

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

CONCEPTION ET EXPÉRIMENTATION D'UN
ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE
TECHNOLOGIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT DES
CONCEPTS RELIÉS AU LANGAGE DE CODAGE
GRAPHIQUE CHEZ LES ÉLÈVES DU PRIMAIRE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN ÉDUCATION

PAR

ALEXANDRE GAUDREAU

DÉCEMBRE 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement n°8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens en tout premier lieu à remercier ma conjointe car sans la compréhension, le soutien et surtout la patience dont elle a fait preuve vous ne seriez pas entrain de lire ses lignes. Je tiens ensuite à remercier mes filles qui m'ont fait voir la vie autrement, et m'ont souvent donné l'énergie nécessaire pour poursuivre. Je remercie grandement mon directeur de mémoire M. Fournier pour son support, sa patience et ses commentaires qui m'ont permis de mener à bien cette recherche. Je témoigne de la reconnaissance à tous les élèves qui ont participé à la mise à l'essai empirique pour m'avoir permis d'utiliser leurs travaux et l'enregistrement de leurs commentaires dans le but d'améliorer le prototype. Aussi, un grand merci à leur enseignante qui m'a si gentiment ouvert la porte de sa classe et qui de nombreuses fois a bouleversé son horaire pour m'accommoder. Finalement, merci à tous, parents et amis, qui avez de près ou de loin contribué au développement de ce projet.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
RÉSUMÉ	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
IDÉE INITIALE	3
1.1 Importance de l'enseignement de la science et de la technologie au primaire	3
1.2 Un nouveau programme pour l'enseignement la science et de la technologie au primaire au Québec	5
1.3 Les technologies de l'information et de la communication dans les écoles . .	9
1.4 Les recherches sur l'expérimentation assistée par ordinateur	11
1.5 Idée initiale de la recherche développement	12
1.6 Objectifs de recherche	15
1.7 Apports de la recherche	15
1.8 Limites de la recherche	16
CHAPITRE II	
MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	17
2.1 Les différents types de recherche	17
2.2 Le modèle de recherche de développement de Nonnon	21
2.2.1 Étape du problème à résoudre ou de l'idée initiale	21
2.2.2 Étape des considérations théoriques ou de l'analyse conceptuelle . .	22
2.2.3 Étape de l'élaboration de l'idée de solution	22
2.2.4 Étape du modèle d'action	22
2.2.5 Étape du prototype	23
2.2.6 Étape de la mise à l'essai fonctionnelle	23
2.2.7 Étape de la mise à l'essai empirique	23
2.2.8 Étape de la mise à l'essai systématique	24

2.2.8	Étape de la mise à l'essai systématique	23
2.2.9	Le modèle de Nonnon appliqué à notre recherche	23
CHAPITRE III		
CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES		25
3.1	Les langages utilisés en science et en technologie	25
3.2	L'importance de maîtriser le langage de codage graphique	27
3.3	La compréhension du langage de codage graphique	29
3.4	Les difficultés rencontrées dans la compréhension des graphiques	31
3.5	Le développement cognitif des élèves du primaire	32
3.6	L'approche proposée par le PFEQ pour l'enseignement de la science et de la technologie au primaire	35
3.7	L'importance des activités de laboratoire dans l'enseignement de la science et de la technologie	36
3.8	L'utilisation des TIC dans l'enseignement de la science et de la technologie	38
3.9	Les bénéfices associés à l'ExAO	41
3.10	Conclusion du chapitre	43
CHAPITRE IV		
ÉLABORATION DE L'IDÉE		45
4.1	L'environnement d'apprentissage d'un point de vue didactique et pédagogique	45
4.2	L'environnement d'apprentissage d'un point de vue technique	47
4.2.1	Les caractéristiques du logiciel	48
4.3	Conclusion du chapitre	52
CHAPITRE V		
MODÈLE D'ACTION		53
5.1	Conception et développement de l'environnement d'apprentissage	53
5.1.1	L'environnement matériel	53
5.1.2	Les activités d'apprentissage	59
5.2	Évaluation de l'appropriation de l'environnement	64
5.3	Évaluation de l'impact sur les apprentissages	64
CHAPITRE VI		
RÉSULTATS, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION		66

6.3.1 Synthèse de l'évaluation du logiciel par les élèves	69
6.4 Apport de l'environnement à l'apprentissage des élèves	73
6.4.1 Le repérage de points	80
6.4.2 L'analyse globale	80
6.4.3 L'interpolation et l'extrapolation	83
6.5 Perspectives de recherche et de développement	84
CONCLUSION	86
BIBLIOGRAPHIE	90
APPENDICE A	
PRÉTEST	95
APPENDICE B	
POST-TEST	104
APPENDICE C	
DOCUMENTS REMIS AUX ÉLÈVES LORS DES SÉANCES D'ACTIVITÉS	115
APPENDICE D	
FICHE D'APPRÉCIATION	123
APPENDICE E	
QUESTIONS D'ENTREVUE	125
APPENDICE F	
LETTRE DE CONSENTEMENT	127
APPENDICE G	
ENREGISTREMENTS OBTENUS LORS DE LA MISE À L'ESSAI EMPIRIQUE	130
G.1 Transcription de l'entrevue	130
APPENDICE H	
COMMENTAIRES RECUEILLIS SUR LA FICHE D'APPRÉCIATION	136
H.1 Commentaires généraux	136
H.2 Difficultés rencontrées	137
APPENDICE I	
PHOTOS DE L'EXPÉRIMENTATION	139

LISTE DES FIGURES

1.1	Exemple d'un montage ExAO	11
2.1	Modèle de recherche de développement de Nonnon (1993)	21
3.1	Démarche inductive et déductive	37
3.2	Illustration du concept de lunette cognitive de Nonnon	40
4.1	Exemple d'une fenêtre d'initialisation (μ LabExAO)	48
4.2	Exemple du mode vu-mètre (μ LabExAO)	48
4.3	Exemple du mode grapheur (μ LabExAO)	49
5.1	Exemple d'une fenêtre d'initialisation adaptée pour le primaire	53
5.2	Exemple d'une fenêtre vu-mètre adaptée pour le primaire	54
5.3	Exemple d'une fenêtre du mode grapheur adaptée pour le primaire	55
6.1	Interface et capteur du système μ LabExAO	64
6.2	Fenêtre d'accueil du logiciel ExAO primaire	64
6.3	Fenêtre vu-mètre du logiciel ExAO primaire	65
6.4	Fenêtre grapheur du logiciel ExAO primaire	66
6.5	Traces informatiques des actions d'un élève	66
6.6	Modèle de recherche de développement de Nonnon (1993)	67
6.7	Appréciation de l'environnement par les élèves	69

6.8	Réponses des élèves à la question : Ce type d'activité comprenant de la manipulation et de la discussion de groupe vous aide-t-il à apprendre? .	73
6.9	Impact de l'aspect «image» du graphique.	75
6.10	Impact du contexte de la mise en situation sur la prédiction de l'allure du graphique.	76
6.11	Réponse des élèves à la question : Est-ce que vous croyez que votre résultat sera supérieur, similaire ou inférieur à celui du pré-test?	77
6.12	Pourcentage de bonnes réponses obtenues au prétest et au post-test par le groupe témoin	78
6.13	Pourcentage de bonnes réponses obtenues au prétest et au post-test par le groupe expérimental	78
6.14	Question 15 du pré-test et du posttest	81
I.1	Matériel utilisé lors de l'expérimentation	139
I.2	Utilisation du capteur de température	140
I.3	Les élèves en action 1	140
I.4	Les élèves en action 2	141

LISTE DES TABLEAUX

5.1	Résumé des séances d'activité	60
6.1	Liste des modifications effectuées suite la mise à l'essai fonctionnelle	68
6.2	Liste des améliorations proposées par l'enseignante	71
6.3	Proportion des équipe ayant obtenue les bonnes réponses à chacune des questions	74
6.4	Tableau des résultats du test F d'égalité des variances	79
6.5	Tableau des valeurs obtenues lors du test t de Student pour l'ensemble des questions.	79
6.6	Tableau des valeurs obtenues lors du test t de Student pour les questions relatives au repérage de point.	80
6.7	Tableau des valeurs obtenues lors du test t de Student pour les questions relatives à l'analyse globale.	81
6.8	Tableau des valeurs obtenues lors des tests t de Student pour les questions relative à l'inter/extrapolation.	83
6.9	Tableau résumé des valeurs obtenues lors des tests t de Student.	84

RÉSUMÉ

Les sciences et la technologie font partie des moteurs de l'innovation et se situent donc au cœur du développement économique des sociétés contemporaines. Elles sont appelées à devenir des éléments de plus en plus déterminants du bagage de formation de tout citoyen. Afin de s'adapter à l'évolution de la société, aux nouvelles connaissances scientifiques et technologiques, un nouveau programme de formation québécois pour le primaire a été rédigé. L'école doit désormais favoriser le développement des habiletés intellectuelles complexes (ex : analyser et résoudre des problèmes) requises dans une société du savoir en mouvance. Au sein de ce programme, une place importante est faite à l'utilisation pédagogique des technologies de l'information et de la communication (TIC). C'est en considérant ces aspects et les avantages liés à l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) que nous avons développé l'idée d'un environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO pour le primaire. Ceci pour répondre au fait qu'il existe très peu d'environnement technologique pour l'enseignement de la science et de la technologie au primaire.

Les objectifs de cette recherche sont de concevoir et développer un environnement d'ExAO pour l'enseignement de la science et de la technologie au troisième cycle primaire, d'évaluer l'appropriation que font les élèves de l'environnement et d'évaluer l'impact de l'utilisation de celui-ci sur l'apprentissage du langage de codage graphique.

Cet environnement comprend des capteurs, une interface d'acquisition de données et un logiciel qui traite et affiche les données en temps réel sous forme de graphiques. L'environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO permet de voir en contiguïté le graphique comme une représentation d'un phénomène réel et ainsi de sortir des détails techniques (axes, tableau de données, titre) de celui-ci. L'environnement adapté que nous avons conçu pour le primaire utilise l'interface et les capteurs de μ LabExAO. Pour répondre au besoin du primaire, nous avons développé un nouveau logiciel qui traite et affiche les données à l'écran. De plus, nous avons planifié 3 séances d'activités qui, dans un premier temps, permettent aux élèves de se familiariser avec le matériel et, par la suite, de développer des compétences sur le langage de codage graphique.

Suite à cela, nous avons mis à l'essai notre environnement. Tout d'abord, une mise à l'essai fonctionnelle qui a pour but de vérifier le fonctionnement du prototype. Puis une mise à l'essai empirique avec des élèves du troisième cycle du primaire. Lors de celle-ci, nous avons observé que les élèves se montrent très intéressés à ce type d'environnement. En effet, ils apprécient le fait d'être actif dans leurs apprentissages. La prise en main de l'environnement d'ExAO par les élèves s'est faite très rapidement. Ils utilisent les différents modes de travail qu'offre le logiciel pour résoudre les problèmes proposés. Ces

problèmes mettaient en jeu des variables qui peuvent être appréhendées par les sens (température, lumière et profondeur) de façon à soutenir les élèves dans le passage du concret vers le symbolique.

De plus, nous avons observé que les élèves qui avaient participé à l'expérimentation obtenaient des résultats significativement plus élevés lors du post-test aux questions concernant la compréhension globale des graphiques. Aux questions relatives au repérage de points et à l'inter/extrapolation, les élèves obtiennent des résultats similaires au groupe témoin. Nous pensons que cela est dû au fait que les activités que nous avons développées ne travaillent pas ces aspects du langage graphique.

Nous concluons donc qu'un environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO est fort pertinent pour le troisième cycle du primaire. Il permet de rendre les élèves actifs dans leurs apprentissages en les amenant à se questionner, à expérimenter, à observer, à induire puis à mettre à l'épreuve leur conclusion dans de nouvelles expérimentations. Il s'agit là d'une approche innovante pour aborder les aspects globaux du langage graphique au primaire. Suite aux résultats obtenus lors de cette recherche, nous croyons qu'il serait intéressant de poursuivre le développement de l'environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO afin de le rendre encore plus polyvalent. Dans cette optique, il faudrait adapter le logiciel pour qu'il soit utilisable avec une plus grande variété de capteurs et de nouvelles activités pourraient être créées afin de développer les autres aspects de la compréhension des graphiques.

Mots-clefs : ExAO, science, technologie, expérimentation assistée par ordinateur, primaire, recherche développement, graphique, TIC

INTRODUCTION

Depuis une quinzaine d'années, de nombreux efforts sont faits pour intégrer les TIC à l'apprentissage (Ministère de l'éducation, 2000). Comment les technologies de la communication et de l'information peuvent-elles être une plus-value dans l'apprentissage des élèves? L'ordinateur est maintenant omniprésent dans le milieu scolaire québécois. Comment utiliser cet outil aux multiples possibilités pour développer les compétences du Programme de formation de l'école québécoise?

Le contexte scolaire actuel semble propice au développement de nouveaux environnements d'apprentissage. En effet, l'arrivée d'un nouveau programme de formation basé sur une approche par compétences tant disciplinaires que transversales ainsi que la présence des technologies de l'information et des communications (TIC) dans les écoles offrent des possibilités intéressantes à explorer.

Nous nous proposons donc de concevoir et de développer un environnement d'apprentissage supporté par l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO), et ce, pour le troisième cycle du primaire. Suite à ce développement, des mises à l'essai seront effectuées afin d'améliorer le prototype et d'évaluer l'appropriation que font les élèves de l'environnement proposé. L'impact de l'utilisation de l'environnement sur l'apprentissage du langage de codage graphique sera aussi évalué.

Ce mémoire est construit en 6 chapitres. Dans le **Chapitre 1. Le contexte et l'idée initiale**, nous tenterons de bien cerner le contexte scolaire présent qui a fait émerger cette idée de développement, de proposer une idée novatrice pour l'utilisation de l'ExAO au primaire et de cerner les limites et la pertinence de cette recherche. Dans le **Chapitre 2. Le modèle de recherche développement**, nous situerons notre recherche par rapport aux différents modèles existants et nous présenterons les étapes pour me-

ner à terme notre recherche. Dans le **Chapitre 3. Les considérations théoriques**, nous présenterons les considérations qui viennent enrichir notre idée de développement. Dans le **Chapitre 4. L'élaboration de l'idée**, l'idée de cette recherche est explicitée davantage. Les aspects didactiques, pédagogiques et techniques liés à l'environnement d'apprentissage y sont abordés. Dans le **Chapitre 5. Le modèle d'action**, nous allons préciser la description de l'environnement en nous attardant aux aspects plus fonctionnels et techniques qui vont permettre d'élaborer le prototype de cette environnement. Dans le **Chapitre 6. Résultats, interprétation et discussion**, nous présenterons de façon détaillée le prototype réalisé, les résultats obtenus lors des différentes mise à l'essai et les modifications apportées suite aux mises à l'essai. Ensuite nous analyserons, les résultats des élèves pour déterminer si ce nouvel environnement d'apprentissage leur a permis de développer une meilleure compréhension du langage de codage graphique. Finalement, dans **La conclusion** nous résumerons les aspects importants de cette recherche. Nous mettrons aussi en relief quelques questions non-résolues ainsi que des pistes de réflexion qui alimenteront la suite de cette recherche.

CHAPITRE I

IDÉE INITIALE

Dans ce chapitre, le contexte ayant mené à la formulation de l'idée initiale de cette recherche développement sera présenté. Ensuite, nous élaborerons une première formulation de l'idée de développement puis nous formulerons précisément des objectifs de recherche.

1.1 Importance de l'enseignement de la science et de la technologie au primaire

Depuis un peu plus de 30 ans, la science et la technologie ont fait une percée importante dans tous les aspects de nos vies, par exemple, la présence des systèmes GPS dans les voitures, l'agenda électronique, les ordinateurs portables, les téléphones intelligents, etc. Selon le Conseil de la science et de la technologie (1998), la science et la technologie sont les moteurs de l'innovation et se situent donc au cœur du développement économique des sociétés contemporaines.

La science et la technologie sont appelées à devenir des éléments de plus en plus déterminants du bagage de formation de tout citoyen (Commission des programmes d'étude, 1998). Pour pouvoir s'adapter à cette évolution, il est donc nécessaire que de plus en plus de jeunes se dirigent vers des études dans le domaine de la science et de la technologie pour répondre aux demandes de main-d'œuvre spécialisée (ex : technicien, ingénieur). Mais aussi pour donner au plus grand nombre une formation qui leur permettra de com-

prendre les nouvelles technologies qui les entourent et surtout d'avoir un regard critique sur les développements de la science et de la technologie.

Dans un contexte de mondialisation et de développement accéléré des technologies, la culture scientifique et technologique prend toute son importance. De plus, cette importance est accentuée par l'explosion des connaissances scientifiques permise par les avancées technologiques. Celles-ci peuvent ensuite être diffusées à la grandeur de la planète grâce aux nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC). À ce sujet, le groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire (Ministère de l'éducation, 1994) indique :

N'est-il pas indispensable que l'école québécoise mette davantage l'accent sur la culture scientifique et technologique pour que les individus comprennent davantage l'impact de la science et de la technologie sur leur vie et leur société et soient capables de s'adapter aux transformations qu'elles apportent ? (p.8).

L'explosion des connaissances et des technologies exige encore plus qu'avant des repères pour les situer et les comprendre. L'école est un lieu privilégié pour ordonner les savoirs (p.15).

D'autres auteurs partagent ces préoccupations. Pour Toussaint et coll. (1996), l'enseignement de la science et de la technologie au primaire est nécessaire pour les sept raisons suivantes :

- pour répondre aux questions spontanées des élèves ;
- pour favoriser l'acquisition d'attitudes (ex : jugement critique, curiosité, créativité) ;
- pour favoriser le développement de l'enfant et ses progrès sur le plan de la pensée ;
- pour privilégier la formation de conduites opératoires (ex : classement, rangement) ou l'acquisition de certaines compétences transversales (ex : représentation, symbolisation) ;
- pour lire la science ;
- pour acquérir certains savoirs ou savoir-faire indispensables dans d'autres disciplines ;
- pour ne pas laisser s'installer des représentations (ou conceptions) difficiles à modifier plus tard.

D'autres auteurs vont dans le même sens en indiquant que l'intérêt, le goût et les aspirations de carrière, dans le domaine de la science et de la technologie se développent au primaire (Conseil de la science et de la technologie, 1998, Commission des programmes d'étude, 1998).

Malgré ces constatations, il semble que le milieu scolaire ne soient pas rendu là. En effet, en 1999, le Conseil supérieur de l'éducation avançait que l'initiation scientifique au sens d'une culture pour comprendre les phénomènes courants et pour décoder l'environnement commun, n'est guère présente, et ce particulièrement au primaire.

Actuellement au Québec, l'école ne réussit pas à donner aux jeunes l'intérêt pour les mathématiques et la science. Il semble même que cet intérêt présent chez certains au début du primaire diminue graduellement au cours de leur scolarité primaire et secondaire. De plus, de nombreux jeunes ont une fausse perception de la science qu'ils perçoivent comme des certitudes qui n'ont pas ou peu de liens avec le quotidien. Ils la croient non intéressante et surtout difficile à comprendre (ACFAS, 2000).

L'arrivée d'un nouveau programme de formation au préscolaire et au primaire, ouvre de nouvelles avenues pour l'enseignement de la science et de la technologie.

1.2 Un nouveau programme pour l'enseignement la science et de la technologie au primaire au Québec

Afin de s'adapter à l'évolution de la société, aux nouvelles connaissances scientifiques et technologiques, de nouveaux programmes pour l'enseignement de la science et de nouvelles pratiques pédagogiques ont été développés. Un bref retour dans le temps permet de voir l'évolution de l'enseignement de la science au Québec et de situer le contexte pédagogique de notre recherche. Nous avons divisé la présentation des programmes d'enseignement en trois périodes : avant la réforme Parent, de la réforme Parent en 1964 à l'arrivée du nouveau Programme de formation de l'école québécoise en 2001 et de l'arrivée du nouveau Programme de formation de l'école québécoise à aujourd'hui.

Avant la réforme Parent de 1964, les programmes d'enseignement de la science s'intitulaient leçons de choses et connaissances usuelles. Ces programmes visaient le développement des habiletés intellectuelles simples et voulaient favoriser l'intégration sociale. Les contenus couvraient les domaines de la zoologie, de la botanique et de la minéralogie. Ils contenait aussi des éléments relatifs à l'hygiène et à l'agriculture. Les contenus

étaient simplifiés et vulgarisés. De plus, ils étaient pensés selon une vision théologique du monde. Le recours au sacré explique plusieurs phénomènes. L'enseignement était très magistral. L'oral, la lecture et l'écriture étaient les activités d'apprentissage favorisées par le programme. La recherche documentaire était le moyen privilégié pour développer l'esprit de recherche.

Après la réforme Parent, les programmes visaient à développer des habiletés simples (ex : l'observation, la classification, la mesure) par la démarche expérimentale ainsi que l'acquisition de connaissances dans les différents domaines scientifiques. L'apprentissage doit alors passer par l'action concrète et non plus par la lecture. L'exposé très magistral est la formule pédagogique privilégiée par le programme. On ajoute aux exposés des démonstrations effectuées par l'enseignant et des activités de laboratoire dans lesquelles les élèves doivent suivre un protocole d'expérience précis.

L'arrivée du Programme de formation de l'école québécoise (Gouvernement du Québec, 2001) ne remet pas en question les grands objectifs poursuivis jusqu'ici par l'école. Cependant, il les aborde dans une nouvelle perspective et les présente sous un nouvel éclairage. L'école doit désormais favoriser le développement des habiletés intellectuelles complexes (ex : analyser et résoudre des problèmes) requises dans une « société du savoir en mouvance ». En ce sens, les contenus disciplinaires ne doivent pas être dissociés des processus qui en permettent la compréhension et l'appropriation.

Une telle orientation invite à se préoccuper du développement des processus mentaux nécessaires à l'assimilation des savoirs, à leur utilisation dans la vie réelle et à leur réinvestissement dans des apprentissages ultérieurs. (PFEQ, p.3)

Ainsi, le Programme de formation de l'école québécoise (Gouvernement du Québec, 2001) se distingue par deux aspects. Premièrement, par le choix de développer des compétences qu'il définit ainsi : « un savoir-agir (connaissances, savoir-faire, savoir-être) fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficace d'un ensemble de ressources (ex : humaines, docu-

mentaires, matérielles)» (p.4). Les trois compétences en science et en technologie sont les suivantes (p.145) :

- Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technologique ;
- Mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et de la technologie ;
- Communiquer à l'aide des langages utilisés par la science et la technologie.

Deuxièmement, le programme se distingue par l'attention qu'il porte à la démarche d'apprentissage. Ce n'est plus uniquement le résultat qui compte mais aussi comment l'élève y est parvenu.

Le développement des compétences et le souci pour les processus d'apprentissage impliquent des pratiques pédagogiques basées sur une conception de l'apprentissage d'inspiration constructiviste. Astolfi et coll. (1998) définissent le constructivisme sous l'angle de la didactique.

L'élève construit son savoir à partir d'une investigation du réel, ce réel comprenant aussi le savoir constitué sous ses différentes formes (magistrale, médiatisée, documentaire). Il se l'approprie de manière non linéaire, par différenciation, généralisations, rupture, etc. Cette appropriation du savoir s'appuie sur des constructions individualisées, mais aussi sur des situations de classe, collectives, où peuvent apparaître des conflits cognitifs susceptibles de faire avancer la construction des connaissances. (p.56)

Les connaissances à acquérir, appelées savoirs essentiels, sont classées en trois univers : l'univers vivant, l'univers matériel et l'univers de la terre et de l'espace. Ces savoirs essentiels ne sont pas prescriptifs au primaire. Les enseignants ne sont donc pas obligés de les aborder en classe. Cependant, ils doivent servir de prétexte au développement des trois compétences en science et en technologie.

Le Programme de formation de l'école québécoise propose une nouvelle approche en science et technologie. Celle-ci tente de répondre aux critiques souvent formulées durant les dernières années voulant que le programme d'enseignement de la science ne soit basé que sur la transmission de connaissances. Le nouveau programme préconise une approche par compétence soutenue par une pédagogie constructiviste où l'élève est actif dans son

apprentissage. À ce sujet, la Commission des programmes d'études (1998) soutient que si les élèves sont habitués, à l'école, à s'engager dans des débats et des tâches collectives de résolution de problèmes en science et en technologie ils seront mieux outillés pour participer à la vie démocratique et pour s'engager dans des actions qui concernent la maîtrise de leur environnement physique et social.

Pour développer ces compétences, les auteurs du Programme de formation de l'école québécoise (Gouvernement du Québec, 2001) proposent d'aborder les contenus notionnels par le biais de problématiques signifiantes tirées de l'environnement immédiat de l'élève. Ils insistent aussi sur le fait que les élèves doivent explorer les problématiques à l'aide de matériel de manipulation. Ceux-ci suggèrent de débiter les problématiques par des activités fonctionnelles et de les terminer par des activités de structuration (p.157).

Les activités fonctionnelles permettent de débiter une séquence didactique (Gouvernement du Québec, 2001, Astolfi et coll., 1998). Selon Thouin (2004), elles relèvent de la logique divergente. C'est-à-dire qu'elles se suffisent à elles-mêmes et sont susceptibles de conduire les élèves dans de nombreuses directions, elles suscitent le questionnement chez les élèves. Parfois ce questionnement servira de point de départ pour la résolution de problèmes. Les activités de structuration, quant à elles, servent à clore une séquence didactique (Gouvernement du Québec, 2001, Astolfi et coll., 1998). Les activités de structuration procèdent selon une logique convergente. En fait, elles servent à construire des relations entre des apprentissages ponctuels et indépendants. De plus, elles permettent d'organiser les nouvelles connaissances avec celles déjà en place.

L'approche préconisée par le PFEQ correspond très bien à l'utilisation d'un environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO dans une approche de résolution de problèmes où l'élève part de ses conceptions pour les confronter aux résultats de ses expérimentations afin de les faire évoluer. L'enseignant le guide tout au long de ce processus qui se termine par la structuration des nouvelles connaissances.

De plus, le programme de formation de l'école québécoise accorde une grande place à l'utilisation des technologies de l'information de la communication comme outil pour

le développement des compétences (Gouvernement du Québec, 2001). Pour chacune des disciplines, il y a des suggestions concernant l'utilisation des TIC. L'exploitation des TIC fait l'objet d'une compétence transversale. Les compétences transversales (CT) sont des compétences qui dépassent les frontières des savoirs disciplinaires tout en accentuant leur consolidation et leur réinvestissement dans les situations concrètes de la vie. La CT qui traite des TIC est libellé : « Exploiter les technologie de l'information et de la communication » (Gouvernement du Québec, 2001, p.28). Celle-ci vise à amener les élèves à diversifier l'usage qu'ils font des TIC et à développer un sens critique à leur endroit.

1.3 Les technologies de l'information et de la communication dans les écoles

Au cours des 25 dernières années, l'ordinateur a fait son apparition dans tous les secteurs de la société. Le milieu de l'éducation québécois n'a pas échappé à cet engouement pour les nouvelles technologies. Les pédagogues ont maintenant de nouveaux outils à leur disposition.

Selon le Gouvernement du Québec (2002), dans les années 1997-1998, on comptait dans les écoles primaires un poste informatique pour 24 élèves. Le ratio pour les postes branchés à Internet, était de un poste pour 124 élèves. C'est après ce constat que le Ministère de l'éducation de l'époque a instauré la mesure 50590 qui supportait les écoles du Québec dans l'achat de matériel informatique pour la période allant de 1997-1998 à 2000-2001. L'intervention du gouvernement semble avoir donnée des résultats puisque, à la fin de la mesure, le ratio était passé à un ordinateur pour 8 élèves et pour ce qui est des postes branchés à Internet le ratio était de 1 pour 9. Aujourd'hui le MELS vise 1 poste internet pour 6 élèves.

De plus, afin d'aider les enseignants à s'appropriier ces nouveaux outils, le MELS a créé, en 2000-01, le Réseau pour le développement des compétences par l'intégration des technologies (RÉCIT)(Ministère de l'éducation, 2000). Toutes ces initiatives ne garantissent

pas une utilisation de qualité des outils technologiques mais les pédagogues ont au moins de nouveaux outils à leur disposition.

Globalement, dans les nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC), il y a, d'une part, les technologies en elles-mêmes, qui sont des instruments pour traiter les informations ou les données, et d'autre part, les informations, les données, les textes, les images, les sons et les documents multimédias qui sont traités et transmis au moyen de ces technologies (UNESCO, 1999).

Plus spécifiquement, dans le milieu de l'éducation, le terme TIC est associé à de nombreuses définitions (Raby, 1994, p.18-19). Par exemple, pour Legendre (2005) les nouvelles technologies éducatives (NTE) sont « l'ensemble des moyens et des services informatiques pouvant être utilisés dans le domaine de l'éducation » (p.941). Le Gouvernement du Québec (2001) définit les TIC comme étant « ...des outils et des ressources au service de l'apprentissage et de l'enseignement (...), des moyens de consultation de sources documentaires, mais aussi des moyens de production » (p.10).

Dans ce mémoire, Nous retiendrons la définition de Raby (1994, p.10). « Les TIC font références aux équipements technologiques de type numérique pouvant servir d'outils pédagogiques.»

Le Programme de formation de l'école québécoise accorde une place importante aux TIC. En effet, les TIC sont l'objet d'une compétence transversale ; c'est-à-dire une compétence qui se déploie à travers les différents domaines d'apprentissage. De plus, pour chacune des disciplines du programme, le MELS suggère des utilisations possibles des technologies de l'information et de la communication. Celles-ci devraient permettre de développer cette compétence.

La place grandissante qu'occupent les TIC dans tous les aspects de nos vies y compris dans le milieu de l'éducation soulève des questions. Y aurait-t-il un bénéfice didactique ou pédagogique à l'utilisation des TIC dans l'enseignement de la science et de la technologie ? Que peuvent faire les pédagogues de ces nouveaux outils mis à leur disposition ?

Parmi les nombreuses utilisations possibles de l'ordinateur dans l'enseignement, l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO), offre des possibilités intéressantes pour l'enseignement de la science et de la technologie au primaire.

1.4 Les recherches sur l'expérimentation assistée par ordinateur

L'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO) (figure 1.1) existe depuis plus de trente ans et est très largement utilisée en Europe et aux États-Unis. L'ExAO est un environnement d'apprentissage constitué principalement d'un ordinateur, d'un logiciel spécialisé, d'une interface électronique d'acquisition et de capteurs (Nonnon, 1986). Lors d'une expérience, le ou les capteurs (ex : luminosité, température, pression, etc.) mesurent la variation de grandeurs physiques. Un signal électrique est envoyé à l'interface d'acquisition qui convertit le signal pour le transmettre à l'ordinateur. Un logiciel traite le signal et affiche les mesures à l'écran notamment sous forme de graphiques.

