaines recommandations peuvent être faites. La première serait de mieux maîtriser le logiciel et la prise de données. Les élèves, lorsqu'ils voient de l'hésitation de la part d'un professeur, ont tendance à décrocher, à prêter moins attention en classe. Par ailleurs, accélérer un peu le débit des neutralisations empêcherait les élèves d'être trop longtemps inactifs. Finalement, rapporter les données dans *Excel* afin d'afficher les deux courbes sur un même graphique pour mieux pouvoir les comparer favoriserait la compréhension de ce concept. Malgré ceci, l'outil pédagogique utilisant l'ExAO en chimie des solutions s'est avéré efficace par les résultats à l'examen.

5.2.3) Opinion des élèves concernant l'ExAO en classe

Afin de mieux comprendre comment les élèves ont apprécié les outils pédagogiques utilisant l'ExAO, les résultats des groupes de discussion ont été confrontés dans le Tableau XI selon une classification entre aspects positifs et aspects négatifs.

Tableau XI : Comparaison des opinions des élèves concernant l'utilisation de l'ExAO comme outil de démonstration en classe dans les cours de physique mécanique et de chimie des solutions.

Aspects		Élèves des groupes ExAO	
		Physique	Chimie
Aspects positifs	Pratique	2	1
	Rapidité	3	0
	Preuve (compréhension)	1	1
	Sources d'erreur plus petites	1	0
	Intérêt, caractère accrocheur	0	5
	Support visuel	0	2
	Concret	0	2
Aspects négatifs	Complexité	3	0
	Automatisation	5	0
	Lenteur de la démonstration	0	3

Les aspects positifs soulevés par les élèves concernant les outils utilisant l'ExAO ont été la rapidité, le côté pratique, la compréhension (par la preuve faite), des sources d'erreur plus petites attirer l'attention, le côté visuel et la dimension concrète de la démonstration. Les aspects négatifs reprochés par les élèves diffèrent entre les deux groupes ExAO. En effet, la complexité et l'automatisation des données ont été soulevées par les élèves en physique mécanique et la lenteur de démonstration par les élèves de chimie des solutions. Suite à une analyse des résultats par le test du khi deux, une différence significative est notée entre les deux groupes ($p > 0,05$). Cette différence

s'explique par la différence entre les outils, les disciplines et les problèmes rencontrés au cours des deux expérimentations.

D

Discussion des Résultats

6) Discussion des résultats

6.1) Les grandes tendances

6.1.1) Perceptions de l'enseignement des sciences

Trois méthodes de collecte de données ont été utilisées afin de traduire la perception qu'ont les élèves de l'enseignement des sciences : le questionnaire *Étudiant Plus*, un questionnaire maison et des rencontres en groupes de discussion. Selon les résultats du questionnaire *Étudiant Plus*, la principale faiblesse des élèves de sciences du Cégep Marie-Victorin durant l'année scolaire 2006-2007 se situe sur le plan de la mémorisation. En effet, il semblerait que près de la moitié (48%) des élèves se fient encore qu'à cette stratégie pour apprendre. En revanche, de nombreuses forces ont été signalées par ce questionnaire. En effet, environ 78% des élèves préfèrent des situations pratiques et environ 82% favorisent une démarche de résolution de problème. Ces préférences sont considérées comme stratégies d'apprentissage positives. De plus, environ 80% des élèves procèdent à une vérification et une autoanalyse. Des quatre stratégies d'apprentissage, l'apprentissage en profondeur est la stratégie qui se rapproche le plus de la répartition idéale (voir figure 7).

L'analyse des résultats du questionnaire maison a permis de mettre en valeur l'importance des exercices et des travaux pour les élèves. Cet élément rejoint les résultats du questionnaire *Étudiant Plus* où les élèves démontrent une préférence pour les situations pratique et la résolution de problème. Un autre élément soulevé par le questionnaire maison est l'assiduité des élèves. Cet élément s'explique par le fait que, si les élèves manquent un ou plusieurs cours, ils auront de la difficulté à rattraper ce qu'ils ont perdu. De plus, les élèves trouvent les explications des enseignants claires tant concernant la matière que les travaux à effectuer. En outre, ils apprécient les locaux dédiés aux sciences (salles de classe, laboratoires scientifiques et le local spécialement pour eux), mais n'apprécient pas vraiment les laboratoires informatiques. Certains élèves préféreraient d'autres méthodes pédagogiques, qui répondraient plus à leurs différents besoins. En somme, ils sont tous assez satisfaits de la formation scientifique offerte par le cégep Marie-Victorin.

L'analyse de contenu des groupes de discussion a permis de mettre en lumière certains besoins des élèves. Ces besoins sont regroupés sous trois thèmes : l'enseignement disciplinaire, les caractéristiques du professeur et des éléments de motivation.

Concernant l'enseignement disciplinaire, le premier aspect à être soulevé par les élèves est le besoin d'avoir des éléments concrets. En effet, plusieurs éléments de contenu scientifique sont très abstraits, par exemple, le concept d'orbitales en chimie générale. Il faut donc trouver de nouvelles méthodes afin de rendre ces éléments plus concrets. Ce besoin de concret a été discuté par Aylwin (1992a), qui mentionnait que « l'enseignement, souvent, utilise à tort des termes abstraits pour expliquer des notions abstraites: on ne peut faire un travail d'abstraction qu'à partir du concret ».

Deux autres aspects ont été soulevés par les rencontres en groupes de discussion et rejoignent des éléments mis en relief par les deux questionnaires. Il s'agit du rapport entre pratique et théorie, et des exemples et exercices. Les élèves ont manifesté le besoin d'avoir un bon équilibre entre la théorie et la pratique qui inclut les exercices et les exemples. À ce propos, les élèves ont mentionné le désir d'avoir une plus grande variété dans les exemples afin de bien s'approprier le concept ou la méthode de résolution de problème.

Par ailleurs, les élèves de première année ont eu de la difficulté à bien saisir les liens entre la théorie, les laboratoires, les exemples, les exercices et la vie quotidienne. Cet élément a été également discuté par Aylwin (1992a), qui expliquait qu'il faut prendre soin de relier l'ensemble du cours aux motivations fondamentales des élèves. Il faut s'assurer, à chaque nouveau thème, que ce dernier a un sens «personnel» pour l'élève. Ce sont ces liens que les élèves de première année ont le plus de difficultés à saisir. La structure d'un cours est également importante pour les élèves. Cependant, leur besoin sur ce plan varie grandement d'un individu à l'autre.

Finalement, l'aspect du support visuel s'est avéré d'une extrême importance pour les élèves. En effet, la majorité des élèves en sciences de la nature sont visuels et l'exposé magistral ne rejoint principalement que les auditifs. Du support visuel est donc nécessaire pour répondre à leurs besoins.

Deux caractéristiques du professeur de sciences ont été mises en évidence dans les groupes de discussion. Il s'agit du dynamisme du professeur et de sa disponibilité. Le premier joue un rôle prépondérant et direct dans la motivation des élèves. Le second, qui est un des aspects des professeurs du département des Sciences de la nature qui a été le plus remarqué par les élèves, est très apprécié.

Sur le plan des éléments de motivation, le sentiment de compétence a été révélé par les élèves, principalement par ceux de première année. En effet, quand ils ne se sentent pas capables de faire un exercice ou de résoudre un problème, ils se découragent et perdent leur intérêt et leur motivation. L'ambiance du département des Sciences du cégep Marie-Victorin représente un second élément de motivation. En effet, les élèves apprécient la convivialité qui règne au département. Cette convivialité s'exprime également par l'absence de compétition. Ce dernier point a été analysé encore par Aylwin (1992b). En effet, cet auteur rapporte que la coopération est préférable à la compétition, car elle permet d'atteindre les meilleurs résultats individuels et collectifs.

6.1.2) L'usage d'outils pédagogiques utilisant l'ExAO

Dans le cours de physique mécanique, l'outil pédagogique illustrant la chute libre d'un objet à l'aide de l'ExAO n'a pas suscité plus d'intérêt que le cours traditionnel. Il n'a pas permis de mieux comprendre ni aidé à mieux retenir. En revanche, les élèves rencontrés dans les groupes de discussion ont exprimé leur appréciation face à certaines caractéristiques de l'outil pédagogique. En effet, ils ont noté le côté pratique et rapide

de l'outil, mais ce qu'ils ont le plus apprécié était relatif aux éléments de démonstration et de preuve du concept à l'étude. En effet, la démonstration avec l'outil a permis de prouver ce qu'ils venaient de voir en classe. La démonstration a confirmé ce qu'ils venaient d'apprendre et s'est avérée un bon outil de révision. Par ailleurs, l'automatisation de la prise de données que procure l'ExAO a soulevé certaines craintes de la part des élèves. Plusieurs éléments peuvent expliquer ces résultats : l'explication très rapide du montage, les explications des transformations de données trop rapides et trop en surface et la mauvaise perception des élèves à propos de l'automatisation de la prise de données en relation avec la compréhension du concept. Finalement, le groupe expérimental était moins disposé pour leur cours que le groupe témoin. Cependant, il semble que l'outil pédagogique illustrant la chute libre d'un objet avec l'ExAO soit efficace, puisqu'une tendance à la hausse des résultats à l'examen est observée. De plus, cet outil répond aux besoins de concret, de preuve et d'éléments visuels importants pour les élèves de sciences.

Lors de l'expérimentation du second outil pédagogique dans le cours de chimie des solutions, certaines précautions ont été prises afin de ne pas répéter les erreurs rencontrées dans le cours de physique mécanique. En effet, l'explication et la démonstration des courbes de titrage ont été plus lentes. Lors de l'analyse des résultats, on a observé une tendance à l'effet que l'outil pédagogique a suscité plus d'intérêt. L'outil pédagogique utilisant l'ExAO semble avoir permis d'un peu mieux comprendre le concept et semble avoir aidé à mieux le retenir. De plus, les élèves rencontrés en groupes de discussion ont noté que l'outil a attiré plus l'attention, car ils voyaient l'expérience qui se déroulait devant eux. L'utilisation de l'ExAO a permis de mieux comprendre comment le titrage fonctionnait. En revanche, la démonstration a été un peu trop longue au goût des élèves. Cet élément peut facilement être corrigé par une meilleure connaissance du logiciel d'acquisition et une préparation plus efficace. Finalement, le groupe expérimental semblait être en de meilleures dispositions pour leur cours que le groupe témoin. L'efficacité pédagogique de l'outil a été observée par une hausse significative des résultats à l'examen pour le groupe ExAO en fonction du groupe témoin. Ce qui confirme que de suivre les recommandations émises, La réussite d'un plus grand nombre d'élève est atteinte.

6.2) Limites méthodologiques

Un certain nombre de limites méthodologiques de cette recherche doivent être soulignées. Dans un premier temps, sur le plan de la perception des élèves, le questionnaire maison n'a pas été validé. Ce questionnaire est largement inspiré du questionnaire d'évaluation continu de programme qui lui, est validé. De plus, cette recherche fait le portrait d'une seule cohorte, celle de 2006-2007. Il serait bien de vérifier si les mêmes perceptions pourraient être observées dans les autres institutions d'enseignement collégial de la province et sur une plus grande période de temps.

Par ailleurs, le nombre de participant au projet constitue une limite très importante qui implique un bon nombre de conséquence. En effet, le nombre d'élèves en sciences de la nature tourne autour d'une cinquantaine d'élèves. Cette taille d'échantillon (50) ne permettait pas d'offrir des conditions de reproductibilité des

résultats. De ce fait, pour les cours de première année, seulement deux groupes ont été constitués, et ce, pour le profil de la recherche. En deuxième année, puisque les élèves sont séparés selon leur profil, sciences de la santé ou sciences pures, un seul groupe par discipline a été formé. Ce petit effectif (50 élèves) a provoqué une limite dans la représentativité des résultats. Il serait essentiel de refaire ces expériences d'ExAO à une plus grande échelle, auprès d'un plus grand nombre de groupes, afin de s'assurer de la reproductibilité des résultats et d'une meilleure significativité statistique. Cependant, malgré le caractère indicatif des résultats, des tendances ont néanmoins été identifiées et qui s'accordent avec la littérature.