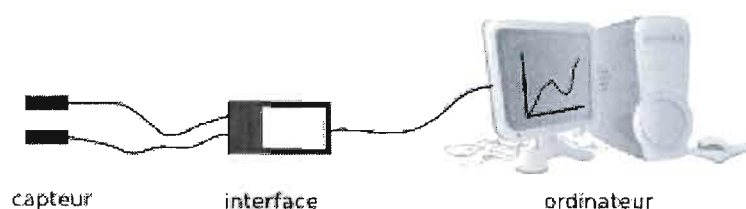


Figure 1.1
Exemple d'un montage ExAO

Avant l'arrivée de l'informatique et plus précisément de l'ExAO, les élèves abordaient l'expérimentation essentiellement de façon verbale et de façon analytique. Ils procédaient par une prise de données qu'ils devaient organiser en tableau. Ensuite, ils devaient réaliser un ou des graphiques pour pouvoir observer les relations qui pouvaient exister entre les variables.

L'ExAO, parce qu'elle garde toujours contact avec la réalité, permet de développer un mode de pensée inductif chez l'élève. Elle permet à l'élève de passer d'une variable physique à l'expression mathématique qui la représente. Par exemple, l'élève observe

plusieurs prises de données d'un même phénomène et leurs représentations graphiques. Par la suite, il tente de généraliser ses observations sous forme de règles, de lois, etc. (Riopel, 2005)

Cette façon de faire cadre très bien avec les visées du Programme de formation de l'école québécoise.(Gouvernement du Québec, 2001)

Analyser les données provenant d'observations ou d'une situation-problème et utiliser des stratégies appropriées permettant d'atteindre un résultat ou de trouver une solution qu'il sera possible par la suite d'expliquer, de vérifier, d'interpréter et de généraliser. (p.122)

De nombreux chercheurs (Girouard, 1998, Nonnon, 1986, Bassel, 1987, Tinker et Morkos, 1987) ont montré que l'ExAO offre des avantages en ce qui concerne la compréhension du langage de codage graphique. Cependant, la quasi-totalité de ces études ont été réalisées auprès d'élèves du secondaire et du collégial.

L'arrivée d'un nouveau programme en science et en technologie au primaire, les nombreux ordinateurs présents dans les écoles ainsi que les résultats des recherches concernant l'ExAO nous amènent à envisager une idée pour l'enseignement de la science et de la technologie au primaire.

1.5 Idée initiale de la recherche développement

La présence, au primaire, d'un programme de formation axé sur le développement des compétences ainsi que la présence des ordinateurs dans les écoles constituent une opportunité de développement qui mérite d'être envisagée. C'est dans cet esprit que nous nous proposons comme idée initiale¹ de concevoir, de développer et d'expérimenter un environnement d'apprentissage basé sur l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) pour le troisième cycle primaire.

1. Un des points de départ de la démarche de recherche de développement consiste à considérer d'abord une idée de développement puis à l'enrichir avec des considérations théoriques (Chapitre 3) dans le but de la préciser, de la modifier ou tout simplement de la rejeter. Dans ce dernier cas, le processus de développement doit évidemment être recommencé depuis le début.(Nonnon 1993)

L'environnement d'apprentissage ExAO développé comprendra du matériel (interface, capteur, logiciel) adapté pour le primaire et une série d'activités d'apprentissage sera créée pour être effectuée à l'intérieur de l'environnement.

Grâce à l'ExAO, les élèves peuvent réaliser rapidement une expérimentation et confronter leurs hypothèses aux données recueillies. Étant donné que l'ordinateur prend en charge les tâches fastidieuses (l'acquisition de données et le tracé du graphique), les élèves peuvent recommencer leur expérimentation en changeant une variable pour en observer l'impact en temps réel et ce dans un temps relativement court.

L'ExAO a aussi l'avantage de pouvoir s'utiliser dans différents contextes. En effet, une fois que l'on a compris le fonctionnement du matériel, il est très facile d'utiliser cet outil didactique dans différents domaines (ex : physique, biologie, chimie) en changeant uniquement le type de capteurs utilisés.

De plus, L'ExAO permet aux élèves de voir en temps réel le graphique cartésien issu des données de leur expérience. Ils peuvent alors relier le phénomène concret avec sa représentation symbolique. La période 11 – 12 ans (3e cycle primaire) correspond, selon les stades de développement de Piaget (1970), à la fin du stade opératoire concret et au début du stade de la pensée formelle. Notre environnement se présente donc comme un support au passage du stade de l'opératoire concret à celui de la pensée formelle.

L'ExAO en raison de sa nature permet aux élèves de travailler dans les deux registres : celui de l'opératoire concret et celui de la pensée formelle. Lors de l'élaboration et de la tenue de l'expérience, les élèves travaillent dans le registre de l'opératoire concret. Lorsque que le graphique s'affiche en temps réel sur l'écran de l'ordinateur, il est la représentation symbolique de l'activité concrète donc dans la pensée formelle.

La connexion entre le phénomène direct et sa représentation sous forme graphique sans passer préalablement par une équation ou un tableau de mesures complexes, semble propice, dans un premier temps à l'acquisition du langage de codage graphique. Ensuite, l'élève muni de cet outil « cognitif » devrait être capable de l'utiliser pour mieux appréhender, c'est-à-dire modéli-

ser et comprendre les relations entre des variables expérimentales. (Girouard, 1995 dans Fournier 2001, p.85)

Tenant compte du développement cognitif de l'enfant, les activités développées utiliseront des variables qui sont perceptibles par les sens telles que la longueur, la luminosité, la température, etc. Les élèves réaliseront ainsi leurs expériences avec des variables concrètes pour eux. Nous éviterons de ce fait les activités qui font appel à des variables non perceptibles par les sens par exemple, la pression atmosphérique ou la quantité d'oxygène dans un milieu.

1.6 Objectifs de recherche

Dans le cadre de cette recherche développement, trois objectifs seront poursuivis.

Objectif 1 : Concevoir et développer un environnement d'ExAO pour l'enseignement de la science et de la technologie au troisième cycle primaire.

Objectif 2 : Évaluer l'appropriation que font les élèves de l'environnement.

Objectif 3 : Évaluer l'impact de l'utilisation de l'environnement sur l'apprentissage du langage de codage graphique.

1.7 Apports de la recherche

Il nous paraît important de résumer les principaux arguments qui justifient la démarche de développement proposée dans cette recherche. Les arguments sont de deux ordres, d'une part ceux liés au contexte scolaire et d'autre part les contributions de cette recherche.

Voici une liste des arguments liés contexte scolaire

1. L'enseignement de la science et de la technologie constitue un élément essentiel de la formation des futurs citoyens. C'est dans cette perspective éducative que se situe cette recherche.
2. L'arrivée du nouveau programme de formation de l'école québécoise basé sur le développement de compétence constitue une occasion pour le développement de nouveaux environnements d'apprentissage, comme le nôtre, afin de rendre l'élève apte à participer dans une société où la technologie est de plus en plus présente.
3. Considérant l'omniprésence des ordinateurs dans les écoles et dans la société en générale ainsi que les possibilités d'acquisition, de calcul et de représentation qu'ils offrent, il nous apparaît nécessaire que les élèves travaillent avec ce matériel.

Pour ce qui est des contributions de cette recherche

1. Présentement, il n'existe pas de logiciel généraliste dédié à l'ExAO pour le primaire. Ainsi l'environnement créé sera possiblement utile aux enseignants pour leur enseignement, aux élèves pour leur apprentissage et éventuellement aux chercheurs qui s'intéressent à l'utilisation de l'ordinateur au primaire.
2. L'environnement permettra aux élèves du primaire de mener une démarche inductive en science et ce dans avec un minimum de connaissances et dans un temps relativement court.
3. La recherche fournira des connaissances nouvelles sur les utilisations potentielles de l'ExAO au primaire et sur les interactions des élèves avec l'environnement.

1.8 Limites de la recherche

Cette recherche comporte toutefois certaines limites dont il faudra tenir compte dans le contexte de réalisation, dans les résultats ainsi que dans la discussion.

1. La possibilité de généralisation des résultats sera limitée étant donné la taille restreinte de l'échantillonnage d'élèves participant à la mise à l'essai ($n=32$). Il faudra cependant que l'échantillon soit assez varié afin de s'assurer d'une diversité des points de vue nécessaires à l'amélioration du prototype.
2. Le développement du logiciel étant fait par le chercheur lui-même, il ne prétend pas arriver à un produit fini comparable à un logiciel commercial. Cependant, le logiciel devra atteindre un niveau qui lui assure une utilisation adéquate en milieu scolaire.
3. L'apprentissage étant systémique, il sera difficile d'isoler toutes les variables qui pourraient influencer les résultats. Par exemple, le type de pédagogie utilisé par l'enseignant, le milieu socioéconomique, etc.
4. Le prototype d'environnement ExAO pour le primaire correspondra à une des possibilités de développement mais il est impossible d'affirmer que c'est la seule donc, il sera difficile de généraliser les résultats à d'autres environnements.

Le contexte actuel qui permet le développement de nouveaux environnements d'apprentissage à été présenté dans ce chapitre. L'idée initiale de développement a aussi été abordée en lien avec le contexte de réalisation. Le chapitre suivant présentera maintenant les considérations méthodologiques dont il faut tenir compte pour choisir le modèle de recherche qui encadrera la suite du travail

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

La méthodologie de la recherche présentée ici diffère de ce que l'on voit habituellement en éducation. En effet, il s'agit d'un modèle de recherche qui supporte le développement d'un outil technologique dans le domaine de l'éducation. Ce type de recherche ne présente pas les mêmes étapes que les autres types de recherche. Ce chapitre détaillera donc ce modèle.

2.1 Les différents types de recherche

De nombreuses classifications de la recherche en éducation existent. Parmi celles-ci, Gagné et coll. (1989), ont proposé une classification de la recherche menée en sciences humaines. Ils dégagent ainsi quatre objectifs de la recherche scientifique :

1. décrire : obtenir empiriquement une description des faits, des objets, des événements, des comportements en utilisant différentes stratégies d'observation.
2. théoriser : analyser rationnellement des concepts dans le but de construire un modèle théorique ou opérationnel.
3. expliquer : utiliser un modèle pour déduire une relation entre au moins une cause et au moins un effet et de mettre expérimentalement à l'épreuve cette relation.
4. transformer : mettre en œuvre une idée, une situation, une démarche, ou un outil susceptible de produire un changement de la réalité.

Selon cette classification, notre recherche se trouve dans le quatrième objectif. En effet, le développement d'un environnement d'expérimentation assistée par ordinateur pour le

troisième cycle du primaire entraîne un changement de la réalité enseignante et élève. Un nouvel outil qui propose une façon différente de faire est à leur disposition.

De Landsheere (1985) a quant à lui proposé une classification séquentielle de la recherche en fonction de ses productions.

1. La recherche expérimentale vise principalement la production de nouvelles connaissances.
2. La recherche appliquée vise principalement la production d'applications pratiques des connaissances.
3. La recherche de développement vise principalement la production d'instruments ou de méthodes.

Selon cette classification, la recherche expérimentale qui produit les connaissances nouvelles est préalable à la recherche appliquée qui tente de produire des applications pratiques des connaissances. La recherche appliquée est à son tour préalable à la recherche de développement. Nonnon (1993) reprend cette classification mais en laissant tomber l'aspect séquentiel. Il propose que la recherche expérimentale et la recherche de développement se déroulent en parallèle et qu'elles se complètent l'une et l'autre. Cependant, il précise qu'en recherche universitaire, la recherche de développement doit s'enrichir de considérations théoriques.

La conception et le développement d'un environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO pour le primaire correspond clairement aux caractéristiques d'une recherche de développement.

La littérature donne certaines indications concernant les étapes d'une recherche de développement. Borg et Gall (1989) présentent les étapes suivantes.

- la collecte de données, incluant la recension d'écrit et l'analyse des besoins ;
- la planification, où le concepteur définit les objectifs à atteindre et le type d'activité d'enseignement ou d'apprentissage à inclure ;
- le développement préliminaire du produit, qui consiste à réaliser un prototype de celui-ci ;
- la mise à l'essai préliminaire auprès d'un petit nombre de sujets, qui amène une collecte de données par entrevues, questionnaires ou observations et analyse des données ;
- la révision principale du produit, à la lumière des données recueillies lors de la mise à l'essai préliminaire.

- la mise à l'essai principale sur un plus grand nombre de sujets (30 à 100) et où les résultats sont analysés en fonction des objectifs du produits ;
- la révision opérationnelle du produit, tenant compte des résultats de la mise à l'essai principale ;
- La mise à l'essai opérationnelle, faites à plus large échelle 40 à 200 sujets ;
- la phase de diffusion et d'implantation, où l'on diffuse l'information sur le produit et s'il y a lieu l'on s'engage dans une distribution commerciale du produit.

Van der Maren (1999) présente une démarche qui présente plusieurs similitudes avec celle de Borg et Gal (1989). Voici la liste des étapes qu'il propose.

- l'analyse de la demande, qui amène le chercheur à analyser la situation problème. L'analyse touchera, entre autres, les besoins associés à cette situation, les caractéristiques particulières du public cible et du contenu ;
- la rédaction du cahier des charges, qui décrit les fonctions du produit à développer et où seront consignés les résultats des analyses ;
- la conception, où on déterminera un modèle général de l'objet pédagogique en décrivant ses éléments essentiels et ses grandes lignes ;
- la préparation technique et la construction du prototype, où une première version de l'objet pédagogique sera produite ;
- la mise au point du produit, qui amènera un certain nombre de cycles de mise à l'essai, d'évaluation du produit et d'adaptation du prototype qui conduira à la fabrication du produit final ;
- l'implantation de l'objet pédagogique et sa mise en marché, qui amènent s'il y a lieu, la fabrication en série et la diffusion de l'objet pédagogique dans les milieux auxquels il est destiné.

Parallèlement aux démarches de recherche de développement, il y a les démarches de design qui peuvent être utilisées pour bâtir des produits pédagogiques variés (matériel pédagogique, scénarios d'utilisation, programme). Loiseau (2001) dégage quatre grandes phases que l'on retrouve généralement dans une démarche de design.

- une phase d'analyse préalable, qui met en évidence les caractéristiques de la situation d'enseignement/apprentissage ;
- une phase de production et de planification, où l'on choisira les diverses stratégies et les médias appropriés à la situation en considérant les analyses préalablement réalisées ;
- une phase de mises à l'essai, où le produit est expérimenté, parfois à plusieurs reprises, auprès d'un certain nombre d'utilisateurs ;
- une phase d'évaluation et de révision, qui tient compte des mises à l'essai réalisées.

Visscher-Voerman et Plomp (1996) distinguent deux approches pour aborder la démarche de design, d'une part le développement centré sur un problème et d'autre part le développement centré sur les solutions. Dans le premier cas, le concepteur fait une analyse systématique du problème afin de trouver les meilleures pistes de solutions possibles. Le développement centré sur les solutions, quant à lui, amène le concepteur à proposer une idée de solution basée sur une analyse minimale de la situation et à la raffiner en cours de développement.

La démarche de design est intéressante pour le développement d'un environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO puisqu'elle permet le développement en débutant par une idée de solution. Celle-ci sera raffinée en cours de développement. Cependant, ce type de démarche a le défaut de ne pas tenir compte des résultats de la recherche. C'est-à-dire qu'elle ne s'enrichit pas obligatoirement des résultats de la recherche universitaire faite auparavant.

Loiselle et Harvey (2007) propose la définition suivante pour la recherche développement.

La recherche développement sera donc considérée comme l'analyse du processus de développement de l'objet incluant la conception, la réalisation et les mises à l'essai de l'objet, en tenant compte des données recueillies à chacune des phases de la démarche et du corpus scientifique existant. (p.44)

Nonnon (1993) propose un modèle de recherche de développement qui va dans le même sens que Loiselle et Harvey (2007) et qui a les avantages de la démarche de design tout en ayant la rigueur de la recherche universitaire. En effet, ce modèle de recherche développement oblige le chercheur à enrichir son idée initiale par des considérations théoriques issues de la recherches. De plus, ce modèle de recherche permet au chercheur de débiter de deux manières différentes soit par un problème à résoudre soit par une idée de développement. C'est ce modèle qui a été retenu pour la suite du travail et qui sera présenté en détails dans la suite de ce chapitre.

2.2 Le modèle de recherche de développement de Nonnon

Le modèle de recherche proposé par Nonnon (1993), permet de débiter la recherche de développement sous deux angles (figure 2.1).

Dans le premier cas, le chercheur part des résultats de la recherche expérimentale ou appliquée qui lui sont fournis comme un problème à résoudre, la recherche de développement consiste à s'insérer dans ce processus pour fournir une solution. Dans le second cas, il ne s'agira pas d'établir un contexte théorique afin d'en déduire une question et une hypothèse de recherche a priori ; il suffira de partir d'une idée de développement, la confrontation théorique se faisant a posteriori dans le but de confronter cette idée de manière à la préciser, à l'éclaircir afin de l'améliorer, la modifier ou la rejeter. (p.150)

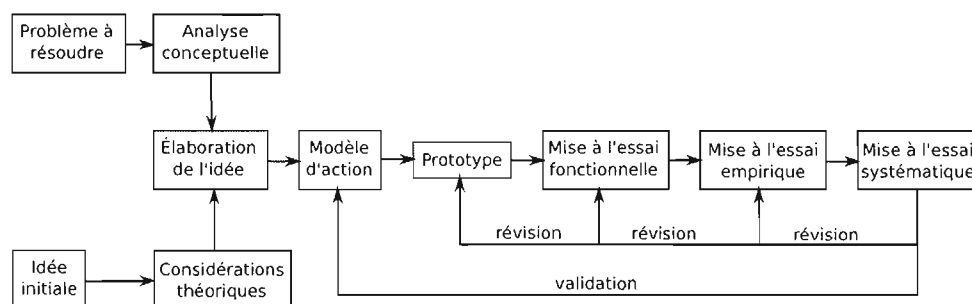


Figure 2.1
Modèle de recherche de développement de Nonnon (1993)

Voici la description des différentes étapes du modèle de Nonnon (1993).

2.2.1 Étape du problème à résoudre ou de l'idée initiale

Dans le cadre de son modèle, Nonnon (1993) identifie deux situations distinctes qui commandent des démarches de recherche de développement. La première situation consiste à identifier un problème à résoudre mis en évidence par des recherches précédentes. Dans ce cas, la recherche de développement a pour but de trouver une solution au problème. La seconde situation qui commande une démarche de recherche de développement consiste à considérer d'abord une idée de développement puis à la confronter avec des considérations théoriques dans le but de la préciser, de la modifier ou tout simplement

de la rejeter. Dans ce dernier cas, le processus de développement doit évidemment être recommencé depuis le début.

2.2.2 Étape des considérations théoriques ou de l'analyse conceptuelle

Dans le cas où la recherche débute directement par une idée potentiellement intéressante, il est nécessaire d'enrichir celle-ci avec des théories existantes et des considérations théoriques, dans le but de la préciser, de la modifier ou de la rejeter. L'analyse conceptuelle est appropriée lorsque le chercheur a choisit de résoudre un problème. Lors de l'analyse conceptuelle, il faut faire surgir une idée de solution en procédant à une analyse déductive du problème pour le mettre en relation avec les résultats des autres chercheurs.

2.2.3 Étape de l'élaboration de l'idée de solution

Lors de l'élaboration de l'idée de solution, il faut étayer la solution retenue en présentant l'ensemble de ses caractéristiques. Il ne s'agit donc pas de résoudre les problèmes techniques liés à la mise en œuvre de la solution, mais bien d'en énumérer les propriétés essentielles, en se basant sur l'analyse conceptuelle ou sur les considérations théoriques précédemment effectuées.

2.2.4 Étape du modèle d'action

Le rôle du modèle d'action est d'opérationnaliser l'idée, c'est-à-dire de la préciser suffisamment pour être en mesure de la concevoir techniquement. Il s'agit donc de tenter d'anticiper et de résoudre à l'avance les problèmes d'ordre technique et d'ordre conceptuel qui pourraient apparaître afin de rendre la réalisation du prototype aussi simple que possible.

2.2.5 Étape du prototype

Le prototype correspond à la première version concrète du système développé. Ce n'est pas encore une version définitive, mais plutôt une version suffisamment fonctionnelle pour nous permettre de procéder à une première mise à l'essai.

2.2.6 Étape de la mise à l'essai fonctionnelle

La mise à l'essai fonctionnelle a pour but de vérifier que le prototype fonctionne. Elle se fait généralement en laboratoire et permet de mettre en évidence les modifications nécessaires pour qu'il y ait adéquation formelle entre le modèle d'action et le prototype. C'est aussi le moment de modifier le modèle d'action pour corriger les problèmes de tous ordres mis en évidence lors du développement. Cette étape est réalisée par différents experts.

2.2.7 Étape de la mise à l'essai empirique

La mise à l'essai empirique s'apparente à une démarche inductive où les objectifs et les variables à considérer ne sont pas fixés d'emblée, mais doivent plutôt apparaître au fur et à mesure de la mise à l'essai. La mise à l'essai empirique poursuit deux objectifs principaux : premièrement de fournir des informations sur l'interaction de l'élève avec le prototype afin de réviser celui-ci et deuxièmement de dégager des objectifs précis avant la mise à l'essai systématique. Elle utilise pour cela une méthode dialectique entre l'élève et le professeur pour faire apparaître, chez l'élève, des explications sur le phénomène expérimenté et, chez le professeur, des attitudes et des suggestions pour guider l'élève dans sa démarche.

Lors de la mise à l'essai empirique, nous profiterons du fait que les élèves travaillent avec l'environnement d'ExAO pour mesurer si, suite à l'utilisation de celui-ci, ils ont une meilleure compréhension du langage de codage graphique. Pour ce faire, nous utiliserons un prétest et un post-test. Ceux-ci seront administrés au groupe expérimental ainsi qu'à

un groupe témoin. L'utilisation d'un groupe témoin nous permettra de déterminer si c'est l'utilisation de l'environnement qui a conduit à une augmentation des résultats, s'il y a lieu, et non le fait d'avoir passé le test deux fois.

2.2.8 Étape de la mise à l'essai systématique

Dans le cadre du modèle de recherche choisi, la mise à l'essai systématique est surtout utilisée pour les productions à grande échelle. Elle s'apparente à une recherche expérimentale qui a pour but de vérifier le modèle d'action et peut entraîner l'invalidation de ce modèle. Dans le cadre de ce mémoire, la mise à l'essai systématique ne sera effectuée. Puisque que cette mise à l'essai s'effectue à grande échelle, elle pourrait faire l'objet d'une autre recherche. Cette perspective sera discuter au chapitre 6.

Ce modèle de recherche convient particulièrement à ce projet puisqu'il permet de débiter la recherche de développement par une idée jugée intéressante pour ensuite l'enrichir à partir des résultats de la recherches (ex : pédagogie, ExAO, langage graphique). La présence et les possibilités des TIC nous incitent à étudier leur potentiel didactique en science et en technologie au primaire.

2.2.9 Le modèle de Nonnon appliqué à notre recherche

Nonnon (1993) émet cinq recommandations concernant la recherche de développement :

1. Pour ce qui est de son origine, la recherche de développement technologique n'a pas à découler systématiquement de la recherche expérimentale ou de la recherche appliquée ; elle peut être initiée à partir d'une idée. Dans ce cas, pour donner un statut universitaire à ce type de recherche, il est nécessaire d'éclairer ou d'enrichir cette idée initiale avec les théories éducatives en vigueur.
2. La démarche la plus importante de ce type de recherche est la conception et la construction du système technologique lui-même. Elle se reflétera par la description de cette démarche de conception, explicitant les caractéristiques et les fonctionnalités du modèle d'action en parallèle avec celles du prototype.
3. Les deux premières phases de mise à l'essai, soit la mise à l'essai fonctionnelle et la mise à l'essai empirique, sont surtout destinées à améliorer le prototype, alors que la troisième étape, la mise à l'essai systématique, est destinée principalement à valider et à améliorer le modèle d'action.

4. La conclusion donnera une place importante à la justification des modifications et des améliorations à apporter au prototype et au modèle d'action. Elle pourrait aussi amener le chercheur à faire une contribution théorique en formulant des hypothèses, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles avenues de recherche.

Cette recherche utilisera le modèle recherche de Nonnon en débutant par une *idée initiale* et des *considérations théoriques*. L'idée initiale a déjà été abordée dans le chapitre 1. Dans le chapitre suivant, l'idée initiale sera enrichie par des considérations théoriques issues de la recherche. C'est au chapitre 4 que l'idée initiale sera élaborée davantage. Finalement, le modèle d'action sera présenté au chapitre 5 à savoir comment passer de l'idée initiale au prototype. Le chapitre 6 présentera le prototype, les résultats obtenus lors des différentes mises à l'essai et les modifications apportées suite à celles-ci. C'est dans ce chapitre que les résultats concernant l'impact de l'environnement sur les apprentissages du langage de codage graphique.

CHAPITRE III

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Dans ce chapitre, les considérations théoriques¹ jugées essentielles seront présentées afin de soutenir l'idée de solution. Suite à la présentation des différentes considérations théoriques, les aspects qui seront réinvestis dans l'élaboration de l'environnement d'apprentissage seront présentés.

3.1 Les langages utilisés en science et en technologie

Le Programme de formation de l'école québécoise (Ministère de l'éducation, 2001) accorde une grande place au langage dans le domaine de la mathématique, de la science et de la technologie. En effet, le premier des apprentissages communs à la mathématique, à la science et à la technologie est énoncé comme suit :

Saisir et transmettre clairement de l'information au moyen du langage approprié à la mathématique, à celui de la science ou à celui de la technologie : terminologie, graphisme, notation, symbolisme et codification. (p.122)

Dans le PFEQ (Gouvernement du Québec, 2001), le langage fait aussi parti d'une compétence disciplinaire en science et en technologie. En effet, la compétence 3 est écrite comme suit : « communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie ». Les critères d'évaluation de cette compétence demande à l'élève d'être capable de

1. Dans le cas où la recherche débute directement par une idée potentiellement intéressante, il est nécessaire d'enrichir celle-ci avec des théories existantes et des considérations théoriques, dans le but de la préciser, la modifier ou de la rejeter.(Nonnon, 1993)

comprendre et de transmettre de l'information de nature scientifique et technologique.
(p.155)

Le langage se définit comme étant la fonction d'expression de la pensée et de la communication entre les hommes, mise en œuvre au moyen d'un système de signes vocaux et éventuellement de signes graphiques. Pour Legendre (2005),

Le langage est la caractéristique humaine la plus distinctive. Non seulement il actualise un mode de communication nettement inaccessible aux autres espèces, mais il constitue aussi le médium de la pensée et de l'apprentissage. Le langage permet de tirer profit de l'expérience en la réorganisant sous la forme de concepts et de généralisations hiérarchisées. Bien plus, par le langage, chacun peut exprimer la représentation qu'il se fait de son expérience et en vérifier ainsi la justesse et la pertinence. L'expression des concepts et des généralisations est une composante essentielle de l'apprentissage humain.
(p.824)

Thouin (1996), quant à lui, mentionne qu'apprendre les sciences c'est avant tout apprendre un langage permettant d'exprimer des observations, des concepts et des modèles. Vergnaud (1991) exprime l'idée que l'apprentissage des mathématiques et des concepts scientifiques est étroitement lié à la maîtrise du langage naturel et symbolique.

Bernadz (1990) souligne que les mathématiques ne sont accessibles que par trois modes d'expression majeurs, le langage naturel, le langage symbolique et le langage graphique. La définition de ces trois langages a été adaptée par De Serres et Groleau (1997) afin qu'elles puissent convenir aux disciplines scientifiques.

Le langage naturel c'est l'ensemble des termes courants et scientifiques. Leur organisation est soumise aux règles de grammaire. Les phrases suivantes en sont des exemples : dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide par l'accélération ; un atome de carbone est composé de protons, d'électrons et de neutrons.

Le langage symbolique c'est l'ensemble des symboles et des règles qui régissent leur utilisation. Voici quelques exemples de symboles utilisés en mathématique et en science : km, m, cm, 1, 2, 3, H, O, Na, Cl, (), etc. En regroupant adéquatement ces symboles, on parvient à formuler des phrases qui ont du sens pour les différentes disciplines scientifiques (ex : $F=ma$, NaCl).

Le langage graphique c'est l'ensemble des éléments visuels (ex : ligne, point, flèche, figure géométrique) ainsi que les conventions qui régissent leur agencement. En mathématique et en science, il existe une innombrable quantité de représentations graphiques. Parmi eux notons les figures géométriques, les graphiques cartésiens, les schémas, les graphiques à bande, etc.

Le langage de codage graphique fait parti du langage graphique. Il englobe les graphiques proprement dit ainsi que tous les éléments s'y rapportant abscisse, ordonné, échelle des axes, légendes, pente, maximum, etc. C'est le développement des concepts reliés au langage de codage graphique chez les élèves du troisième cycle primaire que vise cette recherche. Étant donné, l'importance du langage de codage graphique dans cette recherche nous lui avons consacré le point suivant.

3.2 L'importance de maîtriser le langage de codage graphique

En mathématique, en science et en technologie, la présence de plusieurs langages rend la communication beaucoup plus complexe que dans les disciplines où seul le langage naturel est utilisé. De Serres et coll. (2003), mentionnent que pour être en mesure de suivre un discours ou un texte scientifique, il faut non seulement maîtriser la terminologie, mais aussi les autres modes d'expression. Il faut être en mesure de décoder les schémas, les formules, les graphiques, etc. À défaut de connaître ces codes, il est impossible de saisir la totalité du message.

Morkos et Tinker (1987) mentionnent que le langage de codage graphique est particulièrement bien adapté pour transmettre des données expérimentales et par le fait même est le moyen de communication préféré des scientifiques. Le graphique est un instrument-clé en science car il permet de mettre en relation deux variables ou plus, et ce, avec un très grand nombre de données expérimentales.

MacKenzie et Padilla (1984) vont dans le même sens en affirmant que les graphiques sont des outils importants pour permettre aux élèves de prédire les relations entre différentes variables et pour justifier la nature de celles-ci. Cela suggère un lien entre l'habileté à

interpréter les graphiques et la compréhension des relations qui existent entre certains concepts scientifiques.

De nombreux auteurs ont déjà soulevé l'importance de maîtriser les concepts reliés aux graphiques. Lerouge (1993) affirme que les graphiques, et plus particulièrement la représentation cartésienne, se retrouvent dans la plupart des disciplines et jouent un rôle crucial en mathématique.

À ce sujet, Janvier (1981a) soutient que les graphiques servent à construire des concepts très complexes comme, par exemple, la pente, la dérivée et la variation qui feront l'objet d'un enseignement formel plus tard. De plus, ils peuvent aussi servir de support intuitif à l'utilisation de concepts mathématiques plus abstraits.

Un autre argument venant appuyer l'importance des graphiques est apporté par Kieran, Boileau et Garançon (1996). Selon eux, les graphiques permettent aux élèves d'avoir une vue globale d'un certain phénomène. Fournier (2001) a montré que le graphique pouvait être un outil intéressant pour comprendre les variables physiques et ainsi établir de lien entre le réel et le symbolique.

De plus, Brassel (1990) souligne un aspect important en mentionnant que les graphiques sont des systèmes d'informations denses comparativement au langage verbal. En effet, un graphique bien réalisé peut facilement montrer une information complexe qui prendrait plusieurs paragraphes pour être décrite. Cela pourrait représenter un problème pour les élèves. En effet, dans le cas d'un graphique très complexe, les nombreuses informations sont «condensées» en une seule représentation et cela peut devenir difficile à décoder pour les élèves.