6.3) Nouvelles perspectives et recommandations

Les résultats de la présente recherche ont permis de soulever certaines perceptions des élèves dans l'enseignement des sciences. En effet, les élèves perçoivent qu'ils n'ont pas assez d'éléments concrets, un support visuel déficient et peu de démonstrations et de preuves pour leur compréhension et leurs apprentissages. Une question se pose alors : que peut-on retirer de cette connaissance des perceptions par les élèves de l'enseignement des sciences? Ces perceptions traduisent les besoins des élèves dans la classe et dans leurs apprentissages de concepts scientifiques. Bien comprendre ces besoins nous aide en effet, à nous placer plus facilement à leur place. De plus, puisque l'enseignant peut être biaisé sur le plan de la communication par sa propre connaissance des concepts scientifiques qu'il veut illustrer, il devient important de comprendre les besoins des élèves et d'y répondre le plus possible afin d'ainsi favoriser encore plus leur réussite par une meilleure accessibilité du savoir et des connaissances.

Cette connaissance des besoins des élèves implique une réponse pédagogique. Les élèves expriment leur besoin d'éléments concrets, d'avoir de la théorie avec beaucoup d'exemples variés. Aylwin (1992a) explique que le concret doit toujours précéder l'abstrait. L'analyse de cette nécessité ne date pas d'hier. En effet, Ausubel (1975) propose la méthode de la métaphore structurante, de l'analogie, dans laquelle on commence par évoquer en détail une structure concrète familière, sur laquelle ensuite, point par point, on greffe la structure de la connaissance abstraite.

Par ailleurs, un aspect très important a été soulevé par les élèves de deuxième année, mais se retrouve également dans les analyses de contenu des rencontres qui ont eu lieu après les leçons de physique et de chimie auprès des élèves de première année. Il s'agit de l'importance du support visuel. En effet, les élèves de deuxième année ont indiqué l'importance d'avoir un support visuel lors des cours théoriques. Ce support ne semble pas largement utilisé dans les cours de sciences, puisque le tableau a été rapporté par les élèves comme le principal élément visuel de la majorité des cours. Il faudra néanmoins trouver des solutions à l'intérieur de chaque discipline afin de répondre à ce besoin. Les élèves ont suggéré l'ajout de diaporamas de type *Powerpoint*, de films, de démonstrations qui complémenteraient l'utilisation du tableau et qui dynamiseraient le support visuel.

Les élèves ont également mentionné un besoin de structure. Ils ont besoin de savoir où ils s'en vont dans le cours. Cependant, ce besoin ne se traduit pas de la même

manière d'un individu à l'autre. Certains ont besoin d'une structure détaillée; d'autres, d'une structure du général vers le spécifique et d'autres, au contraire, préfèrent partir du spécifique pour aller vers le général. Le test des préférences hémisphériques (Herrmann, 1992) permettrait de déterminer le type de structure ayant le plus d'impact auprès des élèves, puisque certaines préférences hémisphériques sont en opposition (limbique gauche et cortical droit, par exemple). Avec ce test, il s'agirait de voir, en début de trimestre, le type de structure requis par le groupe, surtout pour les élèves de première année afin de favoriser leur réussite au premier trimestre. Par la suite, des outils de structuration pourraient être mis à la disposition des élèves pour qu'ils puissent se constituer leur propre structure.

Les outils pédagogiques utilisant l'ExAO possèdent de nombreux effets bénéfiques potentiels. Au même titre que pour l'intégration des TICs, il doit y avoir une réflexion sur les objectifs pédagogiques poursuivis par ces outils. Il ne faut donc pas intégrer l'ExAO pour seulement l'intégrer. Un parallèle étroit peut être fait entre l'intégration des TICs et l'intégration de l'ExAO dans les cours de sciences. Comme le mentionne Barrette (2004a, 2004b et 2005), les TICs ont un impact sur l'enseignement par des changements pédagogique et une hausse de la compétence technologique; ces impacts peuvent aussi être observés lors de l'intégration de l'ExAO aux cours de sciences. De plus, les TICs ont également un impact sur l'apprentissage par une amélioration des résultats scolaires, des opérations cognitives complexes, de la motivation et de l'intérêt dans les études et une préparation au marché du travail (Barrette, 2004a, 2004b et 2005); encore une fois, ces impacts peuvent être transposés à l'intégration de l'ExAO. Finalement, au même titre que pour l'intégration des TICs, un engagement institutionnel doit être présent sur le plan de l'équipement (suffisant et accessible), du soutien et du service conseil technique et pédagogique et d'une formation adéquate et appropriée des usagers (Barrette, 2004a, 2004b et 2005).

Les résultats positifs de l'intégration des TICs, tels que démontrés par CARET (2005) dans Barrette (2005), étaient en relation avec des éléments pédagogiques précis. Cette intégration a été analysée sur le plan des résultats scolaires, des opérations cognitives complexes et de la motivation. Nous croyons que ces résultats pourraient être transposés à l'intégration de l'ExAO.

Ainsi, la technologie améliore les résultats scolaires lorsque l'application soutient directement les objectifs du programme d'études qui sont évalués. Il s'agit ici de définir des objectifs pédagogiques clairs et précis qui justifient l'usage des outils utilisant l'ExAO. Les objectifs des deux outils utilisés dans cette recherche étaient, pour la physique mécanique, de bien saisir que la distance parcourue par un objet en chute libre lorsque sa vitesse moyenne est atteinte correspond au quart de la distance total et non à la moitié; pour la chimie des solutions, de bien différencier la courbe de titrage d'un acide fort par une base forte de celle d'un acide faible par une base forte, ainsi que de reconnaître les principales caractéristiques de ces titrages.

De plus, l'application technologique favorise les résultats scolaires si elle s'intègre aux activités pédagogiques courantes. Il ne s'agit pas de remplacer tous les

outils pédagogiques traditionnels, mais de les compléter par l'ExAO. En utilisant l'outil de la chute libre en physique mécanique dans un contexte de révision, les élèves ont pu comparer les données produites par cet outil aux données qu'ils ont obtenues en laboratoire, pour ainsi faire la preuve du concept à l'étude. En chimie des solutions, l'outil permettait de faire les tracés des courbes de titrage en temps réel, pour ensuite les comparer.

Par ailleurs, l'intégration d'outils utilisant l'ExAO favorise de meilleurs résultats scolaires si ces outils sont utilisés dans des établissements qui soutiennent l'utilisation de la technologie. En effet, tel que mentionné précédemment, cette intégration, pour qu'elle soit efficace, nécessite un engagement institutionnel.

Du côté du développement des opérations cognitives d'ordre supérieur, la technologie les incite lorsqu'on enseigne aux étudiants à appliquer le processus de la résolution de problème et qu'on leur donne des occasions d'appliquer la technologie à l'étude des solutions. Puisqu'il faut rendre l'élève actif dans son apprentissage, il faut intégrer la technologie dans un contexte où il aura à réfléchir, à l'utiliser dans sa démarche de résolution de problème ou à prendre la technologie comme base d'un nouveau problème. En physique mécanique, l'utilisation de l'outil permettait de faire une preuve, autre que mathématique, du concept de chute libre d'un objet. En chimie des solutions, les courbes tracées par l'outil suite aux titrages servaient de base pour pouvoir calculer des concentrations, des pH ainsi que d'autres caractéristiques des réactions acides-bases.

Finalement, la motivation, l'attitude et l'intérêt des élèves face aux études sont encouragés par l'utilisation des technologies lorsque les élèves utilisent des applications stimulantes et ludiques pour développer des habiletés et des connaissances de base. À cet égard, chez les élèves, visualiser les graphiques, que ce soit de la chute libre d'un objet ou des courbes de titrage, se dessiner en temps réel devant eux stimule l'intérêt et la curiosité des élèves, en plus de répondre à leur besoin de concret et de visuel.

La meilleure approche de l'intégration de l'ExAO dans les cours de science en est une graduelle. En premier lieu, l'intégration de l'ExAO comme outil de démonstration pour certains concepts permettrait aux usagers enseignants et techniques de s'approprier cette nouvelle technologie avec ses forces et ses limites. Ensuite, une introduction en laboratoire dans l'objectif de comparer la méthode traditionnelle avec l'ExAO permettrait aux élèves de développer leur rigueur scientifique et leur sens critique. Il faut noter l'importance de maintenir certains laboratoires avec la méthode traditionnelle, parce que les élèves doivent apprendre à faire des lectures directes avec les instruments de laboratoire, et ils doivent aussi bien comprendre le pourquoi et le comment des étapes du protocole. En outre, des préoccupations budgétaires sont à prendre en considération et impliquent directement un engagement institutionnel. Finalement, il faut garder en mémoire que tous les usagers n'ont pas la même facilité avec l'ordinateur et les logiciels outils; à ce titre, le soutien technique est d'une importance capitale.

Lorsqu'il est prêt à aller en classe avec l'outil pédagogique utilisant l'ExAO, l'enseignant doit s'assurer de prendre certaines précautions. En premier lieu, il se doit de bien connaître le logiciel afin de ne pas avoir d'hésitation en classe. La préparation du matériel et du déroulement de l'activité pédagogique doit être exemplaire, car l'hésitation et les temps morts en classe font décrocher les élèves. De plus, il est essentiel d'avoir des explications brèves mais limpides pour les élèves concernant le montage, les objectifs poursuivis, les manipulations effectuées en classe ainsi que les principes ou concepts illustrés par l'outil pédagogique. Finalement, si des différences entre les données théoriques et les données produites par l'ExAO se présentent, il est d'une importance capitale de savoir les expliquer clairement aux élèves. L'ExAO peut se prêter à l'illustration d'autres concepts scientifiques, tels que la cinétique des réactions chimiques, les longueurs d'onde en physique, la respiration cellulaire, la photosynthèse, l'électrocardiogramme ECG et la spirométrie en biologie.

C Conclusion

7) Conclusion

En enseignement des sciences, lors de la création d'outils pédagogiques, le professeur est souvent biaisé par sa propre connaissance des concepts scientifiques qu'il veut illustrer. Ce qui est évident pour lui ne l'est possiblement pas pour les élèves.

Les objectifs visés par ce projet de recherche étaient, dans un premier temps, de traduire la perception de l'enseignement de concepts scientifiques qu'ont les élèves afin de comprendre leurs besoins dans l'enseignement de ces concepts scientifiques. Ces besoins se résument, selon nos résultats en la nécessité d'éléments concrets, de rapports entre la pratique et la théorie dans les exemples et les exercices, de liens entre la théorie, les laboratoires, les exemples, les exercices et la vie quotidienne et surtout de supports visuels. Prendre compte de ces besoins en trouvant des pistes d'intervention qui amélioreraient les méthodes pédagogiques favoriserait alors la réussite d'un plus grand nombre.

Dans un deuxième temps, les objectifs de cette recherche étaient d'améliorer des outils pédagogiques utilisant l'ExAO. Suite à une consultation des enseignants du département des Sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin, deux concepts ont été choisis pour expérimenter les outils : l'un en physique mécanique (la distance parcourue par un objet en chute libre lorsque sa vitesse moyenne est atteinte en physique mécanique) et l'autre, en chimie des solutions (les courbes de neutralisation par un titrage par une base forte d'un acide fort ou faible). Les outils pédagogique illustrant ces deux concepts ont été expérimentés, évalués, améliorés, adaptés, validés et testés en classe à l'intérieur des cours de physique *Mécanique* et de *Chimie des solutions* offerts au Cégep Marie-Victorin au trimestre d'hiver 2007. Les résultats démontrent que les outils pédagogiques utilisant l'ExAO ont eu tendance à favoriser une meilleure réussite que l'enseignement traditionnel avec seulement le tableau comme support visuel. Ils ont suscité un peu plus d'intérêt. Par ailleurs, ce qui fait la plus grande force de ces outils est qu'ils ont fourni des éléments de démonstration et de preuve et un support visuel très important pour les élèves et ce, malgré quelques embûches méthodologiques.