Les graphiques peuvent servir à construire un sens au concept de variable, en autant que le travail mette l'accent sur l'idée de variation et de dépendance (Heid, 1996). Par exemple, sur un graphique de la température en fonction du temps, il ne faut pas regarder uniquement les changements de la température mais sa variation. C'est-à-dire observer les changements de la température en fonction du temps.

Il ne s'agit pas uniquement de décoder les différentes informations que nous trouvons sur le graphique, il faut aussi être capable de prédire le phénomène physique qui est représenté par le graphique. Comme le soulignent Beaufiles, Le Touzé et Richoux (1996), il s'agit « d'une image pour faire et non d'une image pour montrer [...] ce n'est pas l'image que l'étudiant doit voir mais le phénomène physique. »

Le langage de codage graphique est un outil puissant et particulièrement bien adapté à la présentation de données expérimentales. De plus, le langage de codage graphique peut servir à construire le concept de variable chez les élèves ainsi qu'une vision globale d'un phénomène donné. La prochaine section s'attardera à la compréhension du langage de codage graphique.

3.3 La compréhension du langage de codage graphique

Rogers (1995) considère différents niveaux dans la compréhension d'un graphique.

Voir le graphique qualitativement : par la forme du graphique, les élèves peuvent d'un seul coup d'œil voir les changements (progression régulière ou changement brutal) et peuvent ainsi porter leur attention sur certaines parties intéressantes.

Lire les valeurs : ce second niveau doit amener l'élève à passer à une étape quantitative pour pouvoir lire les valeurs numériques associées à un point donné.

Décrire une variable : les élèves doivent non seulement obtenir l'information d'un graphique mais aussi attacher une signification à cette information. À cette étape, au moins deux informations doivent être prises sur le graphique afin de les comparer.

Relier les variables : les élèves doivent identifier le rapport qui existe entre les différentes variables mises en jeu.

Faire des prédictions : une fois la relation causale établie, l'élève devrait être capable d'interpoler et d'extrapoler les données trouvées précédemment.

Traduire les descriptions sous une forme mathématique : cette dernière étape doit permettre à l'élève de relier mathématiquement les variables en établissant leur relation sous une forme algébrique.

Les étapes vues précédemment seront abordées à travers ce que Janvier (1981b) appelle les caractéristiques globales. Celles-ci désignent les caractéristiques qui sont reliées à un intervalle ou qui ne peuvent être appréhendées que par un processus qui dépasse le point par point. En voici quelques-unes (Janvier, 1981b) :

- Intervalle de croissance
- Maximum et minimum
- Intervalle ou une variable plus ou moins grande qu'une constante donnée
- Cycle et périodicité
- Taux de variation constant
- Changement dans le taux de variation
- Interpolation et extrapolation
- Plusieurs courbes sur un même graphique

Linn, Layman et Nachmias (1987) mentionnent que pour être capable d'interpréter un graphique, il faut que les élèves soient capables d'identifier certaines composantes du graphique (ex : le titre, les axes, les unités, l'intervalle, les variables) et d'identifier la signification de la représentation graphique (ex : repérer une valeur précise et reconnaître les tendances du graphique ; augmentation, diminution). Interpréter les graphiques selon ces différentes caractéristiques demande certaines habiletés. Par exemple : évaluer, comparer, détecter, approximer, repérer, etc.

La compréhension du langage de codage graphique est un aspect primordial pour cette recherche car c'est ce que vise à développer l'environnement d'apprentissage développé. Comprendre un graphique, c'est en saisir le sens. Pour en être capable, il faut que les élèves déploient des habiletés intellectuelles de haut niveau : évaluer, analyser et synthétiser.

3.4 Les difficultés rencontrées dans la compréhension des graphiques

De nombreux chercheurs (Brassel, 1987, Morkos et Tinker, 1987, Girouard, 1998, Janvier, 1981b, Nonnon 1986) ont identifié deux erreurs communes que font les élèves de niveau secondaire et les étudiants de niveau collégial en interprétant les graphiques.

Premièrement, ils perçoivent le graphique comme une image. C'est-à-dire qu'ils s'attendent à ce que le graphique soit une image du phénomène qu'il décrit. En cinématique, ceci peut avoir la conséquence suivante : l'étudiant qui interprète un graphique de la distance en fonction du temps le voit plutôt comme une carte routière. L'axe horizontal représentant la direction du mouvement plutôt que le temps qui passe.

Morkos et Tinker (1987) pensent que cette confusion viendrait peut-être du fait que les premiers graphiques auxquels les élèves sont confrontés sont des pictogrammes, des graphiques à bandes et des graphiques circulaires qui peuvent être perçus comme des images sans que cela cause de difficultés. Ensuite, lorsque qu'arrivent les graphiques cartésiens les élèves les perçoivent eux aussi comme des images ce qui entraîne des difficultés comme celles citées plus haut.

La deuxième erreur souvent faite par les élèves est l'inversion entre hauteur du graphique et pente de celui-ci. Dans ce cas, les élèves utilisent la hauteur du graphique en un point alors qu'ils devraient utiliser la pente de la tangente à ce point. Brassel (1987) a montré qu'il était possible de corriger cette erreur facilement grâce à quelques séances de laboratoire en utilisant l'expérimentation assistée par ordinateur. Ces deux erreurs d'interprétation des graphiques ont été constatées autant chez des élèves de niveau secondaire que chez ceux du collégial.

Il est pertinent de relever que les difficultés dans la compréhension du langage de codage graphique sont assez répandues au secondaire et au collégial. Il est donc pertinent de mettre les élèves du primaire en contact avec ce type de graphique et de travailler l'interprétation du langage de codage graphique. De plus, la structuration des concepts scientifiques passe par la maîtrise du langage.

3.5 Modèles pour l'enseignement des sciences au primaire

La plupart des travaux actuels sur la didactique de la science et de la technologie s'entendent assez bien sur l'aspect constructiviste de l'apprentissage. « On reconnaît largement que la compréhension est quelque chose qui ne se transmet pas et qui ne peut s'opérer que moyennant la participation centrale de l'apprenant. » (Astolfi et Develay, 2002)

Astolfi et Develay (2002), présentent deux façons de voir l'initiation scientifique ; toutes deux débutants avec en arrière-plan les stades de développement proposés par Piaget.

Les tenants de la première façon croient que pour pouvoir réaliser un raisonnement expérimental complet (de l'hypothèse à la conclusion), il faut avoir atteint le stade de la pensée formelle vers 12 ans. C'est-à-dire avoir acquis la maîtrise des raisonnements hypothético-déductifs. Par le fait même, ils ne préconisent pas de faire vivre des démarches expérimentales aux élèves qui n'ont pas atteint ce stade.

Les tenants de la deuxième façon supposent que les structures cognitives ne se développent pas sans une pratique susceptible de les stimuler. Il est clair que les élèves qui n'ont pas atteint le stade de la pensée formelle ne pourront pas mener une démarche expérimentale partant de l'hypothèse au résultat puis retour à l'hypothèse en tenant compte des résultats. Cependant, Astolfi et Develay (2002) soutiennent qu'on peut aborder la démarche expérimentale sous un autre angle soit celui de la séparation des variables par comparaison de différentes situations. Cette façon d'aborder la démarche expérimentale fait appel à la pensée catégorielle qui est maîtrisée par les enfants avant la pensée formelle.

La seconde [façon] ne nie pas l'acquisition des connaissances mais les subordonnent au « moteur » de l'activité de recherche que constituent le questionnement, la curiosité, le désir de chercher des réponses par son investigation propre et les échanges entre pairs. (Astolfi et Develay, 2002, p.70)

La démarche expérimentale la plus répandue dans les milieux scolaires est l'approche OHÉRIC. Elle est souvent perçue, à tort, comme étant la recette pour produire de « bons petits scientifiques ». La description de cette approche pourrait se résumer ainsi : **O**bserver, émettre une **H**ypothèse, **E**xpérimenter, constater les **R**ésultats, **I**nterpréter les résultats et finalement **C**onclure.

Cette approche, par sa linéarité, a l'avantage de rassurer les enseignants mais elle ne reflète pas la richesse véritable de la recherche scientifique. La démarche OHÉRIC est une reconstruction à posteriori d'une découverte. Ce modèle ne tient pas compte de tous les allers-retours entre question-hypothèse-expérimentation. Quelle devrait donc être la démarche expérimentale en science et technologie au primaire ?

Pour faire de la science au primaire, Toussaint et coll. (1996) suggèrent le modèle par investigation-structuration issu des travaux de recherche à l'Institut National de Recherche Pédagogique (INRP) en France. Ce modèle est basé sur les prémisses suivantes :

- l'apprentissage ne remplit pas un vide ;
- l'apprentissage doit être signifiant ;
- l'apprentissage doit aboutir à des constructions conceptuelles.

En suivant ce modèle, les enseignants sont amenés à concevoir différentes séquences.

Cinq moments essentiels de ce modèle ont été identifiés.

- 1. Choix d'une situation de départ :** le choix d'une situation de départ est fait par l'enseignant en fonction du programme de formation et des élèves à qui s'adressent la situation.
- 2. Formulation du questionnement :** l'enseignant guide les élèves pour les orienter vers la formulation de questions qui se prêtent bien à une démarche constructive et qui permettent des apprentissages appropriés en fonction du programme. C'est aussi à ce moment que l'enseignant fait émerger les conceptions initiales des élèves. Il peut éventuellement confronter leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation du problème soulevé.

3. **Élaboration des hypothèses et conception de l'investigation à réaliser** : guidés par l'enseignant, les groupes d'élèves formulent des hypothèses et élaborent des protocoles destinés à valider ou invalider les hypothèses. Les élèves consignent par écrits les hypothèses et les protocoles afin de conserver des traces de leur démarche.
4. **Investigation conduite par les élèves** : les groupes d'élèves mettent en œuvre leur protocole d'expérience. Les élèves conservent des traces écrites de la réalisation de leur expérience ainsi que de leurs résultats.
5. **Acquisition et structuration des connaissances** : les résultats obtenus par les divers groupes sont comparés et mis en relation. Ils sont confrontés avec le savoir établi. Il y a une recherche effectuée sur les facteurs qui ont pu causer des différences entre les résultats. Il y a aussi une analyse critique des expériences faites. Cela peut aboutir sur des expériences complémentaires. Finalement, les élèves consignent dans leurs mots les nouvelles connaissances acquises. Ils peuvent préparer des productions destinées à une communication des résultats (ex : graphique, texte, maquette, document multimédia).

L'ordre dans lequel se déroule une activité d'apprentissage n'est pas nécessairement linéaire. En fonction des sujets abordés, un aller-retour entre ces moments est tout à fait souhaitable. Cependant, chacune des phases identifiées est essentielle pour garantir une investigation réussie de la part des élèves.

Dans un modèle d'apprentissage par investigation-structuration l'enseignant anime, relance, conseille, présente certaines exigences reliées à la situation. Il observe en laissant les élèves autonomes. De plus, il oriente l'activité de manipulation de manière indirecte par des suggestions ou des apports qui modifient l'activité. Il facilite les échanges entre groupes, reformule ce qui est dit et fait. Il provoque des moments d'explications, de vérification et de confrontation (Astolfi et Develay, 2002).

Ce modèle est utilisé dans le projet «La main à la pâte» en France et a été repris au Québec par le projet «Éclairs de sciences» développé par l'Île du savoir. L'île du savoir est une vaste opération de promotion de la science et de la technologie auprès des jeunes de l'île de Montréal.

3.6 L'importance des activités de laboratoire dans l'enseignement de la science et de la technologie

Pour Berger et al. (1994) l'acquisition des connaissances et l'apprentissage de la démarche scientifique passent prioritairement par la réalisation d'activités de laboratoire. À ce sujet, Nonnon (1985) écrivait :

Nous sommes aussi convaincu qu'il est essentiel, surtout dans des activités d'éveil scientifique, de donner la prééminence à la réalité et de permettre l'investigation de celle-ci par l'expérimentation directe en laboratoire (Nonnon, 1985 dans Fournier 2001, p.87)

Lazarowitz et Tamir (1994) ont fait une recension des écrits et présentent les quatre facteurs nécessaires pour que l'enseignement des sciences via le laboratoire soit profitable aux élèves.

1. Les activités de laboratoire doivent présenter des expériences concrètes et des opportunités aux élèves de confronter leurs conceptions erronées.
2. Les activités de laboratoire doivent présenter aux élèves la possibilité de manipuler des données à travers l'utilisation d'ordinateurs.
3. Les activités de laboratoire doivent permettre aux élèves de développer leur pensée logique et leur habileté à organiser.
4. Les activités de laboratoire doivent fournir aux élèves des situations où ils ont l'occasion de développer leur valeur et ce spécialement en ce qui concerne la nature de la science.

Les positions des auteurs cités précédemment vont dans le même sens que ce qui est proposé par le Programme de formation de l'école québécoise. Bien que l'on ne parle pas de laboratoire proprement dit au primaire, les activités de manipulation occupent une place importante dans le programme comme le montre ces deux extraits.

...ces notions, dont le choix est laissé à l'initiative de l'enseignant, doivent être abordées par le biais de problématiques concrètes explorées par les élèves à l'aide de matériel de manipulation. (p.157)

...à l'aide d'observation et de manipulations simples, il [élève] aborde divers problèmes en utilisant des instruments, outils et techniques adaptés à la situation. (p.150)

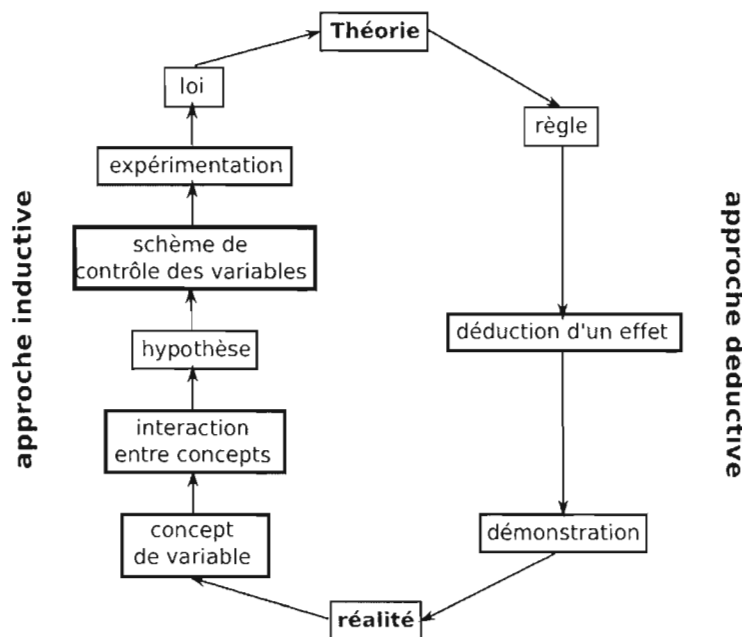


Figure 3.1
Démarche inductive et déductive

Ainsi, les activités de laboratoire sont essentielles à l'apprentissage de la science et de la technologie. Cependant, il faut gérer ces laboratoires de manière à permettre un apprentissage inductif de la part des élèves. La logique inductive conçoit des représentations générales à partir de faits particuliers, ce qui correspond à l'approche proposée par le PFEQ. À l'opposé, la logique déductive, se base sur des axiomes ou des définitions afin de les appliquer à la réalité (figure 3.1).

En somme, l'activité scientifique en laboratoire (ou de manipulation) est primordiale pour la compréhension des concepts scientifiques puisqu'elle permet aux élèves de manipuler, d'essayer, de confronter leurs conceptions, d'analyser, etc. Au primaire les élèves n'ont généralement pas encore atteint la stade de la pensée formelle leur permettant de travailler avec des abstractions. Il est donc important de les faire travailler avec le réel.

3.7 L'utilisation des TIC dans l'enseignement de la science et de la technologie

La compétence transversale 6, exploiter les technologies de l'information et de la communication, oblige l'intégration des TIC à l'apprentissage. Cette présence des TIC dans le PFEQ représente une occasion intéressante pour l'enseignement de la science et de la technologie. En effet, la présence d'ordinateurs dans les écoles permet d'automatiser certaines tâches qui étaient jusqu'ici effectuées manuellement. Lorsque la technologie prend en charge une partie du travail, par exemple, dans le cas de l'ExAO elle collecte les données et trace le graphique associé, cela permet aux élèves de se concentrer sur la compréhension des concepts plutôt que sur l'aspect technique de l'activité d'apprentissage. L'utilisation de la technologie diminue donc la charge cognitive de l'élève en le libérant de certaines tâches. Cela lui permet d'avoir plus de disponibilité pour la compréhension des concepts. De plus, l'informatique permet de simuler des expériences qui, au niveau scolaire, étaient abordées uniquement de façon théorique (explosion, échanges thermiques, mouvement des électrons). Ces nouvelles possibilités permettent d'améliorer l'enseignement de la science et de la technologie dans les écoles.

En éducation, l'utilisation de l'ordinateur était vue traditionnellement comme un objet d'apprentissage, c'est-à-dire la compréhension même du fonctionnement de l'ordinateur, le système binaire, les langages de programmation, les réseaux, les serveurs, le génie logiciel, etc.

L'ordinateur est aussi vu comme un outil d'apprentissage. C'est-à-dire, l'utilisation des TIC par les différentes disciplines pour donner une plus-value à l'apprentissage des élèves. Par exemple, l'utilisation d'un chiffrier électronique pour compiler les données d'un sondage, l'utilisation d'un traitement de texte pour produire un rapport de laboratoire ou encore, l'utilisation d'un diaporama pour une présentation. Toussaint et coll. (1996) affirment que c'est surtout le deuxième point de vue qui prévaut dans l'enseignement de la science et de la technologie à savoir l'ordinateur comme outil d'apprentissage.

Berger et al. (1994) proposent de subdiviser l'utilisation qui est faite de l'ordinateur par les disciplines en quatre catégories.

1. **Les didacticiels** sont généralement des logiciels qui proposent des exercices, des jeux et des liens multimédias destinés à être consultés par les élèves.
2. **Les interfaces d'évaluation** sont essentiellement des tests administrés aux élèves par le biais de l'ordinateur en vue de les évaluer ou de les diriger vers des ressources appropriées.
3. **Les simulations assistées par ordinateur** modélisent des phénomènes réels avec lesquels les élèves peuvent interagir.
4. **L'expérimentation assistée par ordinateur** est un concept qui comprend l'ensemble du matériel et des logiciels permettant l'acquisition, le traitement et l'affichage des données issu d'une expérience et ce en temps réel grâce à l'ordinateur.

Pour Leonard (1990), les deux catégories qui se prêtent le mieux à l'enseignement de la science et de la technologie sont les simulations et les expérimentations assistées par ordinateur. En effet, alors que les didacticiels et les interfaces reproduisent sur des supports informatiques des activités déjà présentes en classe de science, les simulations et les expérimentations assistées par ordinateur ouvrent la voie à de nouvelles activités recourant à la logique inductive.

Selon Toussaint et coll. (1996), les simulations permettent de reproduire des expériences de laboratoire (titrage) et des procédés industriels (moulage de plastique). On peut aussi simuler des phénomènes trop dangereux (explosion), trop lents (échange thermique), trop rapides (électronique, mouvement des électrons), trop grands (mouvement des planètes) que l'on aurait difficilement pu expérimenter.

Quant à elles, les expérimentations assistées par ordinateur sont pertinentes dû au fait de leur interaction avec le réel. Les dispositifs utilisés permettent l'acquisition d'une grande quantité de données et cela sur une longue période tout en réduisant au maximum le risque d'erreur. Avec l'étude des phénomènes en temps réel, les élèves associent plus fortement le phénomène physique et sa représentation graphique (Toussaint et coll, 1996).

Le concept de lunette cognitive (figure 3.2) développée par Nonnon (1986) fait ressortir cette interaction entre le phénomène réel et sa représentation graphique en temps réel. Par cette approche, l'élève développe des outils cognitifs significatifs.

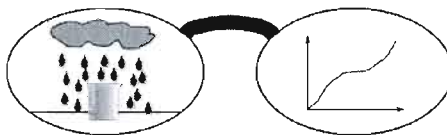


Figure 3.2

Illustration du concept de lunette cognitive de Nonnon (1986)

D'ailleurs, Wise (1988) qui a recensé 26 études effectuées entre 1982 et 1988 sur l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement de la science et de la technologie constate que c'est l'ExAO, qui parmi les différentes utilisations de l'ordinateur, offre le gain le plus significatif sur l'apprentissage.

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont des outils d'apprentissage particulièrement bien adaptés à l'enseignement de la science et de la technologie puisqu'elles permettent d'automatiser certaines tâches fastidieuses et ainsi laisser plus de temps à la compréhension des concepts. De plus, parmi les nombreuses utilisations possibles des TIC dans les cours de science et de technologie, l'ExAO semble avoir le plus grand impact sur l'apprentissage.

3.8 Les bénéfices associés à l'ExAO

L'avantage principal du dispositif d'ExAO est sans aucun doute la possibilité qu'il offre de réduire au minimum les tâches fastidieuses que sont la prise de données et le tracé des graphiques. Selon Rogers (1995) l'ExAO possède un grand potentiel pour permettre aux élèves de mettre plus d'emphasis sur l'interprétation des graphiques plutôt que sur la prise de données pour les réaliser. Il résume les avantages du dispositif ExAO comme suit :

1. Les données acquises sont immédiatement affichées à l'écran ce qui permet aux élèves d'associer plus facilement le phénomène réel et sa représentation graphique ;

2. L'analyse qualitative précède l'analyse quantitative du graphique ;
3. Les élèves ont plus de temps pour observer attentivement le phénomène de l'expérience puisque c'est l'ordinateur qui effectue la prise de données ;
4. L'analyse des graphiques devient beaucoup plus interactive car les élèves sont encouragés à reprendre l'expérience en changeant les variables et à en observer l'impact sur la représentation graphique.

Nachmias (1989) présente une liste de sept contributions de l'ExAO à l'apprentissage.

1. L'ExAO permet d'envisager le phénomène complet.
2. L'ExAO permet de représenter graphiquement le phénomène dans un délai très court.
3. L'ExAO permet l'observation de plusieurs représentations d'un même phénomène.
4. L'ExAO permet la prise de plusieurs mesures en même temps grâce à plusieurs capteurs.
5. L'ExAO permet à l'élève d'avoir plus de temps pour réfléchir car elle le libère de l'aspect technique.
6. L'interaction constante de l'élève avec l'ordinateur peut mettre en évidence les conceptions de l'élève.
7. Le seul fait d'utiliser l'ordinateur peut avoir un effet motivant pour certains élèves.

En automatisant l'acquisition des données et la réalisation de la représentation graphique, l'ExAO permet à l'élève de gagner du temps lors de la prise de données pour le réinvestir lors de l'analyse et de l'interprétation des données. Il est donc possible pour l'élève d'établir sa démarche, de la vivre, de la rectifier, et d'en faire la synthèse dans un temps relativement court.

De plus, il est possible pour l'élève de recommencer rapidement l'expérimentation en changeant soit une ou plusieurs variables et cela sans perdre sa motivation puisque c'est l'ordinateur qui recommence le travail ardu de la prise de données et de la représentation graphique. Il est donc permis de penser qu'il est possible de réaliser une démarche inductive dans un temps raisonnable.

Les avantages de l'ExAO sont directement liés aux possibilités graphiques de l'ordinateur et à sa rapidité à traiter et à afficher les données issues des capteurs. De nombreuses études citées ont montré qu'il était possible de faire des gains importants concernant

la compréhension du langage de codage graphique en utilisant l'ExAO comme outil pédagogique.

Girouard (1998) a ainsi observé une augmentation significative des résultats aux examens de physique du programme d'éducation des adultes pour les élèves qui avaient été soumis au gymnase scientifique. Le gymnase scientifique est un environnement conçu sur le concept de la lunette cognitive.

Brassel (1987), quant à elle, a trouvé un lien signifiant entre utilisation de la représentation graphique en temps réel et la compréhension des concepts de distance et de vitesse. De plus, il est intéressant de constater qu'elle a remarqué que les avantages de la représentation graphique en temps réel disparaissaient si elle introduisait un délai de 20 secondes entre le phénomène réel et sa représentation graphique.

Mokros et Tinker (1987) avancent que l'ExAO est un outil puissant pour l'enseignement des graphiques pour les quatre raisons suivantes :

1. L'ExAO utilise plusieurs modes d'apprentissage, ainsi plusieurs sens peuvent être mis à contribution (ex : les élèves manipulent le matériel scientifique, ils voient une représentation graphique).
2. L'ExAO offre un lien en temps réel entre le réel et l'abstrait. La représentation graphique étant pratiquement instantanée, il se crée un pont entre le phénomène et sa représentation.
3. L'ExAO se produit dans un contexte qui donne du sens aux apprentissages, le phénomène réel étant nécessaire pour utiliser l'ExAO les élèves se retrouvent donc dans un environnement d'apprentissage qu'ils comprennent et qu'ils contrôlent.
4. L'ExAO élimine les tâches fastidieuses de la réalisation d'un graphique car c'est l'ordinateur qui traite les données ce qui laisse aux élèves davantage de temps pour réfléchir sur la signification du graphique et ainsi en comprendre le sens.

L'ExAO offre la possibilité d'utiliser une approche aussi bien inductive que déductive. Elle offre aussi la possibilité de travailler dans deux registres : celui du réel et celui du symbolique. L'ExAO permet aux élèves d'avoir plus de disponibilités cognitives pour l'apprentissage des concepts reliés au graphique puisqu'elle élimine les tâches répétitives et ardues que sont la prise des données et le tracé du graphique et par le fait même élimine les délais entre l'expérience et sa représentation graphique.

3.9 Conclusion du chapitre

L'utilisation de l'ExAO permet aux élèves d'avoir du pouvoir sur leur situation d'apprentissage. C'est-à-dire qu'ils peuvent expérimenter, observer et déduire à maintes reprises dans un court laps de temps. L'ExAO permet aux élèves d'avoir une rétroaction en temps réel sur ce qu'ils expérimentent. De plus, l'ExAO libère les élèves des tâches fastidieuses que sont la prise des données et le tracé des graphiques, ils ont alors plus de temps pour apprendre ce que le graphique dit et représente. Le graphique devient alors un puissant outil cognitif pour exprimer ses idées et comprendre divers phénomènes.

Suite à la présentation des considérations théoriques, voici un résumé des points importants qui serviront de cadre à l'élaboration de l'environnement d'apprentissage.

1. L'importance d'une bonne compréhension du langage de codage graphique pour comprendre les discours mathématiques, scientifiques et technologiques.
2. La présence du Programme de formation de l'école québécoise qui nous amène à proposer aux élèves des activités signifiantes dans lesquelles ils auront la possibilité de développer leurs compétence en résolution de problèmes et en communication.
3. Des recherches antérieures faites sur l'ExAO ont montré qu'elles avaient un impact bénéfique sur l'apprentissage des graphiques au secondaire.
4. La présence d'ordinateurs dans les écoles primaires facilite le développement d'un environnement d'apprentissage basé sur l'ExAO.

Suite à cette exploration des considérations théoriques pouvant avoir un impact sur la conception de notre environnement d'apprentissage, rappelons nos trois objectifs de recherche.

Objectif 1 : Concevoir et développer un environnement d'ExAO pour l'enseignement de la science et de la technologie au troisième cycle primaire.

Objectif 2 : Évaluer l'appropriation que font les élèves de l'environnement.

Objectif 3 : Évaluer l'impact de l'utilisation de l'environnement sur l'apprentissage du langage de codage graphique.

CHAPITRE IV

ÉLABORATION DE L'IDÉE

La mise en parallèle de l'idée de solution avec les considérations théoriques a permis de constater que l'idée méritait d'être développée. Dans ce chapitre sur l'élaboration de l'idée¹ les caractéristiques de l'environnement d'apprentissage d'ExAO pour le troisième cycle primaire seront exposées. Celles-ci ont été établies en lien avec les considérations théoriques présentées au chapitre précédent.

4.1 L'environnement d'apprentissage d'un point de vue didactique et pédagogique

En nous référant aux différentes considérations vues au chapitre précédent, l'environnement d'apprentissage proposé sera basé sur l'ExAO puisqu'il s'agit d'un outil TIC qui semble prometteur pour le développement des concepts reliés au langage de codage graphique.

L'environnement d'apprentissage permettra aux élèves d'être actifs, c'est-à-dire qu'ils pourront agir sur l'environnement afin de vérifier leurs hypothèses et de les ajuster au besoin. Les activités d'apprentissage seront conçues de façon à maximiser les interactions

1. Lors de l'élaboration de l'idée de solution, il faut étayer la solution retenue en présentant l'ensemble de ses caractéristiques. Il ne s'agit donc pas de résoudre les problèmes techniques reliés à la mise en œuvre de la solution, mais bien d'en énumérer les propriétés essentielles, en se basant sur les considérations théoriques précédemment effectuées. (Nonnon, 1993)

entre les élèves et l'environnement. De plus, des moments de discussion avec l'enseignant seront prévus ce qui permettra aux élèves de structurer leur nouvelles connaissances.

Avant de débiter les activités d'apprentissage proprement dites, les élèves bénéficieront d'un moment d'exploration libre afin d'appriivoiser l'environnement d'apprentissage. Cela dans le but de diminuer l'effet nouveauté auprès des élèves.

Les activités d'apprentissage proposées aux élèves devront tenir compte du cycle induction-déduction pour permettre à l'élève de faire des hypothèses et de les vérifier (induction) puis de vérifier ses conclusions dans de nouvelles situations (déduction). Les activités seront présentées sur le modèle investigation - structuration qui a été présenté au chapitre précédent.

Tout au long des séances de travail, les élèves devront avoir un maximum d'interactions avec le système afin de pouvoir valider ou infirmer leurs hypothèses. Chacune des séances se terminera par une discussion de groupe afin de permettre aux élèves de partager leurs découvertes, leurs façons de faire, leurs difficultés, leurs réussites et les liens qu'ils établissent afin de favoriser l'intégration de leurs nouvelles connaissances.

De plus, les activités d'apprentissage tiendront compte du développement cognitif des élèves. C'est-à-dire que les élèves devront manipuler des objets réels tout en voyant leur représentation symbolique afin de favoriser le passage du stade opératoire concret au stade de la pensée formelle. Les variables utilisées dans les activités seront perceptibles par les sens, la luminosité, la profondeur et la température. Cela permettra aux élèves de percevoir le phénomène par leurs sens (opératoire concret) puis d'en voir la représentation symbolique grâce à l'ExAO (pensée formelle).

Finalement, la conception d'un environnement d'apprentissage de ce type correspond très bien à l'approche proposée dans le Programme de formation de l'école québécoise. En effet, l'environnement d'apprentissage basé sur l'ExAO respecte le contexte de réalisation du Programme de formation de l'école québécoise. (Gouvernement du Québec, 2001)

À l'aide d'observation et de manipulations simples, il [élève] aborde divers problèmes en utilisant des instruments, outils et techniques adaptés à la situation [...] il explore des pistes de solutions, formule des propositions de solutions, les met en œuvre et en évalue les résultats. (p.150)

De plus, cette approche permet à l'élève d'utiliser et de développer de nombreuses stratégies mise de l'avant par le Ministère de l'éducation dans son Programme de formation tel que :

- imaginer des solutions à un problème à partir de ses explications ;
- réfléchir sur ses erreurs afin d'en identifier la source ;
- faire appel à divers modes de raisonnement (ex : induire, déduire, inférer, comparer, classifier) ;
- recourir à des démarches empiriques (ex : tâtonnement, analyse, exploration à l'aide de ses sens) ;
- confronter différentes explications ou solutions possibles à un problème pour en évaluer la pertinence (ex : plénière). (p.161)

4.2 L'environnement d'apprentissage d'un point de vue technique

Le matériel nécessaire pour l'élaboration de l'environnement d'ExAO est le suivant : un ordinateur, une interface électronique qui fait le lien entre les capteurs et un logiciel qui traite les données et l'affichage graphique. Afin de mettre en place les aspects didactiques, et ainsi maximiser les apprentissages faits par les élèves, l'environnement d'ExAO devra répondre à certains critères techniques. Ce sont ces critères qui seront discutés dans la suite de cette section.

Le développement du logiciel part du principe qu'il doit fonctionner sur les ordinateurs que l'on retrouve dans les écoles primaires du Québec. De plus, le logiciel ne devra pas nécessiter trop de ressources systèmes car plusieurs écoles ont encore des laboratoires fonctionnant avec du matériel désuet.

Le système proposé devra être facile de prise en main puisque ce n'est pas l'apprentissage de l'informatique que nous visons mais l'utilisation de l'outil informatique pour réaliser

des apprentissages. Le logiciel devra comporter uniquement les fonctions nécessaires afin de faciliter son appropriation par les élèves et les enseignants.

4.2.1 Les caractéristiques du logiciel

Les détails des fonctions jugées nécessaires au logiciel afin de développer les habiletés intellectuelles reliées au langage de codage graphique sont présentées dans les paragraphes qui suivent.

Le logiciel comporte quatre modes qui ont chacun leur fonction propre. Ces quatre modes se retrouvent dans la plupart des logiciels d'ExAO. Le nombre de fonctions de chacun de ces modes sera considérablement réduit par rapport à ce qui se trouve sur le marché puisque ceux-ci s'adressent à des élèves de niveau fin secondaire et postsecondaire. De cette façon, le logiciel correspondra à la réalité du primaire.

La fenêtre d'initialisation

La fenêtre d'initialisation (figure 4.1) est la première fenêtre qui apparaît lors du lancement du logiciel. C'est cette fenêtre qui permet de détecter la présence d'une interface ainsi que des capteurs connectés. Lorsqu'un capteur est reconnu, il est possible de voir son nom et la valeur de la variable mesurée en temps réel. La prise en main s'en trouve facilitée car tous les branchements sont détectés automatiquement et indiqués à l'écran ainsi que les valeurs mesurées par les capteurs.

Le mode vu-mètre

Dans le mode vu-mètre (figure 4.2), les données provenant des capteurs sont affichées en temps réel. Celles-ci peuvent apparaître sous différentes formes (au choix de l'élève) : un graphique à bande verticale ou horizontale, un affichage numérique ou un graphique circulaire. Cette fenêtre permet à l'élève de voir qu'une même donnée peut être présentée sous diverses formes. De plus, si plus d'un capteur est branché sur l'interface, l'élève peut

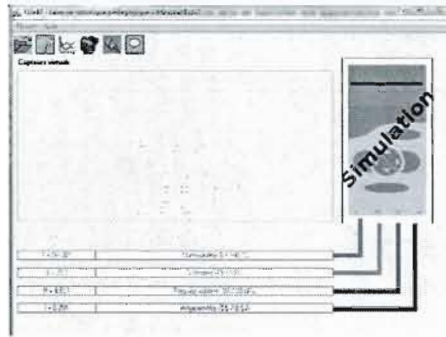


Figure 4.1
Exemple d'une fenêtre d'initialisation (μ LabExAO)

voir si une variable influence l'autre. Par exemple, il est possible de voir que la pression est directement proportionnelle à la profondeur.

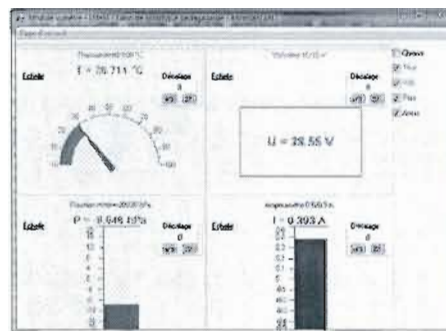


Figure 4.2
Exemple du mode vu-mètre (μ LabExAO)

Le mode grapheur

Dans le mode grapheur (figure 4.3), les élèves peuvent visualiser les données provenant des capteurs sous la forme d'un graphique cartésien qui se construit en temps réel. Dans

ce mode, les élèves peuvent poser certaines actions. Ils peuvent :

- choisir la durée de l'acquisition ;
- choisir la provenance des données à afficher (quel capteur) ;
- lancer l'acquisition ; c'est-à-dire démarrer le tracé du graphique ;
- arrêter l'acquisition ; c'est-à-dire arrêter le tracé du graphique ;
- effacer le graphique pour pouvoir recommencer une nouvelle acquisition ;

- imprimer le graphique pour pouvoir le réutiliser ultérieurement dans différentes activités (ex : comparaison, analyse, rapport de laboratoire, portfolio).

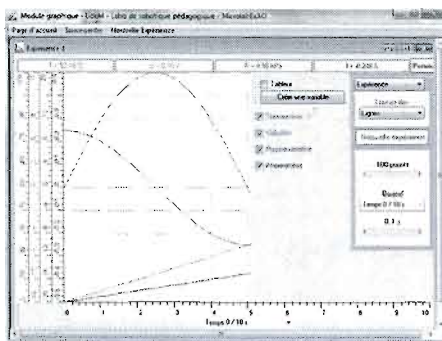


Figure 4.3
Exemple du mode grapheur (μ LabExAO)

Présentement, à notre connaissance, il n’y a que la gamme de capteur/logiciel Captos qui dans une certaine mesure pourrait être disponible pour les élèves du primaire. Cependant, celui-ci n’est pas un logiciel généraliste, chaque capteur nécessitant son propre logiciel. De plus, le code source de celui-ci ne nous est pas accessible. Il est aussi possible de faire de l’ExAO avec les briques RCX et NXT de Lego. Cependant, ce n’est pas là la principale utilisation² à laquelle sont destinées les briques Lego et l’utilisation de celles-ci pour faire de l’ExAO s’avère assez complexe. De plus, le code source de celui-ci ne nous est pas accessible non plus. En somme, aucun logiciel présentant les fonctions citées plus haut et adapté pour des élèves de 11-12 ans n’est disponible sur le marché.

4.3 Conclusion du chapitre

Des activités d’apprentissage réalisées dans un environnement supporté par l’ExAO devrait développer la compréhension du langage de codage graphique chez les élèves. Le chapitre suivant s’attardera à préciser les détails de notre environnement. Cela permettra

2. Les briques RCX et NXT de Lego ont été développées à la base pour réaliser des activités de conception et de programmation de robots.

de développer les solutions envisagées pour réaliser notre environnement d'apprentissage et ainsi rendre sa réalisation le plus simple possible.

CHAPITRE V

MODÈLE D'ACTION

Ce chapitre présentera le modèle d'action¹ de cette recherche développement.

Ce chapitre est divisé en trois sections correspondant aux objectifs de cette recherche. La première section aborde la conception et le développement de l'environnement d'apprentissage d'ExAO. La deuxième section présente les mécanismes qui permettront d'évaluer l'appropriation que font les élèves de l'environnement. Finalement, la dernière section explique la façon dont l'évaluation de l'impact sur les apprentissages du langage de codage graphique sera effectuée.

5.1 Conception et développement de l'environnement de d'apprentissage

5.1.1 L'environnement matériel

Le matériel nécessaire pour l'élaboration de l'environnement d'ExAO est le suivant : un ordinateur, une interface, des capteurs et un logiciel pour le traitement des données et l'affichage graphique.

1. Le rôle du modèle d'action est d'opérationnaliser l'idée, c'est-à-dire de la préciser suffisamment pour être en mesure de la concevoir techniquement. Il s'agit donc de tenter d'anticiper et de résoudre à l'avance les problèmes d'ordre technique et d'ordre conceptuel qui pourraient apparaître afin de rendre la réalisation du prototype aussi simple que possible. (Nonnon, 1993)

Il existe plusieurs marques interfaces et leurs capteurs associés (ex : Orphy, Pasco, Robo-lab). Le choix d'une interface et de ses capteurs est grandement lié au logiciel nécessaire pour exploiter les données provenant des capteurs. Chaque compagnie offre habituellement quelques logiciels fonctionnant avec leurs interfaces. Cependant, les logiciels ExAO sont habituellement conçus pour une clientèle fréquentant la fin du secondaire et le collégial. Ces logiciels sont généralement trop complexes d'utilisation pour les élèves du primaire. En effet, ils comportent de nombreuses fonctions qui ne sont pas appropriées pour ce niveau. Par exemple, les équations de modélisation de la courbe, les nombreux paramètres d'acquisition de données, le calcul d'incertitude.

Dernièrement, une équipe de chercheurs de l'UQAM (Potvin et Riopel) a obtenu une subvention de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) afin de réaliser un laboratoire mobile pour l'étude des cheminements d'apprentissage en science. Fournier, directeur de ce mémoire, est en charge de l'aspect ExAO. Le laboratoire étant accessible, il sera utilisé dans le cadre de cette recherche. Le laboratoire comprend 18 ordinateurs portables équipés des interfaces ExAO Orphy usb, des différents capteurs compatibles avec cette interface et du logiciel μ LabExAO développé par l'Université de Montréal.

L'interface ainsi que les capteurs peuvent facilement être utilisés par des élèves du primaire puisqu'ils sont très simples d'utilisation. Cependant, le logiciel comporte beaucoup trop de fonctions et ne serait pas adéquat pour les élèves du primaire. Ils seraient vite dépassés par la quantité de paramètres qu'on y retrouve.

Afin de réaliser cette recherche, il apparaît donc important de développer un logiciel qui traite et affiche les données provenant de l'interface, adapté pour le primaire. Ce logiciel devra contenir les fonctionnalités présentées au chapitre précédent soit une fenêtre d'initialisation, un mode vu-mètre et un mode grapheur. En parallèle avec ces différentes fonctions, une fonction de collecte des traces informatiques sera ajoutée. Cette fonction servira uniquement au besoin de cette recherche. Elle permettra de connaître le parcours des élèves à l'intérieur du logiciel. Ainsi chacune des actions des élèves (ex : choix du

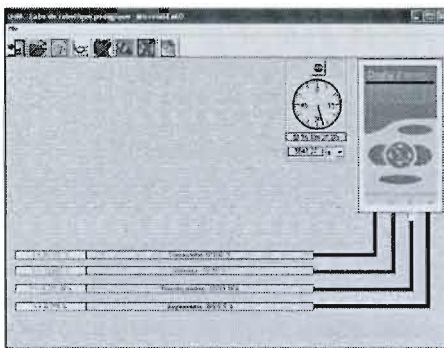


Figure 5.1

Exemple d'une fenêtre d'initialisation adaptée pour le primaire

capteur, tracé du graphique, arrêt du tracé) sera enregistrée dans un fichier texte avec la date et l'heure.

Le logiciel pour le primaire sera développé avec le langage VisualBasic 6 pour le système d'exploitation Windows XP de Microsoft. Le choix du système d'exploitation a été imposé par le fait qu'il s'agit de celui disponible sur les ordinateurs utilisés lors des mises à l'essai et du plus répandu dans les écoles primaire du Québec. Le choix du langage de programmation a aussi été fait de façon à réduire le temps de programmation.

Logiciel adapté pour le primaire

Voici des captures d'écran ainsi que les caractéristiques que devra comporter le logiciel adapté pour le primaire.

La fenêtre d'initialisation

La fenêtre d'initialisation (figure 5.1) qui apparaît au lancement du logiciel restera pratiquement la même. Cette fenêtre présente une image de l'interface ainsi que la liste des capteurs qui y sont branchés. Seuls deux boutons disparaîtront (marqués d'un X). Les fonctions conservées sont : quitter le logiciel, ouvrir une expérience, accéder au mode vu-mètre, accéder au mode grapheur, détection de l'interface et aide.

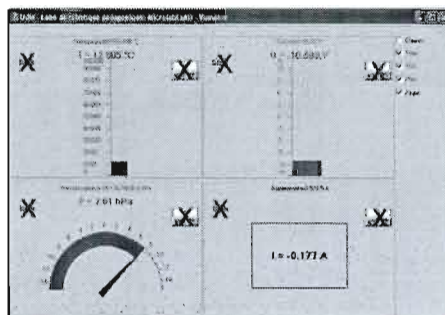


Figure 5.2

Exemple d'une fenêtre vu-mètre adaptée pour le primaire

Le mode vu-mètre

Le mode vu-mètre (figure 5.2) présente en temps réel et de différentes façons les données fournies par les capteurs. Les élèves auront accès aux options suivantes : le choix des capteurs à afficher et le choix de la façon dont seront affichées les valeurs.

Le mode grapheur

Le mode grapheur (figure 5.3) construit en temps réel le graphique correspondant aux mesures prises par les capteurs. Aucun changement ne sera apporté à cette fenêtre. Cependant, ce sont les paramètres du mode grapheur, ainsi que les fonctions qui permettent d'analyser le graphique, qui seront simplifiés afin de les rendre pertinents pour des élèves du primaire.

Les paramètres du mode grapheur seront considérablement simplifiés. Les seuls paramètres accessibles aux élèves du primaire seront les suivants : débiter une nouvelle expérience, arrêter le tracé du graphique, le temps d'acquisition (ex : 10 sec, 30 sec) et le choix des capteurs à afficher.

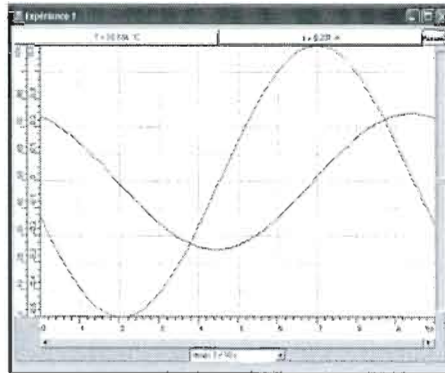


Figure 5.3

Exemple d'une fenêtre du mode grapheur adaptée pour le primaire

Le mode tableur qui présente les données ayant servies pour la construction du graphique sous forme de tableau ne sera pas présent dans la version du logiciel ExAO adapté pour le primaire. En effet, nous jugeons qu'au primaire, il n'est pas nécessaire d'avoir cette fonction du moins dans un premier temps. Si l'utilisation d'un environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO au primaire s'avère concluant, il sera possible d'intégrer cette fonction dans des versions ultérieures du logiciel afin de lui donner plus de possibilités.

5.1.2 Les activités d'apprentissage

Les activités d'apprentissage se divisent en trois séances d'une heure trente minutes. Ces séances ont comme objectifs principaux de développer l'appropriation de langage de codage graphique chez les élèves. Plus spécifiquement nous nous intéressons à l'analyse globale des graphiques. Chacune des séances commencera par une activité qui fera appel aux connaissances antérieures. Ensuite, elles se poursuivront avec une activité de manipulation dans l'environnement d'ExAO. Les séances se termineront par une discussion et un écrit personnel afin d'intégrer les nouveaux apprentissages des élèves. Les activités se dérouleront en équipe de deux élèves afin de favoriser l'échange et la confrontation de points de vue entre les élèves. Le contenu de chacune des séances est décrit dans les

paragraphes qui suivent. Les documents remis aux élèves lors de trois séances se trouvent à l'appendice C

La première séance : appropriation de l'environnement

La première séance de travail se déroule une semaine après l'administration du pré-test.

Activité 1

Discussion sur les graphiques, ce qu'ils veulent dire, comment ils sont construits, où est-il possible d'en voir, à quoi servent-ils ?

Activité 2

Après de brèves explications sur le fonctionnement de l'environnement ExAO, les élèves font une exploration libre du matériel et du logiciel. Ils notent leurs découvertes, leurs réflexions et leurs questions dans leur journal de bord.

Activité 3

Les élèves partagent leurs découvertes, leurs réflexions et soumettent leurs questions à l'enseignant et au reste de la classe.

La deuxième séance : capteur de température et capteur de luminosité

Activité 1

Discussion en groupe sur ce qui a été fait et appris lors de la dernière séance. L'enseignant informe les élèves que lors de cette séance, ils travailleront avec le capteur de luminosité et avec le capteur de température.

Activité 2

L'observation

Les élèves manipulent librement le capteur de luminosité et de température en observant les graphiques qu'ils donnent à l'écran. Ils ont à leur disposition du matériel susceptible de faire varier la luminosité et la température (ex : eau chaude, eau froide, lampe de poche, boîte). Ces deux capteurs ont été choisis car ils mesurent des variables perceptibles par les sens.

La reproduction

Les élèves reçoivent un graphique sur lequel il y a une courbe de luminosité en fonction du temps. À l'aide du matériel disponible, les élèves doivent reproduire une courbe semblable à celle qu'on leur a remise. Ensuite, les élèves notent dans leur journal de bord les manipulations nécessaires pour reproduire la forme générale du graphique. La même démarche est reprise avec un deuxième graphique concernant la température.

La prédiction / L'anticipation

Les élèves reçoivent une liste de tâches à effectuer. Les élèves lisent les manipulations et essaient de prédire la forme qu'aura le graphique. Ils le dessinent dans leur journal de bord en expliquant pourquoi ils croient que les manipulations donneront cette forme de graphique. Ensuite, à l'aide de l'environnement ExAO, ils reproduisent les manipulations et ils comparent le graphique obtenu avec leur prédiction. Finalement, ils notent leurs observations dans un journal de bord.

Activité 3

La discussion qui suivra portera sur les stratégies que les élèves ont utilisées pour résoudre les différents problèmes. De plus, l'enseignant reviendra sur quelques notions relatives aux graphiques (ex : maximum, minimum, pente forte, pente faible, pente positive, pente négative) afin de bien structurer les nouveaux apprentissages.

La troisième séance : capteur de pression

Activité 1

Discussion en groupe sur ce qui a été fait et appris lors de la dernière séance. L'enseignant informe les élèves qu'ils travailleront avec le capteur de pression. Celui-ci aura été transformé en capteur de profondeur.

Activité 2

L'observation

Les élèves manipulent librement le capteur de pression/profondeur en observant les graphiques qu'ils donnent à l'écran. Ils ont à leur disposition du matériel susceptible de faire varier la profondeur (aquarium rempli d'eau qui représente un fond marin avec un relief de différentes profondeurs).

La reproduction

Les élèves reçoivent un graphique sur lequel il y a une courbe de la profondeur en fonction du temps. À l'aide du matériel disponible, les élèves doivent reproduire une courbe semblable à celle qu'on leur a remise. Ensuite, les élèves notent dans leur journal de bord les manipulations nécessaires pour reproduire la forme générale du graphique. La même démarche est reprise avec un deuxième graphique.

La prédiction / L'anticipation

Les élèves reçoivent une liste de tâches à effectuer. Les élèves lisent les manipulations et essaient de prédire la forme qu'aura le graphique. Ils le dessinent dans leur journal de bord en expliquant pourquoi ils croient que les manipulations donneront cette forme de graphique. À l'aide de l'environnement ExAO, ils reproduisent les manipulations et ils comparent le graphique obtenu avec leur prédiction. Finalement, ils notent leurs observations dans un journal de bord.

Activité 3

La discussion qui suivra portera sur les stratégies que les élèves ont utilisées pour résoudre les différents problèmes. De plus, l'enseignant soulignera les différences qu'il y a entre les graphiques de luminosité, de température et de profondeur.

Tableau 5.1
Résumé des séances d'activité

	Variables	Activité 1	Activité 2	Activité 3
Séance 1	Non applicable (activité de manipulation libre)	Discussion sur les graphiques et activation des connaissances antérieures	Manipulation libre du matériel ExAO	Discussion pour structurer les découvertes des élèves
Séance 2	Température et luminosité	Rappel de la dernière séance et explication des activités	L'observation : manipulation libre des 2 capteurs La reproduction : Avec le matériel disponible, les élèves doivent reproduire un graphique. La prédiction : l'élève doit prédire l'allure d'un graphique suite à la lecture des manipulations à effectuer.	Discussion pour structurer les nouvelles connaissances.
Séance 3	Pression variant selon la profondeur	Rappel de la dernière séance et explication des activités	L'observation : manipulation libre du capteur La reproduction : avec le matériel disponible les élèves doivent reproduire un graphique. La prédiction : l'élève doit prédire l'allure d'un graphique suite à la lecture des manipulations à effectuer.	Discussion pour structurer les nouvelles connaissances.

5.2 Évaluation de l'appropriation de l'environnement

Une semaine après les trois séances d'activité, les élèves du groupe expérimental auront à répondre à une fiche d'appréciation (appendice D) qui nous permettra de connaître leur intérêt pour ce type d'activité, les difficultés qu'ils ont rencontrées et les améliorations qu'ils proposent. De plus, 6-7 élèves participeront à une entrevue semi-dirigée (appendice E) afin de connaître plus finement leurs impressions quant à ce type d'environnement d'apprentissage (ex : appréciation globale, difficulté, impact sur leurs apprentissages, amélioration)

5.3 Évaluation de l'impact sur les apprentissages

Un pré-test (appendice A) sera administré aux élèves afin de connaître leur niveau de compréhension du langage de codage graphique. Le pré-test sera aussi administré à un groupe témoin. Ce pré-test qui est une version simplifiée du **Test Of Graphing in Science** (TOGS) sera composé de questions couvrant les différents aspects de la compréhension des graphiques (ex : analyse globale, repérage de points, inter/extrapolation). Le pré-test sera d'une durée de 15 à 20 minutes. Le TOGS est un test développé par McKenzie et Padilla (1986) et est considéré comme étant valide et fiable. Nous avons sélectionné les questions pertinentes au sujet de recherche et nous en avons fait la traduction. Un post-test (appendice B) similaire au pré-test sera présenté aux élèves (groupe témoin et groupe expérimental) à la fin des trois séances d'activités d'apprentissage pour vérifier la compréhension des concepts liés aux graphiques.

Le pré-test et le post-test seront analysés par un expert afin de s'assurer de sa validité et de sa fidélité. Ensuite, il sera testé auprès d'un groupe de 5 à 10 élèves. De plus, l'ensemble de cette recherche sera présentée à un comité d'éthique afin de s'assurer que tout est conforme aux normes de la recherche universitaire.

Le chapitre qui suit présentera le développement prototype qui a été produit en lien avec se modèle d'action. Les résultats des différentes mises à l'essai seront discutés ainsi que

les améliorations qui ont été apportées suite à chacune d'elle. Par la suite, l'impact de l'utilisation de l'environnement sur les apprentissages des élèves sera abordé.

CHAPITRE VI

RÉSULTATS, INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

Dans ce chapitre nous présenterons de façon détaillée la conception du prototype, les résultats obtenus lors des différentes mises à l'essai et les modifications apportées dans le cadre de ces mises à l'essai. Ensuite nous analyserons, les résultats des élèves pour déterminer si ce nouvel environnement d'apprentissage leur a permis de développer une meilleure compréhension du langage de codage graphique.

6.1 Le prototype

Le prototype de cette recherche est une innovation technologique et pédagogique issu de l'adaptation pour le primaire du système μ LabExAO qui existe pour le milieu secondaire, collégial et universitaire. Lors de ce développement, les aspects matériels n'ont pas été touchés. Nous n'avons pas modifié d'un point de vue électronique l'interface d'acquisition ni les capteurs utilisés. Ce choix s'explique par le fait que l'interface et les capteurs (figure I.4) sont facilement utilisables par des élèves du primaire comme ont pu le démontrer les premières mises à l'essai.

L'innovation de cette recherche réside donc dans le développement d'un logiciel d'ExAO pour le primaire fonctionnant avec le système μ LabExAO. Le développement du logiciel s'est étalé sur une période de trois mois. Le logiciel à été développé avec le langage VisualBasic 6 pour le système d'exploitation Windows de Microsoft.



Figure 6.1
Interface et capteur du système μ LabExAO

Comme nous l'avons présenté au *Chapitre 4. Élaboration de l'idée* Le logiciel se compose de 3 fenêtres. La fenêtre d'accueil (figure 6.2) apparaît au démarrage du logiciel. Sur cette fenêtre l'élève voit une représentation virtuelle de son montage. En effet, il voit, telle une photo de son montage, l'interface ainsi que le nom des capteurs qui sont branchés. Le logiciel détecte automatiquement les capteurs qui sont branchés ou débranchés et ajuste l'image en conséquence. Cette fenêtre comme les autres comporte un bandeau de navigation qui permet à l'élève de passer d'une fenêtre à l'autre et de quitter l'application.

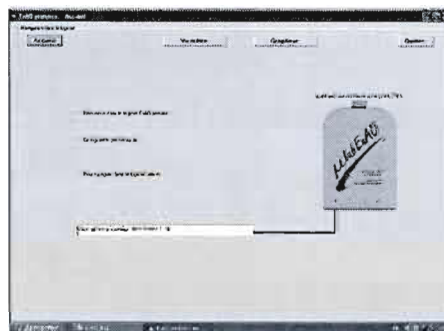


Figure 6.2
Fenêtre d'accueil du logiciel ExAO primaire

La fenêtre vu-mètre (figure 6.3) permet de voir la valeur retournée par les capteurs sous forme de graphique à bande et ce en temps réel. L'élève a la possibilité d'acti-

ver/désactiver les capteurs pour observer seulement ceux qu'il désire. En haut du graphique à bande, la valeur retournée par le capteur est indiquée.

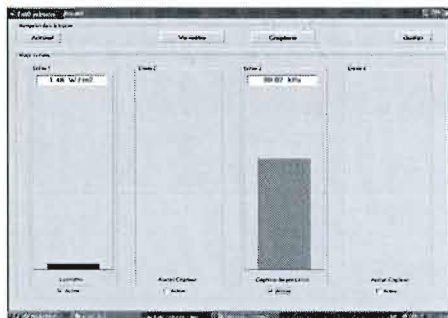


Figure 6.3
Fenêtre vu-mètre du logiciel ExAO primaire

Finalement, la fenêtre grapheur (figure 6.4) permet de tracer en temps réel le graphique des valeurs retournées par le capteur. Au bas de l'écran, on retrouve une série d'options (choix de l'entrée (1, 2, 3, ou 4), durée d'acquisition (10 ou 30 sec)) que l'élève peut faire varier. Il est impossible de modifier les paramètres durant l'acquisition pour permettre aux élèves d'être attentif au tracé. Deux boutons permettent de démarrer et d'arrêter le tracé du graphique. Le graphique est réinitialisé lorsqu'une nouvelle acquisition est lancée.

Le logiciel comporte aussi une fonction invisible aux élèves. Celle-ci permet d'enregistrer toutes les actions posées par l'élève entre de le démarrage de l'application et le moment où il la quitte. Les données sont enregistrées en format texte telle que montrée à la figure 6.5. Chaque clique de la souris effectué par l'élève est enregistré avec la date et l'heure. Cette fonction nous permettra de connaître le parcours des élèves à l'intérieur du logiciel ainsi que le temps passé dans chacun des modes.

La présentation du prototype qui vient d'être faite représente celui-ci dans l'état où il était avant la mise à l'essai fonctionnelle. Certaines modifications ont été apportées au prototype suite à cette mise à l'essai. Celles-ci sont rapportées dans la section qui suit.

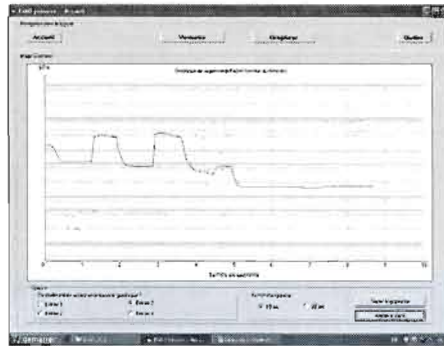


Figure 6.4
Fenêtre grapheur du logiciel ExAO primaire

```

2009-05-26 08:44:28 :début
2009-05-26 08:44:31 :vumetre
2009-05-26 08:44:37 :grapheur
2009-05-26 08:44:43 :Acquisition
2009-05-26 08:44:43 :10s
2009-05-26 08:44:44 :1
2009-05-26 08:44:44 :Luminosité (w/m2)
2009-05-26 08:44:48 :grapheArret
2009-05-26 08:44:53 :Acquisition
2009-05-26 08:44:53 :30s
2009-05-26 08:44:53 :3
2009-05-26 08:44:53 :Profondeur (cm)
2009-05-26 08:45:01 :grapheArret
2009-05-26 08:45:03 :accueil
2009-05-26 08:45:07 :vumetre
2009-05-26 08:45:12 :grapheur
2009-05-26 08:45:15 :quitter

```

Figure 6.5
Traces informatiques des actions d'un élève

6.2 Mise à l'essai fonctionnelle (évaluation par des experts)

Les différentes mises à l'essai du prototype font partie d'un processus d'itérations successives qui permettent l'amélioration du prototype en fonction des résultats obtenus (figure 6.6).

La mise à l'essai fonctionnelle a pour but de vérifier que le prototype fonctionne. Elle se fait généralement en laboratoire et permet de mettre en évidence les modifications nécessaires pour s'assurer que le prototype corresponde au modèle d'action (Nonnon, 1993). Pour effectuer cette mise à l'essai nous avons fait appel à une experte en l'occurrence une enseignante du primaire susceptible de travailler avec ce type d'environnement.

L'évaluation du prototype a été faite de la façon suivante : le logiciel ainsi que ses fonctionnalités ont été présenté à l'enseignante. Ensuite, elle était invitée à utiliser celui-

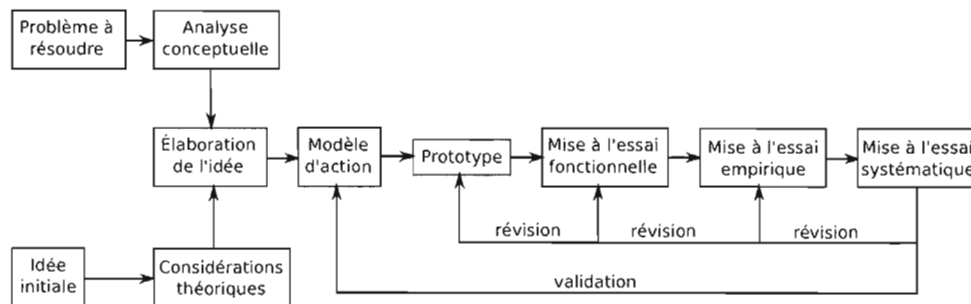


Figure 6.6

Modèle de recherche de développement de Nonnon (1993)

ci pendant un certain temps. Ses commentaires ont été recueillis lors d'une entrevue non-dirigée.

L'enseignante s'est montrée très enthousiaste face au prototype de l'environnement qui lui a été proposé. Elle utilise fréquemment l'ordinateur en classe pour différents projets : journal de classe, recherche, robotique avec Lego, etc. Elle voyait là un outil intéressant pour aborder les graphiques car celui-ci sollicite la réflexion et la participation des élèves.

L'enseignante a fait un certain nombre de remarques concernant le fonctionnement du logiciel afin de mieux l'adapter au milieu de l'école primaire. Tout d'abord, elle a mentionné qu'il serait intéressant que le logiciel s'ouvre en plein écran de façon à maximiser l'espace disponible à l'écran et en même temps éviter que les élèves basculent entre différentes applications. Cette proposition a été prise en compte et les modifications faites en conséquence.