Une intégration efficace des outils pédagogiques utilisant l'ExAO doit être, à la base, réfléchi et justifiée par des objectifs pédagogiques précis, par une complémentarité aux méthodes traditionnelles, et supportée par un engagement institutionnel. Ces outils doivent également être intégrés dans les processus de résolution de problème

En conclusion, nous croyons à la faveur de notre expérimentation, qu'un enseignement avec des outils pédagogiques utilisant l'ExAO favoriserait davantage les apprentissage et, par conséquent, la réussite des élèves qu'un simple enseignement traditionnel magistral avec le tableau comme seul support. D'autant que cette nouvelle forme d'enseignement s'accorde avec la culture des jeunes axé sur la pensée technologique.

Bibliographie

8) Bibliographie

- Abide, A. (1972). *An inquiry into the phenomenon of understanding abstract concepts with application to curriculum and instruction*, New York, Columbia University.
- Adey, P. (1999). *The science of thinking, and science for thinking: a description of cognitive acceleration through science education (CASE)*. Geneva, International Bureau of Education.
- Akbari-Zarin, M., et M.W. Gray (1990). « Computer assisted instruction and critical thinking », *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, vol. 9, n°4, p. 71-78.
- Alberganti, M. (2000). *A l'école des robots ? : l'informatique, l'école et vos enfants*, Paris, Calmann-Lévy.
- Alberts, B. (2002). « Appropriate Assessments for reinvigorating science education », George Lucas Educational Foundation [<http://glef.org>]. Consulté le 12 septembre 2006.
- Aquirre, J., et G. Erickson (1984). « Student's conceptions about the vector characteristics of three physics concepts », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 21, n°5, p. 439-457.
- Astolfi, J.P. (1985). « Quelques problèmes posés par la structuration des concepts dans l'enseignement scientifique expérimental », dans Centre Jean Franco (Chamonix) éditeur, *Approche des processus de construction des concepts en sciences*, Paris, UER de didactique des disciplines.
- Astolfi, J.P., E. Darot, Y. Ginsbuger-Vogel, et J. Toussaint (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*, Bruxelles, De Boeck.
- Ausubel, D.P. (1975). «Cognitive Structure and Transfer», dans *How Students Learn*, Textes présentés par Noel Entwistle et Dai Hounsell, Lancaster, Lancaster University.
- Ausubel, D.P., J.D. Novak, et H. Hanesian (1978). *Educational psychology: A cognitive view*, 2^e édition, New York, Rinehart and Winston.
- Aylwin, U. (1992a). « Les principes d'une bonne stratégie pédagogique (1ère partie) » *Pédagogie Collégiale*, vol. 5, n°4, p. 11-15.
- Aylwin, U. (1992b). « Les principes d'une bonne stratégie pédagogique (2e partie) » *Pédagogie Collégiale*, vol. 6, n°1, p. 23-29.

- Azmitia, M. (1988). « Peer interaction and problem solving: when are two heads better than one? » *Child development*, vol. 59, p. 87-96.
- Bardin, L. (1991). *L'analyse de contenu*, Paris, Presses universitaires de France (PUF).
- Baril, D. (2000). « Une «lunette cognitive» pour observer la réalité abstraite », *Forum*, vol. 35, n°2 [http://www.forum.umontreal.ca/numeros/2000_2001/forum_00_09_05/article09.html], consulté le 22 septembre 2006.
- Barrette, C. (2004a). « Vers une métasynthèse des impacts des TICs sur l'apprentissage et l'enseignement dans les établissements du réseau collégial québécois : de la recension des écrits à l'analyse conceptuelle », *Bulletin Clic*, n°55, p. 8-15.
- Barrette, C. (2004b). « Vers une métasynthèse des impacts des TICs sur l'apprentissage et l'enseignement dans les établissements du réseau collégial québécois : parcours méthodologique », *Bulletin Clic*, n°56, p. 17-25.
- Barrette, C. (2005) « Vers une métasynthèse des impacts des TICs sur l'apprentissage et l'enseignement dans les établissements du réseau collégial québécois : mise en perspective », *Bulletin Clic*, n°57, p. 18-23.
- Barton, R. (2005). « Supporting teachers in making innovative changes in the use of computer-aided practical work to support concept development in physics education », *International Journal of Science Education*, vol. 27, n°3 p. 345-365.
- Beauchamp, R. (1983). « La pédagogie de la réussite et la micro-informatique », *Vie Pédagogique*, vol. 23, p. 8-13.
- Benavent, C. (2001). *Analyse bivarié*, <http://christophe.benavent.free.fr/cours/stat/Correla.PDF>, Consulté le 2 mai 2007.
- Berger, C.F., C.R. Lu, S.J. Belzer, et B.E. Voss, (1994). « Research on the Uses of Technology in Science Education », dans D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Toronto, Maxwell MacMillan, p. 466-490.
- Bertrand, Y. et Y. Girault. (1990). « Une approche différente de la didactique des sciences », *Vie pédagogique* n°65, p. 37-39.
- Brachet, J., M.L. Champigny, et A. Moise, (1985). « Autour de la photosynthèse, remarques sur l'histoire du concept, les problèmes pédagogiques et les stratégies pédagogiques s'y rattachant », dans : Centre Jean Franco (Chamonix) Éditeur, *Approche des processus de construction des concepts en sciences*, Paris, UER de didactique des disciplines.

- Brook, A.J. et P. Wells, (1988). « Conserving the circus? An alternative approach to teaching and learning about energy », *Physics Education*, vol. 23, n°2, p. 80-85.
- Burchfield, M. L. et V. D. Gifford, (éditeurs) (1995). « The Effect of Computer-Assisted Instruction on the Science Process Skills of Community College Students » *Annual Meeting of the Mid South Educational Research Association*,
- Carpentier, F.G. (2006). *Test HSD de Tukey*, geai.univ-brest.fr/~carpentier/2006-2007/ANOVA-Tukey.doc Consulté le 2 mai 2007.
- Center for Applied Research in Educational Technologies (CARET), « Questions and Answers » [<http://caret.iste.org/index.cfm?fuseaction=topics>], consulté le 22 février 2007.
- Centre d'entraînement aux méthodes d'éducation active (CEMEA), (1995). *Les chemins de l'apprentissage : l'actualité des méthodes d'« Éducation nouvelle »*, Paris, Éditeur Retz.
- Cervera, D., et P. Nonnon, (1993). « Démarche de modélisation en simulation assistée par ordinateur pour l'apprentissage des concepts d'énergie des fluides. » dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique. Paris: INRP, Technologies nouvelles et éducation* pp. 197–195.
- Chia, T.-C. (1995). *Learning difficulty in applying notion of vector in physics among "A" level Students in Singapore*, Nanyang Technological university, Singapore, National Institute of Education.
- Chomienne, M. (1991). « La robotique pédagogique au Québec: bilan », *Bus*, vol. 9, n°1, p. 14-15.
- Cliche, L. (1999). *Étudiant plus. Instrument de mesure et d'intervention qui se fonde sur les conceptions de l'apprentissage*, Thetford Mines, Collège de la région de l'amiante.
- Deek, F., P. Hiltz, R. Starr, H. Kimmel, et N. Rotter. (1999). « Cognitive assessment of students' problem solving and program development skills », *Journal of Engineering Education*, vol. 88, n°3, p. 317-327.
- Delannoy, P. (1993). « Découverte micro-robotique: programmation sous hypercard » dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique. Paris: INRP, Technologies nouvelles et éducation* p. 205–212.
- Denis, B. (1993a). « Measuring some cognitive effects of using control technology », dans B. Denis (Ed.), *Control technology in elementary education*, NATO ASI series,

- serie F: Computer and systems sciences vol. 116, p. 183–213. Berlin, Springer Verlag.
- Denis, B. (1993b). « Réguler les interventions des formateurs en robotique pédagogique », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation.
- Denis, B., et G.L. Baron, (Eds.). (1993). « Regards sur la robotique pédagogique », *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation.
- Denis, B., et D. Leclercq, (1994). « The fundamental I.D.'s and their associated problems », dans J. Lowyck et J. Elen (Eds.), *Modelling I.D. research, proceedings of the first workshop of the special interest group on instructional design of EARLI*. p. 67–83.
- Denis, B. et S. Hubert, (2001). « Collaborative learning in an educational robotics environment » *Computers in Human Behavior*, vol. 17 n°5-6, p. 465-480.
- Désautels, J. (1994). «Le constructivisme en action: des étudiants et des étudiantes se penchent sur leur idée de science» *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 20, n°1, p. 152.
- De Serres, M., M. Bélanger, M.-C. Piché, M. Riopel, C. Staub, et C. De Grandpré, (2003). *Intervenir sur les langages en mathématiques et en sciences*, Montréal, Modulo Éditeur.
- Desgent, C. et C. Forcier, (2004). *Impact des TICs sur la réussite et la persévérance*, Rapport de recherche PAREA, Gatineau, Collège de l'Outaouais.
- Desilets, J. « La réussite des études : historique et pistes de recherche », *Pédagogie collégiale*, 2001, vol. 14, n°4, p. 32-36;
- DeVries, E. (2001). « Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail ? » *Revue Française de Pédagogie*, vol. 137, p. 105-116 [http://web.upmf-grenoble.fr/sciedu/edevries/devries_RFP.pdf], Consulté le 5 février 2006.
- Ducharme, R., F. Lizotte et M. Chomienne, (2002). *Évaluation de l'implantation du DEC virtuel*, rapport de recherche PAREA, Saint-Jérôme, Collège de Saint-Jérôme.
- Duchâteau, C. (1993). « Robotique-informatique: mêmes ébats, mêmes débats, mêmes combats? » dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, pp. 10–33.

- Faryniarz, J.V. et L.G. Lockwood, (1992). « Effectiveness of microcomputer simulations in stimulating environmental problem solving in community college students », *Journal of Research in science teaching*, vol. 29, n°5, p.453-470.
- Fazarinc, Z. (1992). « Utilisation de l'ordinateur pour faciliter l'apprentissage de concepts nouveaux », dans *Méthodes innovatrices dans l'enseignement technologique*, Paris, UNESCO.
- Fraser-Abder, P. (2001). « A comparative analysis of science teacher education in global communities » dans Rubba, P.A., J.A. Rye, W.J. DiBiase, et B.A. Crawford (Eds). *Annual International Conference of Association for the education of teachers in Science*, Association for the Education of Teachers in Science, p.146-159
- Gagne, M. et M. Shepherd, (2001). « Distance learning in accounting », *T.H.E. Journal. Tustin* vol. 28, n°9, p. 58-62.
- Giordan, A. (directeur) (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, Berne, P. Lang.
- Girouard, M. Nonnon, P. 1999. « La lunette cognitive pour l'acquisition d'un langage graphique de codage, son influence sur l'atteinte d'objectifs terminaux des cours de physique à l'éducation des adultes », *Actes du 5^e colloque international de robotique pédagogique*, Montréal, Université de Montréal.
- Gravel, B. (1997). « Utilisation de la carte conceptuelle comme instrument de mesure de la compréhension des concepts en sciences humaines au primaire », Mémoire de maîtrise en éducation, Montréal, Université du Québec à Montréal.
- Green, B., M. McCloskey, et A. Caramazza, (1981). « The relation of knowledge to problem solving with examples from kinematics », *Proceedings of NIE-LRDC Conference on Thinking and Learning Skills*.
- Grim, N.C. (1999). *A Force Concept Correlation Study with Instructional Methods, Anxiety, Perceptions of Difficulty and Student Background Variables*. Chicago, US Department of Education.
- Grossman, R.V. (2005). « Discovering hidden transformations: making science and other courses more learnable ». *College Teaching*, vol. 53, n°1, p. 33-41.
- Guay, P.-J. (2001). « Les TIC et l'enseignement : un tour d'horizon », *Bulletin Clic*, n°41 [<http://clic.ntic.org/cgi-bin/aff.pl?page=article&id=1247>], consultée le 22 septembre 2006,

- Hellden, G.F. (1998) « A Longitudinal Study of Students' Conceptualization of Ecological Processes » *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, San Diego.
- Herrmann, N. (1992). *Les dominances cérébrales et la créativité*. Paris, Retz.
- Hill, J.W. et R.H. Petrucci, (2003) *Chimie des solutions*. Montréal, ERPI.
- Hudon, R. et P. Nonnon, (1993). « Environnement pédagogique informatisé pour la “visualisation” de systèmes techno-scientifiques », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, pp. 173–178.
- Huffman, K., M. Vernoy, et J. Vernoy. (2000). *Psychologie en direct*, 2^e éd., Mont-Royal, Modulo Éditeur.
- Newhouse, P. (2002). *A Framework to Articulate the Impact of ICT on Learning in Schools*, Perth, Australie, Specialist Educational Services. [<http://www.eddept.wa.edu.au/cm/eval/downloads/pd/impactframe.pdf>]. Consulté le 23 septembre 2006.
- Jackman, L., E. Moellenberg, et G.D. Bradson, (1987). « Evaluation of three instructional methods for teaching general chemistry », *Journal of Chemical Education* vol. 64, n°9, p.794-796.
- Jacquard, A. 1998. *L'équation des nénuphars : les plaisirs de la science*. Calmann-Lévy. Paris.
- Jones, K.S. (1999). « The Assessment Challenge in Statistics Education », *The Mathematics Teacher*, vol. 92, n°1, p. 70
- Jonnaert, P., et C. Vander Borght. (2003). *Créer des conditions d'apprentissage : un cadre de référence socioconstructivisme pour une formation didactique des enseignants*. 2^e édition, Bruxelles, De Boeck.
- Kearsley, G. (1989). « Good versus bad software: what makes the difference? » *Computers in Life Science Education*, vol 6, n°1, p.1-3.
- Kermani, H. et M. Mahnaz, (1997). « Cross-age tutoring: Exploring features and processes of peer-mediated learning ». Article présenté à l'*Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago Il. March 24-28 1997.
- Kulik, J.A., C.C. Kulik, et P. Cohen, (1980). « Effectiveness of computer-based college teaching: a meta-analysis of findings », *Revue of Educational Research*, vol. 50, p. 525-544.

- L'Écuyer, R. (1987). *L'analyse de contenu : notion et étapes* dans Deslauriers, Jean-Pierre, Directeur, *Les Méthodes de la recherche qualitative*. Sillery, Presses de l'Université du Québec.
- Labelle, J.M. (2000). « La réciprocité éducatrice : au détour de l'école ? » *Éducation Permanente*. Vol. 144, p. 77-87.
- Landelle, J.-J. (1987). *L'évaluation, une pratique scientifique ?* Paris, ESF.
- Larochelle, M. et J. Désautels, (1992). *Autour de l'idée de science : itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*, Québec, Presses de l'Université Laval.
- Leasure, A R., L. Davis, S.L. Thievon, (2000). « Comparison of student outcomes and preferences in a traditional vs. World Wide Web-Based Baccalaureate Nursing Research course », *Journal of Nursing Education*, vol. 39, n°4, p. 149-154.
- Leclercq, D. (1987). *L'ordinateur et les défis de l'apprentissage*. Liège, Horizon 13.
- Leclercq, D., et B. Denis, (1998). *Méthodes de formation et psychologie de l'apprentissage*. Liège, Service de Technologie de l'Éducation de l'Université de Liège.
- Lecompte, L., et F. Moquin, (1991). « Gestion d'un projet pédagogique au premier cycle du secondaire », dans Nonnon, P., Vivet, M., et D'Amour, P. (Éditeurs), *Robotique pédagogique : les actes du II^e congrès international*. Les Publications de la Faculté des sciences de l'éducation. Collection Actes de colloque, Montréal, Université de Montréal.
- Lenton, G. et Stevens, B. (1999). « Numeracy in science ». *School Science Review*, vol. 80, n°293, p. 59-64.
- Leroux, P. (1997). « Roboteach: un assistant pédagogique logiciel dédié à l'alphabétisation en technologie ». Article présenté au *V^e colloque de robotique pédagogique*, Montréal.
- Limbos, B. (1993). « L'utilisation de représentations graphiques en robotique pédagogique », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 65-84.
- Lunetta, V.N. et A. Hofstein, (1981). « Simulations in science education », *Science Education*, vol. 65, p. 243-252.
- Macherez, G. (1993). « La robotique pédagogique au Collège I. Goffin de Mouzon », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la*

- robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 155-160.
- Marchand, D. (1993). « Modélisation et mesures en sciences physiques et robotique pédagogique », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 161-172.
- Marcotte, A. et G. Sabourin, (2000). *Projet de fin d'étude en biologie avec expérimentation assisté par ordinateur*. Rapport de projet présenté dans le cadre du concours «Sortir des sentiers battus» du [Saut quantique](#), Montréal, Collège Ahuntsic.
- Marcotte, A., et G. Sabourin, (2002). « Des projets scientifiques comme épreuve synthèse en Sciences de la nature », dans Poelhuber, B., G. Sheehy, G. Sabourin, et A. Marcotte, « Les TIC et la pédagogie au collégial : expérimentation et intégration », *Pédagogie Collégiale*, vol. 15, n°4, p. 13-36.
- Mayer, R. et F. Ouellet, (1991). *Méthodologie de recherche pour les intervenants sociaux*, Boucherville, Gaétan Morin Éditeur.
- Meynard, F. (1992). « La formation fondamentale en chimie assistée par ordinateur. » *Vie Pédagogique*, vol. 78, p.11-14.
- Morato, P. (1993). « L'environnement LOGO et le développement de la cognition spatiale pour des enfants atteints de Trisomie 21 » dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 106–116.
- Mouchiroud, (2003). *Lois de Probabilité*, <http://mathsv.univ-lyon1.fr/cours/pdf/stat/Chapitre4.pdf>, consulté le 2 mai 2007.
- Mulligan, R. et S. Geary, (1999). « Requiring writing, ensuring distance-learning outcomes. » *International Journal of Instructional Media*, vol. 26, n° 4, p. 387-396.
- Napierala, D. *et al.* (1993). « La robotique pédagogique au service de la pédagogie du projet » dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 94-105.
- Nicoud, J. D. (1993). « Concours de robots », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 197–204.

- Noël, M. et G. Bergeron (1991). « La robotique intégrée à l'apprentissage et à l'enseignement », dans Nonnon, P., M. Vivet, et P. D'Amour, (Éditeurs) *Robotique pédagogique : les actes du II^e congrès international*, Montréal, Les Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Collection Actes de colloque, Université de Montréal.
- Nonnon, P. (1986). *Laboratoire d'initiation aux sciences assisté par ordinateur*. Montréal, Université de Montréal, Faculté des Sciences de l'Éducation.
- Nonnon, P. (1993), « Proposition d'un modèle de recherche développement technologique en éducation », dans B. Denis, et G.L. Baron (Éds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 147-154.
- Nonnon, P. (1991). « Robotique pédagogique », dans Nonnon, P., M. Vivet, et P. D'Amour, (Éditeurs) *Robotique pédagogique : les actes du II^e congrès international*, Montréal, Les Publications de la Faculté des sciences de l'éducation, Collection Actes de colloque, Université de Montréal.
- Nonnon, P. (2002). « Considérations sur la R&D technologique en éducation et l'ExAO », article présenté au *Symposium Sur Les Technologies Informatiques (TI) En Éducation*, Paris.
- Olson, J. (1992). « Computers and Conceptual Change », article présenté au *International Conference on Technology and Education*, Paris.
- Page, B.J., D.L. Delmonico, J. Walsh, N.A. L'Amoreaux, C. Danninshirsh, R.S. Thompson, A.I. Ingram, et A.D. Evans, (2000) « Setting Up On-Line Support Groups Using the Palace Software », *Journal for Specialists in Group Work*, vol. 25, n°2, p.133-145.
- Papert, S. (1984). « Microworlds: transforming education », article présenté au *ITT Key Issues Conference held at the Annenberg School of Communications of the University of Southern California*, Californie.
- Papert, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit : ordinateurs et apprentissage*. Paris, Flammarion.
- Pavlik, R.A. (1979). *Making an Impact by...Reading in the Content Fields*. Reston, Virginia, National Association of Secondary School Principals.
- Pelchat, R. (1991). « Les 3 niveaux d'expertise de C.A.R.E.S. (Concept d'Apprentissage de la Robotique dans l'Enseignement des Sciences) », *Bus*, vol. 9, n°1, p.110-115.
- Perraudau, M. (1996). *Les méthodes cognitives : apprendre autrement à l'école*. Paris, Éditions Armand Colin.

- Piaget, J. (1964). « Development and learning ». *Journal research in science teaching*, vol. 2, p.176-186.
- Poellhuber, B. (2002). « Intégration des TIC et changements pédagogiques : une équation? », dans Poellhuber, B., G. Sheehy, G. Sabourin, et A. Marcotte, « Les TIC et la pédagogie au collégial : expérimentation et intégration », *Pédagogie Collégiale* vol. 15, n°4, p.13-36.
- Radice, G.P. (1997). « Computer-assisted microscopy in science teaching and research », *Journal of College Science Teaching*, vol. 26, n°4, p. 265-269.
- Randall, M.S. (2001). « Infusing Technology to Enhance Science Lessons: Prospective Teachers as Action Researchers Learning to Teach for Conceptual Change » dans Rubba, P.A., J.A. Rye, W.J. DiBiase, et B.A. Crawford, (Éditeurs). *Annual International Conference of Association for the education of teachers in Science 2001*. Association for the Education of Teachers in Science. p.160-183.
- Rea-Ramirez, M. (1998). *Models of conceptual understanding in human respiration and strategies for instruction*. Université du Massachusetts. Amherst.
- Reif, F. et Scott, L.A. (1997). « Students and computers coaching each other: A method for teaching important thinking skills », article présenté au *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Chicago II.
- Rellier, C., et F. Sourdillat, F. (1993). « Evariste et la Lunette Cognitive », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 179–186.
- Resnick, R. et D.Halliday, (1979). *Mécanique: Physique I*. Montréal, Éditions du renouveau Pédagogique.
- Rieunier, A. (2001). *Préparer un cours: 2- Les stratégies pédagogiques efficaces*. Paris, ESF Éditeur.
- Riopel, M. et P. Nonnon, (2005). « Nouvelle génération d'environnement informatique pour l'apprentissage de la physique intégrant l'ExAO et la SAO dans un logiciel cohérent », *Skholé, hors-série*, n°2, p. 89-95.
- Rivers, R.H. et E. Vockell, (1987). « Computer simulations to stimulate scientific probleme solving », *Journal of research in Science teaching*, vol. 24, p. 403-415.
- Roth, K.J. (1985). *Conceptual change learning and student processing of science texts*, Washington, DC, Association of American Publishers.

- Russell, T.L. (1999). *No Significant Difference Phenomenon*, Raleigh, North Carolina State University.
- Saint-Pierre, L. et L. Lafortune, (1995). « Intervenir sur la métacognition et l'affectivité », *Pédagogie collégiale*, vol. 8, n°4, p. 16-22.
- Saroul, M. (1987). *Informatique, ordinateur et évaluation*, Paris, ESF.
- Simard, G. (1989). *La méthode du focus group*, Laval, Mondia éditeur.
- Schulman A.H., et R.L. Sims, (1999). « Learning in an online format versus an in-class format: An experimental study », *T.H.E. Journal*, vol. 26, n°11, p. 54-57.
- Sougné, J. (1993). « Les raisonnements temporels en robotique pédagogique », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 85-93.
- Sousa, D. (2002). *Un cerveau pour apprendre: comment rendre le processus enseignement-apprentissage plus efficace*, Montréal, Éditions de la Chenelière McGraw-Hill.
- Strauss, A., et J. Corbin, (1990). *Basics of qualitative research: grounded theory procedures and techniques*, Newbury Park CA, Sage.
- Strauss, A., et J. Corbin, (1998). *Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing grounded theory*, 2^e édition Thousand Oaks, CA, Sage.
- Strawitz, B.M., et M.R. Malone, (1987). « Preservice teachers' acquisition and retention of integrates science process skills: A comparison of teacher-directed and self-instructional strategies », *Journal of research in Science teaching*, vol. 24, n°1, p. 53-60.
- Strommen, E.F., et B. Lincoln, (1992). « Constructivism, technology and the future of classroom learning » *Education and Urban Society*, vol. 24 n°4, <http://www.playfulefforts.com/archives/papers/EUS-1992.pdf>, consulté le 30 mars 2007.
- Suits, J.P. et J.J. Lagowski, (1994). « Chemistry Problem-Solving Abilities: Gender, Reasoning Level and Computer-Simulated Experiments », article présenté au *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique : l'apport de la psychologie cognitive*. Montréal, Les Éditions Logiques.