L'enseignante a aussi fait une série de commentaires sur le fait que le logiciel permettait de faire des actions qui ne servaient strictement à rien. Par exemple, dans le mode vu-mètre la possibilité d'activer des entrées où il n'y avait aucun capteur de branché. La même remarque a été faite pour le mode grapheur où il était possible de tracer le graphique d'une entrée où il n'y avait pas de capteur. Elle a aussi mentionné qu'en mode

grapheur, il faudrait afficher le nom du capteur branché à côté du numéro de l'entrée. Ces remarques ont entraîné des modifications au prototype initial.

La durée des acquisitions en mode grapheur à aussi fait l'objet de commentaires. Les acquisitions sont relativement courtes (10 et 30 sec). Il serait intéressant d'avoir au moins un temps d'acquisition plus long. Des modifications ont été faites au code du logiciel de manière à inclure une acquisition de 120 secondes.

Des icônes représentant le mode vu-mètre et le mode grapheur ont aussi été ajouté dans la barre de navigation. La liste des propositions de modification obtenues lors de la mise à l'essai fonctionnelle se trouve dans le tableau 6.1.

Tableau 6.1

Liste des modifications effectuées suite la mise à l'essai fonctionnelle

Description de la modification
1. Ajouter un temps d'acquisition plus long
2. Désactiver les entrées qui n'ont pas de capteur (vu-mètre)
3. Désactiver les entrées qui n'ont pas de capteur (grapheur)
4. Ajouter des icônes dans la barre de navigation
5. Ouvrir le logiciel en mode plein écran
6. Indiquer le nom du capteur à côté de l'entrée (grapheur)

6.3 Mise à l'essai empirique

Comme le suggère Nonnon (1993) la mise à l'essai empirique s'apparente à une démarche inductive. Les objectifs ne sont pas fixés d'emblés. Cette mise à l'essai vise à fournir des informations sur les interactions entre les élèves et le prototype afin de réviser celui-ci. L'objectif principal était donc de rendre compte des fonctionnalités complètes du prototype mais avec un nombre limité d'élèves.

Afin de rendre compte des interactions des élèves avec l'environnement, 3 séances de travail ont été menées dans une classe de 3e cycle primaire de la région du Bas-St-Laurent. Les 32 élèves ont participé aux 3 séances de travail d'une durée d'environ une heure trente minutes. Il est à noter que l'enseignante était présente en classe lors de la

mise à l'essai et était invitée à intervenir auprès des élèves comme elle l'aurait fait en temps normal. L'animation des activités d'apprentissage était assuré par le chercheur.

Afin de mettre en évidence les interactions des élèves avec le prototype, un scénario d'utilisation a été développé. Celui-ci devait tenir compte du fait que les élèves en étaient à leur première expérience avec un environnement d'expérimentation assistée par ordinateur. La première séance avait donc pour but de familiariser les élèves avec l'environnement. La deuxième séance concernait l'utilisation du capteur de température et de luminosité. Lors de la troisième séance, le travail s'est effectué autour du capteur de profondeur. Lors des séances 2 et 3 les élèves devaient résoudre des problèmes concernant la reproduction et la prédiction de graphiques. Les données concernant les interactions des élèves avec l'environnement ont été amassées automatiquement en enregistrant les différentes actions (au sens informatique du terme) effectuées par les élèves dans un fichier texte ainsi que par une entrevue de groupe (6 élèves) semi-dirigée effectuée à la fin de la mise à l'essai. Le contenu de chacune des séances est détaillé au *Chapitre 5. Modèle d'action*.

6.3.1 Synthèse de l'évaluation du logiciel par les élèves

De façon générale, les élèves se sont montrés très satisfaits des activités d'apprentissage qui ont été menées avec cet environnement. La figure 6.7 présente le graphique de l'appréciation des séances d'activité menées avec l'environnement (Appendice D).

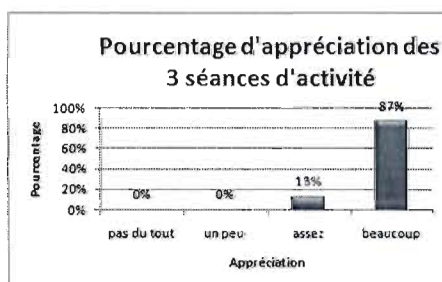


Figure 6.7
Appréciation de l'environnement par les élèves

Voici quelques commentaires recueillis lors de l'entrevue et sur la fiche d'appréciation permettant de rendre compte de leur satisfaction à l'égard de l'environnement d'apprentissage (Appendice G et H).

ENT-2 : C'était le fun parce qu'on manipulait pis on pouvait plus comprendre, on comprenait mieux que si c'était des affaires au tableau ENT-5 : Même affaire que l'intervention ENT-2 (*originellement le nom de l'élève*). ENT-6 : Il y avait beaucoup de défis pis des problèmes à résoudre, c'était motivant. ENT-7 : C'est plus le fun de travailler à l'ordinateur que de travailler en écrivant pis de faire des tests parce que ça motive pis c'est le fun de faire des défis COM-11 : J'ai adoré faire ce travail parce que j'ai appris plein de choses. COM-18 : C'est très intéressant de tracer des graphiques avec un ordi, c'est mieux que de le faire au tableau. COM-20 : J'ai bien aimé tout le matériel fournit par Alexandre. Cela m'a aidé à comprendre davantage les graphiques.

Les élèves se sont appropriés les différentes composantes de l'environnement qu'on leur a proposé avec une facilité surprenante, beaucoup plus rapidement que prévu. Voici quelques commentaires qu'ils ont fait sur leur appropriation de l'environnement (Appendice G).

ENT-58 : Moi, j'ai trouvé cela facile. On allait sur vu-mètre on essayait des choses. Après cela, on allait dans le graphique, pis on faisait notre graphique. ENT-59 : Le logiciel n'a pas été dur à comprendre. ENT-60 : propos du logiciel, il était facile à comprendre parce que le vu-mètre c'est juste tu mets ton capteur dans la chose que tu veux et pis là ça va tout de suite te mettre la température, la profondeur ou en watts la lumière. C'est facile. Pis les graphiques c'est la même chose, tu fais juste prendre ton capteur pis tu le mets devant la lumière ou dans l'eau.

Après avoir fait ces commentaires, les élèves n'ont pratiquement pas proposé de modifications à l'environnement qui leur a été présenté. En fait, la seule modification que l'on retrouve dans leur commentaire concerne l'utilisation d'une plus grande variété de capteurs lors des séances. Les quelques commentaires qui suivent illustrent ce propos (Appendice G).

ENT-51 : Moi, je n'aurais pas d'amélioration [...] ENT-53 : Moi, j'aurais ajouter des capteurs parce que toujours travailler avec le même ça devient tannant. Il me semble que travailler avec plus de chose ça serait encore plus le fun. ENT-54 : Moi, je dis qu'il y aurait rien à améliorer.

À la fin des séances, l'enseignante a fait des commentaires sur le logiciel. Même si ces commentaires n'ont pas été recueillis formellement, il est important de les rapporter ici car ils montrent l'intérêt de l'enseignante pour ce type d'environnement. De plus, ils supposent une appropriation de celui-ci par l'enseignante. Le tableau 6.2 dresse la liste des améliorations proposées par l'enseignante.

Tableau 6.2
Liste des améliorations proposées par l'enseignante

Description de la modification
1. Ajouter une fonction impression du graphique
2. Permettre l'utilisation d'autres capteurs
3. Pouvoir afficher ou non les échelles

Ces propositions sont intéressantes et il serait effectivement pertinent de les inclure dans un futur développement d'environnement d'ExAO pour le primaire. Il faudrait adapter le logiciel pour permettre l'utilisation d'une plus grande variété de capteurs pour être en mesure de représenter graphiquement une plus grande variété de situations.

Pour voir comment le logiciel a été utilisé par les élèves, nous avons analysé les données d'utilisation contenant les actions que les élèves ont posées sur le logiciel. L'analyse nous a montré que les élèves ont eu de nombreuses interactions avec le logiciel ; environ 750 actions enregistrées par équipe de travail pour 180 minutes d'utilisation. La majeure partie du temps, les élèves travaillent dans le mode grapheur. En moyenne, les équipes ont fait 49,6 acquisitions par heure dans le mode grapheur. Notre présence en classe nous a permis de constater que les interactions des élèves avec l'environnement sont faites dans le cadre d'une démarche de résolution de problème et non de façon erratique. En effet, lorsque nous questionnions les élèves sur les actions qu'ils faisaient, ils nous répondaient dans la grande majorité en lien avec la démarche qu'ils avaient entreprise.

Nous pensons que ce nombre élevé d'acquisitions démontre une bonne adaptation du logiciel pour le primaire. Un des objectifs recherchés de l'ExAO étant de pouvoir refaire très rapidement et facilement la même expérimentation plusieurs fois en ajustant les variables, nous croyons l'environnement proposé a atteint ce but.

Lors de l'analyse des données d'utilisation, on remarque que les élèves utilisent peu le mode vu-mètre comparativement au mode grapheur. Les élèves passent de 6 à 8 minutes dans ce mode à l'exception de la séance 1 où ils ont passé de 20 à 24 minutes. Cela est dû au fait que nous avons prévu un temps d'appropriation du mode vu-mètre lors de cette séance. Lorsqu'ils utilisent le mode vu-mètre, c'est souvent entre deux acquisitions où ils changent de capteur et ce passage en mode vu-mètre dure moins d'une minute. Dans ce contexte, nous croyons que le mode vu-mètre est utilisé pour valider le fonctionnement du capteur. C'est-à-dire que les élèves vérifient si le capteur varie bien en fonction de la température, de la profondeur ou de la lumière comme si cela ne pouvait pas être validé en mode grapheur.

De plus, étant donné, qu'en mode vu-mètre le logiciel affiche la valeur numérique, les élèves vérifient que le capteur ne donne pas des valeurs erronées. Lors de la première séance, quelques capteurs de température ont ainsi donnés des valeurs erronées dû à un court-circuit. Suite à cet événement, les élèves sont probablement restés avec l'idée que le matériel n'est pas infallible et qu'il faut douter. Et cela n'est pas une mauvaise chose. La pensée critique est très importante en science et en technologie comme partout ailleurs, le fait de ne pas prendre pour acquis tout ce qui apparaît à l'écran témoigne d'une belle réflexion de la part des élèves.

Bref, les traces informatiques recueillis dans les fichiers textes montrent que le logiciel permet aux élèves d'avoir de nombreuses interactions avec le logiciel. De plus, ceux-ci utilisent les deux modes afin de résoudre les tâches proposées.

À la lumière de l'évaluation technique que font les élèves de l'environnement, il semble que celui-ci soit bien adapté pour une utilisation au primaire. Dans l'avenir, il serait, sans doute intéressant de développer davantage les fonctionnalités du logiciel considérant

l'intérêt qu'ont les élèves pour ce type d'environnement. Mais, est-ce que l'environnement que nous proposons a un impact sur l'apprentissage des élèves, si oui lequel ? C'est cet aspect qui sera discuté dans la section suivante.

6.4 Apport de l'environnement à l'apprentissage des élèves

Les résultats qui sont présentés dans cette section concernent l'apport de l'environnement d'apprentissage sur la compréhension du langage de codage graphique. Les données ont été obtenues auprès des élèves qui ont participé à la mise à l'essai empirique. Dans un premier temps, c'est l'idée que se font les élèves de l'impact que peut avoir ce type d'environnement d'apprentissage sur leurs apprentissages qui sera présentée. Dans un deuxième temps, c'est la perception qu'ont les élèves des apprentissages qu'ils ont fait lors des trois séances qui sera abordé. Les réponses aux problèmes que nous leur avons soumis lors des activités seront discutées. Finalement, les résultats des élèves au pré-test et au post-test seront présentés et discutés.

La totalité des élèves qui ont participé à la mise à l'essai empirique se font une idée positive de l'impact que peut avoir l'environnement qui leur a été proposé sur leurs apprentissages comme le montre la figure 6.8.

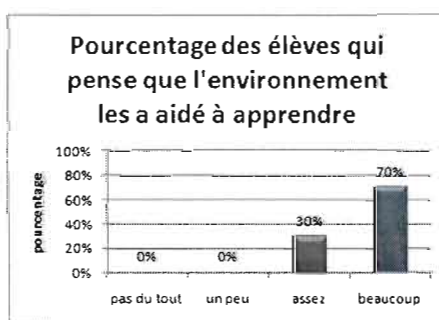


Figure 6.8

Réponses des élèves à la question : Ce type d'activité comprenant de la manipulation et de la discussion de groupe vous aide-t-il à apprendre ?

Les commentaires des élèves participants à l'entrevue vont dans le même sens.

ENT-10 : Moi, j'ai trouvé cela cool parce que c'est plus facile de manipuler qu'apprendre au tableau pis être assis pendant une heure environ pis écrire dans un manuel ENT-11 : On apprend bien à cause que là c'est comme nous qui apprend, c'est nous qui manipule tout, mais normalement, des fois, c'est le prof qui nous apprend là pis on comprend peut-être moins bien. C'est nous qui manipule donc on comprend mieux. ENT-14 : Même intervention que ENT-10 et ENT-11(*originellement le nom de l'élève*), mais j'ajouterais que c'est plus le fun pis me semble que quand c'est plus le fun ça te tente plus d'apprendre.

Dans ces commentaires ainsi que dans plusieurs autres (voir annexe G et H) amassés lors de l'expérimentation, les élèves mentionnent à plusieurs reprises le fait que l'environnement leur permet d'être actif dans leurs apprentissages. Afin de valider les perceptions des élèves nous avons voulu savoir dans quelle proportion ils avaient réussi à résoudre les problèmes que nous leur avons proposés lors des séances 2 et 3. Pour cela, nous avons analysé les réponses écrites que les élèves nous ont remis suite aux séances 2 et 3. Le tableau 6.3 donne la proportion des équipes qui ont obtenu de bonnes réponses à chacune des questions.

Tableau 6.3

Proportion des équipes ayant obtenu les bonnes réponses à chacune des questions

Capteur de	Activité 1 : reproduction d'un graphique donné.	Activité 2 : prédiction de l'allure d'un graphique.
Température	12/14	10/14
Luminosité	14/14	9/14
Profondeur	11/14	10/14

En examinant ce tableau, on peut remarquer que 9 équipes sur 14, soit 65%, ont réussi à obtenir une bonne réponse à l'ensemble des questions. Il est important de rappeler que les problèmes que nous leur avons présentés concernaient l'analyse globale du graphique et que ces notions n'avaient pas été vues en classe auparavant.

Les problèmes concernant la température sont bien réussis et ne comporte pas de spécificité. Les erreurs sont probablement dues au fait d'une première utilisation de l'environnement.

Toutes les équipes ont réussi à produire une réponse satisfaisante l'activité 1 concernant le capteur de luminosité. Lors de la prédiction de l'allure du graphique 5 équipes n'ont pas présenté une réponse satisfaisante. Il est intéressant de noter que les 5 équipes ont omis la section horizontale qui représentait l'absence de variation pendant un certain temps. Cependant, la prédiction des variations rapides et lentes sont présentes.

En ce qui concerne la reproduction du graphique de la profondeur en fonction du temps, toutes les équipes ont réussi. Cependant, lors de l'écriture des manipulations, elles se laissent distraire par l'aspect «image» du graphique (figure 6.9). Sur la figure 6.9 on remarque que les élèves débutent correctement (manipulation 1 et 2) puis se laissent prendre par l'image du graphique. Lorsque la ligne descend, la manipulation indique de descendre le capteur alors qu'il faudrait faire le contraire (manipulation (3, 5 et 6).

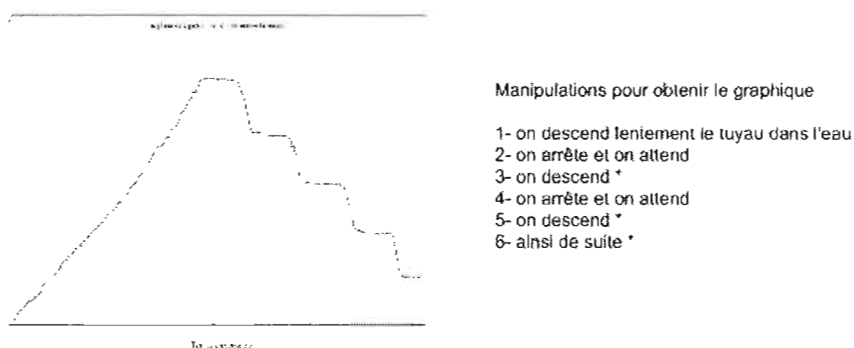


Figure 6.9
Impact de l'aspect «image» du graphique.

Lors de la prédiction de l'allure du graphique de profondeur en fonction du temps, 3 des 4 équipes qui ont manqué cette question se sont faites prendre par le contexte. C'est-à-dire qu'ils ont fait la bonne forme de graphique mais en dessinant celle-ci de façon imagée. La mise en situation de ce problème concernait le trajet d'un plongeur sous-marin (appendice C) qu'ils devaient représenter sur un graphique de la profondeur en fonction du temps. Lors de leur prédiction les élèves ont eu de la difficulté à se défaire de l'image du plongeur qui descend cela conduit à une prédiction qui ressemble à un

dessin de la plongée en fonction de sa représentation graphique. La figure 6.10 illustre cette erreur. La courbe 1 représente la prédiction de l'élève alors que la courbe 2 représente la situation attendue. Ce type d'erreur a aussi été relevé chez les élèves du secondaire et chez les étudiants du collégial par de nombreux chercheurs (Brassel, 1987, Morkos et Tinker, 1987, Girouard, 1998) On remarque aussi que les sections horizontales qui étaient oubliées dans les activités avec le capteur de luminosité sont ici présentes.

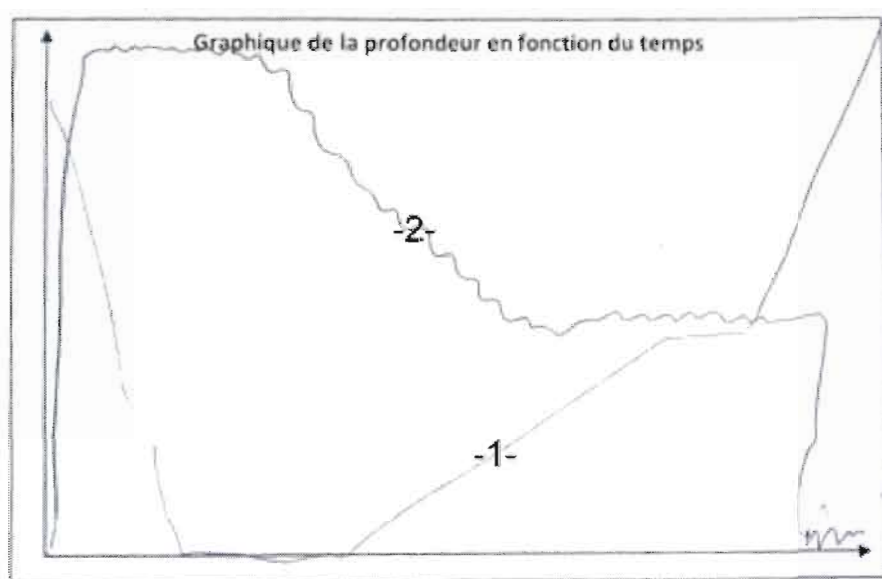


Figure 6.10

Impact du contexte de la mise en situation sur la prédiction de l'allure du graphique.

Ces résultats montrent que les élèves arrivent à utiliser l'environnement d'apprentissage pour résoudre les problèmes qui leur sont proposés. De plus, les élèves du groupe expérimental ont l'impression que les apprentissages qu'ils ont faits lors des séances vont se manifester dans les résultats du post-test. En effet, ils croient tous obtenir un meilleur résultat au post-test qu'au prétest. La figure 6.11 montre les résultats pour le groupe expérimental et le groupe témoin à la question : Est-ce que vous croyez que votre résultat sera supérieur, similaire ou inférieur à celui du prétest ?

Les élèves du groupe expérimental ont vraiment l'impression qu'ils vont avoir de meilleurs résultats au post-test qu'au pré-test. Cela est probablement dû au fait qu'ils croient avoir

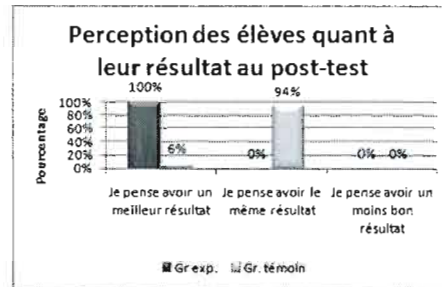


Figure 6.11

Réponse des élèves à la question : Est-ce que vous croyez que votre résultat sera supérieur, similaire ou inférieur à celui du pré-test ?

appris en réalisant les activités d'apprentissage dans l'environnement d'ExAO. Les élèves du groupe témoin ont, quant à eux, presque tous l'impression qu'ils vont obtenir un résultat similaire au pré-test. Cela est assez compréhensible puisqu'ils n'ont fait aucune activité reliée aux graphiques entre le pré-test et le post-test.

Dans notre méthodologie, nous avons prévu un pré-test et un post-test pour vérifier si les élèves ont su tirer profit de l'environnement pour leur apprentissage. Un groupe témoin a aussi répondu au pré-test et au post-test afin de pouvoir observer l'impact de l'environnement d'apprentissage développé et non celui de la passation du test une seconde fois. La figure 6.12 6.13 présente le pourcentage de bonnes réponses à chacune des questions pour le pré-test et le post-test et ce pour les 2 groupes.

Ce graphique ne tient pas compte des questions 1, 2, et 3. Nous avons dû retirer ces questions car le graphique de mise en situation du post-test était différent de celui du pré-test. L'échelle de l'axe des x a été considérablement réduite ce qui rend la lecture des données pratiquement impossible pour des élèves du primaire.

Les variations du pourcentage de bonnes réponses semblent être plus grandes dans le groupe expérimental. Dans le but de vérifier s'il y avait une augmentation significative des résultats au post-test, nous avons effectué un test t de Student unilatéral pour données indépendantes en comparant l'augmentation moyenne du groupe contrôle et du

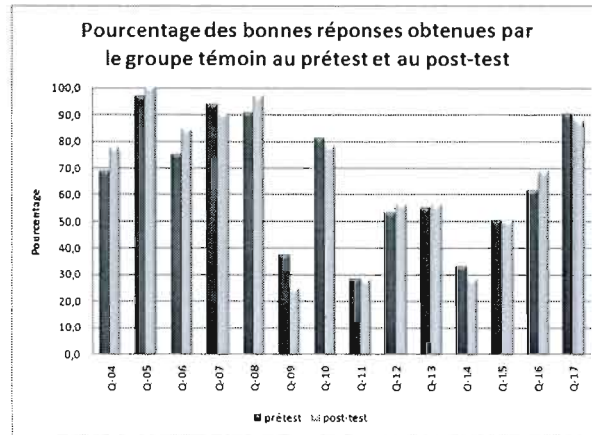


Figure 6.12

Pourcentage de bonnes réponses obtenues au pré-test et au post-test par le groupe témoin

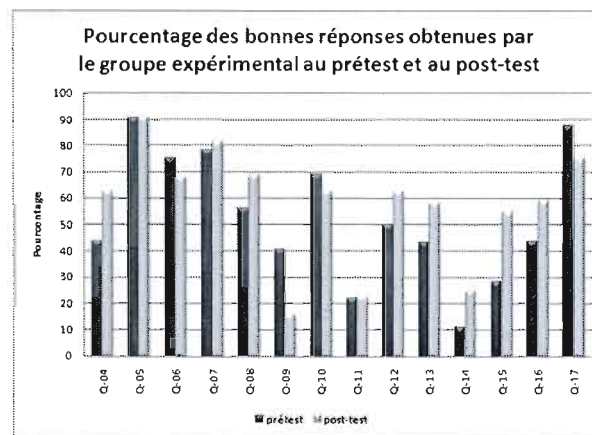


Figure 6.13

Pourcentage de bonnes réponses obtenues au pré-test et au post-test par le groupe expérimental

groupe expérimental. Le test assumant que la distribution des augmentations suit la loi normale et que les variances sont égales. Un test F d'égalité des variances (tableau 6.4) à montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les 2 variances ($df=31$, $F=1,046$, $p=0,45$).

Tableau 6.4

Tableau des résultats du test F d'égalité des variances

	Gr. expérimental	Gr. contrôle
Moyenne	0,88	0,23
Variance	2,95	2,82
Observation	32	32
Degré de liberté	31	31
F	1,046	
p unilatéral	0,450	
Valeur critique	1,822	

L'analyse des données de cette recherche indique que l'augmentation moyenne du groupe contrôle est de 0,23 point sur 16 alors de celle du groupe expérimental est de 0,88. Les résultats du test t de Student (tableau 6.5) pour l'ensemble des questions ont montré que la différence entre ses deux résultats est non significative (Test t = 1,55, dl = 31, p = 0,064). On peut donc constater que les élèves du groupe expérimental n'obtiennent pas de meilleurs résultats que le groupe témoin si l'on considère l'ensemble des questions.

Tableau 6.5

Tableau des valeurs obtenues lors du test t de Student pour l'ensemble des questions.

Indicateur : différence de points entre le pré-test et le post-test pour	Groupe	n=	\bar{x} =	Test t	valeur de p	<0,05
Ensemble des questions	Expérimental Contrôle	32 32	0,88 0,22	1,55	0,064	

Le résultat de p à 0,064 n'est pas très loin de 0,05, limite en deçà de laquelle les différences sont significatives. Ce résultat nous a donc amené à diviser le test en 3 sections selon le type de question. Cela afin de voir si certaines habiletés à interpréter les graphiques avaient pu profiter de l'utilisation de l'environnement d'apprentissage proposé aux élèves. Les questions du test ont donc été classées dans les 3 catégories ci-dessous.

Le repérage de points : les questions (5, 6 et 7) de cette catégorie amènent l'élève à soit trouver un point à partir d'une coordonnée, soit de trouver la coordonnée d'un point.

L'analyse globale : Les questions (8 et 11 à 17) de cette catégorie amènent l'élève à analyser globalement le graphique. C'est-à-dire à observer les variations de la pente, l'histoire du graphique, les maximums, les minimums, etc.

L'inter / extrapolation : Les questions (4, 9 et 10) de cette catégorie amènent l'élève à soit trouver les coordonnées d'un point qui est en dehors du graphiques, soit de trouver les coordonnées d'un point qui se situe entre deux points du graphique.

Chacune de ces catégories sera analysée dans la suite de ce chapitre.

6.4.1 Le repérage de points

L'analyse des données de la catégorie repérage de point indique que l'augmentation moyenne du groupe contrôle est de 0,13 point sur 16 alors de celle du groupe expérimental est de -0,09. Les résultats du test t de Student (tableau 6.6) pour les questions de cette catégorie ont montré que la différence entre ces deux résultats est non significative (Test t = -1,78, dl = 31, p = 0,122). On peut donc affirmer qu'il n'y a pas de différence entre le groupe contrôle et le groupe expérimental pour ce qui est des questions concernant le repérage de points. Ce résultat était prévisible puisque les activités que les élèves ont réalisées avec l'environnement d'apprentissage ne concernaient pas le repérage de point mais plutôt l'analyse globale du graphique.

Tableau 6.6

Tableau des valeurs obtenues lors du test t de Student pour les questions relatives au repérage de point.

Indicateur : différence de points entre le pré-test et le post-test pour	Groupe	n=	\bar{x} =	Test t	valeur de p	<0,05
Le repérage de points questions 5,6,7	Expérimental	32	-0,09	-1,78	0,122	
	Contrôle	32	0,13			

6.4.2 L'analyse globale

L'analyse des données de la catégorie analyse globale indique que l'augmentation moyenne du groupe contrôle est de 0,19 point sur 16 alors de celle du groupe expérimental est de 1,09. Les résultats du test t de Student (tableau 6.7) pour les question de cette catégorie ont montré que la différence entre ces deux résultats est significative (Test t = 2,7, dl = 31, p = 0,004). On peut donc voir qu'il y a une différence entre le groupe contrôle

et le groupe expérimental pour ce qui est des questions concernant l'analyse globale du graphique. On peut donc constater que l'utilisation de l'environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO qui a été proposé aux élèves leur a permis de développer une meilleure compréhension globale des graphiques.

Tableau 6.7

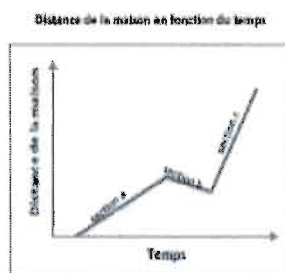
Tableau des valeurs obtenues lors du test t de Student pour les questions relatives à l'analyse globale.

Indicateur : différence de points entre le pré-test et le post-test pour	Groupe	n=	\bar{x} =	Test t	valeur de p	<0,05
L'analyse globale questions 8 et 11 à 17	Expérimental Contrôle	32 32	1,09 0,19	2,7	0,004	✓

À titre d'exemple, prenons la question 15 (figure : 6.14) où il était demandé à l'élève de déterminer dans quelle section Jean se déplace le plus rapidement.

MISE EN SITUATION F (question 14 et 15)

Jean marche pour aller à l'école. Le graphique ci-dessous représente la distance de Jean par rapport à sa maison en fonction du temps.



15. Dans quelle section Jean se déplace-t-il le plus rapidement ? Explique la réponse

Section : _____
 Explication : _____

Figure 6.14

Question 15 du pré-test et du posttest

Lors du pré-test seulement 28% des élèves du groupe expérimental ont identifié correctement la section c comme étant celle où Jean se déplace le plus rapidement. La plupart

des élèves (60%) ont plutôt choisi la section b en expliquant que l'on va plus vite quand on descend comme le montre les extraits de réponses suivants :

«Car la côte était en descendant» -GREF003- «parce qu'il descend la côte» -GREF013- «car il descend» -GREF029- «Parce qu'elle est plus petite et elle est descendante » -GREF018-

Lors du post-test, les élèves du groupe expérimental ont correctement identifié la section c dans une proportion de 55%. Cela représente une augmentation des 27 % par rapport au pré-test. Les explications données reflètent aussi une meilleure compréhension des variations dans un graphique. Voici quelques-unes des explications données.

«parce que la ligne est plus à pic» -GREF029- «la ligne monte plus vite (hauteur) et est moins longue (largeur)» -GREG012- «parce que la ligne est à pic» -GREF013- «parce que le temps est plus court et la distance plus grande» -GREF007-

Ces explications montrent que les élèves commencent à voir la relation qui existe entre la variable de l'axe de x et celle de l'axe des y (GREG012 et GREF007). En effet, dans leur commentaires, ils mettent en relation 2 grandeurs (longueur vs largeur et temps vs distance). Cependant, les élèves restent aussi avec une image de ce qu'est un changement rapide lorsqu'ils expliquent leur choix par l'allure à pic de la courbe (GREF029 et GREF013). Dans ces cas, ils se fient à l'image du graphique et non à la relation entre les deux variables. Ces trois séances ont mis les élèves en processus de compréhension.

Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Brassel (1987) qui avait montré qu'il était possible de corriger l'erreur de prendre le graphique comme une image par quelques séances d'ExAO. Dans son cas les élèves travaillaient avec des graphiques de la distance en fonction du temps.

6.4.3 L'interpolation et l'extrapolation

L'analyse des données de la catégorie inter / extrapolation indique que l'augmentation moyenne du groupe contrôle est de 0,09 point sur 16 alors de celle du groupe expérimental est de 0,13. Les résultats du test t de Student (tableau 6.8) pour les questions de cette catégorie ont montré que la différence entre ces deux résultats est non significative (Test $t = -0,16$, $dl = 31$, $p = 0,439$). On peut donc affirmer qu'il n'y a aucune différence entre le groupe contrôle et le groupe expérimental pour ce qui est des questions concernant l'inter / extrapolation du graphique. C'est-à-dire que l'utilisation de l'environnement d'apprentissage par les élèves ne leur a pas permis de mieux répondre à ce type de question.

Tableau 6.8

Tableau des valeurs obtenues lors des tests t de Student pour les questions relatives à l'inter/extrapolation.

Indicateur : différence de points entre le pré-test et le post-test pour	Groupe	n=	$\bar{x} =$	Test t	valeur de p	<0,05
L'inter/extrapolation questions 4, 9 et 10	Expérimental Contrôle	32 32	0,13 0,09	-0,16	0,439	

En somme, l'utilisation de l'environnement n'a pas permis aux élèves d'obtenir une augmentation significative de leurs résultats pour l'ensemble du test (tableau : 6.9. Cependant, lorsque l'on regroupe les questions selon leur type (repérage de point, analyse globale, inter/extrapolation) on observe une différence significative pour les questions concernant l'analyse globale. Pour les deux autres types de questions les différences sont non-significatives. Cela peut s'expliquer par le fait que nous n'avons pas fait d'activités spécifiques concernant le repérage de points et l'inter/extrapolation.

Dans le cadre de cette recherche, nous poursuivions trois objectifs. Le premier était de concevoir et de développer un environnement d'apprentissage supporté par l'ExAO pour l'enseignement de la science et de la technologie au primaire. Les résultats obtenus lors de l'expérimentation, nous amènent à croire que l'adaptation d'un système ExAO pour

Tableau 6.9

Tableau résumé des valeurs obtenues lors des tests t de Student.

Indicateur : différence de points entre le pré-test et le post-test pour	Groupe	n=	\bar{x} =	Test t	valeur de p	<0,05
L'ensemble des questions	Expérimental	32	0,88	1,55	0,064	
	Contrôle	32	0,22			
Le repérage de points questions 5,6,7	Expérimental	32	-0,09	-1,78	0,122	
	Contrôle	32	0,13			
L'analyse globale questions 8 et 11 à 17	Expérimental	32	1,09	2,7	0,004	✓
	Contrôle	32	0,19			
L'inter/extrapolation questions 4, 9 et 10	Expérimental	32	0,13	-0,16	0,439	
	Contrôle	32	0,09			

le primaire est possible. De plus, les élèves manifestent un intérêt certain à utiliser ce type d'environnement.

Le deuxième objectif était d'évaluer l'appropriation que font les élèves de l'environnement d'apprentissage développé. Nos observations et les entrevues que nous avons menées indiquent que les élèves se sont appropriés facilement le logiciel. Ils n'ont éprouvé pratiquement aucune difficulté avec l'environnement outre le fait qu'ils trouvaient le luxmètre difficile à manipuler.

Ce type d'environnement d'apprentissage s'avère aussi bénéfique pour certains apprentissages concernant les graphiques. En effet, l'habileté à analyser globalement les graphiques se développe chez les élèves qui utilisent l'ExAO comme le montre les paragraphes précédents. Les réponses écrites des élèves montrent qu'ils sont capables de tirer profit de l'environnement d'apprentissage pour résoudre des problèmes.

De plus, la possibilité de pouvoir enregistrer les traces des actions des élèves pourrait aider les enseignants à suivre le cheminement cognitif des élèves et ainsi avoir des interventions plus efficaces auprès de ceux-ci.

6.5 Perspectives de recherche et de développement

Nous estimons donc que nous avons atteint nos objectifs. Nous jugeons qu'il serait pertinent de continuer la recherche sur l'utilisation de l'ExAO au primaire pour amener

éventuellement le développement d'environnements pleinement fonctionnels qui pourraient être utilisés par les élèves et les enseignants du primaire. C'est dans cette optique que nous proposons quelques pistes de recherche.

La prochaine version du logiciel pourrait permettre l'utilisation d'autres capteurs. Parallèlement, il serait bénéfique de développer de nouvelles activités d'apprentissage qui permettraient aux élèves de s'approprier d'autres aspects de la compréhension des graphiques. L'extrapolation pourrait être traitée, par exemple, par des activités qui sont interrompues en milieu d'expérimentation, par la suite, on demande aux élèves d'extrapoler puis on poursuit l'expérimentation pour comparer extrapolation et réalité. Le but de ces activités étant d'être un outil à l'apprentissage du langage de codage graphique.

De plus, il serait aussi intéressant de voir l'impact de l'utilisation de l'environnement d'apprentissage sur une période plus longue. C'est-à-dire que l'on pourrait intégrer l'environnement à l'intérieur d'activités d'apprentissage qui s'échelonne sur une étape. D'autres contextes d'utilisation pourraient être envisagés. Par exemple, une série d'activités pourraient amener l'élève à devoir choisir quel capteur se prête le mieux à la résolution du problème qui lui est posé. Il serait aussi intéressant de comparer l'impact de l'environnement l'ExAO à d'autres façons de d'enseigner le langage de codage graphique (activité crayon papier, par simulation).

La fonction qui enregistre les données d'utilisation des élèves pourrait être développée davantage de façon à la rendre plus conviviale pour les enseignants. Par exemple, il pourrait y avoir une capture d'écran qui est faite lorsque le tracé du graphique est arrêté. De cette façon, l'enseignant pourrait avoir un support visuel à posteriori pour discuter avec l'élève. Une représentation visuelle des données enregistrées permettrait de faire une analyse plus rapide du cheminement des élèves.

CONCLUSION

Dans le cadre de cette recherche, qui visait le développement structuré d'un outil didactique, nous avons trois objectifs soit :

- concevoir et développer un environnement d'ExAO pour l'enseignement de la science et de la technologie au troisième cycle primaire ;
- évaluer l'appropriation que font les élèves de l'environnement ;
- évaluer l'impact de l'utilisation de l'environnement sur l'apprentissage du langage de codage graphique.

Pour mener cette recherche, le modèle de recherche développement de Nonnon (1993) a été utilisé. Il a été privilégié, car il permet, entre autres, d'entreprendre une recherche à partir d'une idée qui semble intéressante puis de l'enrichir en cours de développement. De plus, le modèle de Nonnon est caractérisé par le fait qu'il tient compte de la recherche déjà faite. En effet, l'idée initiale de la recherche doit être enrichie par des considérations théoriques provenant de la recherche antérieure sur le sujet. Le modèle de recherche de Nonnon comporte huit étapes que nous décrirons brièvement ici. Pour plus de détail, veuillez vous référer au chapitre 2.

1. L'**idée initiale** de développement est une idée jugée intéressante. Elle sera enrichie au cours du développement.
2. Les **considérations théoriques** sont la recension des écrits pouvant enrichir, améliorer, modifier ou rejeter une idée initiale.
3. L'**élaboration de l'idée** constitue une présentation de l'ensemble des caractéristiques de la solution retenue.
4. Le **modèle d'action** constitue l'opérationnalisation de la solution retenue. Lors de cette étape, il faut préciser suffisamment l'idée pour être capable de la concevoir techniquement.
5. Le **prototype** constitue la première version concrète du système développé.
6. La **mise à l'essai fonctionnelle** vise à vérifier que le prototype fonctionne adéquatement. Elle se fait auprès de quelques experts.

7. **La mise à l'essai empirique** vise deux objectifs. Premièrement, elle veut fournir de l'information sur l'interaction des élèves avec le système. Deuxièmement, elle sert à dégager des objectifs pour la mise à l'essai systématique.
8. **La mise à l'essai systématique** s'apparente à une recherche expérimentale qui pour but de vérifier le modèle d'action.

Ces 8 étapes ne sont pas séquentielles, durant cette recherche de nombreux allers-retours ont eu lieu entre les mises à l'essai et la conception du prototype.

Nous avons donc utilisé le potentiel offert par l'expérimentation assistée par ordinateur pour développer un environnement d'apprentissage. L'utilisation de l'ExAO a pour but de permettre aux élèves d'interagir avec un phénomène concret tout en voyant sa représentation graphique en temps réel. D'un point de vue didactique, l'environnement développé a permis aux élèves de travailler dans un cycle induction - déduction. C'est-à-dire que les élèves peuvent, d'une part, produire une représentation graphique d'un phénomène de nombreuses fois dans un temps relativement court afin de pouvoir observer les relations entre les variables (induction). D'autre part, les élèves sont amenés à prévoir le graphique d'un phénomène proposé à partir des régularités qu'ils ont observés (déduction). Ce sont ces deux phases de travail cyclique qui amènent l'élève à construire sa compréhension du langage de codage graphique.

Lors de la mise à l'essai fonctionnelle de l'environnement d'apprentissage développé, l'enseignante s'est montrée enthousiaste. Celle-ci a émis l'avis que l'environnement pourrait avantageusement être utilisé en classe pour travailler les concepts reliés au graphique. De plus, ces commentaires nous ont permis d'améliorer le prototype en vue de la mise à l'essai empirique.

Lors des trois séances de la mise à l'essai empirique, les 32 élèves du troisième du cycle primaire se sont montrés très satisfaits de l'environnement dans un proportion de 87%. Ils se sont appropriés les différentes fonctionnalités de l'environnement avec facilité et se sont engagés dans une démarche de résolution de problème avec beaucoup d'intérêt. Lors de l'entrevue qui a suivie, ils se sont dits intéressés à utiliser l'environnement ré-

gulièrement au cours de l'année scolaire et avec d'autres capteurs que ceux que nous leur avons proposé. Les résultats de l'évaluation que nous avons faite de l'appropriation de l'environnement par les élèves, nous permettent de croire que le développement d'un environnement d'ExAO pour le primaire est justifié. Lors de recherches futures, le développement d'un logiciel prenant en charge une plus grande variété de capteurs est à envisager. Le raffinement de la fonction qui enregistre les données d'utilisation de l'élève dans le logiciel par l'ajout de capture d'écran et de représentation visuelle des données mérite permettrait à l'enseignant d'avoir une représentation visuelle du cheminement des élèves. Une expérimentation auprès d'un plus grand nombre d'élèves est aussi à envisager.

Pour ce qui est des apprentissages, dans une grande majorité les élèves, 70%, croient que l'environnement d'apprentissage qui leur a été proposé les aide beaucoup à apprendre. Tous les élèves qui avaient utilisé l'environnement pensaient obtenir un meilleur résultat au post-test qu'au pré-test. Lors de l'analyse des données des tests, les résultats du test t de Student ont montré que l'augmentation des résultats entre le pré-test et le post-test du groupe expérimental n'était pas significative sur tous les points. En effet, nous nous sommes rendu compte qu'il y avait une augmentation significative des résultats pour les questions qui concernaient l'analyse globale d'un graphique (variations de la pente, histoire du graphique, maximums, minimums). Les résultats aux questions concernant le repérage de point ainsi que ceux sur l'intra/extrapolation ne présentent pas de différence significative entre le groupe expérimental et le groupe témoin. Il faut noter que les activités qui ont été effectuées avec l'environnement ne concernaient que l'analyse globale des graphiques. Cela nous amène donc à croire que, dans ce cas, se sont les activités réalisées avec l'environnement et non l'environnement lui-même qui favorisent les apprentissages reliés au langage de codage graphique.

Dans le cadre de ce mémoire, la mise à l'essai systématique n'a pas été effectuée. Cependant, puisque que cette mise à l'essai vise à valider le modèle d'action et s'effectue à grande échelle, elle pourrait faire l'objet d'une recherche future. De plus, les recherches à venir pourraient explorer l'utilisation de l'ExAO à l'aide d'activités spécifiques sur un

plus large éventail de notions reliées au langage de codage graphique afin de vérifier si l'environnement peut avoir un impact sur leur compréhension. Une version future du logiciel pourrait, entre autres, en plus de tracer des graphiques à lignes brisées, tracer un nuage de points. C'est-à-dire qu'il pourrait indiquer seulement le point de chacune des mesures sans les relier entre eux. Cela pourrait donner lieu à des activités sur l'intrapolation. D'autres contextes d'utilisation de l'environnement d'apprentissage que nous avons développé pourraient être envisagés. Par exemple, des activités qui permettraient le développement de compétences en résolution de problèmes en amenant l'élève à choisir quel capteur se prête le mieux en fonction de la variable physique qui doit être mesurée dans les problèmes qui lui sont soumis.

En terminant, les résultats obtenus lors des différentes mises à l'essai nous amènent à croire que l'adaptation d'un système d'ExAO pour le primaire s'avère pertinent tant au niveau de l'intérêt que portent les élèves à ce type d'environnement que de l'impact bénéfique que peut avoir l'utilisation de celui-ci sur l'apprentissage du langage de codage graphique de ceux-ci.

BIBLIOGRAPHIE

- ACFAS, 2000. AVIS - *La formation des enseignants en mathématique et en science au primaire et au secondaire* En ligne, <<http://www.acfas.ca/maitres/index.html>>. (Consulté le 15 février 2008)
- Astolfi, Jean-Pierre et coll. 1998. *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck, 195 p.
- Astolfi, Jean-Pierre et Michel Develay. 2002. *La didactique des sciences*. Coll. « Que sais-je ? ». Paris : PUF.
- Astolfi, Jean-Pierre, Brigitte Peterfalvi et Anne Vérin. 1998. *Comment les enfants apprennent les sciences*. Coll. « Pédagogie ». Paris : Rezt, 267 p.
- Basque, Josianne. 2005. « Une réflexion sur les fonctions attribuée aux TIC en enseignement universitaire » *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*. vol 2 no.1, En ligne, <<http://www.profetic.org/revue/-Volume-2-numero-1->> (consulté le 5 février 2008)
- Beaufils, D. Le Touzé, J.C., Richoux H. 1996. *Des images pour des activités scientifiques. Apport des nouvelles technologie dans l'enseignement de la physique*. Aster no 22. p.149-172.
- Bednarz, Nadine. 1990. *L'enseignement des mathématiques et le Québec de l'an 2000*. Montréal : Les Éditions Agence d'ARC. inc.
- Berger, Carl et al. 1994. « Research on the uses of technology in science education ». In *Handbook of research on science teaching and learning* Dorothy L. Gabel, p.466-490. New-York :Macmillan
- Brassel, Heather. 1990. « What Research Says to the Science Teacher ». *The Process of Knowing*, vol. 6.
- Brassel, Heather. 1987. « The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representation of distance and velocity ». *Journal of research in science teaching*, vol. 24, no 4, p.385-395.
- Borg W.R. et M.D. Gall. 1989. *Educational Research*. 5e ed. New-York : Longman
- Commission des programmes d'étude. 1998. *L'enseignement des sciences et de la technologie dans le cadre de la réforme du curriculum du primaire et du secondaire : avis à la ministre de l'éducation*. Québec : Publication du Québec, 46 p.

- Conseil de la science et de la technologie. 1998. *La science et la technologie à l'école, mémoire sur la science et la technologie dans la réforme du curriculum de l'enseignement primaire et secondaire*. Québec : Publication du Québec, 13 p.
- Conseil supérieur de l'éducation. 1999. *Les enjeux majeurs des programmes d'études et des régimes pédagogiques. Avis au ministre de l'éducation*. Québec : Publication du Québec, 66 p.
- De Landsheere, Gilbert. 1985. *Introduction à la recherche en éducation*. Liège : Thone, 311 p.
- De Serres, Margot et Jean Denis Groleau. 1997. *Mathématique et Langage*. Montréal : Collège Jean-de-Brébeuf, 244 p.
- De serres, Margot et coll. 2003. *Intervenir sur les langages en mathématiques et en sciences*. Montréal : Modulo. 408 p.
- Fournier, Frédéric. 2001. *Un environnement d'apprentissage technologique pour la compréhension du concept de mesure en sciences expérimentales*. Montréal : Université de Montréal, Thèse de doctorat. 199 p.
- Gagné, G et coll. 1989. *Recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle*. Bruxelles : De Boeck, 200 p.
- Girouard, Marcel. 1998. « Bénéfices didactiques de l'expérimentation assistée par ordinateur ; ExAO ». *Spectre*, Vol. 27 no 4, p.32-35.
- Girouard, Marcel. 1995. *La lunette cognitive pour l'acquisition des objectifs terminaux des cours de physique GPY-151-2-4 à l'éducation des adultes*. Montréal : Université de Montréal, Thèse de doctorat. 169 p.
- Gouvernement du Québec. 2001. *Programme de formation de l'école québécoise : éducation préscolaire, enseignement primaire*. Québec : Publication du Québec, 350 p.
- Gouvernement du Québec. 2002. *L'introduction des technologies de l'information et des communications (TIC) à la formation générale des jeunes et à la formation des adultes, bilan de l'an V : année scolaire 2000-2001*, Québec : Publication du Québec, 64 p.
- Heid, Katleen. 1996. « A technology-intensive functional approach to the emergence algebraic thinking. » In *Approaches to algebra : perspectives for research and teaching*. Kluwer Academic, p.257-293. Dordrecht : Kluwer Academic Publisher.
- Janvier, Claude. 1981a. « Les graphiques cartésiens comme mode de représentation : règle du langage et nature des traductions ». *Séminaire de didactique et pédagogie des mathématiques*, no 25.

- Janvier, Claude. 1981b. « Les graphiques dans l'enseignement des sciences ». *Spectre*, p.35-42.
- Janvier, Claude. 1983. « Les graphiques cartésiens : des traductions aux chroniques ». *Les sciences de l'éducation*, no 1-3, p.17-35.
- Kieran, Carolyn, André Boileau et Maurice Garançon. 1996. « Introducing to algebra : Perspectives of a technology-supported, functional approach » In *Approaches to algebra : perspectives for reasearch and teaching*. Kluwer Academic, p.257-293. Dordrecht : Kluwer Academic Publisher.
- Lazarowitz, Reuven et Pinchas Tamir. 1994. « Research on using laboratory instruction in science » In *Handbook of research on science teaching and learning* Dorothy L. Gabel, New-York :Macmillan. p.94-128.
- Legendre, Renald. 2005 *Dictionnaire de actuel de l'éducation*, 3 ed. Montréal : Guérin. 1554 p.
- Leonard, William. 1990. « Computer-based technology in college laboratory course ». *Journal of college science teaching*, vol.20, no 9, p.210-211.
- Lerouge, Alain. 1993. « Contagion de signifiant et contagion de référence sur la conceptualisation mahtématique de l'intersection de deux droites » *Les sciences de l'éducation*, no 1-3, p.119-135.
- Linn, Marcia, John W. Layman et Rafi Nachmias. 1987. « Cognitive consequence of microcomputer-based laboratory : graphing skills developpement ». *Contemporary Eduational Psychology*, vol. 12, no 3, p.244-253.
- Loiselle, Jean. 2001. « La recherche développement en éducation : sa nature et ses caractéristiques » dans Anadon, Marta (dir). *Nouvelles dynamiques de recherche en éducation*.
- Loiselle, Jean et Sylvie Harvey. 2007. « La recherche développement et éducation : fondements, apports et limites ». *Recherche qualitative*, vol. 17, no 1, p.40-59.
- McKenzie, D. L. et M. J. Padilla. 1984. « Effects of laboratory activities and written simulations on the acquisition of graphing skills by eighth students ». In *Paper presented at the meeting of the national association for research in science teaching*, Avirl 1984.
- McKenzie, D. L. et M. J. Padilla. 1986. « The Construction and Validation of the Test of Graphing in Science (TOGS). ». In *Journal of Research in Science Teaching*, vol 23 no. 17. Octobre 1986. p.571-579
- Ministère de l'éducation. 1994. *Préparer les jeunes au 21e siècle, rapport du groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire*. Québec : Publication du Québec.

- Ministère de l'éducation. 2000. *Actualisation du réseau des CEMIS, orientations ministérielles*. Québec : Publication du Québec, 10 p.
- Morkos, Janice R. Robert F. Tinker. 1987. « The impact of Microcomputer-Based Labs on Children's Ability to Interpret Graphs » *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 24, no 4, p.369-383.
- Nachmias, Rafi. 1989. « The microcomputer based laboratory : theory and practice », *Megamot : Behavioral science quartely*, no 32, p.245-261.
- Nonnon, Pierre. 1985. *Comception d'un laboratoire d'initiation aux sciences assistés par ordiateur*. Thèse de Doctorat. Université Laval.
- Nonnon, Pierre. 1993. « Proposition d'un modèle de recherche développement technologique en éducation ». *Regards sur la robotique pédagogique*. Liège : Université de Liège. p.147-154.
- Nonnon, Pierre. 1986. *Laboratoire d'initiation aux sciences assistés par ordinateur*. Montréal : Université de Montréal, 146 p.
- Piaget, Jean. 1970. *Épistémologie génétique*. Coll. « Que sais-je ? ». Paris :PUF. 128 p.
- Ministère de l'éducation. 1994. *Préparer les jeunes au 21e siècle, rapport du groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire*. Québec : Publication du Québec.
- Raby, Carole. 2004. *Analyse du cheminement qui a mené des enseignants du primaire à développer une utilisation exemplaire des technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe* En ligne, <<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/02/77/73/PDF/Rabythese.pdf>>. (Consulté le 8 décembre 2009)
- Riopel, Martin. 2005. *Conception et mise à l'essai d'un environnement d'apprentissage intégrant l'expérimentation assistée par ordinateur et la simulation assistée par ordinateur*. Thèse de doctorat, Montréal, Université de Montréal, 224 p.
- Rogers, Laurence T. 1995. « The computer aid for exploring graphs ». *School science review*, vol. 76, no 726, p.31-39.
- Rutherford, James et Andrew Ahlgren. 1990. *Science for all american*. En ligne, <<http://www.project2061.org/publications/sfaa>> (consulté le 29 janvier 2008).
- Thouin, Marcel. 2004. *Enseigner les sciences et la technologie au préscolaire et au primaire*. Sainte-foy(Qc) : Éditions Multimondes, 430 p.
- Thouin, Marcel. 1996. *Les conceptions des élèves et les activités d'apprentissage en sciences de la nature au primaire*. coll. « Les publications de la faculté des sciences de l'éducation. collection Actes de colloques ». Montréal : Université de Montréal, Faculté des sciences de l'éducation, 162 p.

- Toussaint, Jacques et coll. 1996. *Didactique appliquée de la physique-chimie*. Paris : Nathan pédagogie, 315 p.
- Unesco. 1999. *Rapport mondial sur la communication et l'information* . En ligne, <<http://www.unesco.org/webworld/wcir/fr/report.html>> (Consulté le 29 janvier 2008)
- Van der Maren, Jean-Marie. 1999. *La recherche appliquée en pédagogie : des modèles pour l'enseignement*. Bruxelles : De Boeck.
- Vergnaud, Gérard. 1991. « Langage et pensée dans l'apprentissage des mathématiques ». *Revue de pédagogie française*. vol. 19, no juillet, août, septembre, p. 79-86.
- Visscher-Voerman, J.I.A. et T. Plomp. 1996. « Design approaches in training and education » dans Ely, D et T.Plomb (dir). *Internationnal Encyclopedia of Educationnal Technology*. 2e éd. Cambridge, Pergamon, p.22-26.
- Wise, K C. 1988. « The effects of using computing technologies in science instruction : A synthesis of classroom-based research » In *1988 AETS Yearbook* Columbus :The Ohio state University p.105-118.

APPENDICE A

PRÉTEST

Nom : _____

Date : _____

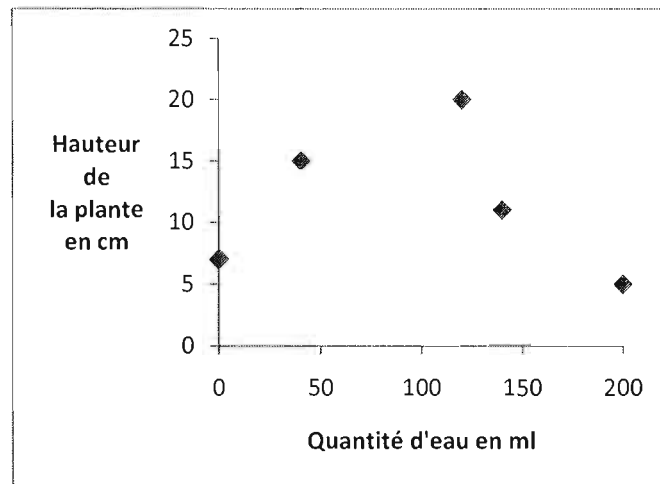
Pré-test

Compréhension des concepts reliés au langage de codage graphique

MISE EN SITUATION A (question 1, 2, 3 et 4)

Julie travaille chez un fleuriste. Chaque jour, elle donne différentes quantités d'eau à quelques plantes. Après 3 semaines, elle mesure la grandeur des plantes. Le graphique suivant illustre les résultats.

Hauteur de la plante en fonction de la quantité d'eau

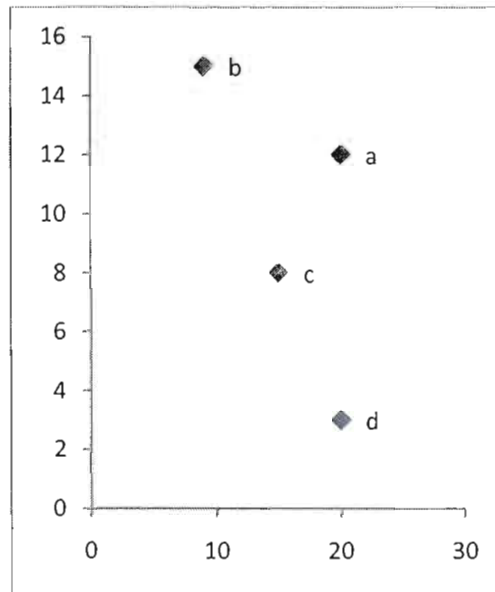


1. Une plante a reçu 140 ml d'eau, chaque jour, durant 3 semaines. Quel devrait être la hauteur de cette plante?
 - a) 11 cm
 - b) 16 cm
 - c) 20 cm
 - d) 23 cm

2. Quelle quantité d'eau a reçu la plante qui mesure 10 cm ?
- a) 120 ml
 - b) 140 ml
 - c) 160 ml
 - d) 180 ml
3. Les phrases qui suivent décrivent la relation entre la quantité d'eau donnée et la hauteur des plantes. Quelle est la meilleure description ?
- a) Lorsque la quantité d'eau augmente jusqu'à 120 ml, la hauteur de la plante diminue. Lorsque la quantité d'eau est supérieure à 120 ml, la hauteur de la plante augmente.
 - b) La quantité d'eau et la hauteur de la plante augmentent jusqu'à 120 ml puis les deux diminuent.
 - c) Lorsque la quantité d'eau augmente jusqu'à 120 ml la plante croît rapidement. Quand la quantité d'eau dépasse 120 ml, la plante grandit plus lentement.
 - d) Lorsque la quantité d'eau augmente jusqu'à 120 ml, la hauteur de la plante augmente. Quand la quantité d'eau est supérieure à 120 ml, la hauteur de la plante diminue.
4. Quelle hauteur devrait avoir une plante qui recevrait 205 ml d'eau chaque jour?
- a) moins de 5 cm
 - b) 8 cm
 - c) 10 cm
 - d) plus de 20 cm

MISE EN SITUATION B (questions 5 et 6)

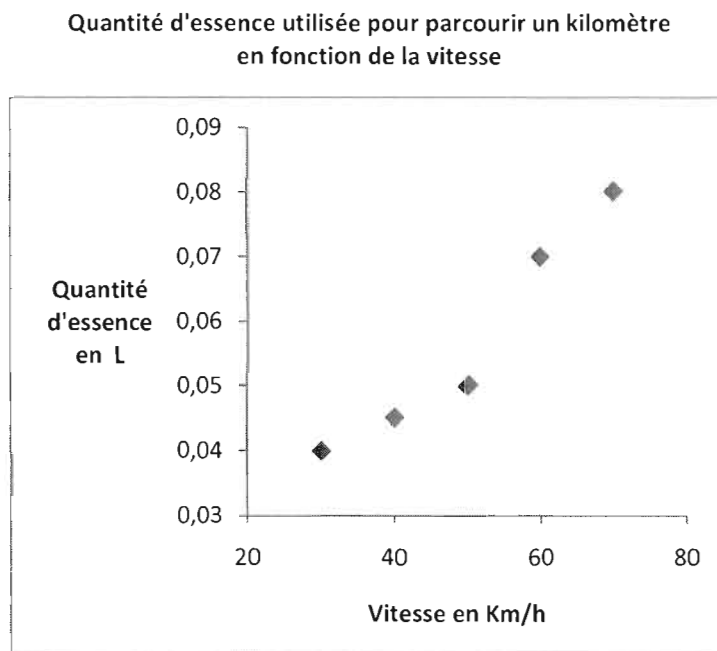
Utilise ce graphique pour répondre aux 2 questions qui suivent.



5. Quelles sont les coordonnées du point a ?
- a) (9,12)
 - b) (20,12)
 - c) (20,8)
 - d) (12,8)
6. Quel point est situé aux coordonnées (15,8)?
- a) a
 - b) b
 - c) c
 - d) d

MISE EN SITUATION C (questions 7, 8, 9 et 10)

Paul mesure la quantité d'essence nécessaire pour parcourir un kilomètre à différentes vitesses. Ces résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous.



7. Quelle quantité d'essence est nécessaire pour parcourir 1 km à 60 km/h
- a) 0.05 L
 - b) 0.06 L
 - c) 0.07 L
 - d) 0.08 L
8. Laquelle des affirmations ci-dessous décrit le mieux la relation illustrée par le graphique ?
- a) Lorsque la vitesse augmente, la quantité d'essence utilisée augmente.
 - b) Lorsque la vitesse diminue, la quantité d'essence utilisée augmente.
 - c) La quantité d'essence utilisée augmente quand la vitesse diminue.
 - d) La quantité d'essence utilisée diminue quand la vitesse augmente.

9. À 55 km/h, quelle quantité d'essence sera utilisée?

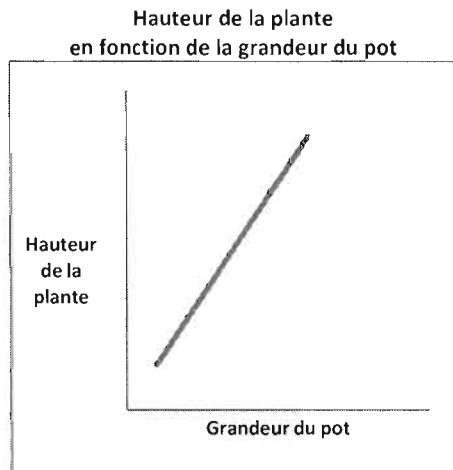
- a) 0,04
- b) 0,05
- c) 0,06
- d) 0,07

10. À 80 km/h quelle quantité d'essence sera utilisée?