- Tardif, J. (1996). « *Une condition incontournable aux promesses des TIC en apprentissage : une pédagogie rigoureuse* », conférence d'ouverture du 14e colloque de l'AQUOPS, <http://aquops.educ.infnit.net/colloque>, consultée le 11 janvier 2006.
- Tatin, J. (1989). « Réflexions sur sept ans d'utilisation d'enseignement assisté par ordinateur (EAO) », *Revue française de pédagogie*, vol. 87, p. 45-49
- Tauriac, G. (1993). « Du projet pédagogique au produit industriel: Modulix 787/Pgrafcet », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 256-260.
- Taylor, S.J., et R. Bogdan, (1984). *Introduction to qualitative research methods : the search for meanings*, 2^e éd. New York, J. Wiley.
- Taylor, S.J., et R. Bogdan, (1998). *Introduction to qualitative research methods : a guidebook and resource*, 3^e éd. New York, J. Wiley.
- Thouin, M., (2002), *Changement conceptuel et formation des maîtres dans Changement conceptuel et apprentissage des sciences : recherches et pratiques*. Collectif sous la direction de Rodolphe M.J. Toussaint. Montréal, Éditions logiques.
- Tilidetzke, R. (1992). « A comparison of CAI and traditional instruction in a college algebra course », *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, vol. 11, n°1, p. 53-62.
- Trowbridge, D.E., et L.C. McDermott (1980). « Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension », *American Journal of Physics*, vol. 48, p. 1020-1028.
- Trowbridge, D.E., et L.C. McDermott (1981). « Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension », *American Journal of Physics*, vol. 49, p. 242-253.
- Van der Maren, J.-M. (1995). *Méthodes de recherche pour l'éducation*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal.
- Viau, R. 1987. « L'enseignement assisté par ordinateur, bilan qualitatif » *Pédagogie Collégiale* n° pilote, p. 20-22.
- Viendlinski, T., J. Underdahl, E. Simpson, et R. Stevens, (2002). « Authentic assessment of student understandings in near-real time! », article présenté au *National Educational Computing Conference Proceeding*.

- Viens, C. (1996). « Vouloir l'avenir du collégial : culture et valeurs de sa recherche », *Actes du colloque de l'Association pour la recherche au collégial*.
- Vivet, M. (1993). « La réception des productions des apprenants : une phase essentielle dans la conduite des projets », dans B. Denis, et G.L. Baron (Eds.) *Actes du quatrième colloque international sur la robotique pédagogique*, Paris, INRP, Technologies nouvelles et éducation, p. 117–134).
- Wikipedia, (2007). <http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil>, Consulté le 12 mai 2007.
- Williams, A.E. (1996). « Integrating courses with the Internet: preparing the teacher as well and the learner », dans Smith, P. (Éd.). *Proceedings of the Summer Conference of the Association of Small Computer Users in Education*.
- Wood, D., H. Wood, S. Ainsworth, et C. O'Mally, (1995). « On becoming a tutor: toward an ontogenic model », *Cognition and Instruction*, vol. 13, p. 565-581.
- Yea, S., et M. Zadnik, (2000). « Newton, we have a problem », *Australian Science Teachers' Journal*, vol. 46, n°1, p. 9-13 et 15-18.
- Zoller, U. (1990). « Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic) », *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, n°10, p. 1053-1065.

Annexes

9) Annexes

9.1) *Formulaires de consentement pour la participation à un projet de recherche*

9.1.1) Questionnaire sur les perceptions des élèves

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR MA PARTICIPATION
À UN PROJET DE RECHERCHE (Volet Perception phase questionnaire)

La présente a pour but de solliciter votre collaboration pour participer à un projet de recherche conduit par une enseignante en sciences de la nature, Annick Caron PhD, du Cégep Marie-Victorin. L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation, par des élèves, d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Ce volet de l'étude veut comprendre la perception qu'ont les élèves du DEC en Sciences de la nature de l'enseignement des sciences.

Votre participation consistera à répondre, à une seule reprise, à un questionnaire d'une durée maximale de 20 minutes au cours de la session. Votre participation est importante pour nous car elle nous permet de mieux vous connaître et de mieux comprendre vos besoins dans un enseignement efficace des sciences. Cependant, il va de soi que vous pourrez vous retirer du projet quand vous le voudrez si vous avez une contrainte et qu'aucune pression ne sera exercée sur vous pour vous inciter à poursuivre.

La réponse à ce questionnaire peut favoriser chez vous une réflexion sur certains comportements ou attitudes qui ont un impact positif ou négatif sur votre rendement scolaire et vous inciter à les modifier s'il y a lieu. De plus, en collaborant à ce projet, vous manifestez votre intérêt pour une formation scientifique de qualité et vous contribuez à cette qualité. Vous courrez aussi la chance de gagner un des six prix de 75 dollars qui seront tirés parmi les étudiants qui auront participé à la collecte des données.

Pour analyser les données des questionnaires nous aurons besoin de consulter vos résultats scolaires en sciences de la nature et votre moyenne pondérée au secondaire. Votre consentement implique que vous autorisez les personnes qui détiennent ces données à nous les communiquer. Dans l'utilisation que nous ferons des données recueillies, nous nous engageons à respecter l'anonymat de manière à ce que d'aucune façon ces données ne puissent être associées à un individu. Les questionnaires ne seront détenus que par la chercheuse qui les utilisera strictement pour les fins de la recherche. En aucun moment ces données ne seront accessibles à d'autres personnes que la chercheuse et votre nom n'apparaîtra jamais dans une publication relative à cette étude.

Nous vous remercions sincèrement de votre collaboration.

Je consens à participer à la recherche en sciences de la nature conduite par Annick Caron du département des sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin. J'ai pris connaissance des objectifs poursuivis par l'enseignante et des implications de ma participation. J'autorise la chercheuse à utiliser mes réponses au questionnaire et à avoir accès à mon dossier scolaire à condition que l'utilisation de ces données soit faite dans l'anonymat complet.

Signature _____ Date _____

Je m'engage à prendre tous les moyens pour protéger la confidentialité des renseignements obtenus dans le cadre de la recherche. Ces renseignements seront utilisés strictement aux fins de la recherche.

_____ Date _____
Annick Caron Ph D

9.1.2) Rencontre « *focus group* » sur les perceptions des élèves

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR MA PARTICIPATION À UN PROJET DE RECHERCHE (Volet Perception phase rencontre)

La présente a pour but de solliciter votre collaboration pour participer à un projet de recherche conduit par une enseignante en Sciences de la nature, Annick Caron PhD, du Cégep Marie-Victorin. L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Ce volet de l'étude veut comprendre la perception qu'ont les élèves du DEC en Sciences de la nature de l'enseignement des sciences.

Votre participation consistera à discuter avec la chercheuse et d'autres sur vos perceptions de l'enseignement des sciences au Cégep. Cette rencontre de discussion aura lieu à une seule reprise au cours de l'année. Votre participation est importante pour nous car elle nous permet de mieux vous connaître et de mieux comprendre vos besoins dans un enseignement efficace des sciences. Cependant, il va de soi que vous pourrez vous retirer du projet quand vous le voudrez si vous avez une contrainte et qu'aucune pression ne sera exercée sur vous pour vous inciter à poursuivre.

Les éléments de discussion issus de la rencontre seront de nature à favoriser chez vous une réflexion sur certains comportements ou attitudes qui ont un impact positif ou négatif sur votre rendement scolaire et vous inciter à les modifier s'il y a lieu. De plus, en collaborant à ce projet, vous manifestez votre intérêt pour une formation scientifique de qualité et vous contribuez à cette qualité. Comme dédommagement, vous obtiendrez la somme de 50\$ pour vous remercier de votre participation à la rencontre.

Pour analyser les données des questionnaires, nous aurons besoin de consulter vos résultats scolaires en sciences de la nature et votre moyenne pondérée au secondaire. Votre consentement implique que vous autorisez les personnes qui détiennent ces données à nous les communiquer. Dans l'utilisation que nous ferons des données recueillies, nous nous engageons à respecter l'anonymat de manière à ce que d'aucune façon ces données ne puissent être associées à un individu. Les questionnaires ne seront détenus que par la chercheuse qui les utilisera strictement pour les fins de la recherche. En aucun moment ces données ne seront accessibles à d'autres personnes que la chercheuse et votre nom n'apparaîtra jamais dans une publication relative à cette étude.

Nous vous remercions sincèrement de votre collaboration.

Je consens à participer à la recherche en Sciences de la nature conduite par Annick Caron du département des Sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin. J'ai pris connaissance des objectifs poursuivis par l'enseignante et des implications de ma participation. J'autorise la chercheuse à utiliser mes réponses au questionnaire et à avoir accès à mon dossier scolaire à condition que l'utilisation de ces données soit faite dans l'anonymat complet.

Signature _____ Date _____

Je m'engage à prendre tous les moyens pour protéger la confidentialité des renseignements obtenus dans le cadre de la recherche. Ces renseignements seront utilisés strictement aux fins de la recherche.

Annick Caron Ph D Date _____

9.1.3) Questionnaire suivant la leçon

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR MA PARTICIPATION À UN PROJET DE RECHERCHE (Volet ExAO phase questionnaire)

La présente a pour but de solliciter votre collaboration pour participer à un projet de recherche conduit par une enseignante en sciences de la nature, Annick Caron PhD, du Cégep Marie-Victorin. L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Ce volet de l'étude veut mesurer l'appréciation d'un cours de science qu'ont les élèves du DEC en Sciences de la nature de l'enseignement des sciences.

Votre participation consistera à répondre, à une seule reprise, à un questionnaire d'une durée maximale de 5 minutes qui mesure l'appréciation d'un cours de science que vous venez de suivre au Cégep. Votre participation est importante pour nous car elle nous permet de mieux vous connaître et de mieux comprendre vos besoins dans un enseignement efficace des sciences. Cependant, il va de soi que vous pourrez vous retirer du projet quand vous le voudrez si vous avez une contrainte et qu'aucune pression ne sera exercée sur vous pour vous inciter à poursuivre.

La réponse à ce questionnaire peut favoriser chez vous une réflexion sur certains comportements ou attitudes qui ont un impact positif ou négatif sur votre rendement scolaire et vous inciter à les modifier s'il y a lieu. De plus, en collaborant à ce projet, vous manifestez votre intérêt pour une formation scientifique de qualité et vous contribuez à cette qualité.

Pour analyser les données des questionnaires nous aurons besoin de consulter vos résultats scolaires en sciences de la nature et votre moyenne pondérée au secondaire. Votre consentement implique que vous autorisez les personnes qui détiennent ces données à nous les communiquer. Dans l'utilisation que nous ferons des données recueillies, nous nous engageons à respecter l'anonymat de manière à ce que d'aucune façon ces données ne puissent être associées à un individu. Les questionnaires ne seront détenus que par la chercheuse qui les utilisera strictement pour les fins de la recherche. En aucun moment ces données ne seront accessibles à d'autres personnes que la chercheuse et votre nom n'apparaîtra jamais dans une publication relative à cette étude.

Nous vous remercions sincèrement de votre collaboration.

Je consens à participer à la recherche en sciences de la nature conduite par Annick Caron du département des sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin. J'ai pris connaissance des objectifs poursuivis par l'enseignante et des implications de ma participation. J'autorise la chercheuse à utiliser mes réponses au questionnaire et à avoir accès à mon dossier scolaire à condition que l'utilisation de ces données soit faite dans l'anonymat complet.

Signature _____ Date _____

Je m'engage à prendre tous les moyens pour protéger la confidentialité des renseignements obtenus dans le cadre de la recherche. Ces renseignements seront utilisés strictement aux fins de la recherche.