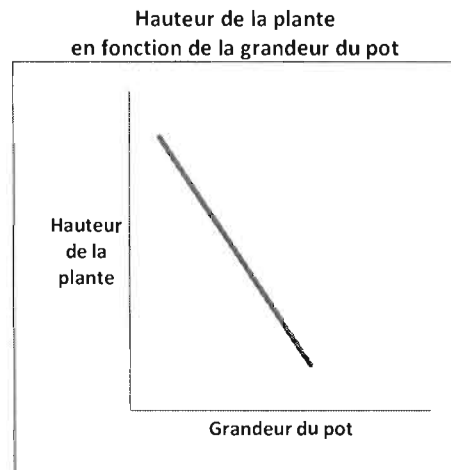
- a) 0,07
- b) 0,08
- c) 0,09
- d) 0,10

MISE EN SITUATION D (questions 11 et 13)

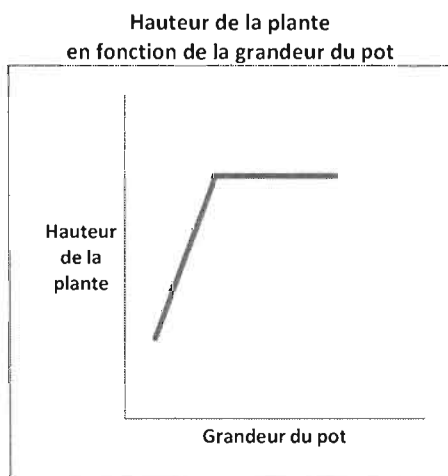
Nicolas veut étudier comment poussent les tournesols dans des pots de différentes grandeurs. Les graphiques ci-dessous présentent 4 résultats possibles de cette expérience.



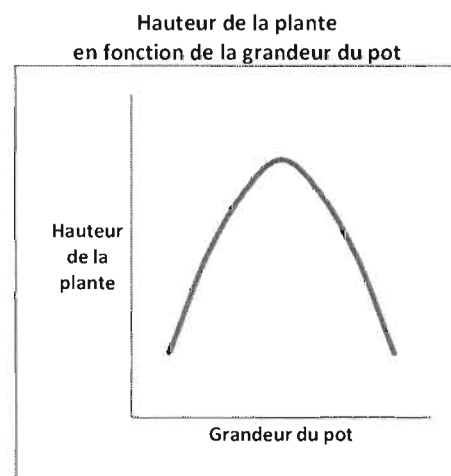
Graphique A



Graphique B



Graphique C



Graphique D

11. Quel graphique décrit le mieux l'affirmation suivante :

Quand la grandeur du pot augmente, la hauteur de la plante diminue.

- a) Le graphique A
- b) Le graphique B
- c) Le graphique C
- d) Le graphique D

12. Quel graphique décrit le mieux l'affirmation suivante :

Lorsque la grandeur du pot augmente, la hauteur de la plante augmente jusqu'à une certaine grandeur de pot. Ensuite, avec des pots plus grands la grandeur de la plante reste la même.

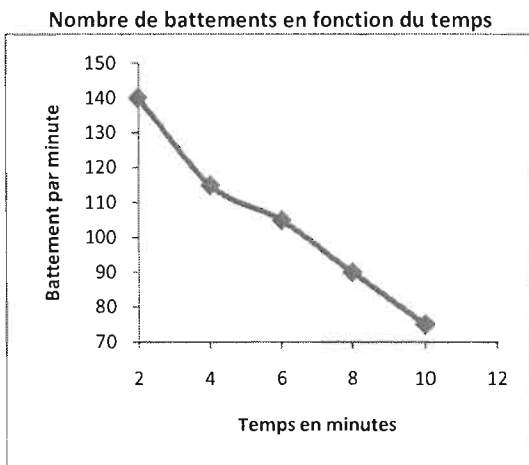
- a) Le graphique A
- b) Le graphique B
- c) Le graphique C
- d) Le graphique D

MISE EN SITUATION E (question 13)

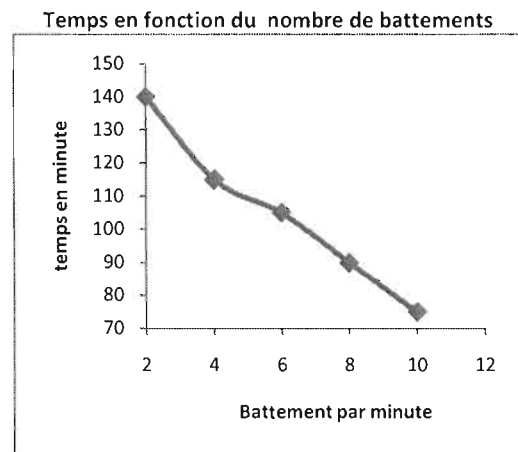
Mélanie court 2 kilomètres tous les jours. Après avoir couru, elle prend son pouls toutes les 2 minutes. Voici les résultats :

- 140 battements par minute après 2 minutes
- 115 battements par minute après 4 minutes
- 105 battements par minute après 6 minutes
- 90 battements par minute après 8 minutes
- 75 battements par minute après 10 minutes

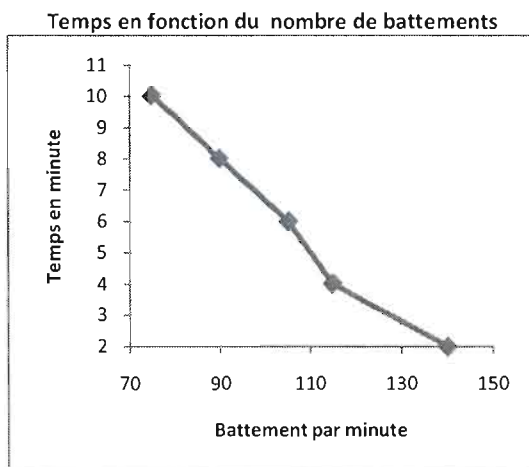
13. Quel graphique représente le mieux ces résultats?



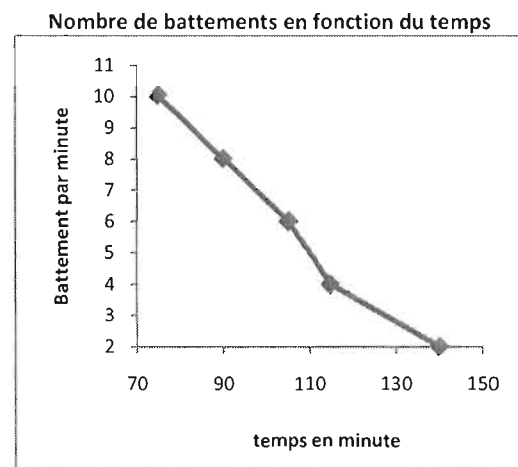
a) Graphique A



b) Graphique B



c) Graphique C



d) Graphique D

APPENDICE B

POST-TEST

Nom : _____

Date : _____

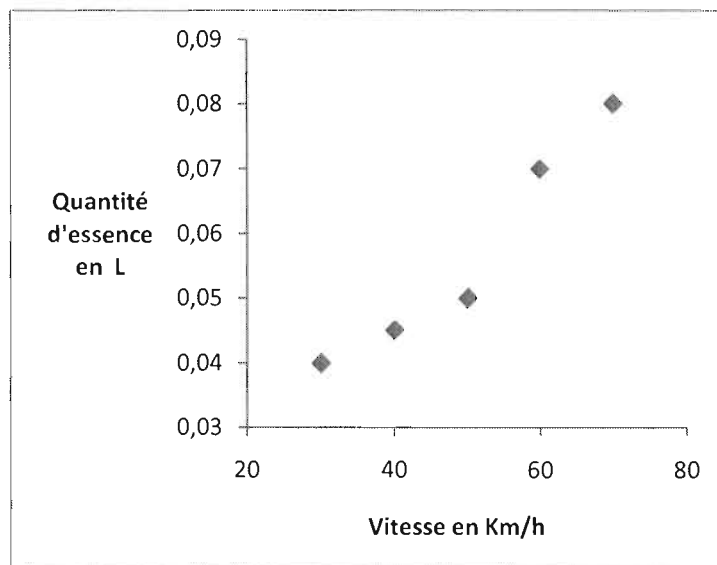
Post-test

Compréhension des concepts reliés au langage de codage graphique

MISE EN SITUATION A (questions 1, 2, 3 et 4)

Paul mesure la quantité d'essence nécessaire pour parcourir un kilomètre à différentes vitesses. Ces résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous.

Quantité d'essence utilisée pour parcourir un kilomètre
en fonction de la vitesse



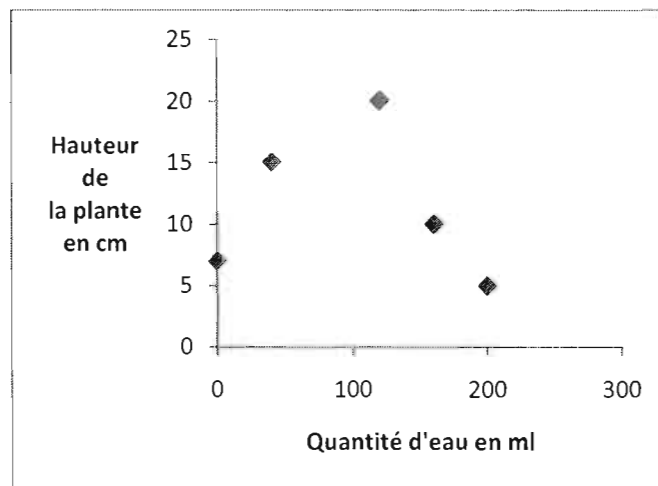
1. Quelle quantité d'essence est nécessaire pour parcourir 1 km à 60 km/h
 - a) 0.05 L
 - b) 0.06 L
 - c) 0.07 L
 - d) 0.08 L

2. Laquelle des affirmations ci-dessous décrit le mieux la relation illustrée par le graphique ?
- a) Lorsque la vitesse augmente, la quantité d'essence utilisée augmente aussi.
 - b) Lorsque la vitesse diminue, la quantité d'essence utilisée augmente.
 - c) La quantité d'essence utilisée augmente quand la vitesse diminue.
 - d) La quantité d'essence utilisée diminue quand la vitesse augmente.
3. À 55 km/h, quelle quantité d'essence sera utilisée?
- a) 0,04
 - b) 0,05
 - c) 0,06
 - d) 0,07
4. À 80 km/h quelle quantité d'essence sera utilisée?
- a) 0,07
 - b) 0,08
 - c) 0,09
 - d) 0,10

MISE EN SITUATION B (question 5, 6, 7 et 8)

Julie travaille chez un fleuriste. Chaque jour, elle donne différentes quantités d'eau à quelques plantes. Après 3 semaines, elle mesure la grandeur des plantes. Le graphique suivant illustre les résultats.

Hauteur de la plante en fonction de la quantité d'eau



5. Une plante a reçu 140 ml d'eau, chaque jour, durant 3 semaines. Quel devrait être la hauteur de cette plante?
 - a) 11 cm
 - b) 16 cm
 - c) 20 cm
 - d) 23 cm

6. Quelle quantité d'eau a reçu la plante qui mesure 10 cm ?
 - a) 120 ml
 - b) 140 ml
 - c) 160 ml
 - d) 180 ml

7. Les phrases qui suivent décrivent la relation entre la quantité d'eau donnée et la hauteur des plantes. Quelle est la meilleure description?
- a) Quand la quantité d'eau augmente jusqu'à 120 ml, la hauteur de la plante diminue. Quand la quantité d'eau est supérieure à 120 ml la hauteur de la plante augmente.
 - b) La quantité d'eau et la hauteur de la plante augmentent jusqu'à 120ml puis les deux diminuent.
 - c) Quand la quantité d'eau augmente jusqu'à 120 ml la plante croît rapidement quand la quantité d'eau dépasse 120 ml la plante croît plus lentement
 - d) Quand la quantité d'eau augmente jusqu'à 120 ml, la hauteur de la plante augmente. Quand la quantité d'eau est supérieure à 120 ml la hauteur de la plante diminue
8. Quelle hauteur devrait avoir une plante qui recevrait 205 ml d'eau chaque jour?
- a) moins de 5 cm
 - b) 8 cm
 - c) 10 cm
 - d) plus de 20 cm

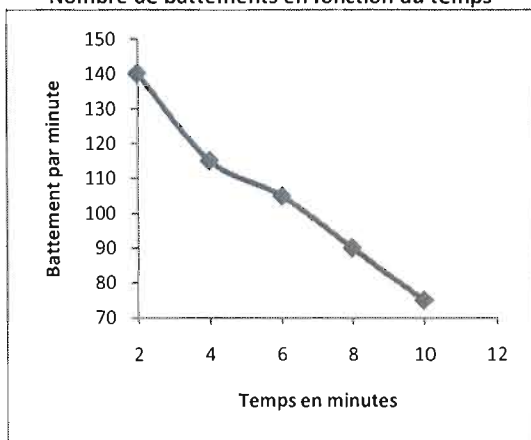
MISE EN SITUATION C (question 9)

Mélanie court 2 kilomètres tous les jours. Après avoir couru, elle prend son pouls toutes les 2 minutes. Voici les résultats :

- 140 battements par minute après 2 minutes
- 115 battements par minute après 4 minutes
- 105 battements par minute après 6 minutes
- 90 battements par minute après 8 minutes
- 75 battements par minute après 10 minutes

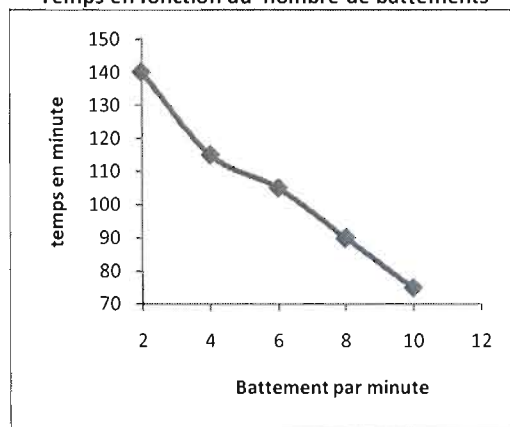
9. Quel graphique représente le mieux ces résultats?

Nombre de battements en fonction du temps



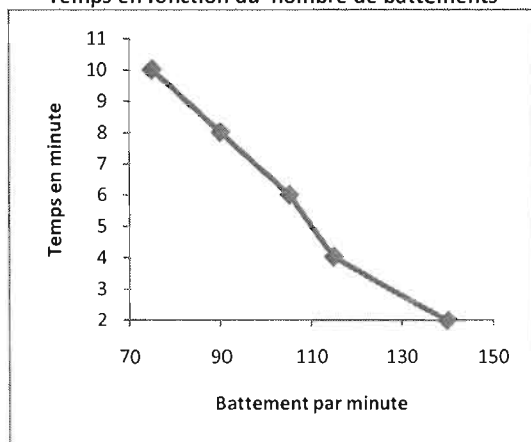
a) Graphique A

Temps en fonction du nombre de battements



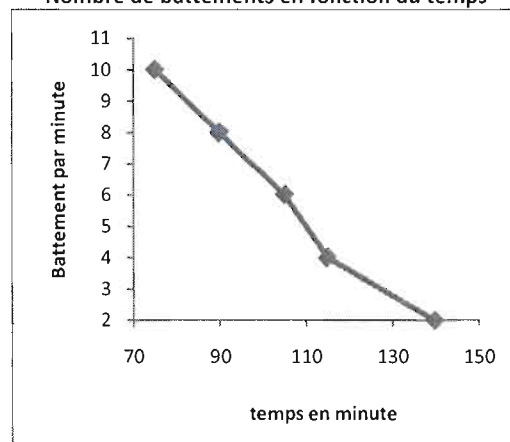
b) Graphique B

Temps en fonction du nombre de battements



c) Graphique C

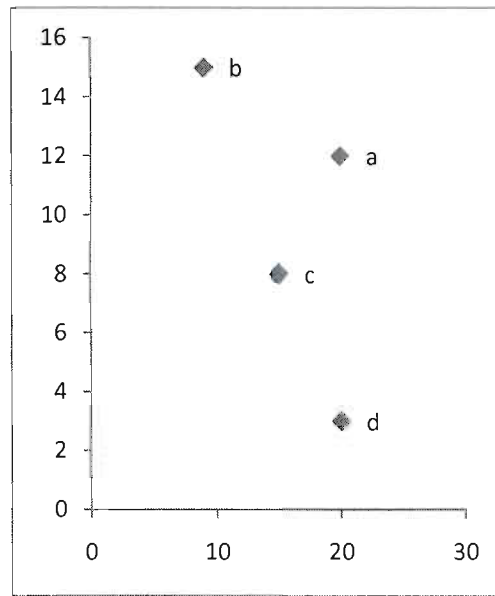
Nombre de battements en fonction du temps



d) Graphique D

MISE EN SITUATION D (questions 10 et 11)

Utiliser ce graphique pour répondre aux 2 questions qui suivent.



10. Quelles sont les coordonnées du point a ?

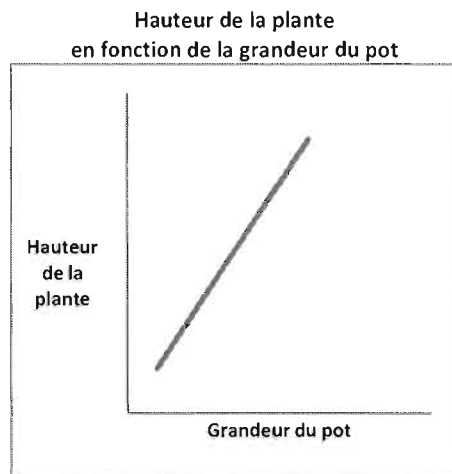
- a) (9,12)
- b) (20,12)
- c) (20,8)
- d) (12,8)

11. Quel point est situé aux coordonnées (15,8)?

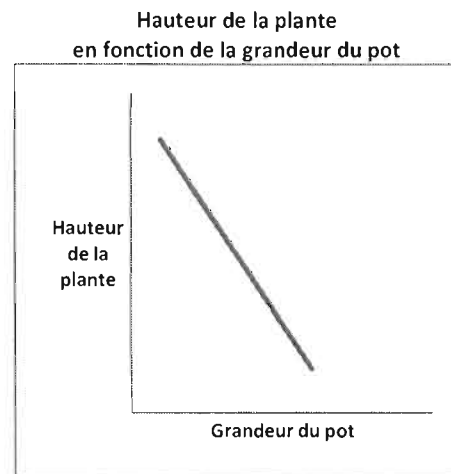
- a) a
- b) b
- c) c
- d) d

MISE EN SITUATION E (question 12 et 13)

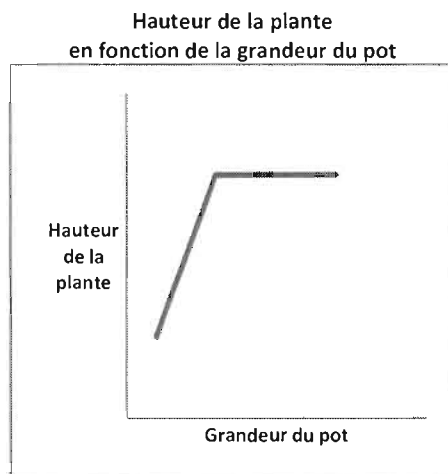
Nicolas veut étudier comment poussent les tournesols dans des pots de différentes grandeurs. Les graphiques ci-dessous présentent 4 résultats possibles de cette expérience.



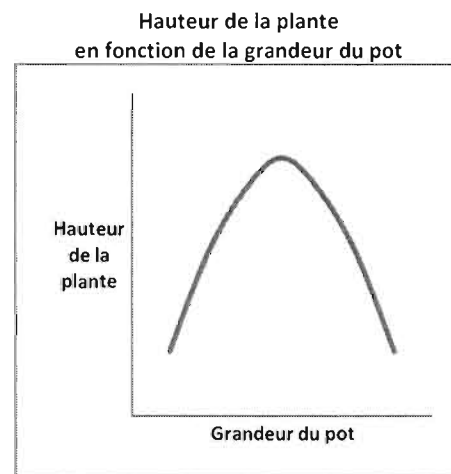
Graphique A



Graphique B



Graphique C



Graphique D

12. Quel graphique décrit le mieux l'affirmation suivante : quand la grandeur du pot augmente, la hauteur de la plante diminue.

- a) Le graphique A
- b) Le graphique B
- c) Le graphique C
- d) Le graphique D

13. Quel graphique décrit le mieux l'affirmation suivante :

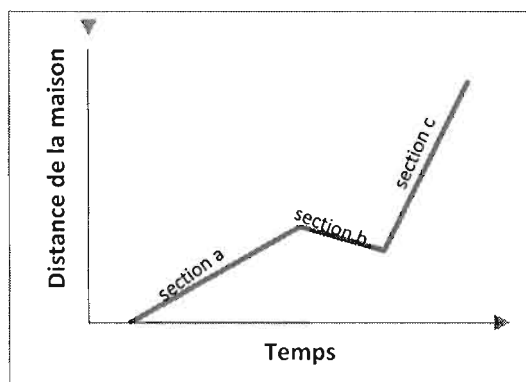
Lorsque la grandeur du pot augmente, la hauteur de la plante augmente jusqu'à une certaine grandeur de pot. Ensuite, avec des pots plus grands la grandeur de la plante reste la même.

- a) Le graphique A
- b) Le graphique B
- c) Le graphique C
- d) Le graphique D

MISE EN SITUATION F (question 14 et 15)

Jean marche pour aller à l'école. Le graphique ci-dessous représente la distance de Jean par rapport à sa maison en fonction du temps.

Distance de la maison en fonction du temps



14. En observant le graphique, raconte ce qui se passe entre le moment où Jean quitte la maison et celui où il arrive à l'école.

Jean part de la maison ...

Section a :

Section b :

Section c :

Jean arrive à l'école.

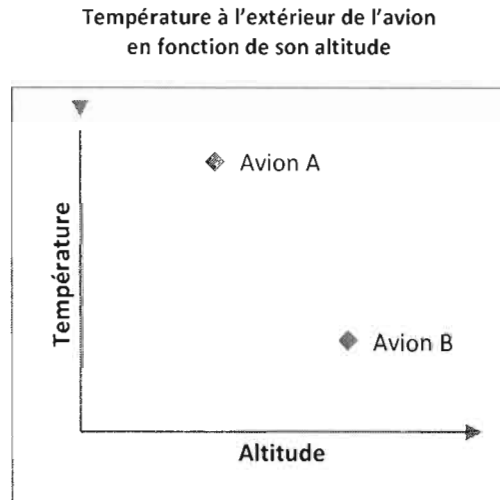
15. Dans quelle section Jean se déplace-t-il le plus rapidement ? Explique ta réponse

Section :

Explication :

MISE EN SITUATION F (question 16 et 17)

Le graphique qui suit représente le vol de deux avions A et B. La température et l'altitude de chacune y sont représentées.



16. Lequel des deux avions vole le plus haut ?

- a) Avion A
- b) Avion B

17. Dans lequel des deux avions note-t-on la température extérieure la plus basse ?

- a) Avion A
- b) Avion B

APPENDICE C

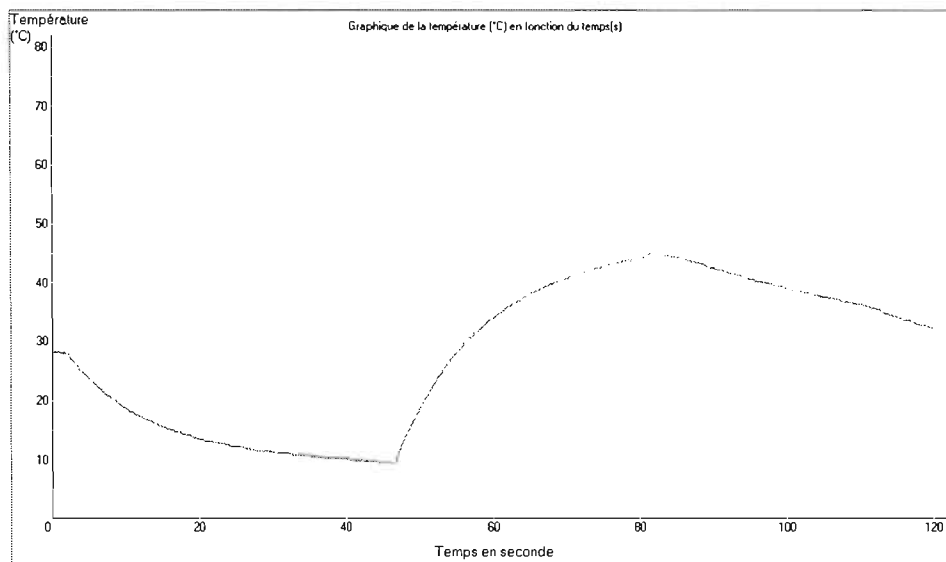
DOCUMENTS REMIS AUX ÉLÈVES LORS DES SÉANCES D'ACTIVITÉS

Nom : _____

ExAO séance 2 : Température

Activité 1

À l'aide du matériel mis à votre disposition, essayez de reproduire le plus fidèlement possible le graphique ci-dessous. Lorsque vous croyez avoir réussi, notez en dessous du graphique les manipulations que vous avez faites pour y arriver.



Les manipulations que nous avons faites pour réussir à reproduire le graphique.

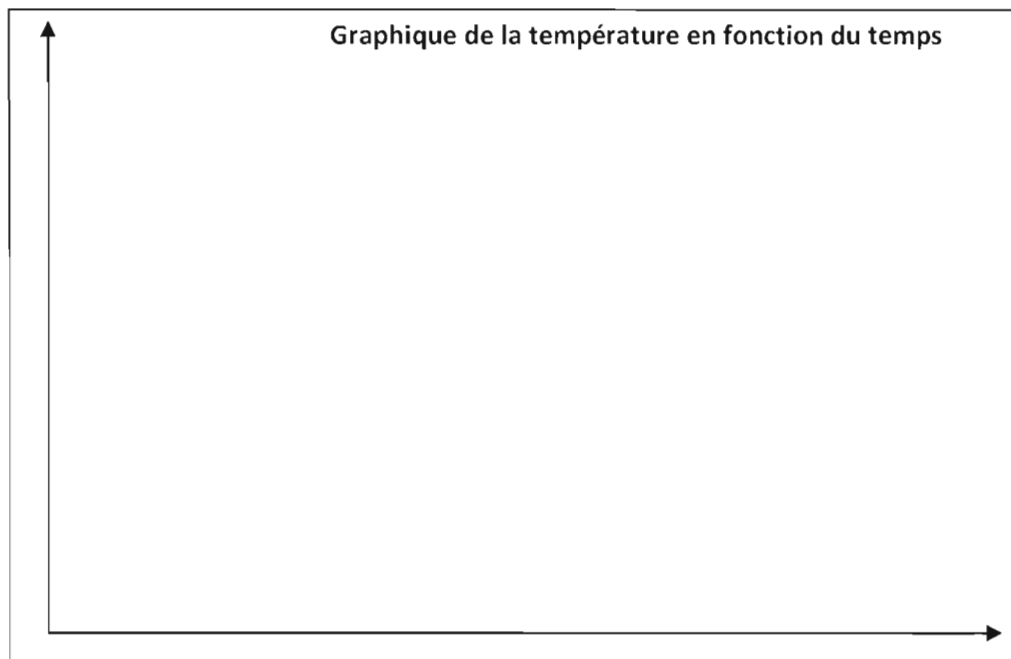
- 1- _____
- 2- _____
- 3- _____
- 4- _____
- 5- _____
- 6- _____

ExAO séance 2 : Température

Activité 2

Dans l'espace prévu à cette fin, dessinez l'allure qu'aurait le graphique si vous faisiez les manipulations suivantes :

1. Démarrez le tracé du graphique et tenez le capteur serré dans vos mains. (environ 10 sec)
2. Plongez le capteur dans l'eau chaude (10 sec)
3. Placez rapidement le capteur dans l'eau froide et laissez-le là jusqu'à la fin du tracé du graphique



Effectuez les manipulations écrites ci-dessus et tracez le graphique obtenu en bleu.

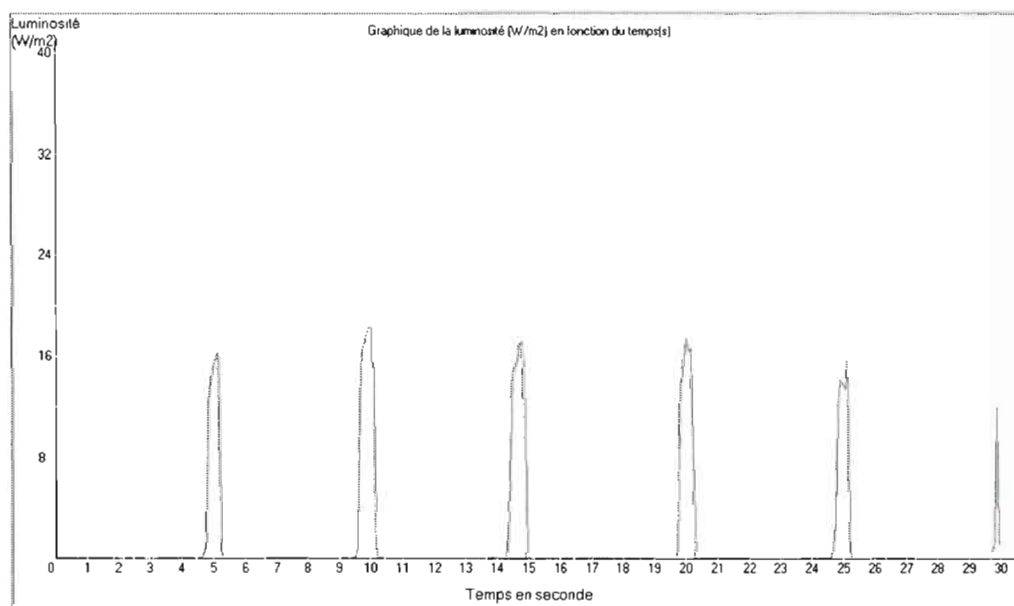
Est-ce que votre graphique hypothèse et votre graphique résultat sont identiques ?
Expliquez.

Nom : _____

ExAO séance 2 : Luminosité

Activité 1

À l'aide du matériel mis à votre disposition, essayez de reproduire le plus fidèlement possible le graphique ci-dessous. Lorsque vous croyez avoir réussi, notez en dessous du graphique les manipulations que vous avez faites pour y arriver.



Les manipulations que nous avons faites pour réussir à reproduire le graphique.