Annick Caron Ph D Date _____

9.1.4) Rencontre « focus group » suivant la leçon

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR MA PARTICIPATION À UN PROJET DE RECHERCHE (Volet ExAO phase rencontre)

La présente a pour but de solliciter votre collaboration pour participer à un projet de recherche conduit par une enseignante en Sciences de la nature, Annick Caron PhD, du Cégep Marie-Victorin. L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Ce volet de l'étude veut mesurer l'appréciation d'un cours de science qu'ont les élèves du DEC en Sciences de la nature de l'enseignement des sciences.

Votre participation consistera à discuter avec la chercheuse de l'appréciation d'un cours de science que vous venez de suivre au Cégep. Cette rencontre de discussion aura lieu à une seule reprise au cours de l'année. Votre participation est importante pour nous car elle nous permet de mieux vous connaître et de mieux comprendre vos besoins dans un enseignement efficace des sciences. Cependant, il va de soi que vous pourrez vous retirer du projet quand vous le voudrez si vous avez une contrainte et qu'aucune pression ne sera exercée sur vous pour vous inciter à poursuivre.

Les éléments de discussion issus de la rencontre seront de nature à favoriser chez vous une réflexion sur certains comportements ou attitudes qui ont un impact positif ou négatif sur votre rendement scolaire et vous inciter à les modifier s'il y a lieu. De plus, en collaborant à ce projet, vous manifestez votre intérêt pour une formation scientifique de qualité et vous contribuez à cette qualité. Vous obtiendrez un dédommagement de \$30 qui vous sera remis peu après la rencontre.

Pour analyser les données des entrevues, nous aurons besoin de consulter vos résultats scolaires en sciences de la nature et votre moyenne pondérée au secondaire. Votre consentement implique que vous autorisez les personnes qui détiennent ces données à nous les communiquer. Dans l'utilisation que nous ferons des données recueillies, nous nous engageons à respecter l'anonymat de manière à ce que d'aucune façon ces données ne puissent être associées à un individu. Les enregistrements de l'entrevue ne seront détenus que par la chercheuse qui les utilisera strictement pour les fins de la recherche. En aucun moment ces données ne seront accessibles à d'autres personnes que la chercheuse et votre nom n'apparaîtra jamais dans une publication relative à cette étude.

Nous vous remercions sincèrement de votre collaboration.

Je consens à participer à la recherche en Sciences de la nature conduite par Annick Caron du département des Sciences de la nature du Cégep Marie-Victorin. J'ai pris connaissance des objectifs poursuivis par l'enseignante et des implications de ma participation. J'autorise la chercheuse à utiliser mes réponses au questionnaire et à avoir accès à mon dossier scolaire à condition que l'utilisation de ces données soit faite dans l'anonymat complet.

Signature _____ Date _____

Je m'engage à prendre tous les moyens pour protéger la confidentialité des renseignements obtenus dans le cadre de la recherche. Ces renseignements seront utilisés strictement aux fins de la recherche.

_____ Date _____
Annick Caron Ph D

9.2) Questionnaire sur les perceptions

9.2.1) Questionnaire Étudiant plus

QUESTIONNAIRE ÉTUDIANT PLUS

Pour chacun des énoncés, coche la case qui convient le mieux sur l'échelle suivante :

1- jamais 3- souvent
2- occasionnellement 4- toujours

En général, en classe ou lorsque j'étudie, j'utilise les moyens suivants pour apprendre :

QUESTIONS	1	2	3	4
1. Je fais les problèmes pratiques que le professeur suggère de résoudre en dehors de la classe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Je fais des résumés de mes notes pour en avoir une vue d'ensemble.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Je fais uniquement les exercices, les travaux et les laboratoires qui sont notés.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Pour me préparer aux examens, je recopie mes notes de cours telles quelles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Quand j'étudie, je cherche à retenir une foule de connaissances.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Quand je me prépare pour un examen, afin de mieux réussir, j'essai de prévoir les questions que le professeur pourrait poser.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. J'étudie la matière par cœur pour les examens afin d'obtenir de meilleures notes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. J'utilise les connaissances vues dans l'ensemble de mes cours pour résoudre des problèmes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Quand je réponds aux examens, je cherche à transcrire fidèlement ce que j'avais dans mes notes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Je commence l'étude de mon examen une journée avant celui-ci.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Quand j'étudie, j'essai de trouver des exemples concrets pour mieux comprendre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Échelle : 1- jamais 3- souvent
 2- occasionnellement 4- toujours

QUESTIONS	1	2	3	4
12. Je cherche les causes, lorsque les résultats de mes travaux ou de mes examens sont insatisfaisants, pour ne pas reproduire les mêmes erreurs.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Je me soucie plus de mes notes (%) que des apprentissages que je réalise dans un cours.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. pour me préparer à l'examen, je mémorise mes notes telles qu'elles sont écrites.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Même quand le professeur me suggère de faire plusieurs exercices, je n'en fais que quelques-uns ou pas du tout.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Quand j'étudie, je cherche à faire des liens entre les différentes parties de la matière pour en avoir une vue d'ensemble.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Étudier mes examens à la dernière minute me suffit pour passer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Je sélectionne par écrit les éléments importants	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Quand j'éprouve des difficultés, je demande au professeur les bonnes réponses pour aller plus vite.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Je prends des notes pendant une activité pratique (exercices, laboratoires, cas pratiques, etc.) afin de me rappeler ce qui est important.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. J'ai de la difficulté à répondre aux questions d'examen quand mes professeurs utilisent d'autres mots que ceux utilisés en classe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Je participe aux discussions en classe pour m'aider à comprendre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. J'essaie de relier la matière que j'apprends à ce que je sais déjà.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Pour me préparer à un examen, je lis mes notes à quelques reprises sans les résumer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. J'étudie juste assez pour obtenir de bonnes notes aux examens.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Quand je me prépare à l'examen, j'essaie de deviner les questions pour éviter de tout étudier.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. J'étudie par cœur la matière que je ne comprends pas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Quand je résous des problèmes, je m'assure de bien comprendre la démarche en plus d'avoir le bon résultat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Échelle :

1- jamais

3- souvent

2- occasionnellement

4- toujours

QUESTIONS	1	2	3	4
29. Pour me préparer aux examens, je fais la lecture de mes notes à haute voix.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. J'étudie très peu dans les cours que je juge peu utiles.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Lorsque j'étudie, je prends en note mes difficultés et je consulte le professeur ou un autre élève à ce sujet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Je ne réétudie pas la matière qui a déjà été notée lors d'une évaluation antérieure.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Quand j'écoute le professeur, c'est pour mieux retenir par cœur des connaissances sur divers sujets.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. je ne cherche pas longtemps la solution à un problème quand je sais que le professeur va donner les réponses.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. En classe, je pose des questions au professeur pour mieux comprendre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Je m'absente à quelques occasions dans les cours qui ne m'intéressent pas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37. Dans un cours, je cherche à dégager ce qui est important et à le prendre en note de façon structurée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38. Je prépare peu mes examens : l'écoute en classe, ça me suffit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39. Quand j'étudie ou dans le cadre d'activités pratiques, je vérifie ma façon de procéder pour connaître mes forces et mes faiblesses.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40. Dans les périodes d'exercices ou de laboratoires, il m'arrive de partir avant d'avoir terminé.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Échelle : 0- situation jamais rencontrée
 1- totalement en désaccord 3- plutôt en accord
 2- plutôt en désaccord 4- totalement en accord

QUESTIONS	0	1	2	3	4
41. J'apprends mieux quand le professeur nous demande de résoudre des problèmes simples au début et de plus en plus complexes par la suite.	<input type="checkbox"/>				
42. J'apprends mieux quand le professeur écrit au tableau toutes les notes importantes à prendre.	<input type="checkbox"/>				
43. J'apprends mieux quand je travaille sur plusieurs cas concrets.	<input type="checkbox"/>				
44. J'apprends mieux quand le professeur prévoit plusieurs exercices pratiques pour la maîtrise d'une habileté.	<input type="checkbox"/>				
45. J'apprends mieux quand il y a des échanges réguliers en classe, entre le professeur et les élèves concernant des situations concrètes.	<input type="checkbox"/>				
46. J'apprends mieux quand le contenu du cours est bien structuré.	<input type="checkbox"/>				
47. J'apprends mieux quand il y a des échanges en sous-groupe sur les étapes à franchir pour résoudre un problème.	<input type="checkbox"/>				
48. J'apprends mieux quand le professeur nous transmet ses connaissances sans nous demander de les découvrir par nous-mêmes.	<input type="checkbox"/>				
49. J'apprends mieux quand le professeur nous fait expérimenter par nous-mêmes pour nous faire comprendre.	<input type="checkbox"/>				
50. J'apprends mieux quand le professeur nous demande de résoudre des problèmes selon une démarche.	<input type="checkbox"/>				
51. J'apprends mieux quand il n'y a pas de discussion en classe entre le professeur et les élèves.	<input type="checkbox"/>				
52. J'apprends mieux quand le professeur nous demande de réaliser des tâches que je connais déjà.	<input type="checkbox"/>				
53. J'apprends mieux quand le professeur, après un examen, revient sur la matière que je n'ai pas comprise.	<input type="checkbox"/>				
54. J'apprends mieux quand il y a beaucoup d'activités pratiques dans le cours.	<input type="checkbox"/>				

Échelle : 0- situation jamais rencontrée
 1- totalement en désaccord 3- plutôt en accord
 2- plutôt en désaccord 4- totalement en accord

QUESTIONS	0	1	2	3	4
55. J'apprends mieux quand le professeur utilise principalement l'exposé oral comme méthode d'enseignement.	<input type="checkbox"/>				
56. J'apprends mieux quand le professeur demande aux élèves de trouver un exemple concret qui illustre la théorie présentée.	<input type="checkbox"/>				
57. J'apprends mieux quand le professeur fait une démonstration complète de la démarche à suivre.	<input type="checkbox"/>				
58. J'apprends mieux quand le professeur présente beaucoup de contenu.	<input type="checkbox"/>				
59. J'apprends mieux quand le professeur utilise des documents (audiovisuel, informatique, acétate, texte, etc.) pour illustrer sa matière.	<input type="checkbox"/>				
60. J'apprends mieux quand le professeur nous indique ce qui est important pour l'examen.	<input type="checkbox"/>				
61. J'apprends mieux quand le professeur nous place en situation réelle et nous indique ensuite nos forces et nos faiblesses.	<input type="checkbox"/>				
62. J'apprends mieux quand le professeur nous demande d'utiliser nos connaissances pour prendre position sur un sujet d'actualité.	<input type="checkbox"/>				
63. J'apprends mieux quand le professeur part de ce que l'on sait pour aller plus loin par la suite.	<input type="checkbox"/>				
64. J'apprends mieux quand le professeur utilise les mêmes mots pour redonner une explication.	<input type="checkbox"/>				

9.2.2) Questionnaire sur les perceptions



Évaluation d'outils pédagogiques utilisant l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) afin d'illustrer un concept scientifique par des élèves du programme des Sciences de la nature pour leurs pairs.

Perceptions qu'ont les élèves de l'enseignement de concepts scientifiques.

L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation, par des élèves, d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Ce volet de l'étude veut comprendre la perception de l'enseignement des sciences qu'ont les élèves du programme de Sciences de la nature

Ce volet sur votre perception de l'enseignement des sciences comprend deux questionnaires : l'un sur le réseau ayant pour nom Étudiant Plus et un questionnaire sur la qualité des méthodes pédagogiques qui suit. Il est important de répondre selon sa situation d'étude réelle. La confidentialité des réponses est assurée par la chercheuse. Lorsque vous avez terminé de remplir le questionnaire papier, vous le remettez dans l'enveloppe à cette fin.

Une rencontre de discussion aura lieu à la fin novembre ou au début décembre afin d'aller plus en profondeur dans vos perceptions et vos préférences de l'enseignement des sciences. Si cela vous intéresse, vous pouvez remplir le signet à l'avant de la classe avec votre prénom et votre numéro de téléphone et le placer dans la seconde enveloppe.

Merci de votre collaboration.