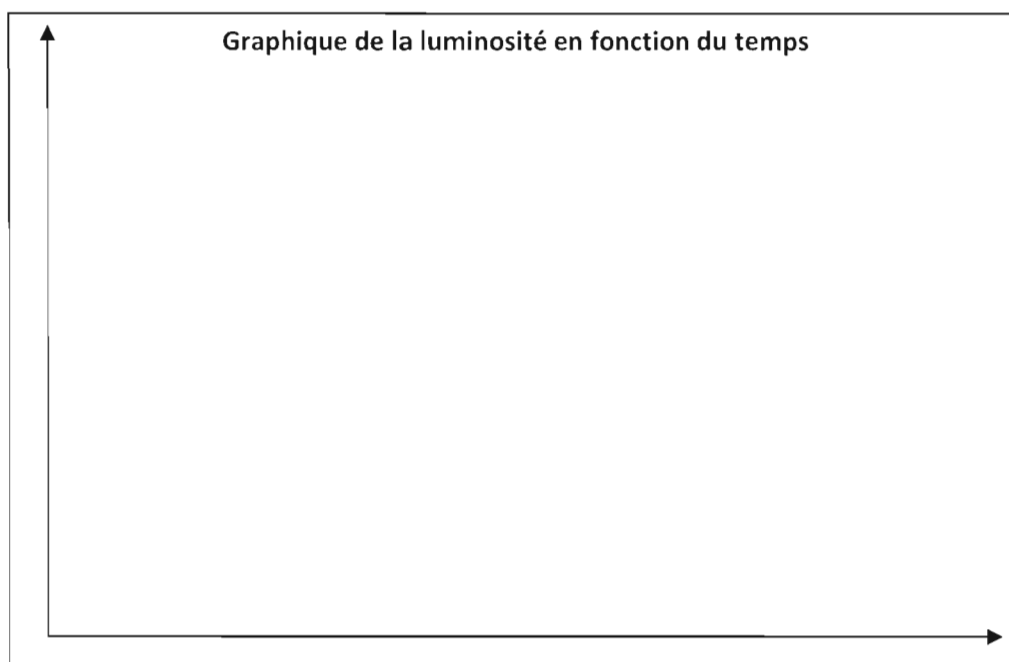
- 1- _____
- 2- _____
- 3- _____
- 4- _____
- 5- _____
- 6- _____

ExAO séance 2 : Luminosité

Activité 2

Dans l'espace prévu à cette fin, dessinez l'allure qu'aurait le graphique si vous faisiez les manipulations suivantes :

1. Démarrez le tracé du graphique et placez rapidement le luxmètre le plus près possible de l'ampoule.
2. Attendez 4 secondes
3. Éloignez le plus doucement possible le luxmètre de l'ampoule pendant 6 secondes.



Effectuez les manipulations écrites ci-dessus et tracez le graphique obtenu en bleu.

Est-ce que votre graphique hypothèse et votre graphique résultat sont identiques ?

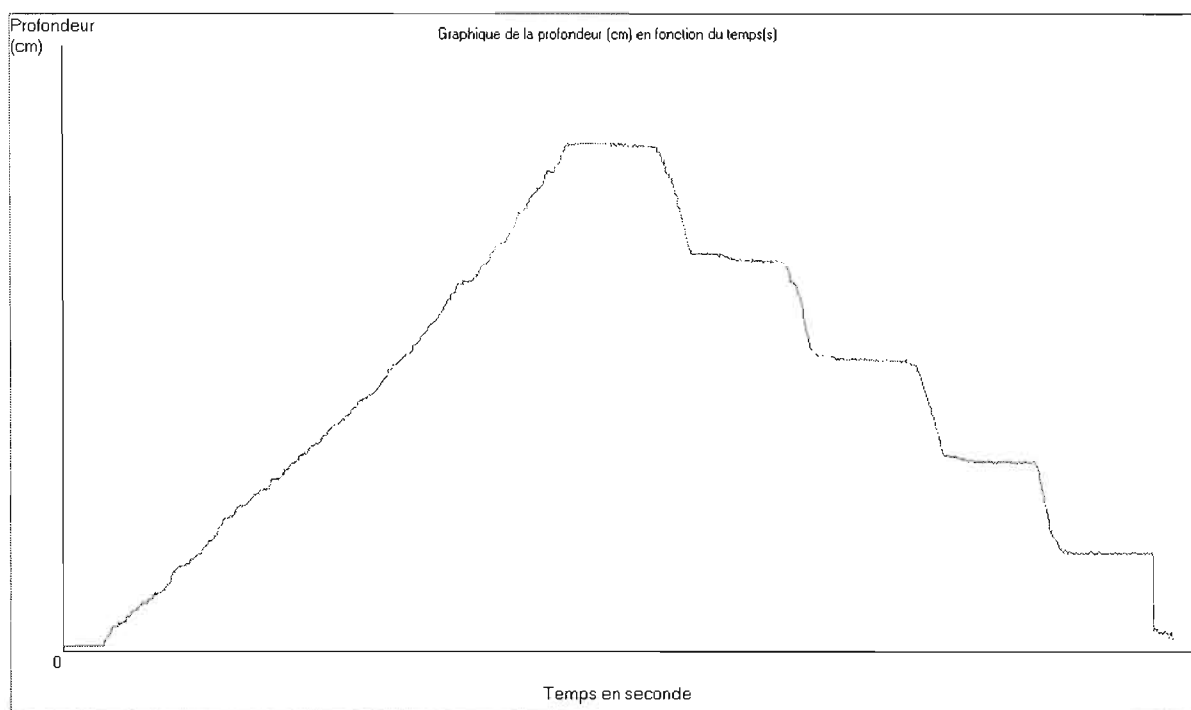
Expliquez

Nom 1 : _____

ExAO séance 3 : La profondeur

Activité 1

À l'aide du matériel mis à votre disposition, essayez de reproduire le plus fidèlement possible le graphique ci-dessous. Lorsque vous croyez avoir réussi, notez en dessous du graphique les manipulations que vous avez faites pour y arriver.



Voici les manipulations que nous avons faites pour réussir à reproduire le graphique.

1- _____

2- _____

3- _____

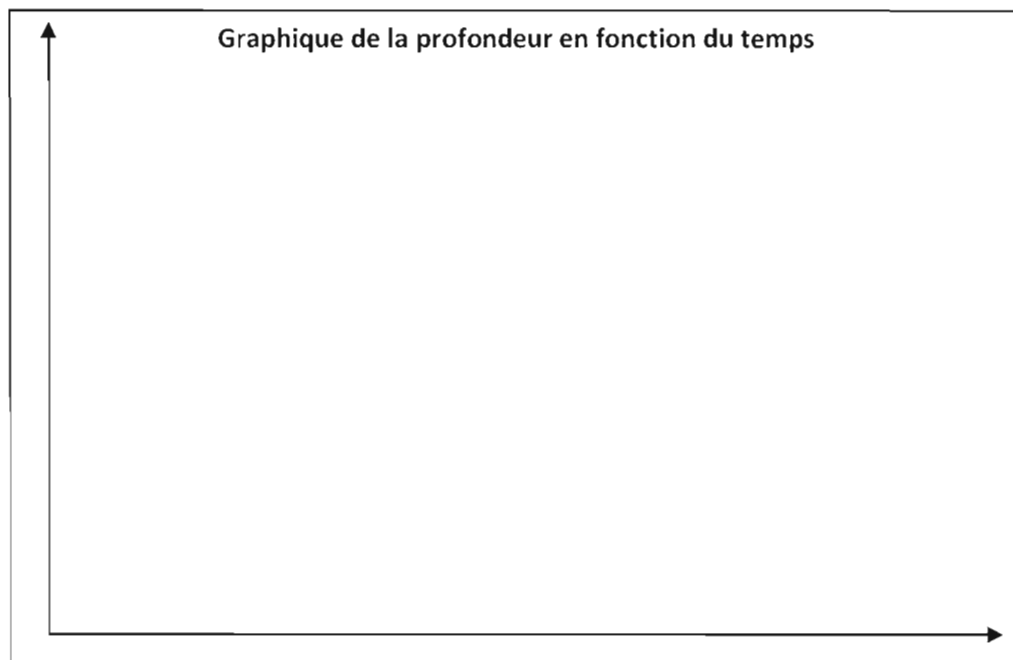
ExAO séance 3 : La profondeur

Activité 2

Nous avons retrouvé le carnet de plongée d'un célèbre plongeur. À l'aide de la description de la plongée qu'il a fait, tracez le graphique de la profondeur en fonction du temps pour sa plongée.

Extrait du carnet

Lorsque j'ai commencé ma plongée, j'étais très excité. Je suis donc descendu le plus rapidement possible le plus profondément possible. Ensuite, après être resté quelques instants au fond, j'ai décidé de remonter doucement jusqu'à mi-profondeur. Je suis resté là quelques instants à observer les poissons tropicaux. J'ai terminé ma plongée en suivant un dauphin qui remontait à la surface à une vitesse folle.



Effectuez les manipulations écrites ci-dessus et tracez le graphique obtenu en bleu.

Est-ce que votre graphique hypothèse et votre graphique résultat sont identiques ?

Expliquez

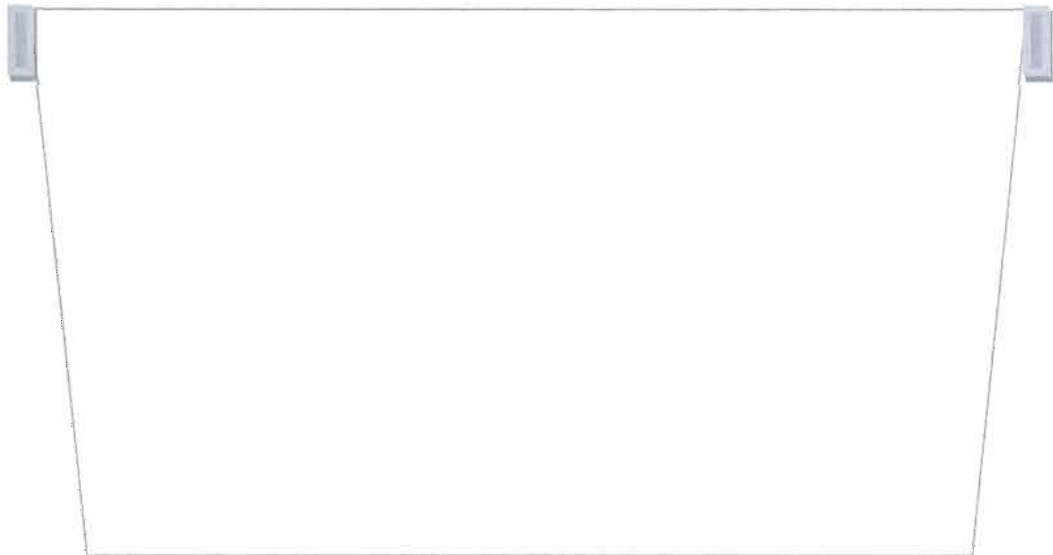
ExAO séance 3 : La profondeur

Activité 3 : le fond marin

En regardant le graphique qui a été créé lors de l'exploration du fond marin, dessiner ce à quoi pourrait ressembler le fond marin observé.

Selon nous, le fond marin ressemble à :

Attention aux proportions !!



APPENDICE D

FICHE D'APPRÉCIATION

Nom : _____

Date : _____

Fiche d'appréciation

En vous rappelant les trois séances d'activité que nous avons réalisées lors des 2 dernières semaines, répondez aux questions suivantes :

1. Comment avez-vous apprécié les séances de laboratoire?

Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
1	2	3	4

2. Ce type d'activité comprenant de la discussion de groupe et de la manipulation vous aide-t-il à apprendre?

Pas du tout	Un peu	Assez	Beaucoup
1	2	3	4

3. Nommez des difficultés que vous avez rencontrées lors des différentes séances.

4. Autres commentaires :

APPENDICE E

QUESTIONS D'ENTREVUE

Nom : _____

Date : _____

Questions d'entrevue

1. De manière générale, comment avez-vous trouvé les trois séances de laboratoire ?

2. Quels apprentissages avez-vous faits au cours des trois séances de laboratoire?

3. Quelles difficultés avez-vous rencontrées et comment les avez-vous résolues?

4. Selon vous, quels changements pourrait-on faire pour améliorer les séances de laboratoire ?

APPENDICE F

LETTRE DE CONSENTEMENT

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Projet de recherche sur l'apprentissage des concepts reliés aux graphiques.

Chers parents,

Je sollicite la participation de votre enfant à un projet de recherche réalisé dans le cadre de mes études. Ce projet vise à déterminer si l'utilisation de l'expérimentation assistée par ordinateur permet aux élèves d'avoir une meilleure compréhension des graphiques. La direction de l'école de votre enfant ainsi que son professeur, madame XXXXXX, ont également donné leur accord à ce projet. La participation de votre enfant favorisera l'avancement des connaissances dans le domaine de l'apprentissage scolaire.

Avec votre autorisation et son accord, votre enfant sera invité à répondre en classe à deux questionnaires portant sur les graphiques et à travailler en dyade pour résoudre des problèmes reliés aux graphiques, et ce, à l'aide de l'ordinateur. Il y aura 3 séances de travail de 1 h 30. Le projet se déroulera au mois de mai (25) et juin (1, 2, 3 et 8) prochain.

À la fin des 3 séances, j'effectuerai une courte entrevue enregistrée avec quelques enfants. Cette entrevue (15 minutes environ) a pour but de clarifier les démarches utilisées par les enfants pour résoudre les tâches demandées et elle sera réalisée dans un local de son école.

Les activités proposées à votre enfant sont similaires à celles qu'il rencontre dans une journée de classe ordinaire.

La participation de votre enfant à cette recherche est volontaire. Cela signifie que même si vous consentez aujourd'hui à ce que votre enfant participe à cette recherche, il demeure entièrement libre de ne pas participer ou de mettre fin à sa participation en tout temps sans justification ni pénalité. Vous pouvez également retirer votre enfant du projet en tout temps. Pour les enfants qui ne participent pas au projet, des exercices leur seront proposés en classe par le professeur responsable du groupe.

Les enregistrements de l'entrevue seront utilisés que par l'équipe de recherche et conservés sous clé. Toutes les données des questionnaires permettant d'identifier votre enfant seront enlevées au moment de sa transcription. Les questionnaires seront détruits après leur transcription sur un support informatique.

Si vous avez besoin de renseignements additionnels concernant cette étude, avant de donner votre autorisation ou même après, n'hésitez pas à me contacter. C'est avec plaisir que je répondrai à vos questions. Sachez aussi que cette étude a reçu l'approbation du comité de programme de maîtrise en éducation de l'Université du Québec à Montréal

Signature du chercheur principal : _____

Numéro de téléphone :

Adresse courriel :

AUTORISATION PARENTALE

J'autorise mon enfant à répondre en classe aux questionnaires proposés :

Oui : Non :

J'accepte que mon enfant soit rencontré éventuellement pour une entrevue de groupe :

Oui Non :

Nom de l'enfant: _____

Signature du parent : _____

Date : _____

Veillez retourner le second exemplaire de ce formulaire au professeur de votre enfant dans l'enveloppe ci-jointe et conserver le premier pour communication éventuelle avec l'équipe de recherche.

APPENDICE G

ENREGISTREMENTS OBTENUS LORS DE LA MISE À L'ESSAI EMPIRIQUE

Nous présentons dans cette annexe la transcription de l'entrevue de groupe. Cette entrevue a eu lieu le 9 juin 2009 de 9h00 à 9h20 soit 5 jours après la dernière séance de travail. Le groupe était composé de 6 élèves de la classe choisis par l'enseignante pour leur aptitude à exprimer leur point de vue.

Afin de faciliter le repérage, chacune des interventions a été numérotée ENT-XX et les interventions de l'interviewer ont été mises en caractère gras. Quand une explication est nécessaire pour mieux comprendre l'intervention, elle a été mise en italique.

G.1 Transcription de l'entrevue

ENT-01 : **De façon générale comment avez vous trouvé les séances de travail que nous avons fait ensemble ?**

ENT-02 : C'était le fun parce qu'on manipulait pis on pouvait plus comprendre, on comprenait mieux que si c'était des affaires au tableau

ENT-03 : **donc tu comprends mieux en manipulant.**

ENT-04 : oui

ENT-05 : Même affaire que l'intervention 2 (*originellement le nom de l'élève*).

ENT-06 : Il y avait beaucoup de défis pis des problèmes à résoudre, c'était motivant.

- ENT-07 : C'est plus le fun de travailler à l'ordinateur que de travailler en écrivant pis de faire des tests parce que ça motive pis c'est le fun de faire des défis
- ENT-08 : **Est-ce que ce genre d'activité en plus d'être intéressant vous aide à apprendre ? et comment ?**
- ENT-09 : Ça m'aide à apprendre parce que mettons la température, je peux savoir l'eau est à comment.
- ENT-010 : Ben moi, j'ai trouvé cela cool parce que c'est plus facile manipuler qu'apprendre au tableau pis être assis pendant une heure environ pis écrire dans un manuel.
- ENT-011 : Ben on apprend bien à cause que c'est comme nous qui apprend, c'est nous qui manipule toute mais normalement des fois c'est le prof qui nous apprend là pis on comprend peut-être moins bien C'est nous qui manipule faque on comprend mieux
- ENT-012 : Moi, ça m'a appris plus sur les graphiques à ligne pis j'ai aussi appris qu'on ne pouvait pas faire de c ou de z parce qu'on ne peut pas revenir en arrière
- ENT-013 : Même chose que l'intervention 10 (*originellement le nom de l'élève*).
- ENT-014 : Même intervention que 10 et 11 (*originellement le nom des élèves*) mais j'ajouterais que c'est plus le fun pis me semble que quand c'est plus le fun ça te tente plus d'apprendre. Plus motivant
- ENT-015 : Quand qu'on a fait le test tantôt, ben j'ai remarqué déjà que j'avais des erreurs à cause que j'ai marqué y avait les sections là, j'avais marqué section b parce que je pensais que c'était moins long mais là je sais que c'est la section c
- ENT-016 : **Est-ce que vous êtes capable de nommer ce que vous avez appris ? Par exemple, j'ai appris... tel chose**
- ENT-017 : Ben j'ai appris qu'il y avait 3 sortes de capteurs le capteur de profondeur, le luxmètre qui capte l'intensité de la lumière pis le thermomètre qui calcule la température
- ENT-018 : Moi, j'ai appris avec le capteur de profondeur que plus on l'enfonce plus ça monte. Au début, je pensais que c'était le contraire

- ENT-019 : même chose que l'intervention 19 (*originellement le nom de l'élève*) parce que et vice versa parce que c'est l'inverse de ce que tout le monde croirait
- ENT-020 : Même que l'intervention 18 (*originellement le nom de l'élève*), j'ai appris les trois sortes de capteurs mais j'ai appris aussi qu'il y en avait qui était plus facile à manipuler que d'autres.
- ENT-021 : Le capteur de lumière était plus dur que le capteur de profondeur.
- ENT-022 : Même chose que l'intervention 18 et 19 (*originellement le nom des élèves*)
- ENT-023 : **Qu'avez vous appris en lien avec les graphiques ? Qu'est ce que ça veut dire quand la ligne est horizontale ?**
- ENT-024 : C'est que le capteur reste à la même chaleur, même température, c'est la même lumière, la même profondeur. (*tous les élève en même temps*)
- ENT-025 : **Qu'est ce que cela veut dire quand la ligne est très à pic ?**
- ENT-026 : c'est que ça monte vite
- ENT-027 : Admettons que c'est le capteur de profondeur ben tu l'enfonces loin dans l'eau
- ENT-028 : **donc un changement qui est ...**
- ENT-029 : rapide *Tout le monde en même temps*
- ENT-030 : **Et quand la ligne est une pente douce qui monte ou qui descend ?**
- ENT-031 : Tu l'enconces lentement, lentement. Un changement doucement *Tout le monde en même temps*
- ENT-032 : **Est-ce que pensez-vous avoir un meilleur résultat au 2e questionnaire qu'au premier ?**
- ENT-033 : Oui, parce que je me suis rendu compte que j'avais des erreurs sur les sections. Là, j'ai calculé pis ça fait un peu comme le capteur de profondeur, on l'enfonces doucement, on le recule doucement, pis la section c on dirait qu'on l'a remi dedans rapidement.
- ENT-034 : Moi oui, parce que premièrement, avant on ne travaillait pas cela les graphiques, pis là on a eu comme 3 matins de suite donc on n'a appris vite mais là c'est sûr qu'on va avoir un plus haut résultat.

- ENT-035 : Moi, je crois que je vais avoir un meilleur résultat parce qu'au début quand tu étais vu on n'avait pas pratiquer cela, on connaissait rien là dedans, pis plus qu'on a passé de journées plus qu'on a appris pis plus qu'on va avoir des bonnes notes
- ENT-036 : Moi, dans le premier, j'avais plein de fautes, là tantôt quand je l'ai fait je me suis rappelé tout ce qu'on avait fait
- ENT-037 : Oui, mais même si c'était le même, j'ai trouvé cela plus facile parce que j'avais plus appris.
- ENT-038 : Moi aussi le questionnaire je l'ai trouvé plus facile, pis ça m'a pris moins de temps à le faire.
- ENT-039 : Moi j'ai plus accroché sur les sections parce que c'est l'inverse, c'est que j'ai dit tantôt. Quand tu baisse cela va monter
- ENT-040 : Dans le premier questionnaire c'était plus dur parce qu'il fallait qu'on lise toutes les questions, pis qu'on pense à tout ce qu'il fallait faire. Tandis qu'au deuxième questionnaire disons qu'on savait déjà c'était quoi les questions.
- ENT-041 : **Est-ce que pendant les séances vous avez eu des difficultés et comment les avez-vous résolus ?**
- ENT-042 : La difficulté ça a été de manipuler le luxmètre pis là on a trouvé un truc, on le tenait vraiment plus serré pis on le reculait lentement et ça faisait moins de zigzag.
- ENT-043 : Moi, c'est le capteur de profondeur au début ma main à bougeait mais après je le tenais.
- ENT-044 : Moi c'est vraiment le luxmètre que j'avais de la misère. Il me semble que c'est pas stable tu peux ... y bouge des fois dans ta main pis ça fait plein de lignes.
- ENT-045 : Moi, j'étais meilleure avec le capteur luxmètre mais ma coéquipière était meilleur avec le capteur de profondeur.
- ENT-046 : Ben moi ce que j'ai trouvé difficile c'est quand tu nous a donné le feuille pis y fallait reproduire le graphique parce qu'on on savait pas trop dans quoi les mettre.

ENT-047 : **Et quelle solution avez-vous trouvé ?**

ENT-048 : C'est mon coéquipier qui a réussi. On a fait une dizaine d'essais.

ENT-049 : Moi aussi c'était le luxmètre, la feuille ou c'était l'affaire des triangles comme ça on avait vraiment de la misère. on a essayés différentes manières pour trouver la solution

ENT-050 : **Si j'avais à refaire cette activité avec d'autres élèves, quelles améliorations devrais-je apporter ?**

ENT-051 : Moi, j'aurais pas d'amélioration parce que ça vraiment été le fun, pis ça été une expérience super pis pour toi ça sûrement été une expérience super.

ENT-052 : **Oui, j'ai bien apprécié, mais mon but est de faire la meilleure chose possible. Alors s'il y a des améliorations à faire je veux le savoir.**

ENT-053 : Ben moi, j'aurais ajouté des capteurs parce que toujours travailler avec les mêmes ça vient des fois tannant, pis me semble que travailler avec plus de chose ça serait encore plus le fun .

ENT-054 : Moi, je dis qu'il y aurait rien à améliorer

ENT-055 : Comme l'intervention 53 (*originellement le nom de l'élève*), j'aurais ajouter un capteur de bruit

ENT-056 : Ajouter plusieurs capteurs.

ENT-057 : **Comment avez-vous trouvé l'apprentissage du logiciel ?**

ENT-058 : Ben moi, j'ai trouvé cela facile. On allait sur vu-mètre, on essayait des choses. Après cela, on allait dans le graphique pis on faisait notre grapique.

ENT-059 : Le logiciel n'a pas été dure à comprendre, mais pour la question d'avant je rajoutrais rien, y dise de rajouter des capteurs mais si on rajoute des capteurs on se souviendra pas de tout.

ENT-060 : À propos du logiciel, il était facile à comprendre parce que le vu-mètre c'est juste tu mets ton capteur dans la chose que tu veux et pis là ça va tout de suite te mettre la température, la profondeur ou en watts la lumière; c'est facile.

Pis les graphiques c'est la même chose, tu fais juste prendre ton capteur pis tu le mets devant la lumière ou dans l'eau.

ENT-061 : **Est-ce que vous avez d'autres commentaires à faire avant de terminer l'entrevue ?**

ENT-062 : C'était le fun

ENT-063 : Moi j'ai trouvé cela super le fun, c'était une nouvelle expérience là. On a appris d'autres choses encore, on ne travaillait pas cela les graphiques. On ne savait pas c'était quoi, pis là on sait beaucoup plus de choses je pense.

ENT-064 : Moi, je trouve ce que l'on a fait c'est pas mal en lien avec la robotique.

ENT-065 : Ce serait le fun de recommencer avec une autre classe.

ENT-066 : Mais moi, j'ai trouvé cela le fun mais il y a quelque chose que je voudrais ajouter. Disons avec le capteur de profondeur quand qu'on le met dans l'eau il faudrait mettre une tige pour qu'il reste droit.

ENT-067 : C'est vrai sinon il entre tout croche dans l'eau.

ENT-068 : Moi, il y aurait eu juste une chose qui faudrait faire attention, c'est le thermomètre. Si on le laisse trop longtemps dans l'eau il fond.

ENT-069 : je ne sais pas si c'est la qualité mais il faudrait faire attention.

ENT-070 : Moi, c'est comme l'eau a 110 degré ça ce peut pas. L'eau elle serait vraiment chaude. Elle bouillera.

ENT-071 : **Merci beaucoup, je vais vous laisser aller en classe.**

APPENDICE H

COMMENTAIRES RECUEILLIS SUR LA FICHE D'APPRÉCIATION

Nous présentons dans cette annexe les commentaires des élèves ayant participé à l'expérimentation. Ceux-ci ont été recueillis par la fiche d'appréciation et sont divisés en 2 catégories : les difficultés rencontrées et les autres commentaires. Les élèves ont rempli cette fiche le 9 juin 2009 de 9h00 à 9h20 soit 5 jours après la dernière séance de travail. 26 élèves ont répondu à la fiche d'appréciation.

Afin de faciliter le repérage, chacun des commentaires et difficultés a été numéroté COM-XX (commentaire) ou DIF-XX (difficulté). Quand une explication est nécessaire pour mieux comprendre l'intervention, elle a été mise en italique.

H.1 Commentaires généraux

COM-01 : Belle expérience à ne pas manquer.

COM-02 : C'était très amusant.

COM-03 : J'ai beaucoup aimé cette activité.

COM-04 : c'était vraiment éducatif et amusant.

COM-05 : C'était trop génial, tu as expliqué parfaitement.

COM-06 : Merci à toi Alexandre. On est chanceux d'avoir pu essayer cette expérience. On a appris beaucoup de choses. À nous de montrer ces graphiques à d'autres personnes.

- COM-07 : J'ai pu apprendre qu'il y avait 3 sortes de capteurs
- COM-08 : C'est bien de travailler sur les ordinateurs, c'est très apprécié.
- COM-09 : J'aurais aimé apprendre d'autres sortes de graphiques.
- COM-010 : Nous sommes chanceux d'avoir fait cette activité car c'est très amusant de faire des graphiques.
- COM-011 : J'ai adoré faire ce travail parce que j'ai appris plein de choses.
- COM-012 : J'ai bien aimé l'expérience ça m'a bien servi.
- COM-013 : J'ai adoré l'expérience surtout que je trouve qu'Alexandre est très aimable et gentil.
- COM-014 : J'ai bien aimé cette expérience.
- COM-015 : J'ai beaucoup appris de chose grâce à cette activité et c'était très amusant.
- COM-016 : Je voudrais recommencer une expérience comme cela ça a beaucoup aidé.
- COM-017 : J'ai adoré cela. Avec tout ce que nous avons fait, j'ai le goût de recommencer.
- COM-018 : C'était très intéressant de tracer des graphiques avec un ordi, c'est mieux que de le faire au tableau.
- COM-019 : J'ai beaucoup aimé cette expérience.
- COM-020 : J'ai aimé tout le matériel fournit par Alexandre. Cela m'a aidé à comprendre davantage les graphiques.

H.2 Difficultés rencontrées

- DIFF-01 : Nous avons eu de la difficulté lorsqu'il fallait reproduire le même graphique que sur la feuille Nous avons beaucoup essayé et nous avons réussi!
- DIFF-02 : Avoir de l'eau dans le capteur de profondeur.
- DIFF-03 : J'ai eu de la difficulté au début de la séance avec les capteurs.
- DIFF-04 : Manipuler le luxmètre.
- DIFF-05 : Le capteur de profondeur et toute le reste je ne savais pas comment ça marchait faire des lettres avec les graphiques.

- DIFF-06 : Dans chaque équipe, il y a une lampe de poche mais de force différente ce qui fait que tous les graphiques sont différents
- DIFF-07 : C'est très dure de manipuler le luxmètre. On se chicanait dans mon équipe.
- DIFF-08 : Parfois notre ordi bloquait.
- DIFF-09 : Utiliser le capteur de lumière. J'ai trouvé ça très dur parce que à chaque tremblement ça changeait le graphique.
- DIFF-010 : Nous avons eu de la difficulté à tracer des graphiques que tu demandais.
- DIFF-011 : Le capteur de chaleur s'est brisé et on a eu quelques difficultés avec.
- DIFF-012 : Avec le capteur de température ; on s'est débrouillé et on a réussi
- DIFF-013 : Quand il fallait faire un graphique c'était difficile de faire exactement ce qu'on demandait, il fallait faire beaucoup d'essais
- DIFF-014 : Quand il fallait monter et descendre et remonter avec le capteur de profondeur
- DIFF-015 : Les capteurs car je ne me rappelais jamais leur nom
- DIFF-016 : de maîtriser le luxmètre et de comprendre les graphiques
- DIFF-017 : Les graphiques étaient dur à faire à l'ordi
- DIFF-018 : Un peu de difficulté à tracer les graphiques avec le luxmètre
- DIFF-019 : Quand il fallait faire les graphiques ça a été difficile

APPENDICE I

PHOTOS DE L'EXPÉRIMENTATION

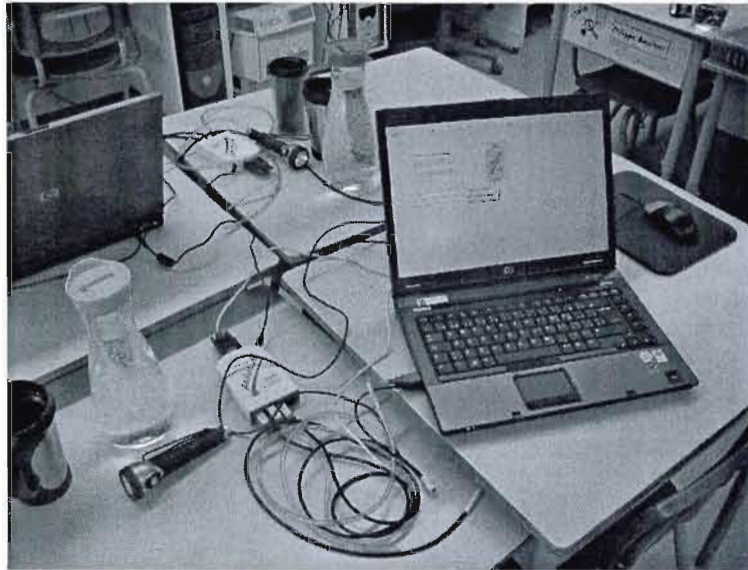


Figure I.1

Matériel utilisé lors de l'expérimentation



Figure I.2
Utilisation du capteur de température



Figure I.3
Les élèves en action 1



Figure I.4
Les élèves en action 2