Marche à suivre pour répondre au questionnaire « Étudiant Plus »

- 1) Il suffit d'accéder au programme Internet Explorer et d'inscrire l'adresse suivante : **www9.collegemv.qc.ca/pedagogie** (ne pas oublier d'omettre les accents).
- 2) Clique ensuite sur le symbole : **E+**
- 3) Entre ton **numéro d'admission** (DA). Il s'agit d'un code de 7 chiffres qui se trouve en haut à droite de ton horaire.
- 4) Entre ensuite ton **CODE PERMANENT** (le code qui débute par les trois premières lettres de ton nom de famille, suivies de l'initiale de ton prénom, suivie de 8 chiffres).
- 5) Cliquer sur **VALIDER**.
- 6) Prends le temps de lire les instructions suivantes, que tu peux voir également à l'écran.

Comment répondre ?

- (1) L'échelle de réponse t'est fournie à chacune des questions et il te suffit alors de sélectionner la réponse appropriée.
 - (2) Tu peux corriger ta réponse tant que tu n'as pas changé de page « écran », sinon tu ne peux plus la corriger.
 - (3) Tu dois fournir une réponse à chacun des questions. Une réponse est exigée pour passer d'une question à une autre.
 - (4) Le questionnaire comporte 64 questions, exception faite de la section « identification ». Habituellement, la durée de passation du questionnaire est d'Environ 20 minutes.
 - (5) Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses : l'important c'est de fournir une réponse qui correspond **VRAIMENT** à ta situation personnelle d'étude. Plus tes réponses sont conformes à ta situation, plus le questionnaire sera utile pour toi.
 - (6) Les réponses à ce questionnaire seront traitées de façon confidentielle à la seule fin de t'Aider à mieux apprendre, s'il y a lieu.
- (7) Lorsque tu es prêts, clique sur : **pour débiter le questionnaire.**

N'oublie pas, tu dois obligatoirement répondre à la question présenté afin de passer à la question suivante.

BONNE RÉUSSITE !

- (8) Lorsque tu as répondu aux 64 questions, clique sur : **terminer.**
- (9) Tu verras les informations suivantes à l'écran :

La page Web en cours tente de fermer la fenêtre.
Voulez-vous fermer cette fenêtre?

Oui

Non

Tu dois répondre **OUI** pour sortir du programme.

L'exercice est terminé, merci d'avoir répondu au questionnaire !

Questionnaire sur la qualité des méthodes pédagogiques

- Le questionnaire est anonyme; n'inscrivez pas votre nom sur aucune page du questionnaire. Les réponses aux questions sont strictement confidentielles.
- Vous devez établir votre degré d'accord ou de désaccord avec les items énumérés, et ce, en répondant selon les cotes indiquées. Il suffit de noircir le chiffre correspondant.

① <i>Totalement en désaccord</i>	② <i>Moyennement en désaccord</i>	③ <i>Légèrement en désaccord</i>	④ <i>Légèrement en accord</i>	⑤ <i>Moyennement en accord</i>	⑥ <i>Totalement en accord</i>
----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

	DÉSACCORD			ACCORD		
1. Les exercices et les travaux pratiques demandés dans les cours me semblent essentiels à ma formation.	1	2	3	4	5	6
2. Les professeurs expliquent avec clarté la matière enseignée.	1	2	3	4	5	6
3. Les professeurs expliquent clairement les travaux à réaliser.	1	2	3	4	5	6
4. Globalement, je suis satisfait-e de la qualité de l'enseignement dans les cours de Sciences de la nature.	1	2	3	4	5	6
5. Les méthodes utilisées permettent de développer les habilités requises pour ma formation.	1	2	3	4	5	6
6. Dans les cours de sciences, les professeurs nous font réaliser des tâches représentatives de notre domaine de formation.	1	2	3	4	5	6
7. Lorsque les professeurs me font réaliser des tâches complexes, ils explicitent les liens entre les différentes étapes de réalisation.	1	2	3	4	5	6
8. Dans les cours, nous avons fait suffisamment d'exercices en vue d'apprendre à appliquer les connaissances.	1	2	3	4	5	6
9. J'aurais préféré d'autres méthodes d'enseignement dans les cours de sciences.	1	2	3	4	5	6
10. Les professeurs me préparent bien à la réussite des épreuves finales dans les cours (examen, travaux, projet, etc.).	1	2	3	4	5	6
11. Les exercices ou les projets à faire dans les cours présentent des défis stimulants.	1	2	3	4	5	6
12. Les locaux en Sciences de la nature sont fonctionnels.	1	2	3	4	5	6
13. Régulièrement j'essaie d'identifier les facteurs qui favorisent mon apprentissage.	1	2	3	4	5	6
14. Les laboratoires en informatiques (du programme ou du collège) sont souvent non fonctionnels.	1	2	3	4	5	6
15. Les ressources documentaires sont à jours (volumes, revues, autres).	1	2	3	4	5	6
16. J'ai presque toujours le désir d'aller à mes cours de Sciences de la nature.	1	2	3	4	5	6
17. Je suis habituellement présent à tous mes cours.	1	2	3	4	5	6

Renseignements généraux

	Féminin	Masculin
18. Sexe :	1	2

19. Âge :				
18 ans et moins	19 ans	20 ans	21 ans	22 ans et plus
1	2	3	4	5

	Oui	Non
20. Avant votre inscription dans ce programme, avez-vous déjà entrepris des études collégiales dans un autre programme?	1	2

21. Combien de cours différents en formation générale avez-vous suivis, incluant les cours de la présente session :					
21.1 en français?	0	1	2	3	4
21.2 en philosophie?	0	1	2	3	
21.3 en anglais, langue seconde?	0	1	2		
21.4 en éducation physique ?	0	1	2	3	
21.5 en cours complémentaires?	0	1	2		

22. Combien d'heures par semaine consacrez-vous, en moyenne, pour l'étude et pour les travaux en : (répondre uniquement que si vous avez suivi ou si vous suivez ce cours)?	Moins d'une heure (1)	De 1 à 2h (2)	De 2 à 3h (3)	De 3 à 4h (4)	4h et plus (5)
<i>Première session :</i>					
a) Calcul différentiel	1	2	3	4	5
b) Évolution et diversité du vivant	1	2	3	4	5
c) Chimie générale de la matière	1	2	3	4	5
<i>Deuxième session :</i>					
d) Calcul intégral	1	2	3	4	5
e) Chimie des solutions	1	2	3	4	5
f) Mécanique	1	2	3	4	5
g) Initiation à l'algorithmique et à la programmation scientifique	1	2	3	4	5
<i>Troisième session :</i>					
h) Algèbre linéaire et géométrie vectorielle	1	2	3	4	5
i) Électricité et magnétisme	1	2	3	4	5
j) Complément de mathématiques	1	2	3	4	5
k) Physiologie et homéostasie générales	1	2	3	4	5
l) Algorithmique et programmation scientifique avancée	1	2	3	4	5
<i>Quatrième session :</i>					
m) Onde et physique moderne	1	2	3	4	5
n) Calcul différentiel et intégral dans l'espace et intégration	1	2	3	4	5
o) Biologie et intégration	1	2	3	4	5
p) Chimie organique	1	2	3	4	5
q) Physique et intégration	1	2	3	4	5

Évaluation d'outils pédagogiques utilisant l'ExAO afin d'illustrer un concept scientifique

r) Programmation et intégration	1	2	3	4	5
---------------------------------	---	---	---	---	---

23. Quelle langue parlez-vous principalement à la maison?

Français	Anglais	Autre
1	2	3

24. Généralement, occupez-vous un emploi durant vos études?

	Oui	Non
	1	2

25. Si vous occupez un emploi durant vos études, combien d'heures par semaine y consacrez-vous?

Moins de 10 heures	De 11 à 15 heures	De 16 à 20 heures	Plus de 20 heures
1	2	3	4

9.2.3) Questionnaire sur l'appréciation de la leçon de concepts scientifiques

Questionnaire suivant le cours d'aujourd'hui

- Le questionnaire est anonyme; n'inscrivez pas votre nom sur aucune page du questionnaire. Les réponses aux questions sont strictement confidentielles.
- Vous devez établir votre degré d'accord ou de désaccord avec les items énumérés, et ce, en répondant selon les cotes indiquées. Il suffit de noircir le chiffre correspondant.

❶ <i>Totalement en désaccord</i>	❷ <i>Moyennement en désaccord</i>	❸ <i>Légèrement en désaccord</i>	❹ <i>Légèrement en accord</i>	❺ <i>Moyennement en accord</i>	❻ <i>Totalement en accord</i>	
1. Les méthodes utilisées par le professeur dans le cours d'aujourd'hui ont attirées mon attention.	1	2	3	4	5	6
2. Pour moi, les méthodes utilisées dans le cours d'aujourd'hui m'ont permis de mieux comprendre la matière.	1	2	3	4	5	6
3. Les méthodes utilisées dans le cours d'aujourd'hui vont m'aider à mieux retenir ce que j'ai appris aujourd'hui.	1	2	3	4	5	6
4. J'aurais préféré d'autres méthodes d'enseignement dans le cours d'aujourd'hui.	1	2	3	4	5	6
5. J'étais dans de bonnes dispositions pour mon cours d'aujourd'hui.	1	2	3	4	5	6
6. Ce que j'ai retenu du cours d'aujourd'hui :						

9.3) Schémas d'entrevue

9.3.1) « Focus groups » d'élèves sur la perception de l'enseignement des sciences

9.3.1.1) Matériel :

- Enregistreuse, cassette et piles
- Formulaire de consentement et crayons encre
- Questionnaires et principaux résultats compilés
- Papier crayon pour prise de notes
- À compléter si nécessaire

9.3.1.2) Étapes

- 1) Accueil
- 2) Explication du déroulement
- 3) Formulaire de consentement
- 4) Présentation des participants
- 5) Mise en situation avant le début des discussions
- 6) Présentation des principaux résultats
- 7) Questions et discussions
- 8) Synthèse des discussions
- 9) Questions d'ordre général et remerciement

9.3.1.3) Canevas d'entrevue

Tableau XII : Canevas d'entrevue de type focus group » à propos des perceptions qu'ont les élèves sur les méthodes d'enseignements en sciences (même que le Tableau II).

Section	Objet	Intention
1	Identification	- Permet de donner des consignes aux élèves. - Permet de répondre aux interrogations des élèves face au projet. - Permet de les mettre à l'aise pour la suite de l'entrevue de groupe.
2	Profil des élèves	- Amène les élèves à verbaliser sur leur profil <i>Étudiant+</i> , sur leurs forces et leurs faiblesses et sur les manières dont l'enseignant peut les aider (par ses méthodes pédagogiques).
3	Méthodes pédagogiques en sciences	- Amène les élèves à verbaliser sur les différents aspects des méthodes pédagogiques utilisées en sciences, sur ce qu'ils apprécient et n'apprécient pas et sur les améliorations qu'ils souhaiteraient voir apportées aux cours de sciences.
4	Question d'ordre général	- Permet d'obtenir les coordonnées des élèves si ceux-ci désirent recevoir un résumé des résultats de recherche.

9.3.1.4) Déroulement

Accueil

Bonjour, je suis Annick Caron. Je suis professeur de biologie.

Merci d'avoir accepté de participer, c'est très important pour le collège et pour vos collègues.

C'est moi qui vous reçois en entrevue de groupe pour l'étude sur votre perception de l'enseignement des sciences.

Explication du déroulement

J'aimerais vous expliquer le déroulement de l'entrevue d'aujourd'hui.

- Présentation des participants
- Présentation des objectifs
- Présentation des principaux résultats
- Questions et discussion
- Synthèse
- Informations générales et remerciements

Je tiens à vous dire qu'il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, vos réponses sont toujours les meilleures.

Ce que je veux dire, c'est que je tiens vraiment à entendre ce que vous, vous avez à dire sur différents sujets liés à l'enseignement des sciences.

L'idéal c'est que vous répondiez honnêtement et spontanément ce qui vous vient à l'esprit sans censure (omettre des informations volontairement). J'aimerais que vous ne cherchiez pas à me donner les bonnes réponses ou les réponses que vous croyez qui me feront plaisir ou que j'attends.

Vos réponses sont confidentielles, tous les résultats sont traités de façon anonyme, c'est-à-dire sans utiliser votre nom et cela tout au long de la recherche.

Comme je veux recueillir toutes les informations et ne rien oublier, je vais enregistrer le déroulement des discussions. Il m'est impossible d'agir autrement, il serait trop long d'essayer de tout noter par écrit.

À la fin de l'entrevue, une fois l'enregistreuse arrêtée, si vous avez des questions, des commentaires particuliers il me fera plaisir de répondre à vos demandes.

Signature du formulaire de consentement

En ce qui concerne l'anonymat, l'enregistrement des informations et l'utilisation de vos résultats scolaires, je vais vous faire signer ce formulaire de consentement. Cette entente vous garantit l'anonymat, m'autorise à voir vos résultats scolaires en sciences et à utiliser les informations enregistrées à des fins de recherche. Je m'engage à ce qu'en aucun moment les données recueillies ne seront accessibles à d'autres personnes que moi et votre nom n'apparaîtra jamais dans une publication relative à cette étude.

Je garde la copie de ce formulaire. Si l'élève le désire, je lui fais une copie personnelle.

Avez-vous des questions à poser maintenant?
Êtes-vous prêts à commencer?

Présentation des participants

Faire une tour de table où les élèves se présentent en indiquant :

- Leur prénom, et leur profil d'étude (s'il y a lieu)

Mise en situation

Présentation des objectifs de la rencontre :

- L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation, par des élèves, d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO).
- Ce volet de l'étude veut comprendre la perception qu'ont les élèves du DEC en Sciences de la nature de l'enseignement des sciences.

Insister sur l'importance d'approfondir la thématique avec eux pour, éventuellement, dégager des pistes d'intervention :

- Votre participation est importante pour nous car elle nous permet de mieux vous connaître et de mieux comprendre vos besoins dans un enseignement efficace des sciences.
- Les éléments de discussion issus de la rencontre seront de nature à favoriser chez vous une réflexion sur certains comportements ou attitudes qui ont un impact positif ou négatif sur votre rendement scolaire et vous inciter à les modifier s'il y a lieu.
- De plus, en collaborant à ce projet, vous manifestez votre intérêt pour une formation scientifique de qualité et vous contribuez à cette qualité

Préciser à nouveau qu'il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses et que l'entretien est confidentiel.

Présentation des principaux résultats

Présentation des principaux résultats reliés au profil des élèves par Étudiant + et réaction des étudiants.

Introduire dans la discussion les résultats sur les méthodes pédagogiques utilisées dans les cours de sciences et faire réagir les étudiants.

Questions et discussions

- 1) Qu'est-ce qu'ils apprécient dans le type d'enseignement des cours de sciences au Cégep ou qu'ils n'apprécient pas ? Pourquoi ?

- 2) Quelles seraient les améliorations qu'on pourrait apporter au cours de sciences du Cégep pour favoriser la réussite des étudiants ?
- 3) Dans leurs cours de sciences, comment trouvent-ils (ou trouveraient-ils) l'utilisation de :
 - Laboratoires
 - Travaux pratiques
 - Présentation Powerpoint
 - Expérimentation assistée par ordinateur
 - Acétates
 - Films
 - Expérimentation sur le terrain
 - Notes de cours
 - Etc.

Synthèse des discussions

Voir si certains aspects n'ont pas été oubliés ou si tout le monde a pu exprimer ses opinions, idées et suggestions.

Questions d'ordre général et remerciement

Questions d'ordre général au cas où les élèves souhaiteraient recevoir un résumé des résultats de la recherche

Remerciements pour leur participation.

9.3.2) « Focus groups » d'élèves sur la leçon de concepts scientifiques (pour les groupes témoins et expérimentaux en physique mécanique et chimie des solutions)

9.3.2.1) Matériel :

- Enregistreuse, cassette et piles
- Formulaire de consentement et crayons encre
- Questionnaires et principaux résultats compilés
- Papier crayon pour prise de notes
- À compléter si nécessaire

9.3.2.2) Étapes

- 1) Accueil
- 2) Explication du déroulement
- 3) Formulaire de consentement
- 4) Présentation des participants
- 5) Mise en situation avant le début des discussions
- 6) Questions et discussions
- 7) Synthèse des discussions
- 8) Questions d'ordre général et remerciement

9.3.2.3) Canevas d'entrevue

Tableau XIII : Canevas d'entrevue de type « focus group » à propos des méthodes pédagogiques utilisées en classe lors de la leçon (même tableau que le Tableau III).

Section	Objet	Intention
1	Identification	- Permet de donner des consignes aux élèves. - Permet de répondre aux interrogations des élèves face au projet. - Permet de les mettre à l'aise pour la suite de l'entrevue de groupe.
2	Méthodes pédagogiques en sciences	- Amène les élèves à verbaliser sur les différents aspects des méthodes pédagogiques utilisées dans le cours de sciences qu'ils viennent de suivre, sur ce qu'ils apprécient et n'apprécient pas et sur les améliorations qu'ils souhaiteraient voir apportées à ce cours.
3	Question d'ordre général	- Permet d'obtenir les coordonnées des élèves si ceux-ci désirent recevoir un résumé des résultats de recherche.

9.3.2.4) Déroulement

Accueil

Bonjour, je suis Annick Caron. Je suis professeur de biologie.

Merci d'avoir accepté de participer, c'est très important pour le collège et pour vos collègues.

C'est moi qui vous reçois en entrevue de groupe pour l'étude sur votre appréciation de l'enseignement dans le cours de science que vous venez de suivre.

Explication du déroulement

Je vous explique le déroulement :

- Présentation des participants
- Présentation des objectifs
- Questions et discussion
- Synthèse
- Informations générales et remerciements

Je tiens à vous dire qu'il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, vos réponses sont toujours les meilleures.

Ce que je veux dire, c'est que je tiens vraiment à entendre ce que vous, vous avez à dire sur différents sujets reliés à l'enseignement des sciences.

L'idéal c'est que vous répondiez honnêtement et spontanément ce qui vous vient à l'esprit sans censure (omettre des informations volontairement). J'aimerais que vous ne cherchiez pas à me donner les bonnes réponses ou les réponses que vous croyez qui me feront plaisir ou que j'attends.

Vos réponses sont confidentielles, tous les résultats sont traités de façon anonyme, c'est-à-dire sans utiliser votre nom et cela tout au long de la recherche.

Comme je veux recueillir toutes les informations et ne rien oublier, je vais enregistrer le déroulement des discussions. Il m'est impossible d'agir autrement, il serait trop long d'essayer de tout noter par écrit.

À la fin de l'entrevue, une fois l'enregistreuse arrêtée, si vous avez des questions, des commentaires particuliers il me fera plaisir de répondre à vos demandes.

Signature du formulaire de consentement

En ce qui concerne l'anonymat, l'enregistrement des informations et l'utilisation de vos résultats scolaires, je vais vous faire signer ce formulaire de consentement. Cette entente vous garantit l'anonymat, m'autorise à voir vos résultats scolaires en sciences et à utiliser les informations enregistrées à des fins de recherche. Je m'engage à ce qu'en aucun moment les données recueillies ne seront accessibles à d'autres personnes que moi et votre nom n'apparaîtra jamais dans une publication relative à cette étude.

Je garde la copie de ce formulaire. Si l'élève le désire, je lui fais une copie personnelle.

Avez-vous des questions à poser maintenant? Êtes-vous prêts à commencer?

Présentation des participants

Faire une tour de table où les élèves se présentent en indiquant leur prénom.

Mise en situation

Présentation des objectifs de la rencontre :

- L'objectif général de ce projet est l'expérimentation, l'évaluation ainsi que l'amélioration et l'adaptation, par des élèves, d'outils pédagogiques qui illustrent différents concepts scientifiques précis à partir de la technologie de l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO).
- Ce volet de l'étude veut comprendre comment vous avez trouvé le cours que vous venez de suivre.

Insister sur l'importance d'approfondir la thématique avec eux pour, éventuellement, dégager des pistes d'intervention :

- Votre participation est importante pour nous car elle nous permet de mieux vous connaître et de mieux comprendre vos besoins dans un enseignement efficace des sciences.
- De plus, en collaborant à ce projet, vous manifestez votre intérêt pour une formation scientifique de qualité et vous contribuez à cette qualité

Préciser à nouveau qu'il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses et que l'entretien est confidentiel.

Questions et discussions

Vous venez de suivre un cours de science.

- 1) Qu'avez-vous apprécié ou que n'avez-vous pas apprécié dans le cours que vous venez de suivre ? Pourquoi ?
- 2) Quelles seraient les améliorations qu'on pourrait apporter à ce cours de sciences pour favoriser la réussite des étudiants ?

Synthèse des discussions

Voir si certains aspects n'ont pas été oubliés ou si tout le monde a pu exprimer ses opinions, idées et suggestions.

Questions d'ordre général et remerciement

Questions d'ordre général au cas où les élèves souhaiteraient recevoir un résumé des résultats de la recherche

Remerciements pour leur participation.

9.4) Évaluation de l'efficacité des outils pédagogiques suivant l'expérimentation en classe

9.4.1) Questions de l'examen de physique mécanique concernant la chute libre d'un objet

9.4.1.1) Groupe témoin

10. Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de 5 m/s. Deux secondes plus tard, quelles sont la grandeur et la direction de l'accélération (dites vers le haut ou vers le bas)?
11. Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de 5 m/s. deux secondes plus tard, quelles sont la grandeur et la direction de la vitesse (dites vers le haut ou vers le bas)?
12. À partir du repos, on laisse tomber un objet pendant trois secondes. À quel temps précis le mobile atteint-il la vitesse moyenne de cet intervalle de chute?
13. À partir du repos, on laisse tomber un objet pendant trois secondes. Quelle est la vitesse moyenne de chute?
14. À partir du repos, on laisse tomber un objet pendant trois secondes. Quel est le déplacement lorsque l'objet atteint la vitesse moyenne?
15. À partir du repos, on laisse tomber un objet sur une distance de trois mètres. À quel endroit durant la chute le mobile atteint-il la vitesse moyenne de cet intervalle de chute?
16. À partir du repos, on laisse tomber un objet sur une distance de trois mètres. Quelle est la vitesse moyenne de chute?
17. À partir du repos, on laisse tomber un objet sur une distance de trois mètres. Combien de temps faut-il pour que l'objet atteigne la vitesse moyenne?

9.4.1.2) Groupe ExAO

10. Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de 10 m/s. Deux secondes plus tard, quelles sont la grandeur et la direction de l'accélération (dites vers le haut ou vers le bas)?
11. Un objet est lancé vers le haut avec une vitesse de 10 m/s. deux secondes plus tard, quelles sont la grandeur et la direction de la vitesse (dites vers le haut ou vers le bas)?

12. À partir du repos, on laisse tomber un objet pendant deux secondes. À quel temps précis le mobile atteint-il la vitesse moyenne de cet intervalle de chute?
13. À partir du repos, on laisse tomber un objet pendant deux secondes. Quelle est la vitesse moyenne de chute?
14. À partir du repos, on laisse tomber un objet pendant deux secondes. Quel est le déplacement lorsque l'objet atteint la vitesse moyenne?
15. À partir du repos, on laisse tomber un objet sur une distance de deux mètres. À quel endroit durant la chute le mobile atteint-il la vitesse moyenne de cet intervalle de chute?
16. À partir du repos, on laisse tomber un objet sur une distance de deux mètres. Quelle est la vitesse moyenne de chute?
17. À partir du repos, on laisse tomber un objet sur une distance de deux mètres. Combien de temps faut-il pour que l'objet atteigne la vitesse moyenne?

9.4.2) Questions de l'examen de chimie des solutions concernant les courbes de neutralisation

1. Lors d'un titrage de 35,00 mL d'acide acrylique (CH_2CHCOOH) à une concentration de 0,300 mol/L par de l'hydroxyde de lithium (LiOH) à 0,300 mol/L, quel est le pH lorsqu'on a ajouté 35,00 mL de LiOH ?
2. On effectue **deux titrages** différents avec le KOH 0,100 mol/L comme titrant :
 - I. 25,00 mL d'acide formique 0,100 mol/L;
 - II. 25,00 mL d'acide chlorhydrique 0,100 mol/L.

Les deux graphiques suivants sont les courbes de titrage obtenues. Dites quelle courbe de titrage (A ou B) correspond à quel titrage (I ou II) et justifiez votre réponse en donnant **deux raisons** expliquant votre choix.

